

**Е.В. Ерофеева, Б.А. Головушкин**

**СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ  
И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Учебное пособие

**Иваново 2013**

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

Е.В. Ерофеева, Б.А. Головушкин

**СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ  
И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Учебное пособие

Иваново 2013

УДК 658.512.011.56

Ерофеева, Е.В. Системы управления технологическими процессами и информационные технологии: учеб. пособие / Е.В. Ерофеева, Б.А. Головушкин; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2013. – 80 с.

В учебном пособии рассмотрены вопросы автоматизации машин и аппаратов пищевой промышленности, приведены сведения о нормативных документах, используемых при проектировании систем автоматизации. Дан пример выполнения самостоятельной работы, а также приведены задания к выполнению самостоятельной работы по курсу «Системы управления технологическими процессами и информационные технологии» для студентов, обучающихся на технологических специальностях.

Предназначено для студентов как очной, так и заочной форм обучения.

Табл.11. Ил. 38. Библиогр.: 5 назв.

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

Рецензенты: кафедра «Автоматизация технологических процессов» Ивановского государственного энергетического университета; А.Б. Поздняков (ОАО «Ростелеком», филиал во Владимирской и Ивановской областях)

© Ерофеева Е.В., Головушкин Б.А., 2013

© ФБГОУ ВПО «Ивановский государственный химико-технологический университет», 2013

## **ВВЕДЕНИЕ**

Учебное пособие содержит рекомендации по разработке и оформлению самостоятельной работы по курсу «Системы управления технологическими процессами и информационные технологии» для студентов, обучающихся на технологических специальностях.

Изложены вопросы проектирования систем автоматизации пищевых производств. Приведены основные требования к изображению технологического оборудования и коммуникаций, приборов и средств автоматизации.

Представлены задания к самостоятельной работе; приведены примеры выполнения самостоятельной работы с использованием микропроцессорных контроллеров, современных приборов и средств автоматизации.

Используя учебное пособие, студенты могут самостоятельно решать задачи, связанные с проектированием систем автоматизации пищевых производств.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Самостоятельная работа по курсу «Системы управления технологическими процессами и информационные технологии» должна содержать:

- 1) задание на проектирование системы автоматизации;
- 2) схему автоматизации;
- 3) пояснительную записку, состоящую из спецификации на приборы и средства автоматизации и краткого описания схемы автоматизации.

Рассмотрим подробнее выполнение всех вышеперечисленных пунктов.

## 1.1. Составление задания на проектирование системы автоматизации

Задание на проектирование системы автоматизации (табл. 1) составляется исходя из задания на самостоятельную работу (номер варианта определяет преподаватель). Для составления перечня на контролируемые и регулируемые параметры необходимо воспользоваться технологической схемой установки, аппарата. Пользуясь знаниями, полученными в курсе «Процессы и аппараты химической технологии» и других курсах, студент описывает технологический процесс, приводит характеристики оборудования, разбирается в химических реакциях, протекающих в аппаратах, анализирует среды на агрессивность, собирает информацию о диаметрах условных проходов трубопроводов и о материалах, из которых они изготовлены.

Автоматическое регулирование – это поддержание постоянства (стабилизация) некоторой величины, характеризующей технологический процесс, либо ее изменение по заданному закону, осуществляемое приложением управляющего воздействия к регулирующему органу объекта регулирования. Регулированию подлежат параметры, которые обеспечивают наилучшее (оптимальное) функционирование технологического процесса, а именно выпуск качественной продукции при наименьших затратах.

Под контролем понимается получение информации о том или ином па-

раметре в виде показания (на вторичном измерительном приборе, либо на видеотерминале ПЭВМ), регистрации (на самописце, либо печатающем устройстве), сигнализации о выходе за границы допустимых значений (световой или звуковой 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, а также выходные величины, например, количество получаемого готового продукта, его температура, давление и т.п.

С целью получения данных, необходимых для расчета технико-экономических показателей, также следует контролировать такие параметры, как количество потребляемой электроэнергии, исходных растворов, тепло- и хладоносителей и т.д.

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. Также необходимо предусматривать технологическую сигнализацию, которая выполняет роль предупреждения аварийных ситуаций, и сигнализацию «положения», которая информирует о состоянии контролируемых объектов и элементов управления.

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

## **1.2. Разработка схемы автоматизации**

Схема автоматизации является основным техническим документом, определяющим функционально-блочную структуру управления и регулирования технологического процесса и оснащения объекта управления приборами и средствами автоматизации.

Схема автоматизации представляет собой чертеж, выполненный на листе формата **A4** или **A3** в зависимости от объема технологического оборудования, подлежащего автоматизации.

### **1.2.1. Изображение технологического оборудования и коммуникаций**

В верхней части листа приводится упрощенное изображение технологического оборудования и коммуникаций в соответствии с технологической схемой. Однако изображенная таким образом схема должна давать ясное представление о принципе ее работы и соответствовать общим требованиям, базирующимся на единой системе конструкторской документации (ЕСКД).

Контуры технологического оборудования и трубопроводные коммуникации на схеме автоматизации рекомендуется выполнять линиями толщиной 0,6-1,5мм. На технологических трубопроводах показывают только те запорные и регулирующие органы, которые участвуют в работе систем автоматизации. Возле технологического оборудования могут быть поясняющие надписи (наименование технологического оборудования, его номер и т.д.), которые допускается размещать и внутри условного обозначения аппаратов. Допускается также подписывать среды (например, «молочная смесь», «пар»), протекающие по трубопроводу (сверху над линией, обозначающей трубопровод). Направление движения технологических потоков указывается стрелками.

Таблица 1

## Задание на проектирование системы автоматизации

.....

НАИМЕНОВАНИЕ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

№ п/п	Наименование параметра, место отбора измерительного импульса	Заданное значение параметра, допустимые отклонения	Отображение информации				Регулирование	Наименование регулирующего воздействия, место установки регулирующего органа. Условный проход трубопровода	Характеристика среды в местах установки				
			по-ка-за-ние	ре-ги-стра-ция	сум-ми-ро-ва-ние	сиг-на-ли-за-ция			датчиков		регулирующих 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	

## **1.2.2. Функциональная характеристика приборов и средств автоматизации**

Основная цель разработки схемы автоматизации – это выбор приборов и средств автоматизации, выполняющих такие функции, при которых данный технологический процесс осуществлялся бы наилучшим образом: давал максимум выхода продукции с наилучшим качеством при безаварийной работе, был бы удобен для технолога и, если необходимо, для переналадки на выпуск продукции с другими характеристиками и т.д.

Для этого необходимо технологическое оборудование оснастить следующими основными приборами и средствами автоматизации.

Для локальной автоматики (локальная автоматика не предполагает использование микропроцессорных контроллеров для управления) предусматриваются:

- измерительные преобразователи (ИП);
- передающие (нормирующие) преобразователи (ПП);
- вторичные измерительные приборы (ВИП);
- средства регулирования и управления - регуляторы (Р);
- исполнительные механизмы (ИМ);
- регулирующие органы (РО).

Измерительные преобразователи предназначены для получения информации о значении физических величин (технологических параметров). Первичный измерительный преобразователь (датчик) занимает первое место в измерительной цепи.

Передающие измерительные преобразователи предназначены для преобразования сигнала с датчика в форму, удобную для дальнейшей дистанционной передачи измерительной информации, если сигнал преобразуется в унифицированный электрический (0-5мА, 4-20 мА) или пневматический (0,02-0,1МПа), то такие преобразователи называются нормирующими преобразователями.

Вторичный измерительный прибор (ВИП) вырабатывает сигнал о параметре в форме, доступной для наблюдателя. ВИП могут быть показывающими, регистрирующими, интегрирующими.

Автоматический регулятор – устройство, вырабатывающее управляющий сигнал при отклонении регулируемого технологического параметра от заданного значения.

Исполнительные механизмы и регулирующие органы – устройства, предназначенные для воздействия на материальные и энергетические потоки, поступающие в аппараты. Исполнительные механизмы выполняют роль приводов, преобразующих управляющий сигнал регулятора в перемещение (изменение положения) регулирующего органа.

При необходимости регулирования того или иного параметра (например, расхода потока) структурная схема контура будет иметь вид (рис. 1,а); при необходимости лишь измерения технологического параметра проектируется контур контроля (рис. 1,б).

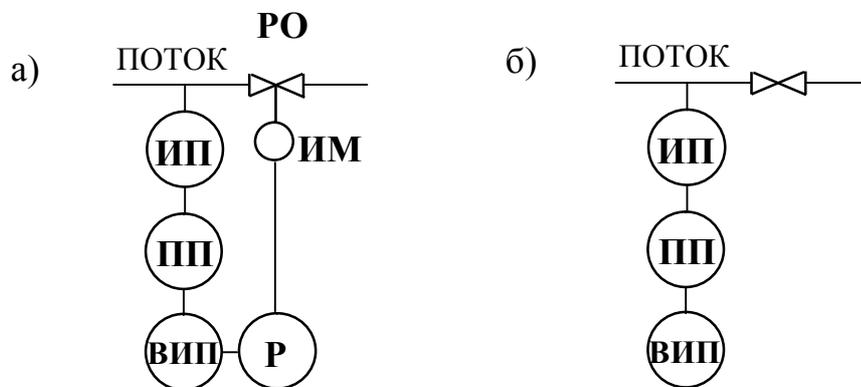


Рис. 1. Структурная схема: а – контура регулирования;  
б – контура контроля

Необходимо отметить, что на рис. 1 изображены общие схемы контура регулирования и контура контроля, в конкретных же случаях отдельные элементы структурной схемы могут оказаться объединенными в одно изделие. Со-

временной промышленностью выпускаются приборы, выполняющие сразу несколько функций, так, например, регулятор прямого действия выполняет функции: первичного измерительного преобразователя, регулятора и исполнительного механизма с регулирующим органом. Современные датчики выполняют функции первичного измерительного преобразователя и нормирующего преобразователя.

Для лучшего обслуживания контуров контроля и регулирования они дополняются вспомогательными устройствами, а именно: сигнальными устройствами, пусковой аппаратурой и так далее.

Если рассматривать АСУТП (автоматизированная система управления технологическими процессами) как наиболее современную систему управления технологическими процессами, то МПК (микропроцессорный контроллер) в комплекте с ПЭВМ (персональная электронно-вычислительная машина) успешно заменяет регуляторы и ВИП для всего рассматриваемого процесса (рис. 2).

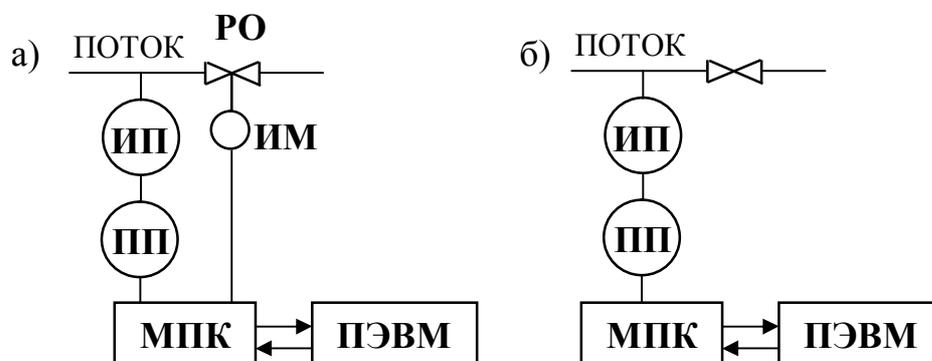


Рис. 2. Структурная схема с МПК: а – контура регулирования; б – контура контроля

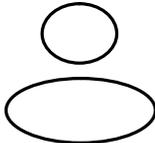
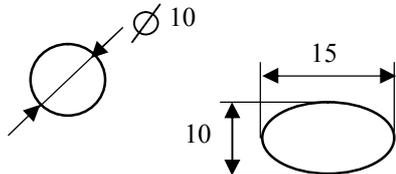
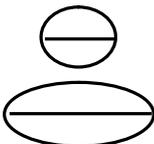
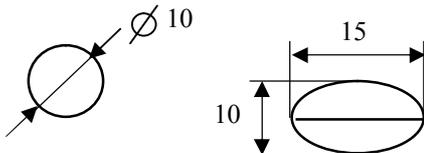
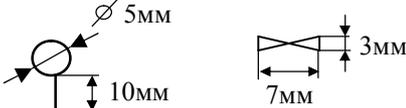
### 1.2.3. Изображение приборов и средств автоматизации

На функциональной схеме изображаются все приборы, средства автоматизации и управления, необходимые для оснащения проектируемого объекта,

включая средства автоматизации, которые входят в комплект поставки технологического оборудования. ГОСТ 21.404-85 предусматривает систему построения графических и буквенных условных обозначений по функциональным признакам, выполняемым приборами (табл. 2, 3).

Таблица 2

Основные условные обозначения приборов и средств автоматизации по ГОСТ 21.404-85

Наименование	Обозначение	Размеры
Прибор, устанавливаемый вне щита по месту: - основное обозначение; - допускаемое обозначение		
Прибор, устанавливаемый на щите, пульте: - основное обозначение; - допускаемое обозначение		
Исполнительный механизм и регулирующий орган		

Построение графических условных обозначений приборов и средств автоматизации следующее: в верхней части окружности наносятся буквенные обозначения измеряемой величины и функционального признака прибора, в нижней части наносится позиционное обозначение.

Буквенные обозначения, отмеченные знаком "+", являются резервными, а отмеченные знаком "-" – не используются.

## Буквенные обозначения по ГОСТ 21.404-85

Обозначение	Измеряемая величина		Функции, выполняемые прибором	
	основное обозначение	дополнительное уточняющее обозначение	отображение информации	формирование выходного сигнала
1	2	3	4	5
<b>A</b>	+	-	Сигнализация	-
<b>B</b>	+	-	-	-
<b>C</b>	+	-	-	Регулирование, управление
<b>D</b>	Плотность	Разность, перепад	-	-
<b>E</b>	Электрическая величина	-	+	-
<b>F</b>	Расход	Соотношение, доля, дробь	-	-
<b>G</b>	Размер, положение, перемещение	-	+	-
<b>H</b>	Ручное воздействие	-	-	-
<b>I</b>	+	-	Показание	-
<b>J</b>	+	Автоматическое переключение, обегание	-	-
<b>K</b>	Время, временная программа	-	-	+
<b>L</b>	Уровень	-	-	-
<b>M</b>	Влажность	-	-	-
<b>N</b>	Резервная буква	+	-	-
<b>O</b>	Резервная буква	+	-	-
<b>P</b>	Давление, вакуум	-	-	-
<b>Q</b>	Величина, характеризующая качество: состав, концентрация и т.п.	Интегрирование, суммирование по времени	-	-
<b>R</b>	Радиоактивность	-	Регистрация	-

## Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5
<b>S</b>	Скорость, частота	-	-	Включение, отключение, переключение
<b>T</b>	Температура	-	-	+
<b>U</b>	Несколько разнородных измеряемых величин	-	-	-
<b>V</b>	Вязкость	-	+	-
<b>W</b>	Масса	-	-	-
<b>X, Y, Z</b>	Резервные буквы	-	-	-

*Примечание* “-“ обозначает не используется, “+“ – резервное.

Кроме того, приняты дополнительные буквенные обозначения, отражающие функциональные признаки приборов и дополнительные обозначения, применяемые для построения преобразователей сигналов и вычислительных устройств (табл. 4).

Таблица 4

Дополнительные буквенные обозначения, отражающие функциональные признаки приборов по ГОСТ 21.404-85

Наименование	Обозначение
Чувствительный элемент (первичное преобразование)	E
Дистанционная передача (промежуточное преобразование)	T
Станция управления	K
Преобразование, вычислительные функции	Y

Методика построения графических условных обозначений сводится к следующему: в верхней части окружности наносятся буквенные обозначения измеряемой величины и функционального признака прибора. В нижней части окружности наносится позиционное обозначение (буквенно-цифровое), служащее для нумерации отдельных элементов комплекта измерения или регулирования. Порядок расположения буквенных обозначений в верхней части (слева направо) должен быть следующий (рис. 3): обозначение основной измеряемой величины; обозначение, уточняющее (если необходимо) основную измеряемую

величину; обозначение функционального признака прибора.

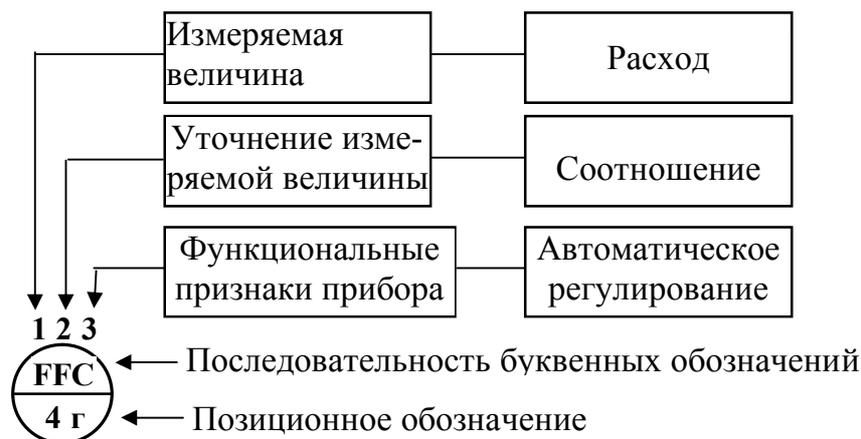


Рис. 3. Пример позиционного и буквенного обозначения прибора

#### 1.2.4. Позиционное обозначение приборов и средств автоматизации

Приборам и средствам автоматизации, изображенным на схеме, присваивается позиционное обозначение (позиция). Позиционное обозначение образуется из 2-х частей: арабской цифры и буквенного индекса, выполненного строчными буквами русского алфавита.

Первая часть, арабская цифра, указывает на номер функциональной группы.

Вторая часть, буквенный индекс, номер прибора и средства автоматизации в данной функциональной группе.

Буквенные обозначения присваиваются каждому элементу функциональной группы в порядке алфавита в зависимости от последовательности прохождения сигнала - от чувствительного элемента к устройствам воздействия на управляемый процесс (например: датчик, вторичный измерительный прибор, регулятор, исполнительный механизм с регулирующим органом).

Позиционное обозначение отдельных приборов и средств автоматизации, таких как регулятор прямого действия, ротаметр, манометр, термометр, счетчик жидкости и др., состоит только из порядкового номера. Отборным устройствам

и приборам, поставляемым с технологическим оборудованием, позиционное обозначение не присваивается.

