

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева»

**Кафедра электропривода и автоматизации**

Составитель

**А. Г. Захарова**

## **ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА**

**Методические указания к выполнению контрольной работы  
для студентов очной формы обучения**

Рекомендовано учебно-методической комиссией направления  
13.03.02 (140400.62) «Электроэнергетика и электротехника»  
в качестве электронного издания  
для самостоятельной работы

Кемерово 2015

## Рецензенты

Шаулева Н. М. – доцент кафедры электропривода и автоматизации  
Семыкина И.Ю. – председатель учебно-методической комиссии  
направления 13.03.02 (140400.62) «Электроэнергетика и электротехника»

**Захарова Алла Геннадьевна. Измерительная техника** [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению контрольной работы для студентов направления подготовки 13.03.02 (140400.62) «Электроэнергетика и электротехника», образовательная программа «Электропривод и автоматика», очной формы обучения / сост.: А. Г. Захарова. – Кемерово : КузГТУ, 2015. – Электрон. дан. – Систем. требования : Процессор Intel или AMD 500 МГц, ОЗУ 128 Мб; мышь. – Загл. с экрана.

Представлены задания и порядок выполнения контрольной работы по дисциплине «Измерительная техника». Приведены цель и основные требования, содержание и объем контрольной работы, варианты для выполнения и список рекомендуемой литературы.

© КузГТУ, 2015  
© Захарова А. Г.,  
составление, 2015

## ВВЕДЕНИЕ

Контрольная работа является частью самостоятельной работы. Самостоятельная работа студента заключается в чтении методических указаний, рекомендованной литературы и информационных ресурсов с регулярным повторением пройденных тем при выполнении домашних заданий (Дз) по тематике дисциплины, в оформлении отчетов и изучении теоретического материала при подготовке к проведению и защите лабораторных работ (Лзп), в выполнении контрольной работы (Кр), в подготовке к зачету [7].

### 1. ЦЕЛЬ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

Цель контрольной работы – закрепление теоретических знаний по курсу "Измерительная техника" и приобретение студентами практических навыков по обоснованному выбору схем автоматического контроля, а также необходимых измерительных приборов для обеспечения нормального хода технологического процесса.

Студенты должны изучить методику выбора и расчета различных измерительных первичных преобразователей, вторичных приборов, необходимых для автоматического технологического контроля. В процессе выполнения контрольной работы студенты должны научиться пользоваться научно-технической литературой, справочниками, ГОСТами и руководящими материалами.

Для разработки системы автоматического контроля (САК) в качестве объектов выбраны технологические процессы химической, горной и пищевой промышленности, имеющие большое разнообразие контролируемых параметров. В кратком описании технологического процесса для каждого варианта даются характеристики измеряемой среды и технологического оборудования, что необходимо для выбора конкретных измерительных приборов и устройств и решения вопросов расположения измерительных устройств относительно технологического оборудования и размещения их на щитах контроля.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа состоит из графической части на двух листах формата А1 и пояснительной записки на 15-20 страницах рукописного текста.

Графическая часть состоит из следующих листов:

1. Функциональная САК заданного технологического процесса, выполненная с использованием в качестве средств локального контроля показывающих и самопишущих приборов.

3. Функциональная САК того же процесса, реализованная на основе микропроцессорных контроллеров (МК).

Расчетно-пояснительная записка должна состоять из следующих разделов:

1. Задание на контрольную работу с необходимыми данными.

2. Краткое описание технологического процесса с перечнем контролируемых параметров и с требованиями к точности контроля и форме представления информации.

3. Обоснование выбора методов измерения и измерительных приборов для контроля технологических параметров.

4. Описание взаимодействия узлов САК. Описание лучше составлять по отдельным комплектам приборов, обозначением которых является номер позиции по принципиальной схеме.

5. Развернутая спецификация на применяемые приборы и аппаратуру. В спецификации должны быть указаны подробные характеристики приборов и аппаратуры, их тип, необходимое количество.

6. Список используемой литературы.

7. Оглавление.

## 3. ВЫБОР ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

Задание на контрольную работу выбирается студентом согласно шифру его зачетной книжки. Номер варианта объекта автоматизации определяется по первой цифре шифра, номер варианта параметров – по второй цифре. Например, если шифр зачетной книжки студента 38, то номер варианта объекта автоматизации – 3, номер варианта параметров – 8.