### **1.2.5. Требования, предъявляемые к оформлению схем автоматизации**

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

*Результатом составления схем автоматизации являются:*

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

***Схемы автоматизации могут быть выполнены двумя способами:***

- 1) упрощенно с изображением средств автоматизации на технологических схемах вблизи отборных и приемных устройств без построения прямоугольников, условно изображающих щиты, пульты и т.д. (рис. 4).
- 2) 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 (рис. 5).

Преимуществом второго 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, пульты располагают в такой последовательности, чтобы обеспечивалась простота и ясность схемы и минимум пересечений линий связи. В каждом прямоугольнике с левой стороны дается его наименование (заголовок). ***Именно развернутую схему автоматизации следует выполнить в самостоятельной работе.***

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

Спецификация на приборы и средства автоматизации выполняется по форме, представленной в табл. 5. 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-55-ДИ. В графе "Примечание" при необходимости указывают "Поставляется в комплекте с ...", "Разработка конструкторского бюро ..." или "Разработка ИГХТУ" и так далее. Также в графе «Примечание» указывается наименование страны и фирмы изготовителя, при условии, что прибор импортного производства.

Приборы и средства автоматизации, указанные в спецификации, следует группировать по параметрам или по функциональному признаку (датчики, регулирующие органы и т.д.).

#### **1.4. Описание схемы автоматизации**

Содержание пояснительной записки должно отражать и обосновывать те решения по автоматизации, которые были приняты при составлении данной схемы автоматизации. В ней в сжатой форме надо объяснить, 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 для одного контура контроля и одного контура регулирования. При этом не надо давать описания конструкции приборов и регуляторов, а только указывать, какие функции они выполняют. Для лучшей ориентации упомянутым в тексте приборам, регуляторам и вспомогательным средствам автоматизации указываются номера позиций по спецификации.

## **2. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АППАРАТАМИ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Современные крупные пищевые производства немислимы без сложных человеко-машинных систем управления, в которых обработка информации и

формирование оптимальных управляющих воздействий осуществляются человеком с помощью вычислительной машины или микропроцессорных систем. Такие системы называются АСУТП. АСУТП обеспечивает автоматическое управление в реальном масштабе времени технологическими комплексами по заданным технологическим и технико-экономическим критериям, которые определяют качественные и количественные характеристики вырабатываемого продукта.

Развитие АСУТП на современном этапе связано с широким использованием для управления микропроцессоров и микро-ЭВМ, стоимость которых с каждым годом становится все более низкой по сравнению с общими затратами на создание систем управления. До появления микропроцессоров эволюция систем управления технологическими процессами сопровождалась увеличением степени централизации. Однако возможности централизованных систем теперь уже оказываются ограниченными и не отвечают современным требованиям по надежности, гибкости, стоимости систем связи и программного обеспечения.

Переход от централизованных систем управления к децентрализованным вызван также возрастанием мощности отдельных технологических агрегатов, их усложнением, повышением требований по быстродействию и точности работы. Централизация систем управления экономически оправдана при сравнительно небольшой информационной мощности (число каналов контроля и регулирования) технологического объекта управления и его территориальной сосредоточенности. При большом числе каналов контроля, регулирования и управления, большой длине линий связи в АСУТП децентрализация структуры системы управления становится принципиальным методом повышения живучести АСУТП, снижения стоимости и эксплуатационных расходов.

Технической основой современных распределенных систем управления, обусловившей возможность реализации таких систем, являются микропроцессоры и микропроцессорные системы.

Отечественной и зарубежной промышленностью выпускается большой набор конкурентоспособных микропроцессорных контроллеров (см. раздел 5.1). Средствами визуализации диспетчерского контроля и управления являются SCADA системы - Supervisory Control And Data Acquisition. Наиболее распространены Master SCADA, Trase Mode. Визуализацией технологического процесса на экране компьютера является мнемосхема.

Мнемосхема представляет собой наглядное графическое изображение функциональной схемы управляемого или контролируемого объекта. Иначе говоря, мнемосхема – это условная информационная модель производственного процесса, выполненная как комплекс символов, изображающих элементы системы с их взаимными связями. Мнемосхема облегчает оператору запоминание схем объектов, взаимосвязь между параметрами, назначение приборов и органов управления. В процессе управления мнемосхема является для оператора важнейшим источником информации о текущем состоянии системы, в том числе связанных с нарушением технологических режимов, авариями и т.п.

Мнемосхемы могут отражать как общую картину состояния системы, технологического процесса, так и состояние отдельных агрегатов, устройств, значения параметров и т.п. Мнемосхемы помогают оператору, работающему в условиях большого количества поступающей информации, облегчить процесс информационного поиска, подчинив его определенной логике, диктуемой реальными связями параметров контролируемого объекта.

Процесс производства пищевых продуктов – это сложный химико-технологический процесс.

Задачи автоматизации в пищевой промышленности заключаются в следующем:

- 1) точное соблюдение технологического регламента ведения процесса для рассматриваемого продукта и, следовательно, получение продукции наилучшего качества;
- 2) ведение технологического процесса на максимальных скоростях;
- 3) оптимальное расходование исходного сырья, пара, горячей воды, холодной воды, электроэнергии и т.д., учет их суммарного количества

для расчета технико-экономических показателей;

- 4) возможность оперативного перенастраивания линии (оборудования) с одного вида продукции на другой;
- 5) представление инженеру-технологу информации о ходе технологического процесса, о состоянии оборудования в режиме реального времени на видеотерминале ПЭВМ, вывод на печатающее устройство наиболее важной информации о процессе;
- 6) обеспечение режимов пуска и останова оборудования, линии;
- 7) обеспечение безаварийной работы оборудования, для чего необходимо распознавание предаварийных ситуаций; ликвидация предаварийных ситуаций;
- 8) информация обслуживающего персонала об аварии и о возможных рисках;
- 9) при возникновении аварийных ситуаций возможность быстрого останова линии (оборудования) и сохранения исходного сырья, полуфабрикатов и т.д.

К особенностям автоматизации можно отнести применение электроавтоматики. Выбор регулирующих органов с пневмоприводом характерен лишь для производств, где сжатый воздух используется для целей производства и имеется мощный компрессор для производства сжатого воздуха. Например, при автоматизации производства пива часто используют клапаны с пневмоприводом, так как сжатый воздух в данном производстве используется также для выдува ПЭТ бутылок.

При автоматизации пищевых производств особые требования предъявляются к выбору средств автоматизации. В качестве датчиков желательно применять бесконтактные датчики (не имеющие контакта с измеряемой средой), например, радарные уровнемеры, индукционные расходомеры и т.д. В качестве регулирующих органов необходимо применять клапаны, задвижки, заслонки, специально разработанные для пищевых производств, например, футерованные клапаны.

В пищевом производстве представлены как аппараты непрерывного, так периодического действия.

## 2.1. Автоматизация аппаратов непрерывного действия

Непрерывное производство – это совокупность технологических процессов, организованных в виде производственной линии, участка, цеха или предприятия в целом. Характеризуется работой без остановок, в течение достаточно длительного времени, без праздников и выходных, безостановочным ремонтом оборудования или использованием резервного оборудования. Для автоматизации непрерывных производств характерен выбор аналоговых датчиков с унифицированным токовым сигналом на выходе. Датчики - сигнализаторы (вырабатывают дискретный сигнал при выходе параметра за границы регламентного коридора) необходимо предусматривать для распознавания предаварийных ситуаций. В качестве регулирующих органов выбирают преимущественно регулирующие клапаны. Отсечные клапаны применяются для аварийных режимов, либо для пуска или останова технологического оборудования.

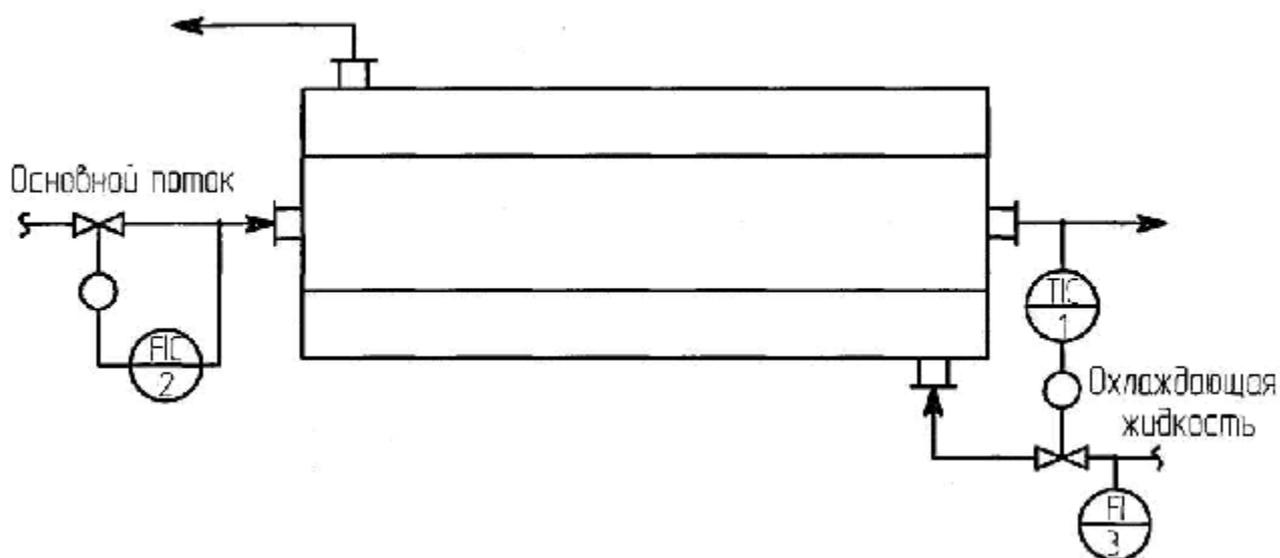


Рис. 4. Свернутая схема автоматизации теплообменника

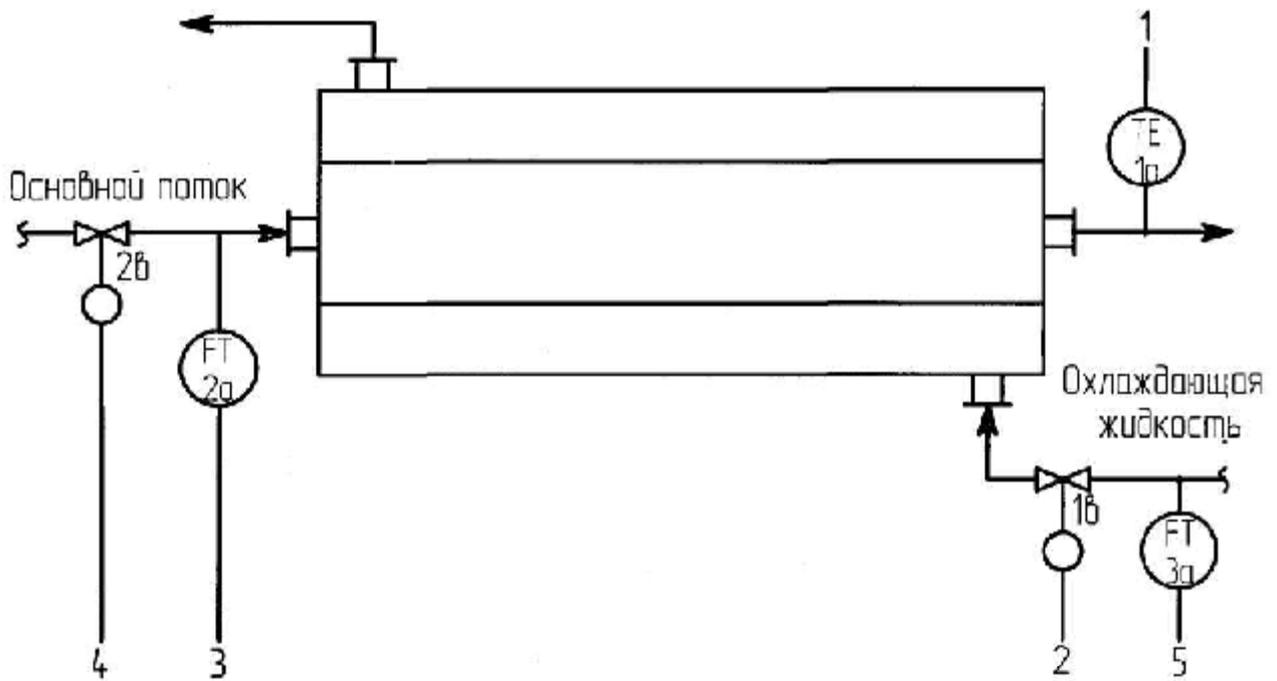
Разберем в качестве примера (рис. 4) автоматизацию теплообменника типа «труба в трубе». Теплообменник представляет собой две коаксиально расположенные трубы, через которые противотоком пропускаются две жидкости: основной поток и охлаждающая жидкость. Предусмотрено: регулирование расхода основного потока на аппарат ( $2 \pm 0,03$ ) м<sup>3</sup>/ч; регулирование температуры основного потока на выходе теплообменника ( $20 \pm 2$ ) °С за счет изменения подачи охлаждающей жидкости; контроль расхода хладагента на теплообменник  $1 \div 1,4$  м<sup>3</sup>/ч.

Для создания системы автоматизации применим контроллер «ТКМ-700» в комплекте с ПЭВМ (рис. 5). В качестве датчиков применим аналоговые датчики по температуре (поз. 1а) и расходу (поз. 2а, 3а) фирмы «Метран», в качестве регулирующих органов применим клапаны «РУСТ-95» с электроприводом МЭПК (табл. 6).

Таблица 5

Спецификация на приборы и средства автоматизации

Номер поз. по схеме	Наименование и краткая характеристика прибора	Тип прибора	Количество	Примечание
Многофункциональный контроллер ТКМ -700, работающий совместно с ПЭВМ				
1а	Термометр сопротивления медный 0 ÷ 100 °С	ТСМ Метран 204	1	
2а,3а	Расходомер переменного перепада давлений, диапазон измерения 0 ÷ 5 м <sup>3</sup> /ч, токовый сигнал на выходе 4 ÷ 20 мА, класс точности 1	Метран - 350	2	
1б, 2б	Пускатель бесконтактный реверсивный U = 220 В	ПБР – 2М	2	
1в,2в	Клапан регулирующий с электроприводом МЭПК, P <sub>y</sub> = 1,6 МПа; d <sub>y</sub> = 20 мм, t <sub>среды</sub> до 225 °С	РУСТ 510-2 УХЛ(1), Ду20, Ру16, 225°С, корпус 12Х18Н10Т, КVu4 Р	1	



		1	2	3	4	5
		20±2°C		2±0.03 м³/ч		1±1.4 м³/ч
По месту			NS 1б		VS 2б	
МПК ТКМ-700	аналоговый вход					
	аналоговый вывод					
	дискретный вход					
	дискретный вывод					
ПЭВМ	видеотерминал					
	печать					
	пульт управления					

Рис.5. Развернутая схема автоматизации теплообменника

## 2.2. Автоматизация аппаратов периодического действия

Периодический процесс отличается от непрерывного наличием стадий. Причем все стадии осуществляются последовательно в одном аппарате. Например, производство охлаждающей жидкости «Тосол» - это периодический процесс, протекающий в цилиндрическом аппарате с мешалкой и рубашкой. Выделяют стадии загрузки (дозирование компонентов в соответствии с технологическим регламентом), перемешивания (включение мешалки, подача теплоносителя в рубашку, выдержка в течение заданного времени, отключение мешалки), выгрузки (слив готового продукта). Для автоматизации периодических производств характерен выбор датчиков с дискретным сигналом на выходе, а также клапанов отсечных, работающих в режиме «открыто-закрыто». В качестве примера разберем систему автоматического управления емкостным смесителем с подогревом. На рис. 6 представлена свернутая (упрощенная) схема автоматизации смесителя.

Емкостной смеситель с подогревом

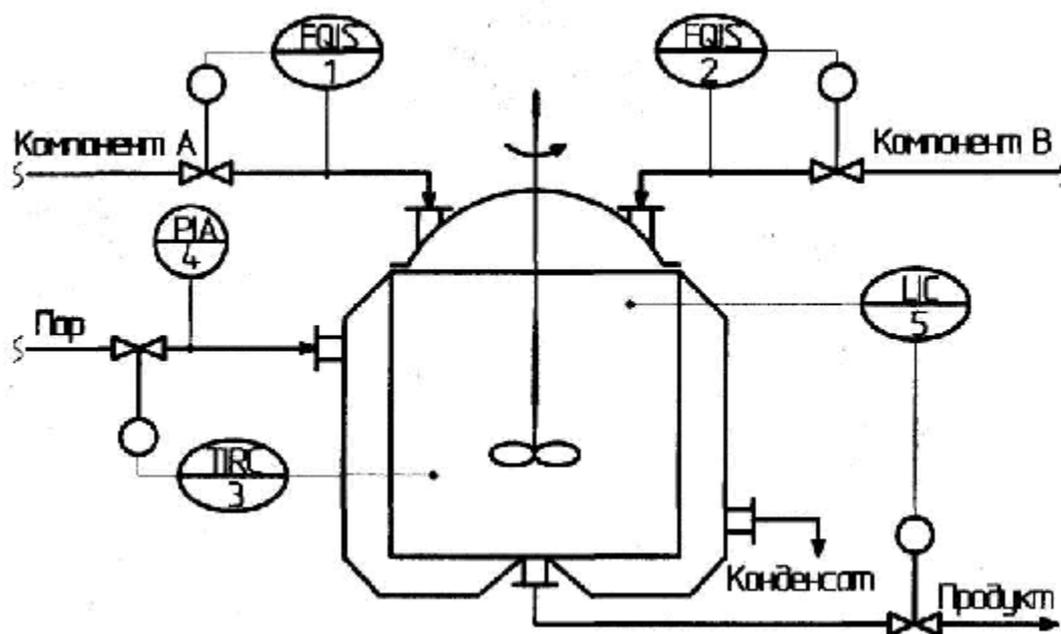


Рис. 6. Схема автоматизации емкостного смесителя

Работа емкостного смесителя с подогревом (условия пожаро-взрывоопасные) осуществляется в три стадии.

1 стадия: загружаем компонент А (среда жидкая, агрессивная) в количестве 1418 л (контур 1); загружаем компонент В (среда жидкая, агрессивная) в количестве 100 л (контур 2).

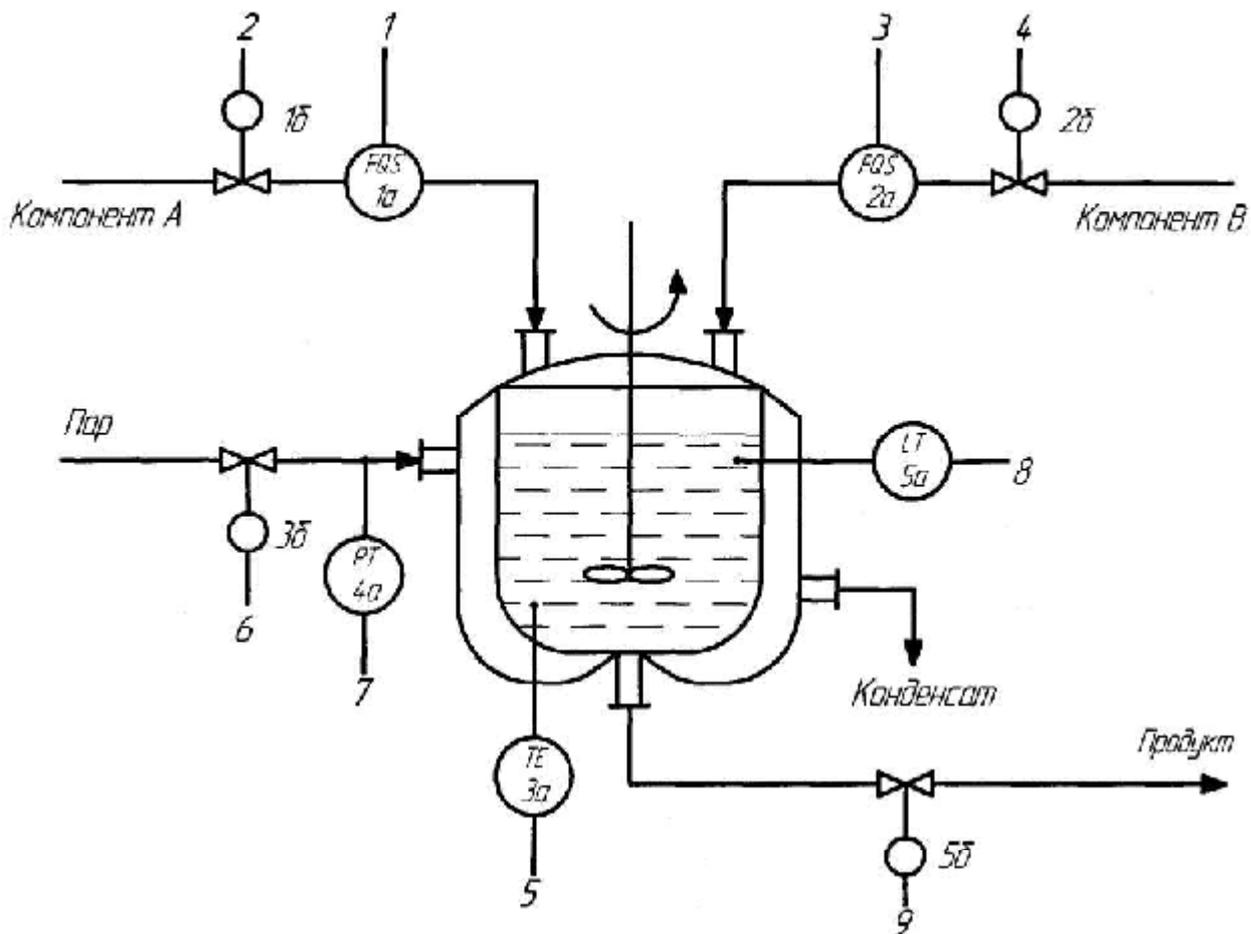
2 стадия: перемешивание осуществляется при температуре  $(70 \pm 3)^\circ\text{C}$  (контур 3), также предусматривается контроль и сигнализация давления на линии подачи пара  $(0,5 \pm 0,02)$  МПа (контур 4).

3 стадия: выгрузка осуществляется отбором продукта из аппарата с уровня 3 м до уровня 0 м (контур 5).

Автоматизацию выполним с применением микропроцессорного контроллера средней информационной мощности ТКМ-700. Развернутая схема автоматизации представлена на рис. 7.

В качестве датчиков выберем современные датчики фирмы «Метран», обладающие аналоговыми, либо импульсными (дискретными) сигналами на выходе. В качестве регулирующих органов выберем шаровые краны с пневмоприводом ( $d_y$  до 80 мм, ЗАО НПП «Автоматика» г. Владимир).

Выбор клапанов с пневмоприводом характерен для пожаровзрывоопасных условий. Шаровый регулирующий клапан предусмотрен по контуру регулирования температуры в смесителе: изменяя подачу пара в рубашку смесителя стабилизируем температуру перемешивания на уровне  $(70 \pm 3)^\circ\text{C}$ . Шаровые запорные краны, работающие в режиме «открыто-закрыто», необходимы на трубопроводах подачи первого и второго компонентов, а также для слива полученного продукта.



		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		14 10±5 л		100±2 л		70±3 °C		0,5±0,55 МПа	3±0,1 м	
МПК "ТКМ-700"	аналоговый вход									
	аналоговый выход									
ПЛЭВМ	дискретный вход									
	дискретный выход									
ПЛЭВМ	видео терминал									
	течиль									
	пульт управления									

Рис. 7. Развернутая схема автоматизации емкостного смесителя

## Спецификация на приборы и средства автоматизации

Номер позиции	Наименование и краткая характеристика прибора	Тип (марка) прибора	Количество	Примечание
1	2	3	4	5
1а	Расходомер кориолисовый для агрессивных сред, диапазон измерений расхода $87 \div 43550$ л/ч, погрешность измерения $\pm 0,2$ %, класс точности 0,5; снабжен преобразователем IFT 9701 с импульсным выходным сигналом, исполнение взрывобезопасное; $d_v = 80$ мм	Метран - 360 F - F 300 S - Exia	1	
2а	Расходомер кориолисовый для агрессивных сред, диапазон измерений расхода $87 \div 43550$ л/ч, погрешность измерения $\pm 0,2$ %, класс точности 0,5; снабжен преобразователем IFT 9701 с импульсным выходным сигналом, исполнение взрывобезопасное; $d_v = 50$ мм	Метран - 360 F - F 300 S - Exia	1	
3а	Термометр сопротивления платиновый, диапазон измерения $-50 \div 100$ °С; погрешность измерения $\pm 0,25$ %; класс точности 1, исполнение взрывобезопасное	ТСП Метран 255 - Exia	1	
4а	Датчик абсолютного давления с унифицированным токовым сигналом на выходе 4 - 20 мА, диапазон измерения $0 \div 0,6$ МПа; погрешность измерения $\pm 0,1$ %; класс точности 1, исполнение взрывобезопасное	Метран -55 - ДА - Exia	1	
5а	Датчик гидростатического давления с унифицированным токовым сигналом на выходе 4 - 20 мА, диапазон измерения $0 \div 30$ кПа; погрешность измерения $\pm 0,1$ %; класс точности 1, исполнение взрывобезопасное	Метран -150 L 3 - Exia	1	
1б, 5б	Шаровой запорный кран с пневмоприводом, тип НЗ, укомплектован электропневмораспределителем РДВ – 5; $d_v = 80$ мм	ШКП - АТ - РДВ 5 - НЖ	2	
2б	Шаровой запорный кран с пневмоприводом, тип НЗ, укомплектован электропневмораспределителем РДВ – 5; $d_v = 50$ мм	ШКП - АТ - РДВ 5 - НЖ	1	
3б	Шаровой регулирующий клапан с пневмоприводом, тип НЗ, укомплектован электропневмопозиционером IP; $d_v = 50$ мм	ШРКП - АТ - IP - НЖ	1	

### 2.3. Автоматизация процессов горения

Многие процессы в пищевой промышленности связаны с процессом горения. Тоннельная хлебопекарная печь, печь для выпечки вафель и т.д. – во всех этих агрегатах процесс горения занимает основное место. Разберем особенности автоматизации процесса горения.

Автоматизация процесса горения выполняет следующие задачи:

- повышение надежности и безопасности процесса горения;
- устранение проблемы перерасхода топлива;
- снижение предельно допустимых выбросов вредных веществ.

При автоматизации любого объекта, где присутствует горение, необходимо контролировать и регулировать ряд параметров.

Регулирование (поддержание на заданном уровне):

- оптимального соотношения топливо-воздух;
- температурного режима;
- аэродинамического режима объекта;
- давления разряжения на выходе дымовых газов.

Контроль:

- температура в каждой рассматриваемой зоне объекта;
- разряжение в технологическом объекте и на выходе дымовых газов;
- давление газа, подаваемого на горение;
- давление воздуха, подаваемого на горение.

Для безопасного осуществления процесса горения необходимо прекращать (отсекать) подачу газа к горелкам в случае отклонения от регламентных значений следующих параметров:

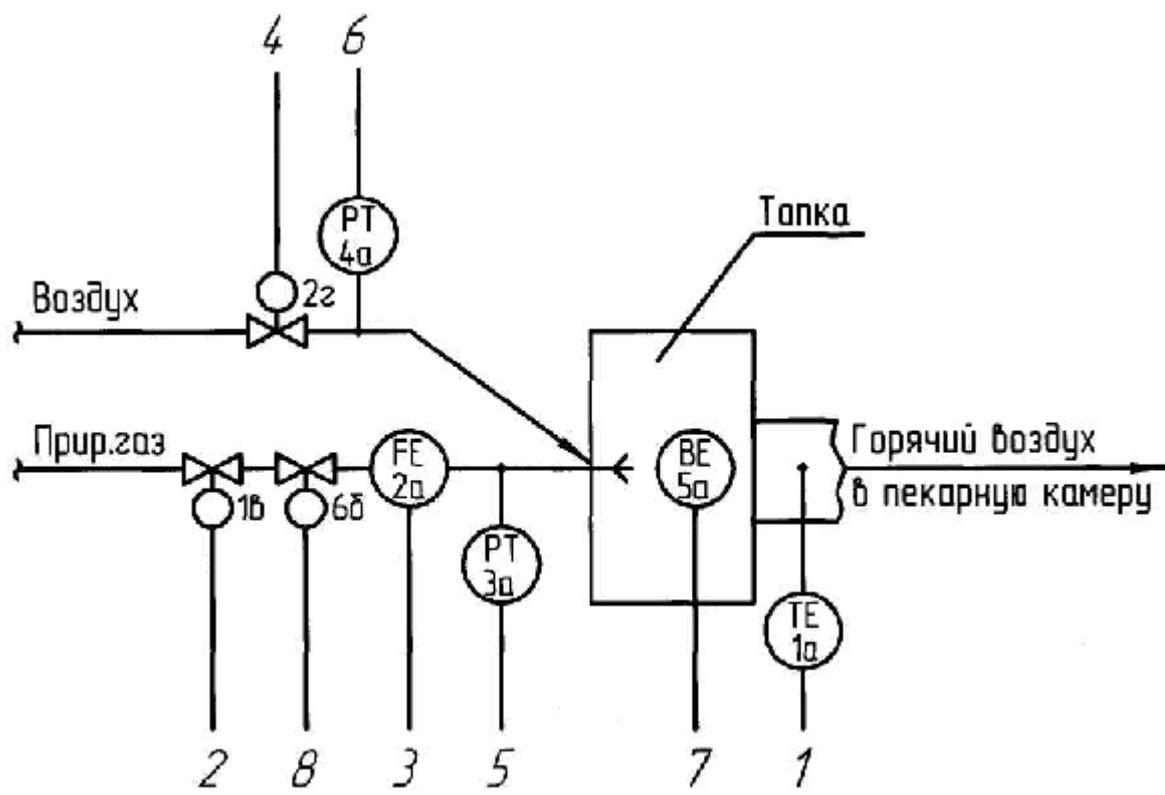
- давления газа на подводящем трубопроводе;
- давления воздуха перед горелочными устройствами;
- разряжения на выходе дымовых газов;
- концентрации природного газа в рабочей зоне;
- температуры дымовых газов на выходе объекта;

- концентрации  $O_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$  в дымовых газах;
- отсутствие пламени на горелочных устройствах.

В качестве примера рассмотрим систему автоматического управления топкой печи (рис.8). В топку на горение (1 горелка) подается природный газ и воздух. Предусмотрено:

- регулирование температуры в топке ( $200 \pm 5$ ) °С за счет изменения подачи газа (контур1);
- регулирование соотношения подачи природный газ:воздух ( 1:4) на топку за счет подачи воздуха на горение (контур 2);
- контроль давления подачи природного газа на топку  $0,04 \div 0,08$ МПа (контур 3);
- контроль давления подачи воздуха на топку  $0,11 \div 0,13$  МПа (контур 4);
- контроль наличия пламени горелки (контур 5);
- при отклонении давления газа и воздуха на печь от регламентных значений, при погасании пламени горелки предусмотрена блокировка подачи природного газа.

Для автоматизации применим отечественный РС совместимый многофункциональный контроллер средней информационной мощности МФК – 1500 (рис. 8). В качестве датчиков выберем аналоговые датчики фирмы «Метран», для контроля наличия пламени горелки выберем комплект из фотодатчика и блока контроля пламени с дискретным сигналом на выходе. В качестве регулирующих органов выберем клапаны регулирующие, отсечные и регулирующие-отсечные фирмы «ЛГ Автоматика» с электроприводом МЭПК. Регулирующий клапан предусмотрен для регулирования температуры на входе в пекарную камеру. Отсечной клапан на линии подачи газа срабатывает при выходе параметров за регламентные значения (например, при погасании пламени горелки). Регулирующе-отсечной клапан предусмотрен на линии подачи воздуха для поддержания соотношения газ:воздух на горение и отсечки подачи воздуха при плановом либо аварийном останове.



		1	2	3	4	5	6	7	8
		200±5 °C		100 ± 120 м³/ч	соотношение 1/4	0,04 + 0,08 МПа	0,11 + 0,13 МПа		на отсечной клапан
<i>Приборы по месту</i>			NS 1б	FT 2а	NS 3а			BS 5а	NS 6а
МФК-1500	<i>Аналоговый вход</i>	•		•		•	•	•	
	<i>Аналоговый выход</i>								
	<i>Дискретный вход</i>							•	
	<i>Дискретный выход</i>		•		•				•
	<i>Видеотерминал</i>	•		•		•	•	•	•
	<i>Печать</i>	•							•
	<i>Пульт управления</i>		•		•				•
									двухцветный

Рис. 8. Развернутая схема автоматизации топки печи

Типы выбранных приборов и средств автоматизации представлены в спецификации (табл. 7).

Таблица 7

Спецификация на приборы и средства автоматизации

Номер поз. по схеме	Наименование и краткая характеристика прибора	Тип прибора	Количество	Примечание
Многофункциональный контроллер МФК -1500, работающий совместно с ПЭВМ				
1а	Преобразователь температуры, диапазон измерения 500 ÷ 1200 °С	Метран 280	1	
2а	Диафрагма фланцевая камерная, $P_y = 0,6$ МПа; $d_y = 20$ мм	ДФК - 0,6 - 20	1	
2б	Датчик измерения перепада давления (расхода), токовый сигнал на выходе 4 ÷ 20 мА	Метран - 150 CD2	1	
3а, 4а	Датчик избыточного давления, верхний предел измерения 0,2 МПа, токовый сигнал на выходе 4 ÷ 20 мА	Метран - 150 CG3	2	
5а	Фотоэлектрический датчик	ФД	1	
5б	Блок контроля пламени, преобразующий сигнал датчика ФД в дискретный сигнал при погасании пламени горелочного устройства; $U = 220$ В; мощность 6 ВА	БКП ФД	1	
1б, 2в, 6а	Пускатель бесконтактный реверсивный $U = 220$ В	ПБР – 2М	3	
1в	Клапан малогабаритный регулирующийся с электроприводом МЭПК, $P_y = 1,6$ МПа; $d_y = 20$ мм, $t_{\text{среды}} = - 40 \div 225$ °С, материал корпуса нержавейка	КМР.Э 101 НЖ 20 0,16 Р УХЛ (1)	1	
2г	Клапан малогабаритный регулирово-отсечной с электроприводом МЭПК, $P_y = 1,6$ МПа; $d_y = 65$ мм, $t_{\text{среды}} = - 40 \div 225$ °С, материал корпуса нержавейка	КМРО.Э 101 НЖ 65 10 Р УХЛ (1)	1	
6б	Клапан малогабаритный отсечной с электроприводом МЭПК, быстроотсечной, $P_y = 1,6$ МПа; $d_y = 20$ мм, $t_{\text{среды}} = - 40 \div 225$ °С, материал корпуса нержавейка	КМО.Э 101 НЖ 20 УХЛ (1)	1	

### **3. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ.**

#### **АВТОМАТИЗАЦИЯ ТАНКА БРОЖЕНИЯ ПИВА**

(пояснительная записка)

В работе рассмотрена система автоматического управления танком брожения пива с применением микропроцессорного контроллера МФК. Танк брожения – это закрытый аппарат цилиндрической формы, снабженный охлаждающим змеевиком и патрубками для ввода сусла и слива молодого пива. В змеевик подается хладоагент (пропиленгликоль) с температурой  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Процесс брожения длится 10 суток при температуре  $(6 \pm 1)\text{ }^{\circ}\text{C}$  и при атмосферном давлении. Процесс протекает в 3 стадии. Первая стадия – это заполнение танка суслом до уровня 90 % от высоты  $H$  танка (1 контур); вторая стадия сбраживания при температуре  $(6 \pm 1)\text{ }^{\circ}\text{C}$  в течение 10 суток. Третья стадия – это слив молодого пива в танки дображивания.

Для качественного ведения процесса необходимо контролировать и регулировать ряд параметров, определенных заданием на проектирование системы автоматизации (табл.8).

Для создания САУ применим отечественный РС совместимый контроллер средней информационной мощности МФК. Данный контроллер предназначен для сбора, обработки информации, реализации функции контроля, программно-логического управления, регулирования, противоаварийных защит и блокировок и может работать как автономное устройство управления. Кроме того, возможно его использование в качестве локального устройства управления в составе сложной распределенной системы управления.

Работой предусмотрено, что информация о значениях параметров поступает на пульт управления инженера-технолога, причем информация о ходе технологического процесса может фиксироваться на видеотерминале; наиболее важная часть информации может выводиться на печатающее устройство. Поступающая информация анализируется инженером-технологом в режиме реального времени, технолог отслеживает все стадии ведения процесса: заполнение танка, брожение, слив молодого пива. При необходимости инженер-

технолог совместно с инженером по автоматизации могут внести коррективы в процесс управления.