## 4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Выполнение работы следует разделить на несколько этапов, каждый из которых можно считать законченной частью работы. Основными этапами являются следующие:

1. Получение и изучение задания на контрольную работу (включая корректировку задания, уточнение содержания работы, составление плана выполнения работы, подбор соответствующей литературы). Объем этапа – 5-10% общего объема работы студента.

2. Составление функциональной САК технологического процесса, включая оформление схемы в соответствии с требованиями ГОСТ 21.208-2013; выбор средств измерений, составление заявочной спецификации на измерительные приборы. Ориентировочно объем работы на этом этапе составляет 40% общих трудозатрат на выполнение работы в целом.

3. Составление функциональной САК технологического процесса на основе МК – 25%.

5. Составление и оформление пояснительной записки к работе занимает около 25% общего времени.

Следовательно, график работы будет выглядеть следующим образом.

№ этапа	Содержание этапа	Срок выполнения
1	Подбор и изучение специальной литературы согласно заданию	IV нед.
2	Составление САК технологического процесса, выбор средств измерений и составление заявочной спецификации	X нед.
3	Составление САК технологического процесса на основе микропроцессорных контроллеров	XII нед.
4	Оформление графической части	XIV нед.
5	Оформление пояснительной записки и защита КР	XIV-XVI нед.

По каждому этапу работы студент отчитывается перед преподавателем, представляя для просмотра соответствующие черновые и завершённые материалы. Преподаватель проставляет процент готовности работы в журнале успеваемости, информируя студента об

оценке объема выполненной работы и качества ее выполнения. Завершается работа защитой, которая строится следующим образом.

1. Доклад студента – 5-7 мин.
2. Защита – 10 мин.
3. Вопросы – по работе функциональной САК, по выбору аппаратуры, принципу работы приборов.

## 5. ОСНОВНЫЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

**Функциональная схема автоматического технологического контроля** является основной частью работы. В основе ее разработки лежит технологическая схема производственного процесса, машины, аппарата, на которую при помощи условных обозначений по ГОСТ 21.208-2013 наносятся приборы контроля и вспомогательная аппаратура с основными функциональными связями между ними.

В общем случае в функциональную схему контроля входят:

- а) условные обозначения аппаратов и технологических коммуникаций;
- б) первичные измерительные преобразователи и устройства отбора измерительных сигналов, которые показываются непосредственно на изображениях технологических коммуникаций или оборудования в соответствии с их расположением;
- в) измерительные приборы с ориентацией места их установки;
- г) вспомогательная аппаратура и средства сигнализации с определением места их установки;
- д) основные функциональные связи между элементами схемы;
- е) условные линии щитов, определяющие месторасположение основных приборов;
- ж) наименование и рабочее значение измеряемых параметров.

Разработку схемы автоматического технологического контроля рекомендуется осуществлять в два приема. Сначала вся схема вычерчивается на миллиметровой бумаге, а затем после уточнения и согласования с преподавателем переносится на ватман.

При разработке функциональной схемы рекомендуется следующая последовательность.

1. В верхней части (2/3 чертежа) изображается технологическая схема аппарата или процесса. Изображения объектов должны

приблизительно соответствовать их действительной конфигурации или принятым условным изображениям.

2. В нижней части (1/3 чертежа) наносятся прямоугольники, условно изображающие места установки аппаратуры («Приборы местные», «Щит контроля»).

3. На основании анализа специфики процесса и указаний преподавателя, составляется перечень параметров, подлежащих измерению, автоматическому контролю и сигнализации. При этом необходимо уточнить следующие данные:

- а) место установки чувствительного элемента первичного измерительного преобразователя;
  - б) измеряемая среда и ее характеристики;
  - в) рабочее значение измеряемого параметра;
  - г) допустимая погрешность;
  - д) необходимость местного или дистанционного контроля, регистрации, сигнализации;
  - е) особые условия (взрыво- или пожароопасность, агрессивная окружающая среда, санитарно-гигиенические требования и т.д.).
- Все эти данные целесообразно свести в таблицу (табл. 1).

Таблица 1

Параметр	Ед. измерения	Рабочий диапазон измерения	Допустимая погрешность $\pm \Delta$	Рабочая среда	Способ отображения информации		
					Измерение	Регистрация	Сигнализация

4. По специальной литературе [1 - 3] изучаются существующие методы измерения, применяемые для контроля намеченных параметров.

5. На основании данных пп. 3 и 4 и в соответствии с рекомендациями разд. 6 "Указания по выбору аппаратуры для автоматического технологического контроля" выбираются по справочникам и каталогам [4 - 6] необходимые измерительные приборы и вспомогательная аппаратура.