Автоматическая система управления технологическим процессом представлена на схеме автоматизации (рис. 9) и предусматривает:

- контур контроля уровня сусла в танке, заполнения танка, а также слива сусла из танка после окончания процесса брожения;
- контур регулирования температуры сусла.

В качестве датчиков (табл. 9) применим датчики с унифицированным токовым сигналом на выходе  $4 \div 20\text{мА}$ , в качестве регулирующих органов применим клапаны малогабаритные с пневмоприводом фирмы «ЛГ Автоматика» в комплекте с электропневмопозиционерами. Клапаны выберем НЗ – нормально закрытые, т.е. при отсутствии командного давления воздуха проходное сечение полностью закрыто.

Разберем работу второго контура регулирования.

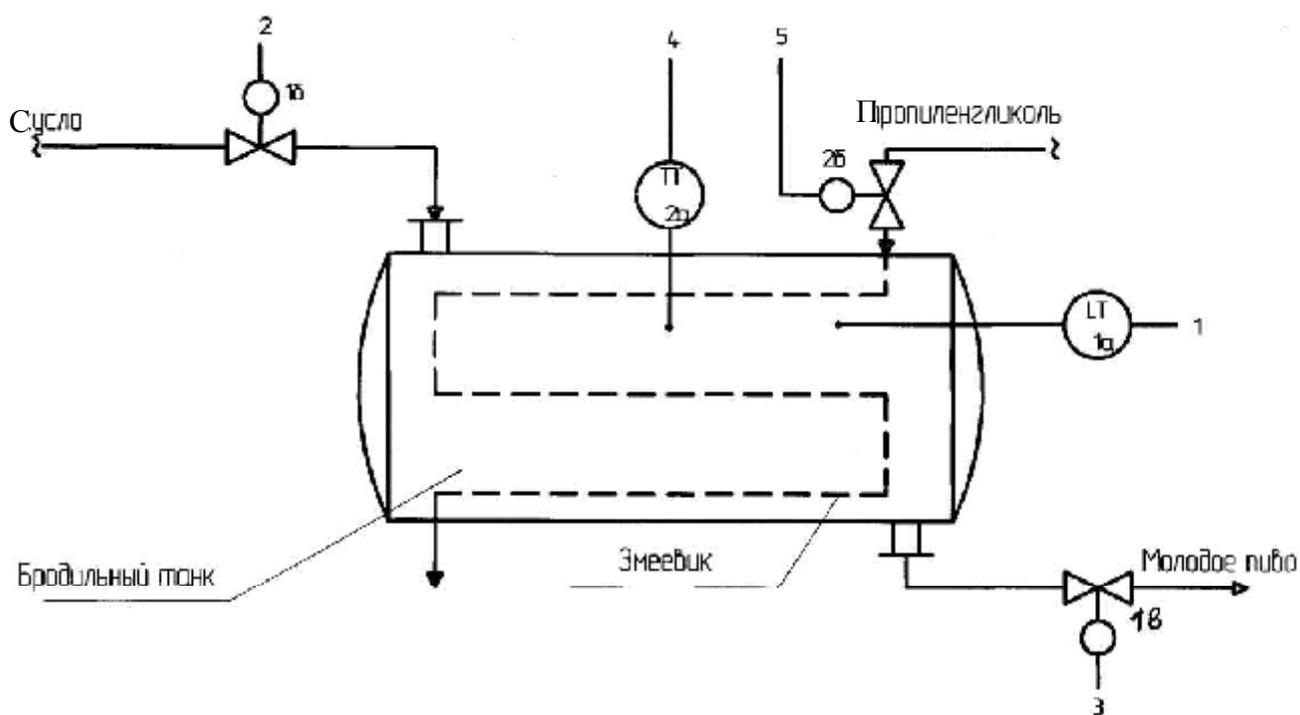
Температуру сусла в танке брожения измеряем термометром сопротивления платиновым ТСПУ Метран 276 (поз. 2а). Унифицированный сигнал с датчика ( $4 \div 20 \text{ мА}$ ) поступает на аналоговый вход контроллера МФК, где вырабатывается управляющее воздействие согласно ПИ закону регулирования. Управляющее воздействие с аналогового выхода контроллера поступает на электропневмопозиционер, а затем на клапан пневматический регулирующе-отсечной (поз. 2б). Клапан установлен на линии подачи пропиленгликоля в змеевик танка. Изменяя подачу пропиленгликоля (увеличивая или уменьшая сечение трубопровода), стабилизируем температуру сусла в танке на уровне  $(6 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}$ .

После завершения процесса брожения и сливе продукта клапан (поз. 2б) можно закрыть с пульта управления инженера-технолога. Так же возможно закрыть клапан при возникновении аварийной ситуации.

Таблица 8

## Задание на проектирование системы автоматизации

№ п/ п	Наименование параметра, место отбора измерительного импульса	Заданное значение параметра, допустимые отклонения	Отображение информации				Регулирование	Наименование регулирующего воздействия, место установки регулирующего органа. Условный проход трубопровода	Характеристика среды в местах установки			
			по-ка-за-ние	ре-ги-стра-ция	сум-ми-ро-ва-ние	сиг-на-ли-за-ция			датчиков		регулирующих органов	
									агрес-сив-ная	пожа-ро- и взры-во-опас-ная	агрес-сив-ная	пожа-ро- и взры-во-опас-ная
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Уровень сусла в танке	0 ÷ 90%	+	-	-	+	+	Открытие, закрытие клапанов на загрузку и выгрузку сусла	Нет	Нет	Нет	Нет
2	Температура бро-жения	(6 ± 1) °С	+	+	-	+	+	Изменение подачи пропиленгликоля в змеевик	Нет	Нет	Нет	Нет



		1	2	3	4	5
МПК "МКХ"	аналоговый вход	•			•	
	аналоговый выход					•
	дискретный вход					
	дискретный выход	•	•			
ПЭВМ		—	—		—	

Рис. 9. Развернутая схема автоматизации танка брожения пива

Таблица 9

## Спецификация на приборы и средства автоматизации

Но- мер пози- ции по схеме	Наименование и краткая характеристика прибора	Тип прибора	Коли- чест- во	При- меча- ние
Многофункциональный контроллер МФК, работающий совместно с ПЭВМ				
1а	Уровнемер радарный, диапа- зон измерения 0,6 ÷ 5 м, то- ковый сигнал на выходе 4 ÷ 20 мА	УЛМ-31	1	
2а	Термометр сопротивления платиновый, диапазон измере- ния 0 ÷ 50 °С токовый сигнал на выходе 4 ÷ 20 мА,	ТСПУ Метран 276	1	
1б,1в	Клапан малогабаритный от- сечной с электропневмореле, Р <sub>у</sub> = 1,6 МПа; d <sub>у</sub> = 50 мм, t <sub>среды</sub> до 225 °С	КМО 101 М 50 НЗ У	2	
2б	Клапан регулирующие- отсечной с электропнемопози- ционером Sipart PS2, Р <sub>у</sub> = 1,6 МПа; d <sub>у</sub> = 25 мм, t <sub>среды</sub> до 225 °С	КМРО 101 М 25 4,0 Р НЗ У	1	

#### 4. ЗАДАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ

##### Задание № 1

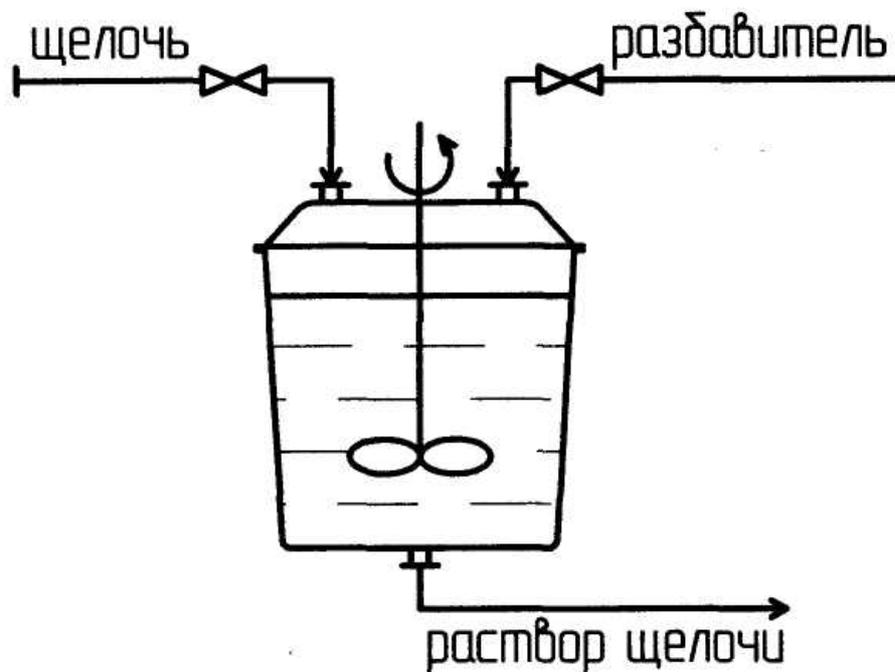


Рис. 10. Смеситель

Смеситель (рис. 10) представляет собой емкостной аппарат с мешалкой, работающий по непрерывной схеме. Цель работы смесителя – получение раствора щелочи заданной концентрации.

*Предусмотреть:* регулирование концентрации щелочи (NaOH) на выходе смесителя; стабилизацию расхода щелочи на смеситель ( $0,7 \pm 0,02$ ) л/мин; регулирование уровня в смесителе ( $1,2 \pm 0,06$ ) м, контроль суммарного расхода разбавителя на смеситель.

## Задание № 2

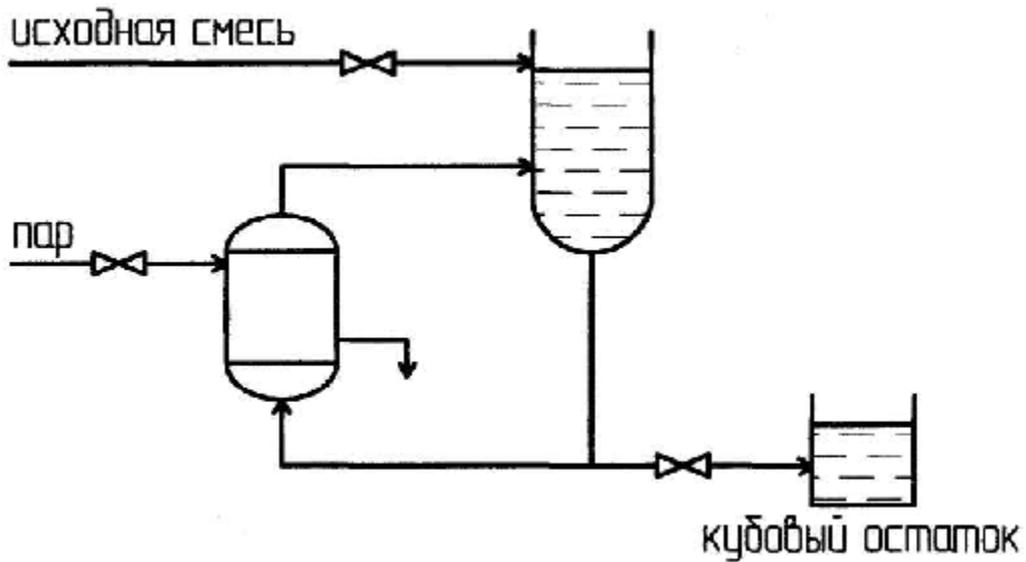


Рис. 11. Низ ректификационной колонны

Ректификационная колонна – аппарат для разделения жидких смесей (рис. 11), составляющие которых имеют различную температуру кипения. Конечными продуктами ректификационной колонны является дистиллят, выходящий из верхней части колонны, и кубовый остаток (менее летучий компонент), отбираемый из нижней части колонны.

*Предусмотреть:* регулирование температуры в кубе колонны ( $80 \pm 4$ ) °С; регулирование уровня в кубе колонны ( $400 \pm 40$ ) мм; регулирование расхода исходной смеси на аппарат ( $7 \pm 0,2$ ) л/мин, контроль давления пара на паропроводе не менее 0,3 МПа.

## Задание № 3

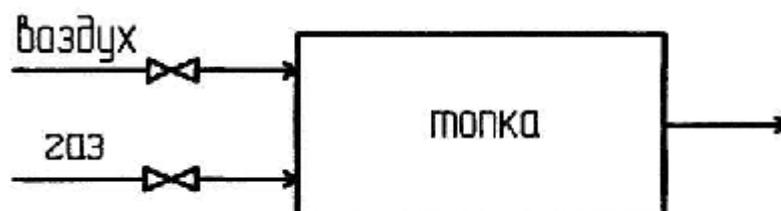


Рис. 12. Топка

В топку (рис. 12) на горение (одна горелка) подается природный газ. Для оптимального ведения процесса горения необходимо поддерживать нужное соотношение топливо: воздух.

*Предусмотреть:* регулирование температуры в топке ( $800 \pm 10$ ) °С; регулирование соотношения газ-воздух на горение 1:3; измерение текущего и суммарного расхода газа на горение.

#### Задание № 4

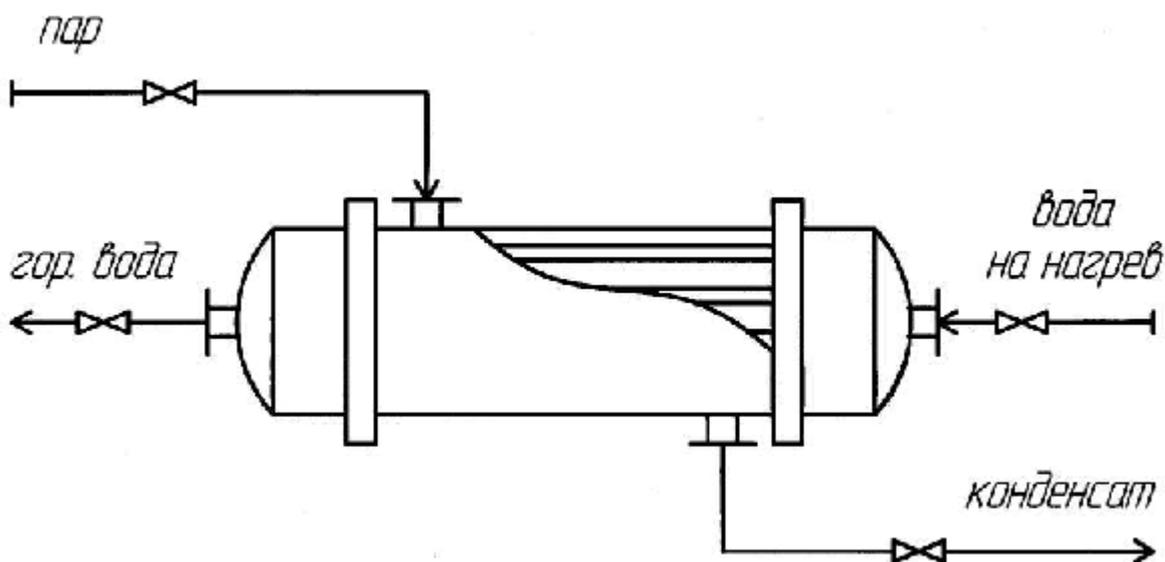


Рис. 13. Пароводяной подогреватель

Подогреватель пароводяной (рис. 13) скоростной кожухотрубный предназначен для подогрева воды в системах отопления и горячего водоснабжения коммунальных (тепловых пунктах, котельных), общественных, производственных и прочих потребителей (зданий, сооружений). Корпус, камеры, крышки подогревателя изготовлены из стали, трубная система из пучка латунных трубок. Нагреваемая вода движется по латунным трубкам подогревателя. Пар поступает в межтрубное пространство через патрубок в верхней части корпуса, конденсат отводится через патрубок в нижней части корпуса.

*Предусмотреть:* регулирование температуры горячей воды на выходе подогревателя ( $130 \pm 5$ ) °С; регулирование уровня конденсата в межтрубном пространстве теплообменника ( $300 \pm 30$ ) мм; контроль давления на линии подачи воды на нагрев  $0,20 \div 0,25$  МПа; контроль расхода пара на подогреватель.

## Задание № 5

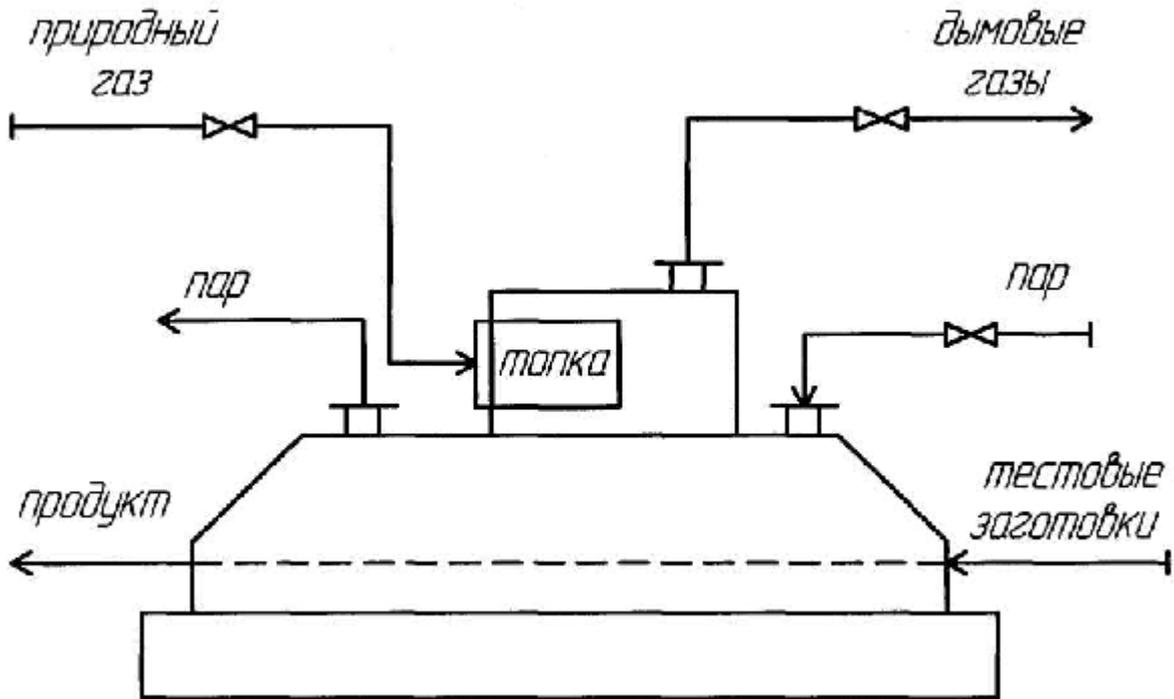


Рис.14. Туннельная печь

Туннельная хлебопекарная печь (рис. 14) предназначена для выпечки хлебобулочных изделий. Печь состоит из топочного пространства (топка) и пекарной камеры, куда поступают тестовые заготовки. В топочное пространство подается природный газ на горелку. Также в печь поступает пар для создания определенной влажности в пекарной камере. Тестовые заготовки проходят последовательно все зоны пекарной камеры.

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

## Задание № 6

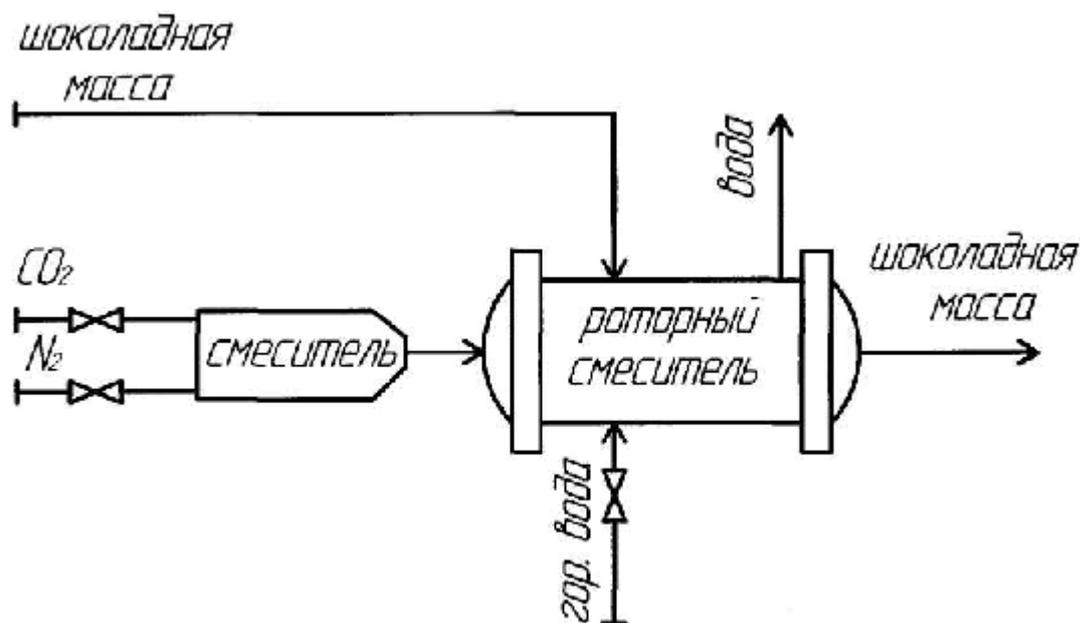


Рис. 15. Установка для получения пористого шоколада

Получение пористого шоколада заключается в интенсивном насыщении шоколадной массы газовой смесью (азот и углекислота). Насыщение происходит при избыточном давлении: при формировании пузырьки воздуха расширяются, и твердеющий шоколад приобретает пористую структуру. Установка для насыщения шоколадной массы (рис. 15) газовой смесью представляет собой роторный смеситель с водяной рубашкой, предназначенной для поддержания заданной температуры массы. Ротор снабжен большим количеством пальцев для наилучшего перемешивания и насыщения шоколадной массы газовой смесью.

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

## Задание № 7

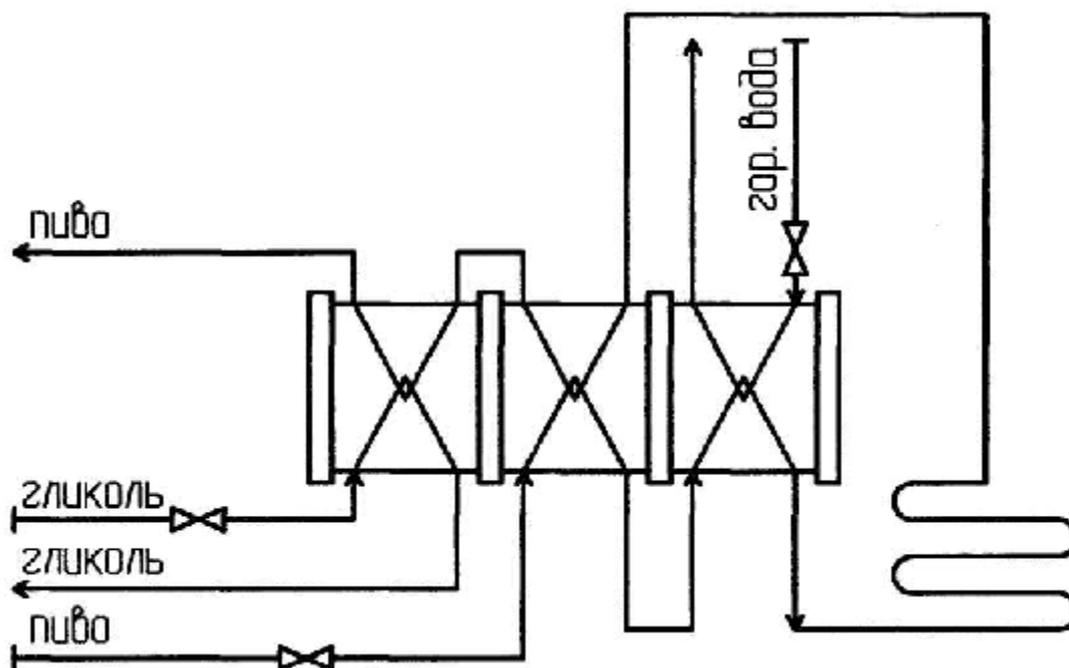


Рис. 16. Пастеризатор пива

Пастеризатор (рис. 16) состоит из трех секций теплообмена и лежака. В начале пиво нагревается потоком горячего пива во второй секции, затем пастеризуется при температуре  $71^{\circ}\text{C}$  за счет подачи горячей воды в третью секцию. Далее пиво поступает на лежак. Проходя по лежаку, оно охлаждается до температуры  $50^{\circ}\text{C}$ . Далее пиво поступает в секцию охлаждения - это первая секция пастеризатора. В этой секции пиво охлаждается до температуры  $5^{\circ}\text{C}$  за счет подачи гликоля.

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

### Задание № 8

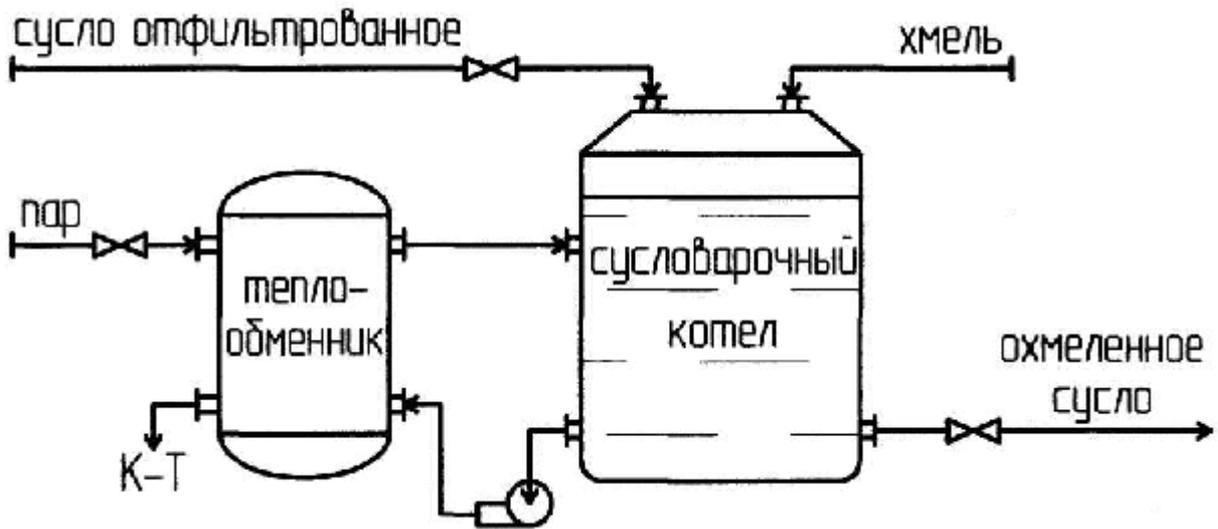


Рис. 17. Суслотворочный котел

Суслотворочный котел (рис. 17) работает по периодической схеме: заполнение котла суслом, добавление хмеля, кипячение (рециркуляция пива через выносной теплообменник), слив охмеленного сусла. Цель кипячения сусла – стерилизация, стабилизация и ароматизация его состава горькими веществами хмеля. Стерилизация сусла достигается уже через 15 мин кипячения. При кипячении хмеля в сусло переходит значительная часть его углеводов, а также белковых, горьких, дубильных, ароматических и минеральных веществ.

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

### Задание № 9

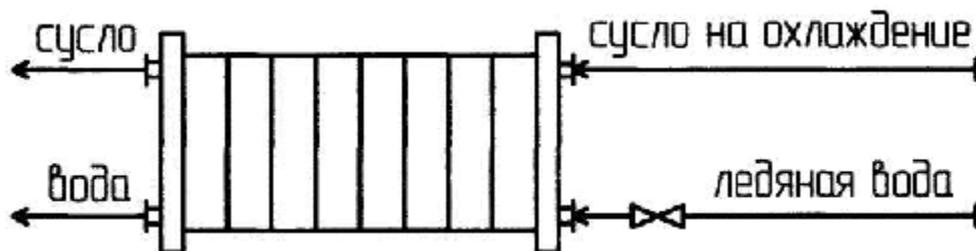


Рис. 18. Пластинчатый теплообменник

Пластинчатый теплообменник – устройство для передачи тепла от горячей среды к холодной через стальные, медные и т.д. пластины, которые стянуты в пакет (рис. 18). При стягивании пластин в пакет образуются каналы, по которым и протекают жидкости, участвующие в теплообмене.

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

*Предусмотреть:* регулирование температуры суслу на выходе ( $7 \pm 1$ )  $^{\circ}\text{C}$ ; контроль и сигнализацию давления на трубопроводе ледяной воды  $0,15 \div 0,2$  МПа; контроль суммарного количества охлажденного суслу на выходе теплообменника; контроль температуры суслу на входе в теплообменник  $30 \div 60^{\circ}\text{C}$ .

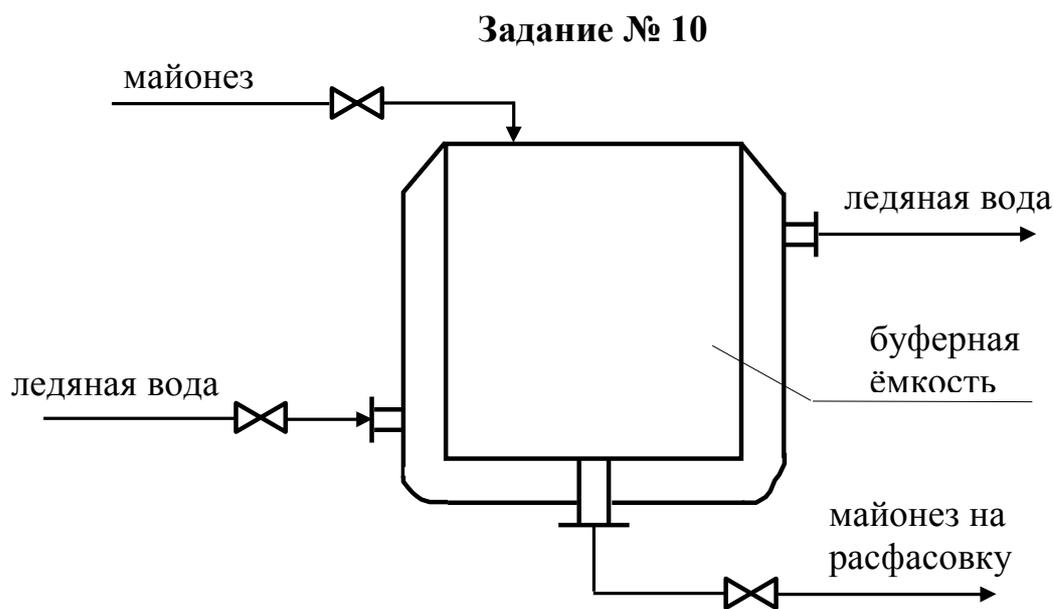


Рис. 19. Буферная емкость для хранения майонеза

Буферная емкость (рис. 19) предназначена для хранения майонеза перед расфасовкой. Майонез хранится охлажденным, поэтому емкость имеет рубашку для подачи холодной воды. Уровень майонеза в емкости не может превышать 80% от Н - высоты емкости.

*Предусмотреть:* регулирование температуры майонеза в буферной емко-

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

### Задание № 11

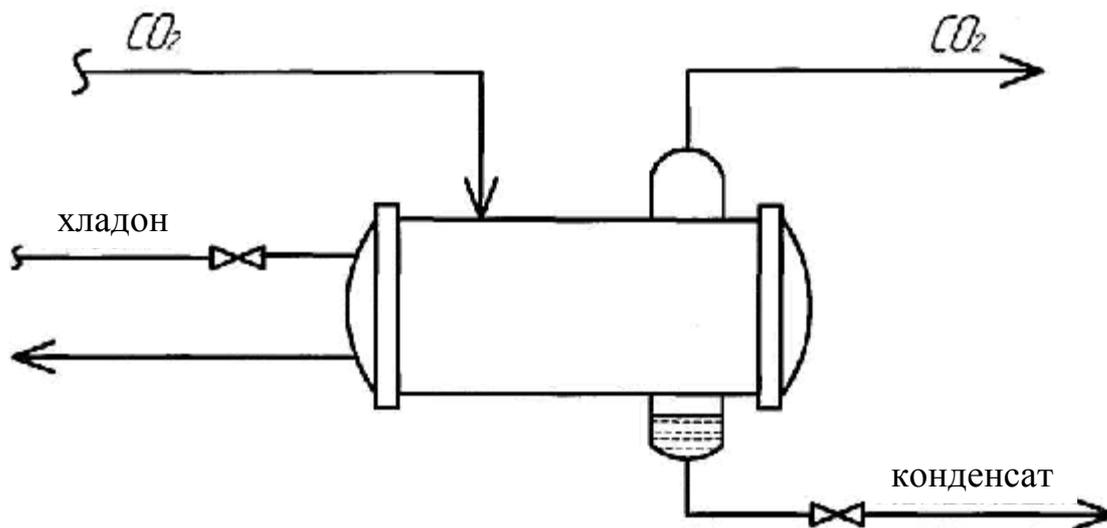


Рис. 20. Охладитель углекислого газа

Охладитель углекислого газа – это кожухотрубный горизонтальный теплообменник, совмещенный с сепаратором (рис. 20). Кожух и трубный пучок теплообменника изготовлены из низколегированной нержавеющей стали. В межтрубное пространство подается газообразный  $\text{CO}_2$ , в трубное пространство – хладон. В теплообменнике углекислый газ охлаждается с температуры  $35^\circ\text{C}$  до температуры  $14^\circ\text{C}$ . За счет охлаждения углекислого газа происходит конденсация жидкости и отделение конденсата в сепарационной части теплообменника.

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

## Задание № 12

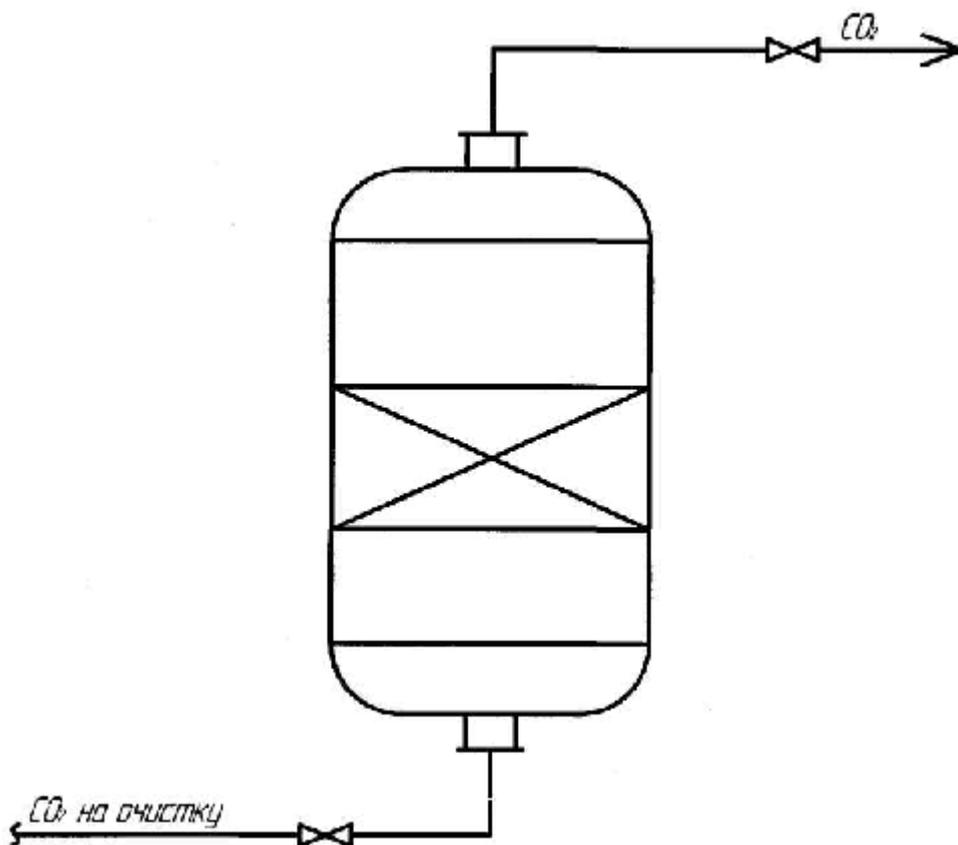


Рис. 21. Адсорбер

Адсорбер (рис. 21) предназначен для осушки углекислого газа, т.е. для удаления остаточной влаги, содержащейся в  $\text{CO}_2$ , до точки росы не более  $-50^\circ\text{C}$ . Адсорбер заполнен алюмогелем (600 кг). Продолжительность цикла адсорбции 8 часов, после чего 8 часов длится цикл регенерации алюмогеля.