6. Выбранные средства контроля технологических параметров изображаются в условных обозначениях на заготовленной технологической схеме (пп. 1, 2).

7. По согласованию с преподавателем уточняются типы средств измерения и контроля.

8. Функциональная схема автоматического технологического контроля изображается на листе ватмана формата А1.

9. Составляются описание схемы и сводная спецификация на измерительные приборы и другие приборы, которые заносятся в пояснительную записку.

Порядок выполнения *функциональной САК, реализованной на базе микропроцессорных контроллеров*, не отличается от рассмотренного ранее. Особенностью этой схемы является необходимость выбора средств измерений с выходными сигналами датчиков, соответствующими входным сигналам для МК.

## 6. УКАЗАНИЯ ПО ВЫБОРУ АППАРАТУРЫ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Табл. 1 является основанием для выбора измерительных приборов. Средства автоматического контроля выбирают в основном из типовой аппаратуры, выпускаемой промышленностью, подходящей по предъявляемым требованиям, техническим характеристикам и условиям работы. Использование специально разработанных приборов допустимо только в том случае, когда применение серийного прибора невозможно ввиду особых условий работы, либо специальных требований.

Обоснование выбора того или иного варианта должно проводиться на основе анализа ряда факторов:

1) характеристика контролируемой среды по основным физическим параметрам и свойствам (температура, давление, плотность, вязкость, химическая реакция среды, наличие взвеси и т.д.);

2) характеристика окружающей среды (температура, влажность, взрыво- или пожароопасность и т.д.);

3) требуемая дистанционность;

4) метрологические характеристики прибора (диапазон шкалы, точность измерения, чувствительность, надежность, быстродействие и т.д.).

Эти факторы влияют на выбор рода вспомогательной энергии (электрической, пневматической, гидравлической).

Выбранный прибор должен обеспечить измерения в пределах допускаемой погрешности, но не следует завышать класс точности



прибора, так как это ведет к необоснованному удорожанию и усложнению схемы.

В качестве примера рассмотрим порядок и обоснование выбора средств измерений температуры.

Задание (в проектировании оно называется техническим заданием) по измерению определенного параметра должно содержать:

- наименование технологического параметра (например, температура  $t$ ); его измеряемое значение (например,  $t_{\text{изм}} = 100 \text{ } ^\circ\text{C}$ ); границы возможных, т.е. технологически допустимых отклонений (например,  $\Delta t_{\text{доп}} = \pm 1,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ );

- условия измерения (например, в емкости диаметром 500 мм при давлении среды не более 0,5 МПа);

- условия протекания технологического процесса (например, медленно изменяющаяся температура, среда неагрессивная, невязкая и т.п.);

- возможный вид контроля (например, показание и регистрация на дисковой диаграмме);

- вид измерительной информации для передачи данных (например, унифицированный токовый сигнал 0...5 мА).

Таким образом, в нашем примере необходимо выбрать средство измерения для измерения и регистрации температуры  $100 \pm 1,5 \text{ } ^\circ\text{C}$  неагрессивной среды при давлении не более 0,5 МПа в сосуде диаметром 500 мм; при этом вторичный прибор должен иметь входной унифицированный токовый сигнал 0...5 мА. Исходя из метрологических требований задания и с учетом экономической целесообразности можно предварительно определить измерительный комплект, состоящий из термопреобразователя сопротивления типа ТСМ и вторичного регистрирующего прибора ГСП типа ДИСК-250.

Верхний предел измерения средства измерения ( $X_{\text{max}}$ ) определяется по следующим формулам:

- для медленноизменяющейся измеряемой величины –  $X_{\text{изм}} \leq (2/3)X_{\text{max}}$ ;

- для быстроизменяющейся –  $X_{\text{изм}} \leq 2X_{\text{max}}$ .

Таким образом,  $t_{\text{max}} \geq 3 \cdot 100/2 = 150 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Уточняем по [4], что ТСМ-0879 НСХ 100М класса допуска В работают в диапазоне до  $200^\circ\text{C}$ , т.е. удовлетворяются условия задания.

Определяем модификацию ТСМ по [4], считая глубину погружения термопреобразователя сопротивления 250 мм: ТСМ-0879 5Ц2.281.430-58.

Основная допустимая погрешность ТСМ класса допуска В для температуры 100 °С определяется выражением  $\Delta t_{Т.С.} = 0,25 + 0,0035t = 0,25 + 0,0035 \cdot 100 = 0,6$  °С.

Для вторичного прибора ДИСК-250 предварительно необходимо уточнить верхний предел измерения  $t_{\max}$ . Он выбирается из стандартного ряда по [4]:  $t_{\max} = 150^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{\min} = 0$ .

В случаях несовпадения требуемого  $X_{\max}$  со значениями стандартного ряда выбирается ближайшее большее значение  $X_{\max}$  и расчет погрешности ведется по этому значению. Например, если бы при расчете мы получили значение  $t_{\max} = 175^{\circ}\text{C}$ , то был бы выбран верхний предел 180 °С.

Далее определяется модификация вторичного прибора по [4]: ДИСК-250-1131 класса точности 0,5. Основная допустимая погрешность вторичного прибора ДИСК-250:

$$\Delta t_{И.П.} = \pm \frac{K(t_{\max} - t_{\min})}{100} = \pm \frac{(150 - 0)}{100} = \pm 0,75^{\circ}\text{C}.$$

Таким образом, в соответствии с заданием выбран измерительный комплект, состоящий из термопреобразователя сопротивления ТСМ-0879.5Ц2.281.430-58 с  $\Delta t_{Т.С.} = 0,6$  °С и вторичного регистрирующего прибора ДИСК-250-1131 с  $\Delta t_{И.П.} = 0,75$  °С.

При обосновании выбора средств измерений по точности необходимо доказать, что выбранный измерительный комплект (или отдельное средство измерений) обеспечивает допустимое по заданию отклонение измеряемого параметра:

$$\Delta t_{К.ФАКТ} = \pm \sqrt{\Delta t_{Т.С.}^2 + \Delta t_{И.П.}^2} = \pm \sqrt{0,36 + 0,56} \approx 1^{\circ}\text{C}.$$

Так как  $\Delta t_{К.ФАКТ} < \Delta t_{ДОП}$ , выбор сделан верно. В случае  $\Delta X_{ФАКТ} > \Delta X_{ДОП}$ , выбранное средство измерения не может быть использовано, и необходимо или пересмотреть вопросы выбора по допустимым отклонениям первичного преобразователя, или применить первичный прибор более высокого класса точности, или выбрать другие средства измерения.

Такого типа задачи решают при автоматизации основных технологических процессов по каждому параметру.

При контроле неотчетственных параметров (технологический контроль, сигнализация и т.д.), как правило, определяют фактиче-

скую погрешность выбранных средств измерений по известным правилам [1–3].

В заданиях не приводятся требования по точности измерения расхода. Для этих средств измерений можно использовать приборы любого класса точности по усмотрению студента. Однако обоснование выбора прибора следует провести по характеру среды, диапазону изменения расхода и возможности вынесения показаний на щит управления.

## 7. ОФОРМЛЕНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

### 7.1. Оформление графической части

Все графические материалы должны быть выполнены в соответствии со стандартами Единой системы конструкторской документации (ЕСКД). Перечень стандартов, необходимых при выполнении проекта, дается в разд. 8.2. Технологические параметры представляются в величинах международной системы единиц - СИ.

При вычерчивании функциональной схемы автоматического технологического контроля необходимо руководствоваться следующими правилами:

1. На каждом листе должна выполняться основная надпись в соответствии с ГОСТ 2.104-2006. Пример заполнения основной надписи представлен на рис. 1.

Расшифровка условных обозначений и изображений, не предусмотренных стандартами, но принятых в схеме, выполняется в виде таблицы. Таблицу рекомендуется располагать над основной надписью чертежа и заполнять сверху вниз. Рекомендуется сначала заносить в таблицу условные обозначения трубопроводов (рис. 2).

					<i>КП.ДК.12.00.00.00 А2</i>			
						<i>Литер.</i>	<i>Масса</i>	<i>Масшт.</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документ.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>Автоматический контроль дозирования компонентов</i>			
<i>Разраб.</i>								
<i>Провер.</i>								
						<i>Лист 1</i>		<i>Листов 2</i>
<i>Н. контр.</i>					<i>Схема автоматического технологического контроля и сигнализации функциональная</i>	<i>КузГТУ каф. ЭПА гр. АУ-971</i>		
<i>Утверд.</i>								

Рис. 1

Условные обозначения технологических потоков		15
Обозначение	Наименование технологического потока	10
-1-	Вода	10
-2-	Пар	10
40		
		185

Рис. 2

2. Трубопроводы на схеме показываются в соответствии с ГОСТ 2.784-96 (табл.2).