*Предусмотреть:* регулирование давления подачи  $\text{CO}_2$  на адсорбер  $(1,94 \pm 0,8)$  МПа; контроль и сигнализацию температуры  $\text{CO}_2$  на входе в адсорбер  $14 \div 16^\circ\text{C}$ ; контроль и сигнализацию влаги в  $\text{CO}_2$  после осушки по точке росы  $-50^\circ\text{C}$ ; так как адсорбер работает циклически, применить отсечные клапаны на входе и выходе  $\text{CO}_2$ .

### Задание № 13

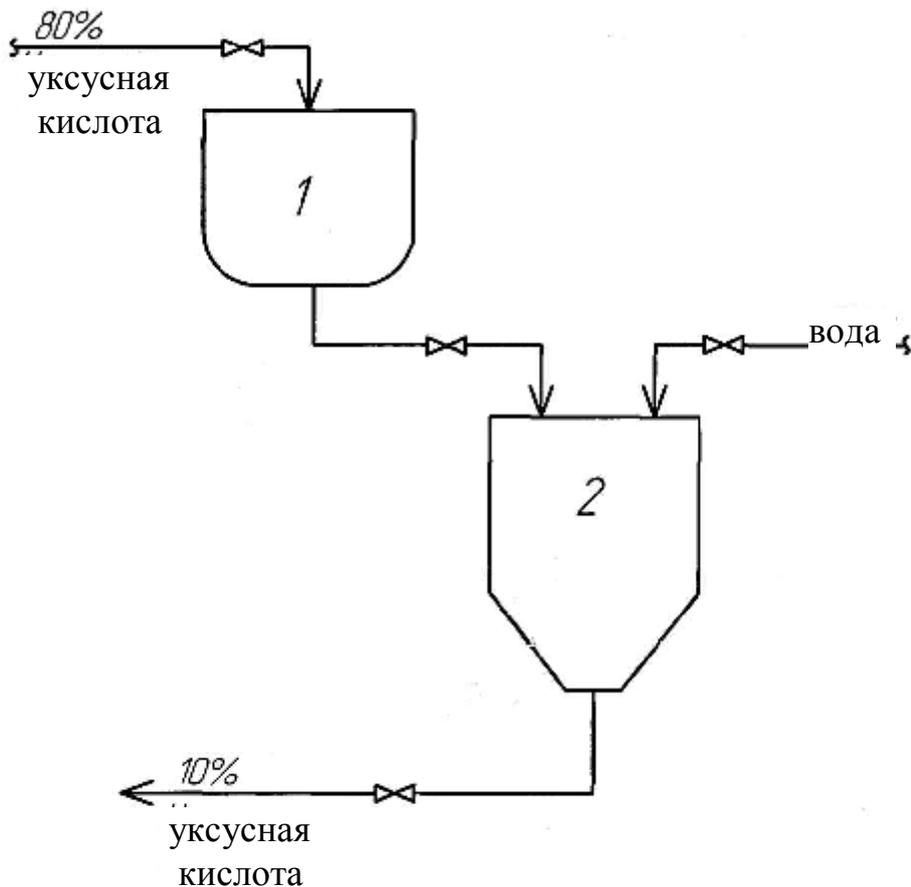


Рис. 22. Смеситель уксусной кислоты

Для приготовления майонеза необходима  $8 \div 10$  % уксусная кислота. Для этого смешивают 80 % уксусную кислоту и отфильтрованную и пастеризованную воду в нужной пропорции в смесителе (рис. 22).

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

### Задание № 14

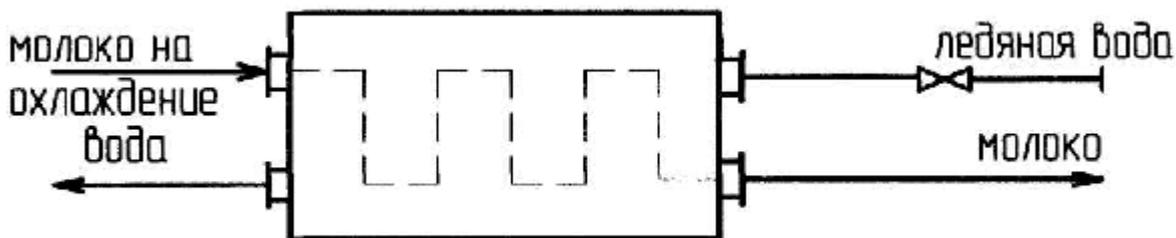


Рис. 23. Охладитель молока

Молоко является скоропортящимся продуктом, поэтому охлаждение его – обязательная операция при первичной обработке. Как правило, используются односекционные пластинчатые охладители молока (рис. 23). В качестве хладагента используется ледяная вода.

*Предусмотреть:* регулирование температуры молока на выходе из охладителя  $(4 \pm 1) ^\circ\text{C}$ ; контроль текущего расхода молока  $0 \div 2 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; контроль давления ледяной воды и молока на охладитель  $2 \div 4 \text{ бар}$ .

### Задание № 15

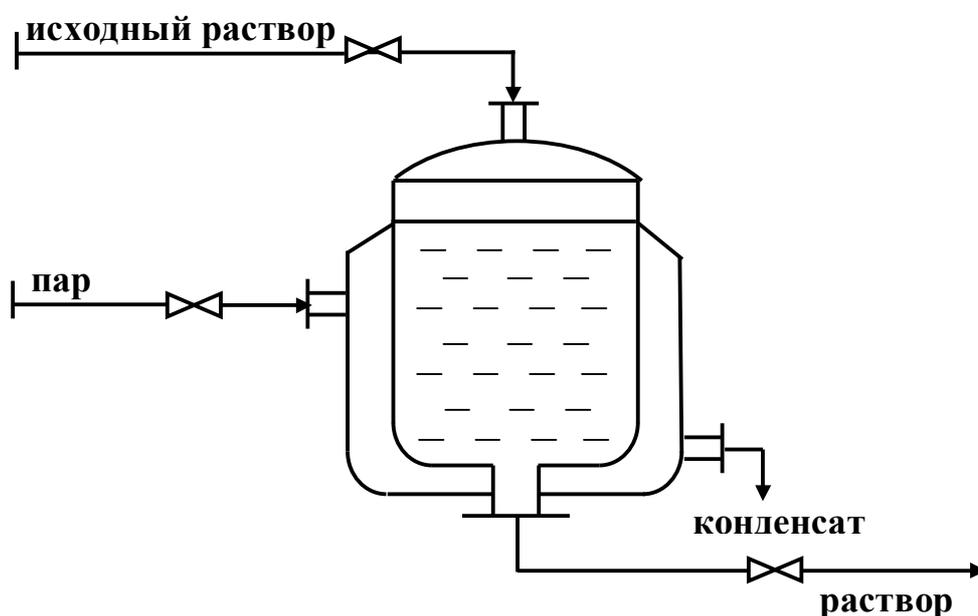


Рис. 24. Автоклав

Автоклав – емкость, предназначенная для работы под давлением до 140 МПа и температуре до  $500 ^\circ\text{C}$ . Автоклавы (рис. 24) широко применяются в пищевой промышленности для стерилизации, пастеризации и приготовления пищи. Приготовление пищи автоклавным методом позволяет готовить в разы быстрее, с сохранением всех питательных свойств продуктов. Данный автоклав имеет паровую рубашку и предназначен для загрузки исходного раствора, нагрева его до  $120^\circ\text{C}$  при давлении не более 2,2 МПа и выгрузки полученного раствора.

*Предусмотреть:* измерение давления в автоклаве – не более 2,2 МПа; регулирование температуры в автоклаве  $(120 \pm 2) ^\circ\text{C}$ ; управление загрузкой и вы-

грузкой автоклава с контролем уровня ( $2 \pm 0,1$ ) м.

### Задание № 16

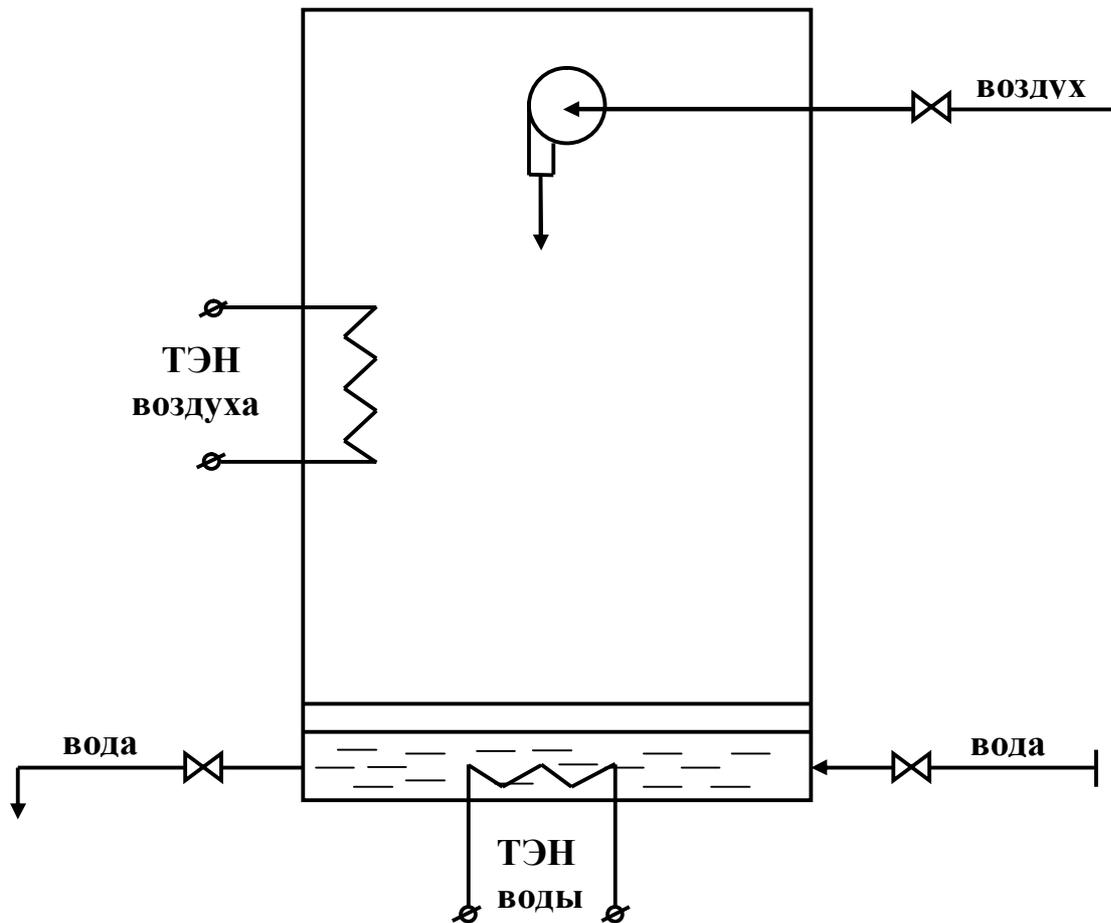


Рис. 25. Расстойный шкаф

Расстойка теста необходима для окончательной подготовки тестовых заготовок к выпечке. Расстойный шкаф – однокамерный металлический контейнер с теплоизолированными стенками. В расстойном шкафе (рис. 25) имеется герметичная металлическая емкость, к которой подведена вода, также шкаф оборудован тэнами воды и воздуха. Для обдува воздухом тестовых заготовок предусмотрен циркуляционный вентилятор.

Система управления расстойным шкафом должна обеспечивать: заданную температуру парогазовой смеси, относительную влажность воздуха, изменение времени расстойки, возможность изменения скорости обдувания воздухом тестовых заготовок (регулирование скорости вращения циркуляционного вентилятора).

Предусмотреть: регулирование температуры ( $40 \pm 2$ ) °С парогазовой смеси за счет управления тэном воздуха (2000 Вт), регулирование относительной влажности воздуха ( $75 \pm 3$ ) %, регулирование уровня в емкости воды – не менее 200 мм.

### Задание № 17

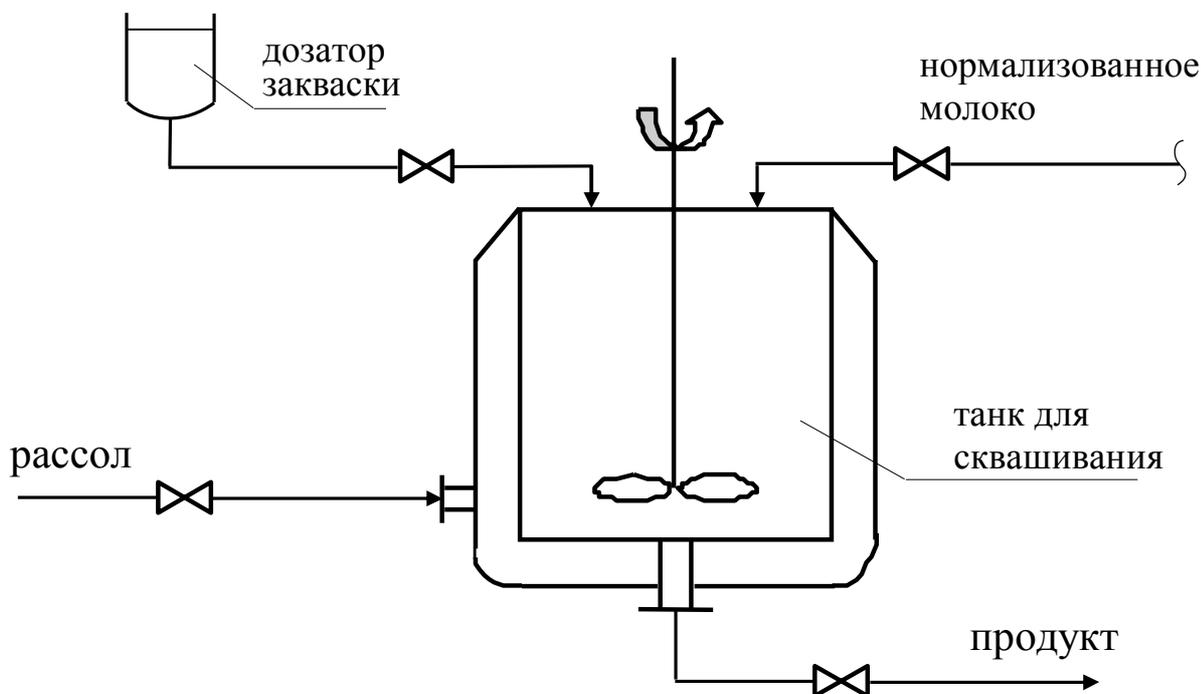


Рис. 26. Танк для сквашивания

Танк для сквашивания – емкостной аппарат с мешалкой и рубашкой, работающий по периодической схеме (рис. 26). В рубашку подается холодная вода либо рассол. Нормализованное молоко с температурой  $22 \div 23$  °С подается в танк и добавляется закваска из весового дозатора. Затем проводится сквашивание, которое делится на два этапа: наращивание кислотности и созревание. Этап нарастания кислотности длится приблизительно 12 часов, пока не будет достигнуто значение кислотности  $pH = 4,5$ . Далее охлаждение и перемешивание. Этап созревания длится  $12 \div 14$  часов, пока не будет достигнуто значение кислотности  $pH = 4,4$ .

Предусмотреть: подачу в танк нормализованного молока в количестве 2 000 литров; внесение закваски 30 кг из весового дозатора; регулирование температуры в танке ( $15 \pm 1$ )°С; контроль величины pH.

## Задание № 18

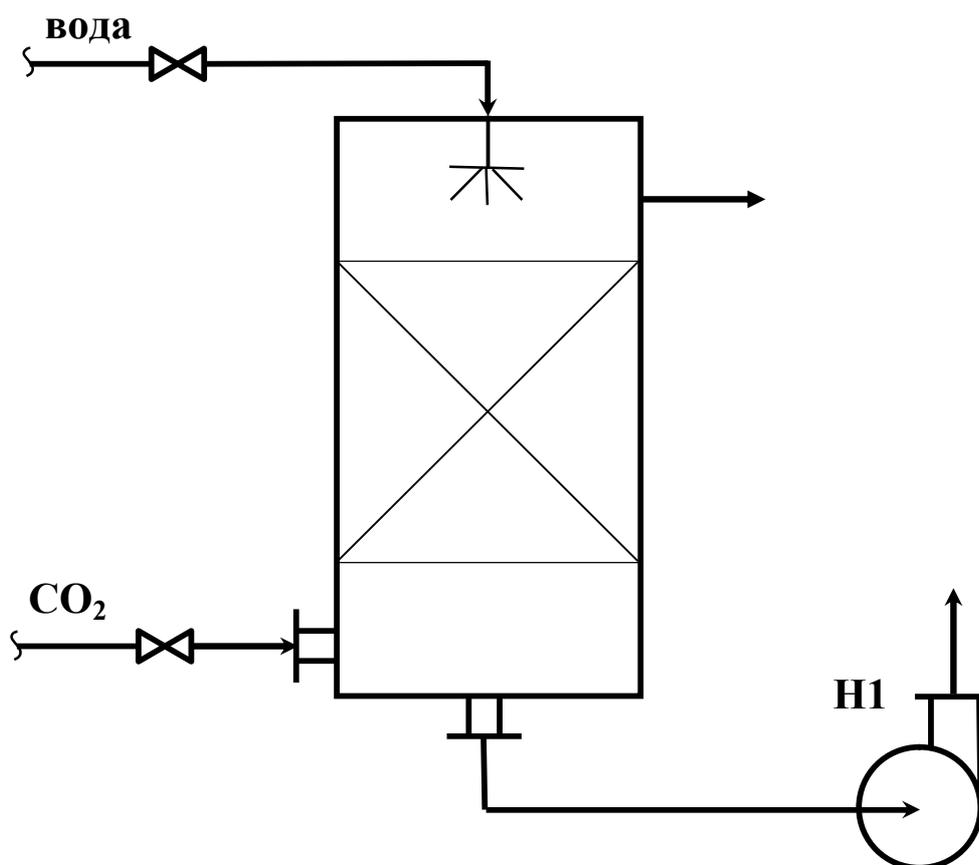


Рис. 27. Установка деаэрации воды

Для пивоваренного производства используют подготовленную воду. В воде всегда много воздуха, а кислород вреден для качества пива и уменьшает его стойкость к старению. Для деаэрации воды используют колонну с насадкой из нержавеющей стали. Вода подается в колонну сверху. Воду предварительно нагревают до  $72^{\circ}\text{C}$ , т.к. повышение температуры резко снижает растворимость кислорода в воде. Снизу через насадку, которая создает достаточную поверхность для эффективного удаления кислорода из воды, подается  $\text{CO}_2$ . Вода собирается на дне колонны при превышении заданного уровня откачивается насосом Н1.

Предусмотреть: контроль температуры воды на входе в колонну  $70 \div 74^{\circ}\text{C}$  и давления не менее 3 бар; регулирование подачи воды на колонну  $(40 \pm 2) \text{ м}^3/\text{ч}$ ; регулирование подачи  $\text{CO}_2$  на колонну  $(4 \pm 0,2) \text{ м}^3/\text{ч}$ .

## **5. КАТАЛОГ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ**

### **5.1. Выбор микропроцессорных контроллеров**

#### **1. МФК1500 – новый промышленный контроллер средней информационной мощности.**

Контроллер предназначен для построения управляющих и информационных систем автоматизации технологических процессов среднего и высокого уровня сложности и может применяться как в составе централизованных, так и распределенных систем управления.

Конструкция контроллера позволяет гибко выбирать количество и различные сочетания модулей ввода/вывода для каждого объекта автоматизации (от 4 до 64 модулей, в том числе модуль центрального процессора).

В составе контроллера предусмотрено применение шасси на 4, 8, 16 в любых комбинациях, что позволяет проектировать контроллеры от 4 до 64 модулей с избыточностью не более 3 свободных мест. Аналоговые модули имеют исполнения на 2, 4, 8 и 16 каналов, а дискретные – на 16 или 32 канала, что также позволяет выбирать оптимальную конфигурацию системы. Кроме того, в номенклатуре имеются модули с комбинацией каналов ввода и вывода, а клеммно-модульные соединители позволяют подключать к одному модулю УСО дискретные сигналы различных уровней.

Модуль центрального процессора CPU715 выпускается в трех исполнениях, отличающихся тактовой частотой процессора (INTEL XScale® 266 или 533 МГц), объемом памяти (32 Mb SDRAM, 16 Mb Flash или 64 Mb SDRAM, 32 Mb Flash) и аппаратной поддержкой резервирования контроллеров. На модуле ЦП расположены 2 порта Ethernet 100 Mb, 2 порта RS-485 с индивидуальной гальванической развязкой, порт RS-232 и ключ переключения режимов работы ЦП.

Контроллер МФК1500 предоставляет разработчику АСУ ТП возможность создания, загрузки и отладки прикладных проектов, используя языки технологического программирования в соответствии с международным стандартом

IEC 61131-3. В зависимости от требований, предъявляемых к АСУ ТП, разработчик системы может использовать для программирования контроллеров среду ISaGRAF v.5, а также инструментальные средства, входящие в состав SCADA ТЕКОН.

Базовым СПО контроллеров ТЕКОН является СПО TeNIX®, включающее ядро многозадачной ОС Linux с драйверами и файловой системой, а также подсистему ввода/вывода, взаимодействующую со встроенным программным обеспечением модулей УСО.

Разработчику АСУ ТП также доступны алгоритмы из библиотеки TIL Std, реализующей функции регулирования, статических и динамических преобразований, индивидуального и группового управления исполнительными механизмами, контроля выборки сигналов. Универсальным средством доступа со стороны SCADA-систем к переменным прикладного проекта ISaGRAF, исполняемого в контроллере, является программа TeconOPC Server. TeconOPC Server позволяет связать систему верхнего уровня с МФК1500, работающего в сети Ethernet по протоколу TCP/IP.

## **2. Программируемые контроллеры Siemens SIMATIC S7**

Программируемые контроллеры Siemens SIMATIC S7 широко используются в системах автоматизации пищевых производств, в том числе и в нашей области. Удобство и надежность конструкции, простота монтажа и эксплуатации, высокая производительность, мощные коммуникационные возможности, способность поддерживать обмен данными через Интернет, PROFIBUS, Industrial Ethernet и MPI делают технические устройства данной серии незаменимыми при решении задач автоматизации разных уровней сложности. А большой выбор модулей контроллеров Siemens SIMATIC S7 позволяет максимально адаптировать любую аппаратуру для решения любой производственной задачи.

### **а) SIMATIC S7-200**

Данный микроконтроллер применяется для управления и регулирования приборов в небольших системах автоматизации. Область использования контроллеров Siemens SIMATIC S7-200 весьма велика: они могут решать как про-

стейшие задачи автоматизации (заменяя устаревшие контакторы или реле), так и задачи комплексной автоматизации.

### **б) SIMATIC S7-300**

Модульный контроллер стандартного исполнения для работы в нормальных промышленных условиях. Используется для создания систем автоматизации средней степени сложности. Системы на основе этого типа контроллера могут обслуживать от 16 до 65536 дискретных входов/выходов.

SIMATIC S7-300 - это модульный программируемый контроллер, предназначенный для построения систем автоматизации низкой и средней степени сложности.

Модульная конструкция, работа с естественным охлаждением, возможность применения структур локального и распределенного ввода-вывода, широкие коммуникационные возможности, множество функций, поддерживаемых на уровне операционной системы, удобство эксплуатации и обслуживания обеспечивают возможность получения рентабельных решений для построения систем автоматического управления в различных областях промышленного производства.

Эффективному применению контроллеров способствует возможность использования нескольких типов центральных процессоров различной производительности, наличие широкой гаммы модулей ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов, функциональных модулей и коммуникационных процессоров.

#### **Состав**

Контроллеры SIMATIC S7-300 имеют модульную конструкцию и могут включать в свой состав:

– Модуль центрального процессора (CPU). В зависимости от степени сложности решаемой задачи в контроллерах могут быть использованы различные типы центральных процессоров, отличающихся производительностью, объемом памяти, наличием или отсутствием встроенных входов-выходов и специальных

функций, количеством и видом встроенных коммуникационных интерфейсов и т.д.

– Модули блоков питания (PS), обеспечивающие возможность питания контроллера от сети переменного тока напряжением 120/230В или от источника постоянного тока напряжением 24/48/60/110В.

– Сигнальные модули (SM), предназначенные для ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов с различными электрическими и временными параметрами.

– Коммуникационные процессоры (CP) для подключения к сетям PROFIBUS, Industrial Ethernet, AS-Interface или организации связи по PtP (point to point) интерфейсу.

– Функциональные модули (FM), способные самостоятельно решать задачи автоматического регулирования, позиционирования, обработки сигналов. Функциональные модули снабжены встроенным микропроцессором и способны выполнять возложенные на них функции даже в случае отказа центрального процессора ПЛК.

– Интерфейсные модули (IM), обеспечивающие возможность подключения к базовому блоку (стойка с CPU) стоек расширения ввода-вывода. Контроллеры SIMATIC S7-300 позволяют использовать в своем составе до 32 сигнальных и функциональных модулей, а также коммуникационных процессоров, распределенных по 4 монтажным стойкам. Все модули работают с естественным охлаждением.

#### **в) SIMATIC S7-400**

Это универсальный модульный контроллер, который применяется в системах автоматизации средней и высокой степени сложности. Самый мощный из программируемых контроллеров семейства SIMATIC – может обслуживать до 131072 дискретных входов/выходов. Обладает высокой устойчивостью к вибрационным и ударным нагрузкам, отвечая самым жестким промышленным стандартам. Кроме того, установку или замену модулей Siemens SIMATIC

S7-400 можно производить без отключения питания (так называемая «горячая замена»).

## 5.2. Выбор датчиков

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

Преимущества стандарта  $4 \div 20$  мА перед другими способами подключения датчиков: двухпроводная схема подключения; не требуется калибровка датчика на контроллере; высокая степень защиты от наводок с силовых кабелей; контроль короткого замыкания и обрыва цепи. Датчик подключается напрямую к контроллеру, если контроллер имеет встроенный блок питания аналоговых датчиков или через внешний блок питания.

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

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

### Каталог датчиков

#### Датчики давления

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

1. Датчик давления Метран - 55 предназначен для измерения давления жидко-

сти (в том числе агрессивных сред), пара, газа. Выпускают:

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

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

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

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

а) датчик для измерения избыточного давления – Метран - 150 CG (фланцевое исполнение), Метран-150 CGR (копланарное исполнение), верхний предел измерений: 0,025 кПа ÷ 10 МПа. Датчик для измерения избыточного давления – Метран - 150 TG (рис. 28, а), Метран-150 TGR (штуцерное исполнение), верхний предел измерений: 3,2 кПа ÷ 60 МПа;

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



а)



б)

Рис. 28. Датчики фирмы Метран:

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

## Датчики уровня

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

1. Датчик для измерения гидростатического давления (уровня) жидкостей – Метран-150 – L (рис. 28, б). Имеет взрывозащищенное исполнение. Пределы измерений:  $0,4 \div 25$  м,  $P_{\text{доп}} = 0,4$  МПа. Измеряемая среда: нейтральные и агрессивные жидкости.
2. Преобразователь уровня – буйковый электрический УБ-ЭМ-1 (простое исполнение), УБ-ЭМ-1-Ех (взрывозащищенное исполнение). Пределы измерений:  $0,25 \div 10$  м. Температура измеряемой среды  $-50 \div 450$  °С, плотность среды  $400 \div 2000$  кг /м<sup>3</sup>, допустимая основная погрешность  $\pm 0,24$ ,  $\pm 0,5\%$ .
3. Радарный уровнемер для бесконтактного измерения уровня жидких, вязких, пастообразных и сыпучих сред – УЛМ-31 (простое исполнение), УЛМ-11 (взрывозащищенное исполнение). Пределы измерений:  $0,6 \div 30$  м.
4. Сигнализатор уровня РОС-101 предназначен для контроля уровня электропроводных и неэлектропроводных жидких, твердых (сыпучих) сред. Обеспечивает сигнализацию «наличия» или «отсутствия» контролируемой среды на установленном уровне. Имеет взрывозащищенное исполнение. Температура измеряемой среды до  $100^{\circ}\text{C}$ ; рабочее давление до 2,5 МПа. Выходной сигнал дискретный.

## Датчики массы (веса)

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

Т2 – тензодатчик балочного типа из нержавеющей стали, диапазон нагрузки 20-200кг;

Т4 – тензодатчик балочного типа из нержавеющей стали, диапазон нагрузки

30-1000кг;

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

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

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

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

### **Датчики расхода**

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

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

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

### **Датчики температуры**

Для измерения температуры применяются датчики как с унифицированным токовым сигналом на выходе, так и без него. В случае применения датчиков без унифицированного токового сигнала на выходе в составе МПК необходимо предусматривать модули ввода сигналов низкого уровня, расшифровывающие сигналы с термопар и термометров сопротивления (рис. 29).

### **Термометры сопротивления и термопары**

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

Пределы измерений:  $-40 \div 900^{\circ}\text{C}$ . Измеряемая среда: газ, жидкость.

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



Рис. 29. Внешний вид термопар и термометров сопротивления

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

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

### **Датчики влажности**

1. Влагомер АМТЕК модель 3050 ТЕ – интеллектуальный датчик влажности для современных АСУТП. Предназначен для измерения влажности в потоке газа, измеряя частоту колебаний кварцевого кристалла. Выходной сигнал  $4 \div 20$  мА, дискретный выход при превышении заданной влажности, возможность передачи данных по интерфейсу RS-232, RS-485.
2. Микроволновой влагомер – MICRORADAR-113В для измерения влажности порошков, песка и т.д. Прибор предназначен для работы в бункерах и дозаторах. Принцип действия основан на измерении величины поглощения СВЧ энергии влажным материалом. Диапазоны измерения:  $0,5 \div 3\%$ ,  $3 \div 15\%$ ,  $15 \div 30\%$ .
3. Датчик относительной влажности и температуры ДВТ-02 для расстойных шкафов (рис. 30). Диапазоны по температуре:  $0...+50$ ;  $-40...+50$ ;  $-40...+85^{\circ}\text{C}$ , по влажности:  $0...100\%$  без конденсации влаги; погрешности по температуре:  $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$ ; по влажности:  $\pm 3,0\%$ ; 2 токовых  $4...20$  мА выхода.



Рис. 30. Датчик относительной влажности и температуры ДВТ-02

### **Датчики концентрации и величины рН**

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

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

1. Анализатор жидкости кондуктометрический – кондуктометр АЖК-3101 М. К (рис. 31, а) – одноканальное средство измерения, состоящее из первичного преобразователя и измерительного прибора. Предназначен для измерения, показания и сигнализации крайних значений концентрации растворов кислот ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;  $\text{HCl}$ ;  $\text{HNO}_3$ ), щелочей ( $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ ) и солей ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) в процентах при температуре измеряемой среды до  $95\text{ }^\circ\text{C}$ . Выходной сигнал  $4 \div 20\text{ мА}$ , либо дискретный.



Рис. 31. Анализаторы жидкости кондуктометрические:

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

2. Кондуктометр – трансмиттер с контактным датчиком АЖК-3110 (АЖК-3110-Ех) – моноблочное одноканальное средство измерения, состоящее из датчика и электронного блока. Предназначен для измерения удельной электрической проводимости растворов кислот ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;  $\text{HCl}$ ;  $\text{HNO}_3$ ), щелочей ( $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ ) и солей ( $\text{NaCl}$ ) в  $\text{мкСм/см}$  или в процентах при температуре измеряемой среды до  $95\text{ }^\circ\text{C}$ . Выходной сигнал аналоговый  $4 \div 20\text{ мА}$  либо цифровой – интерфейс RS-485, протокол ModBus.

3. Кондуктометр – трансмиттер с бесконтактным индуктивным датчиком АЖК-3130 (АЖК-3130-Ех) – моноблочное одноканальное средство измере-

ния, состоящее из датчика и электронного блока. Предназначен для измерения больших значений удельной электрической проводимости растворов кислот ( $H_2SO_4$ ;  $HCl$ ;  $HNO_3$ ), щелочей ( $NaOH$ ,  $KOH$ ) и солей ( $NaCl$ ,  $HN_4NO_3$ ,  $Na_2CO_3$ ) в мСм/см или в процентах при температуре измеряемой среды до 95 °С. Может применяться для работ с загрязненными жидкостями. Выходной сигнал аналоговый 4 ÷ 20 мА либо цифровой – интерфейс RS-485, протокол ModBus.

4. Анализатор жидкости кондуктометрический промышленный двухканальный АЖК-3122 (рис. 31,б) состоит из двух первичных преобразователей и двухканального измерительного прибора. Предназначен для измерения и показания удельной электрической проводимости растворов кислот, щелочей и солей в мкСм/см при температуре измеряемой среды до 95 °С. Выходной сигнал аналоговый 4 ÷ 20 мА либо цифровой – интерфейс RS-485, протокол ModBus.

5. рН -метр промышленный рН - 4131 (рис. 32, а). Предназначен для измерения, цифровой индикации и сигнализации активности ионов водорода (рН) водных сред. Работает в комплекте с комбинированным электродом. Диапазон измерения 0 ÷ 14 ед. рН, выходной сигнал 4 ÷ 20 мА либо цифровой – интерфейс RS-485, протокол ModBus.



Рис. 32. рН-метры промышленные:

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

6. рН-метр с удаленным первичным преобразователем промышленный рН- 4121. Предназначен для измерения, цифровой индикации и сигнализации активности ионов водорода (рН) водных сред. Работает в комплекте с комбинированным электродом. Длина линии связи между первичным преобразователем и измерительным прибором до 300 м, сечение провода не менее  $0,35 \text{ мм}^2$ . Диапазон измерения  $0 \div 14$  ед. рН, выходной сигнал  $4 \div 20$  мА либо цифровой – интерфейс RS-485, протокол ModBus.
7. рН-метр – трансмиттер (рис. 32, б) промышленный рН-4101 (рН-4101-Ex) – моноблочное устройство, предназначенное для автоматического измерения, цифровой индикации активности ионов водорода (рН) водных сред в комплекте с проточной или погружной арматурой для комбинированного электрода. Диапазон измерения  $0 \div 14$  ед. рН, выходной сигнал  $4 \div 20$  мА либо цифровой – интерфейс RS-485, протокол ModBus.
8. Сигнализатор загазованности для контроля содержания топливного углеводородного (природного) газа – УКЗ-РУ-СН4 и угарного (СО) газа – УКЗ-РУ-СО в воздухе помещений; выход дискретный.
9. Стационарный многокомпонентный газоанализатор промышленных выбросов – АНКАТ-410-*i*, где *i* – количество каналов (до 16); выходной сигнал токовый  $4 \dots 20$  мА либо релейный. Диапазоны измерения: по  $\text{O}_2$  ( $0 \div 21$  об. %), по СО ( $0 \div 4000 \text{ млн}^{-1}$ ), по  $\text{CO}_2$  ( $0 \div 30$  об. %).
10. Газоанализатор – АДГ-304 предназначен для анализа дымовых газов. Виды газоанализаторов и диапазоны измерения: по угарному газу АДГ-304-СО ( $0 \div 5000 \text{ ppm}$ ), по кислороду АДГ-304- $\text{O}_2$  ( $0 \div 21$  об. %), по угарному газу и кислороду АДГ-304-СО/ $\text{O}_2$ .

### **Датчики контроля пламени**

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

1. Блок контроля пламени – БКП ФД преобразует сигнал фотоэлектрического

датчика ФД в дискретный сигнал при погасании пламени горелочного устройства.

2. Комплект розжига и контроля пламени КРиК-2 предназначен для автоматического дистанционного розжига и контроля наличия пламени горелок котлов и печей.

### **Датчики скорости**

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

Цифровой тахометр М-21 предназначен для измерения линейной (м/мин) и круговой (об/с; об/мин) скорости. Выход дискретный.

### **Преобразователь частоты**

Частотный преобразователь служит для плавного регулирования скорости асинхронного или синхронного двигателя за счет создания на выходе преобразователя электрического напряжения заданной частоты. В АСУТП регулирование частоты и напряжения происходит в соответствии с управляющим воздействием, вырабатываемым микропроцессорным контроллером в соответствии с заданной программой.

1. Преобразователь частоты ACS 355



Рис. 33. Преобразователь частоты ACS 355

Преобразователи частоты (рис. 33) ACS 355(ABB, Швеция) предназначены для управления работой низковольтных асинхронных электродвигателей в автоматизированных системах в пищевой промышленности. Выпускаются для напряжения 220 В на мощность электродвигателя от 0,37 до 2,2 кВт и от 0,37 до 4 кВт; для напряжения 380 В на мощность электродвигателя от 0,37 до 7,5 кВт. Исполнение: бескорпусное в щитах, в корпусе для настенной установки.

Преобразователь частоты имеет: а) два аналоговых входа – для управления работой преобразователей с помощью аналогового сигнала; б) один аналоговый выход – для согласования работы оборудования привода; в) один релейный выход; г) один цифровой выход; д) шины Fieldbus.

### **Регулятор напряжения**

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

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

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

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

*Дисковые затворы:* ИнтерАрм, Пентяжпромарматура, АДЛ, Кво-Арм,

Промарматура, Семеновский арматурный завод, АБС ЗЭиМ Автоматизация, «Watts», «Kvant», «Krombach».

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

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

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

*Заслонки:* Амакс, ГипроНИИГаз, ОКТЗ.

К регулирующим органам необходимо предусмотреть исполнительный механизм, т.е. привод. В химической, пищевой, фармацевтической и др. промышленности применяется в основном электропривод (рис. 34, б) и пневмопривод (рис. 34, а).

В табл. 10 приведены типы электрических исполнительных механизмов, получивших наибольшее распространение.

Таблица 10

Типы электроприводов к регулирующим органам

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

Регулирующие органы с пневмоприводом в АСУТП (характерны для пожаровзрывоопасных производств) требуют применения электропневмопозиционеров. Электропневмопозиционер обеспечивает координацию положения пневматического исполнительного механизма, в зависимости от управляющего

сигнала (аналоговый сигнал 4-20мА; команда, переданная по каналу цифрового обмена HART). Нашли широкое распространение следующие электропневмопозicionеры: ЭПП-300 (к клапанам РУСТ), ЭПП-Ех (к регулирующим органам НПО «Автоматика»), Sipart PS2 фирмы «Siemens» (рекомендованы к клапанам фирмы ЛГ-Автоматика), 3582i «FISHER» (рекомендованы к клапанам ПОУ) и т.д.

Современной промышленностью выпускаются три вида клапанов.

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

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

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

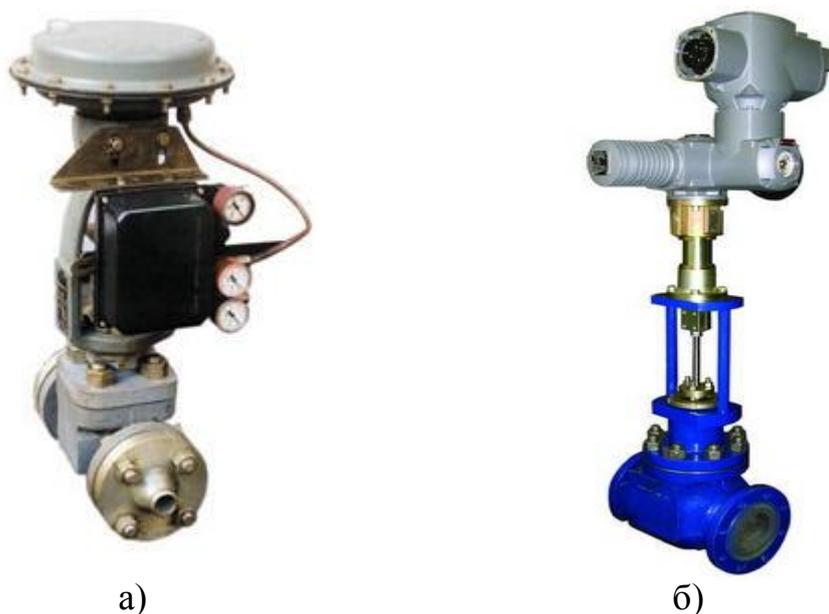


Рис. 34. Внешний вид регулирующих клапанов:

а – с пневмоприводом в комплекте с электропневмопозicionером,

б – с электроприводом

## Клапаны специального назначения

Необходимо отметить, что выпускается большое количество клапанов специального назначения: клапаны с обогревом, клапаны для загрязненных и вязких сред; антишумовые и антикавитационные клапаны на сложные позиции с высоким перепадом давления; клапаны на паровые среды; клапаны для микро-расходов; клапаны на большие расходы; футерованные клапаны (рис. 35) для управления потоками особо агрессивных и стерильных жидкостей; шланговые клапаны (рис. 36) для работы с потоками вязких жидкостей, суспензий, пульп, запыленных газов, сыпучих сред, а также сред, имеющих склонность к налипанию.



Рис. 35. Футерованные клапаны с электроприводом МЭПК и ЭПР



Рис. 36. Шланговый клапан с электроприводом МЭПК

В настоящее время на пищевых предприятиях России эксплуатируются в основном клапаны с аналоговым управлением. На рис. 37 представлен регулирующий клапан с пневмоприводом с аналоговым управлением  $4\div 20$ мА, снабженный датчиком положения регулирующего органа. На регулирующий орган поступает сигнал управления  $4\div 20$ мА и реализуется собственно управление, т.е. изменяется сечение трубопровода. С клапана на МПК и ПЭВМ поступает информация о степени открытия клапана (например, 75 %) и сигналы с датчика положения.

Однако будущее несомненно за клапанами с цифровым управлением. Надо отметить, что передовые предприятия уже перешли на выпуск таких клапанов. На рис. 38 представлен регулирующий клапан с пневмоприводом с цифровым управлением по протоколу Fieldbus, экономия кабельной продукции в сравнении с аналоговым управлением очевидна.

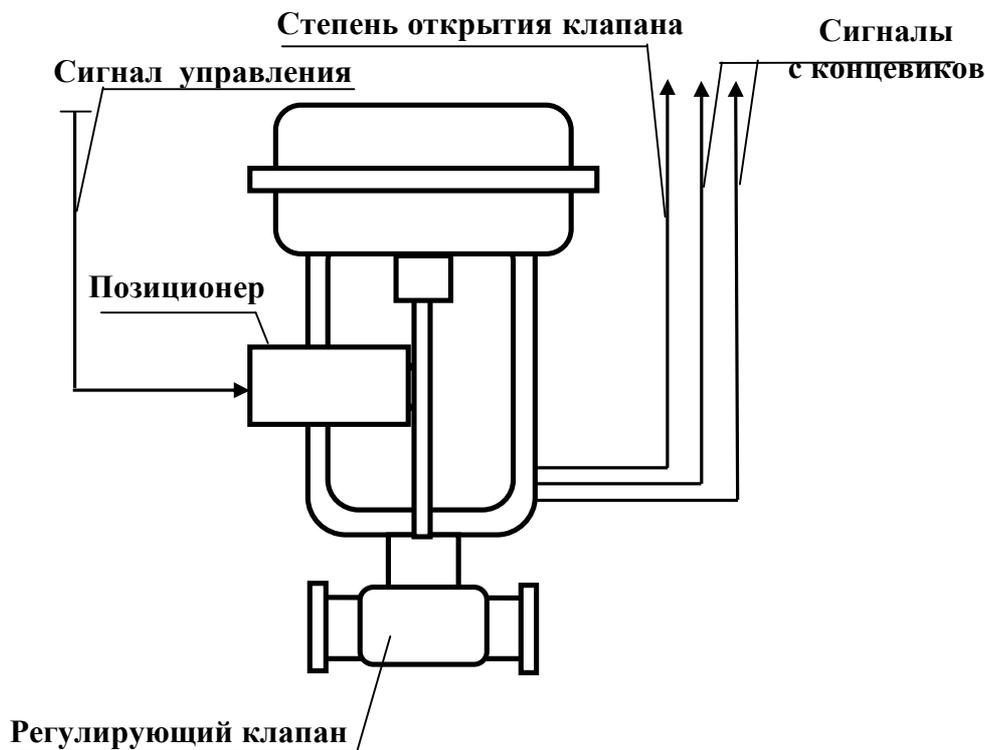


Рис. 37. Регулирующий клапан и исполнительный механизм с аналоговым управлением

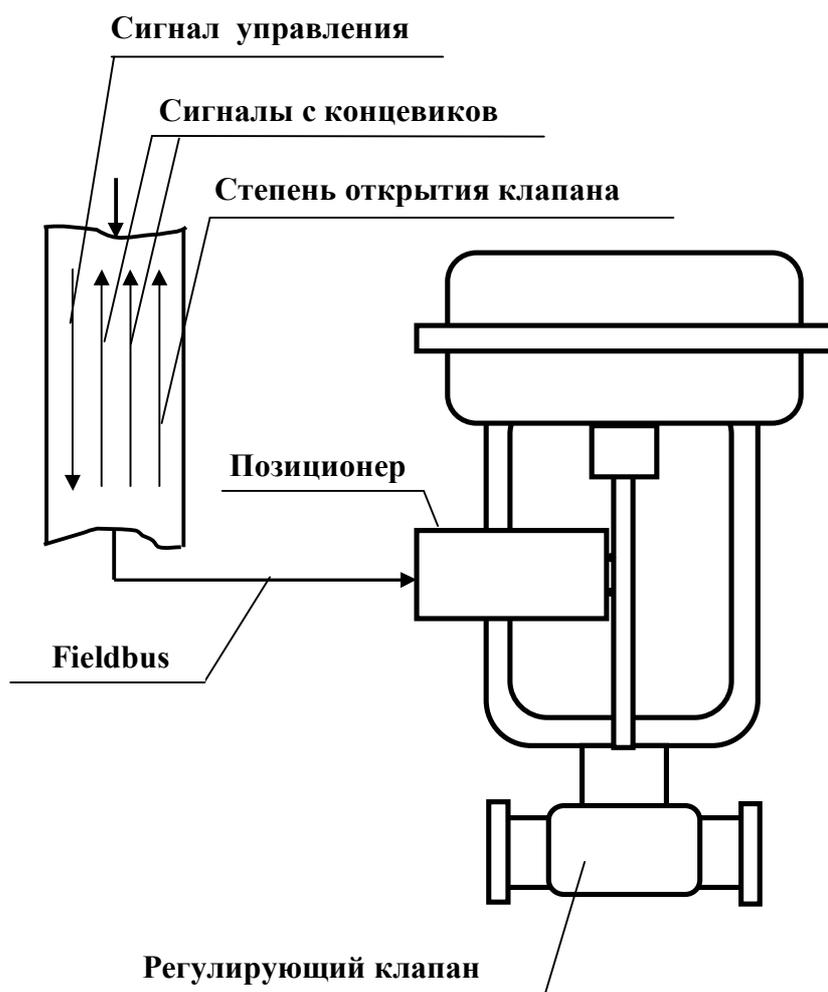


Рис. 38. Регулирующий клапан и исполнительный механизм с цифровым управлением по протоколу Fieldbus

### **Каталог исполнительных механизмов и регулирующих органов**

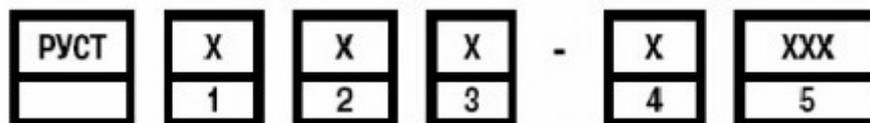
Приведем примеры отечественных конкурентоспособных клапанов.

#### **Клапаны фирмы «РУСТ-95»**

Закрытое акционерное общество «РУСТ-95» г. Москва производит клапаны регулирующие, запорные, запорно-регулирующие с диаметром условного прохода  $d_y$  от 15 до 400мм, условным давлением  $P_y$  от 1,6 до 25МПа, температурой регулируемой среды от -196 до +550°С. Выпускаются запорные клапаны серии РУСТ 310-1с пневмоприводом (в комплекте с электропневмопози-

ционером ЭПП300) и РУСТ310-2 с электроприводом (МЭПК, АУМА); запорно-регулирующие серии РУСТ 410-1 с пневмоприводом и РУСТ 410-2 с электроприводом (МЭПК, АУМА); регулирующие серии РУСТ 510-1 с пневмоприводом и РУСТ 510-2 с электроприводом (МЭПК, АУМА).

Приведем данные для выбора и заказа клапанов серии РУСТ,



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

После условного обозначения должна следовать описательная часть со следующей информацией:

- диаметр условного прохода (Ду), мм :15; 20; 25; 32; 40; 50; 65; 80; 100; 150; 200; 250; 300; 400;
- условное давление (Ру), кгс/см<sup>2</sup> : 16; 25; 40; 63; 100; 160; 250;
- рабочая среда;
- максимальная температура рабочей среды: от минус 196 до +550;
- требуемый класс герметичности: А, В по ГОСТ 9544-80; V, VI по DIN, ANSI;
- III, IV по ГОСТ 23866-87;
- минимальная температура рабочей среды, если она ниже, чем по климатическому исполнению;
- материал корпусных деталей: углеродистые и легированные стали, хастеллой (коррозионно-стойкий никелевый сплав);
- условная пропускная способность и пропускная характеристика;
- исходное положение клапана при комплектации пневмоприводом:

НЗ – нормально закрытый, НО – нормально открытый;

– время аварийного закрытия/открытия при комплектации пневматическим приводом НО или НЗ: не более 10 с; по специальному заказу - менее 2 с.

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

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

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

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

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

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

– клапаны с обогревом КМП-Э с электроприводом для автоматического управления потоками жидкостей и газов, которые необходимо транспортировать при определенной температуре; корпус клапана обогревается газовыми или жидкими теплоносителями, также возможен электрообогрев;  
 $d_y = 10 \div 125$  мм,  $P_y = 1,6 \div 16$  МПа;

– клапаны для загрязненных и вязких сред;

– антишумовые и антикавитационные клапаны на сложные позиции с высоким перепадом давления;

– клапаны на паровые среды в том числе на острый пар, пар высокого давления, перегретый пар;

– клапаны на разряженные среды (вакуум);

– клапаны для микрорасходов  $d_y$  до 25 мм;

– клапаны на большие расходы  $d_y = 200$  мм,  $d_y = 250$  мм;

– клапаны высокого давления для регулирования потоков жидкостей и газов при давлениях до 40 МПа;

– футерованные клапаны для управления потоками особо агрессивных, летучих и стерильных жидкостей;

– шланговые клапаны для работы с потоками вязких жидкостей, суспензий, пульп, запыленных газов, сыпучих сред, а также сред, имеющих склонность к налипанию.

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

1. Тип клапана КМР ЛГ клапан малогабаритный, регулирующий;

КМО ЛГ клапан малогабаритный, отсечной;

КМРО ЛГ клапан малогабаритный, регулирующе-отсечной.

2. Условное давление  $P_y$ , МПа **1** -1,6; **2** - 2,5; **3** - 4,0; **4** - 6,3; **5** - 10,0; **6** - 16,0.

3. Тип корпуса **0** - прямой проходной; **1** – угловой.

4. Температура регулируемой **1**- -40/-60... +225; **2**- -40/-60... + 450;

среды, °С

**3-** -40/-60... +550; **4-** -40/-60... + 600;  
**6-** -90... +220; **7-** -250... + 220;  
**8-** -40/-60... +320.

5. Материал корпуса

**С-**сталь углеродистая; **НЖ-** сталь нерж.  
 12Х18Н10Т; **М** - сталь нерж.  
 10Х17Н13М2Т; **Т** - сплавы титана.

6. Условный проход  $D_y$ , мм

10; 15; 20; 25; 32; 40; 50; 65; 80; 100; 125; 150;  
 200.

7. Условная пропускная способность (табл. 11)  $K_{vy}$  (только для клапанов КМР, КМРО).

Таблица 11

Условная пропускная способность

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

8. Пропускная характеристика  
 (только для клапанов КМР,  
 КМРО)

**Л** – линейная;  
**Р** – равнопроцентная;  
**РР** – расширенный диапазон регулирования.

9. Класс герметичности по  
 ГОСТ 9544-93  
 (только для клапанов КМО,  
 КМРО)

**а** – класс герметичности «А»;  
**в** – класс герметичности «В»;  
**с** – класс герметичности «С».

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

- |   |  |
|---|--|
| 10. Исходное положение клапана                | <b>НО</b> – нормально открытое;<br><b>НЗ</b> – нормально закрытое.   |
| 11. Климатическое исполнение по ГОСТ 15150-69 | <b>У</b> t окр. среды -40...+70°C относит. влажность 80% при 15°C;<br><b>УХЛ(1)</b> t окр. среды -50.. .+70°C относит. влажность 80% при 15°C. |

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

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справ. пособие /А.С. Ключев [и др.]; под общ. ред. А.С. Ключева. – 2-е изд.; перераб. и доп. – М: Энергоатомиздат, 1990. – 454с.
2. Емельянов, А.И. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справ. пособие по содержанию и оформлению проектов/А.И.Емельянов, О.В. Капник. 3-е изд. – М.:Энергоатомиздат, 1983. – 400с.
3. Супрунов, Н.А. Проектирование систем автоматизации: учеб. пособие / Н.А. Супрунов; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2002 . – 64с.
4. Федоров, Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка: учеб.-практ. пособие / Ю.Н. Федоров. – М.: Инфра – Инженерия, 2008. – 298 с.
5. Кафаров, В.В. Основы автоматизированного проектирования химических производств/ В.В. Кафаров, В.Н. Ветехин. – М.: Наука, 1987. – 623 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1. Содержание самостоятельной работы.....	4
1.1. Составление задания на проектирование системы автоматизации.....	4
1.2. Разработка схемы автоматизации.....	6
1.2.1. Изображение технологического оборудования и коммуникаций.....	6
1.2.2. Функциональная характеристика приборов и средств автоматизации.....	8
1.2.3. Изображение приборов и средств автоматизации.....	10
1.2.4. Позиционное обозначение приборов и средств автоматизации.....	14
1.2.5. Требования, предъявляемые к оформлению схем автоматизации.....	15
1.3. Составление спецификации на приборы и средства автоматизации.....	16
1.4. Описание схемы автоматизации.....	17
2. Системы управления аппаратами пищевой промышленности.....	17
2.1. Автоматизация аппаратов непрерывного действия.....	21
2.2. Автоматизация аппаратов периодического действия.....	24
2.3. Автоматизация процессов горения.....	28
3. Пример выполнения самостоятельной работы. Автоматизация танка брожения пива .....	32
4. Задания к самостоятельной работе.....	37
5. Каталог средств автоматизации.....	52
5.1. Выбор микропроцессорных контроллеров.....	52
5.2. Выбор датчиков .....	56
5.3. Выбор исполнительных механизмов и регулирующих органов.....	67
Библиографический список.....	78

Учебное издание

Ерофеева Елена Владимировна  
Головушкин Борис Анатольевич

**СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ  
И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Учебное пособие

Редактор О.А. Соловьева

Подписано в печать 27.08.2013. Формат 60 × 84 1/16. Бумага писчая.  
Усл. печ. л.4,65. Уч.-изд. л. 5,16. Тираж 50 экз. Заказ

ФБГОУ ВПО Ивановский государственный  
химико-технологический университет

Отпечатано на полиграфическом оборудовании  
кафедры экономики и финансов ФБГОУ ВПО "ИГХТУ"

153000, г. Иваново, Шереметевский пр., 7.