Таблица 2

Среда в трубопроводе	Условные обозначения
Вода	-1-
Пар	-2-
Воздух	-3-
Кислота	-12-
Щелочь	-13-
Аммиак	-11-
Масло	-14-
Фреон	-18-
Вакуум	-27-

Условные числовые обозначения в разрыве линий проставляются с расстояниями между соседними числами не менее 50 мм. Если в указанном ГОСТе отсутствует обозначение среды, которая протекает по трубопроводу, то вводится произвольное обозначение, но с обязательной расшифровкой его.

Трубопроводы, идущие от аппаратов, которые не показаны на функциональной схеме, обрываются и заканчиваются стрелкой, показывающей направление потока, а также снабжаются поясняющей надписью, например: «от водяного насоса», «на градирню» и т.д.

3. Приборы и средства автоматического контроля и сигнализации показываются условными обозначениями по ГОСТ 21.208-2013.

4. В нижней части чертежа (примерно  $1/3$  по высоте), под технологической схемой, размещают прямоугольники, которые обозначают щиты и пульты автоматического контроля. В верхнем прямоугольнике обычно группируют приборы, не совмещенные с первичными преобразователями, но которые размещаются вблизи оборудования по месту контроля. Обычно этот прямоугольник с левой стороны имеет надпись "приборы местные". Число прямоугольников зависит от принятой структуры управления. Прямоугольникам рекомендуется вычерчивать высотой 40 мм (при большом количестве аппаратуры эта высота может быть увеличена). В каждом прямоугольнике с левой стороны оставляется поле шириной 15 мм, на котором имеется соответствующая надпись, например, "Местный щит", "Щит управления" и т.д. Между линией щитов и границей чертежа рекомендуется оставлять расстояние не менее 20 мм.

В прямоугольниках щитов показывают все средства автоматизации, установленные на лицевой панели щита, а также магнитные пускатели, блоки управления и т.д.

5. Функциональные связи элементов средств автоматического контроля, изображенных вблизи оборудования и коммуникаций, с элементами того же комплекта, показанными внизу чертежа, выполняются тонкими соединительными линиями с наименьшим количеством изгибов и пересечений. Для объектов с большим количеством оборудования и средств контроля можно изображать соединительные линии с разрывом. Каждый конец линии обрыва нумеруется одинаковой арабской цифрой, причем концы, идущие от элементов средств контроля, показанных в прямоугольниках, нумеруются слева направо в нарастающем порядке. Номера могут проставляться в кружках диаметром 6 мм или без них.

6. На схеме указываются рабочие значения всех контролируемых величин. Они проставляются на соединительных линиях, связывающих приемные и отборные устройства с элементами средств автоматического контроля, изображенными в прямоугольниках вблизи последних.

7. Всем средствам автоматического контроля, изображенным на схеме, присваиваются позиционные обозначения. Обозначение двузначное, состоящее из порядкового номера комплекта (наносится арабскими цифрами) и индекса его элемента (наносится арабскими цифрами или строчными буквами русского алфавита). При

присвоении индексов следует придерживаться такой последовательности:

- а) приемные и отборные устройства;
- б) дополнительные устройства (уравнительные, конденсационные сосуды, разделительные устройства, коробки холодных спаев и т.д.);
- в) первичные приборы и преобразователи;
- г) сигнализаторы;
- д) вторичные приборы – показывающие, самопишущие, интегрирующие и др.;
- е) переключатели измерительных цепей, сигнальная аппаратура (световая и звуковая).

Электроаппаратуре (управления электродвигателями исполнительных механизмов, сигнализации и т.п.), входящей в комплект, рекомендуется присваивать позиционное обозначение, принятое в соответствующих электрических схемах (рис. 3).

Однотипным комплектам средств автоматического контроля одного назначения присваиваются одинаковые номера, например комплектам приборов, измеряющим температуру в различных зонах печей и т.п.

8. Толщину линий на чертеже рекомендуется выполнять следующим образом:

- контурные линии агрегатов, установок, технологических аппаратов; коммуникации трубопроводов; прямоугольники, изображающие щиты, пульты, приборы местные и т.п. – 0,6...1,5 мм;
- условные графические обозначения приборов и средств автоматизации – 0,5...0,6 мм;
- линии связи – 0,2...0,3 мм.

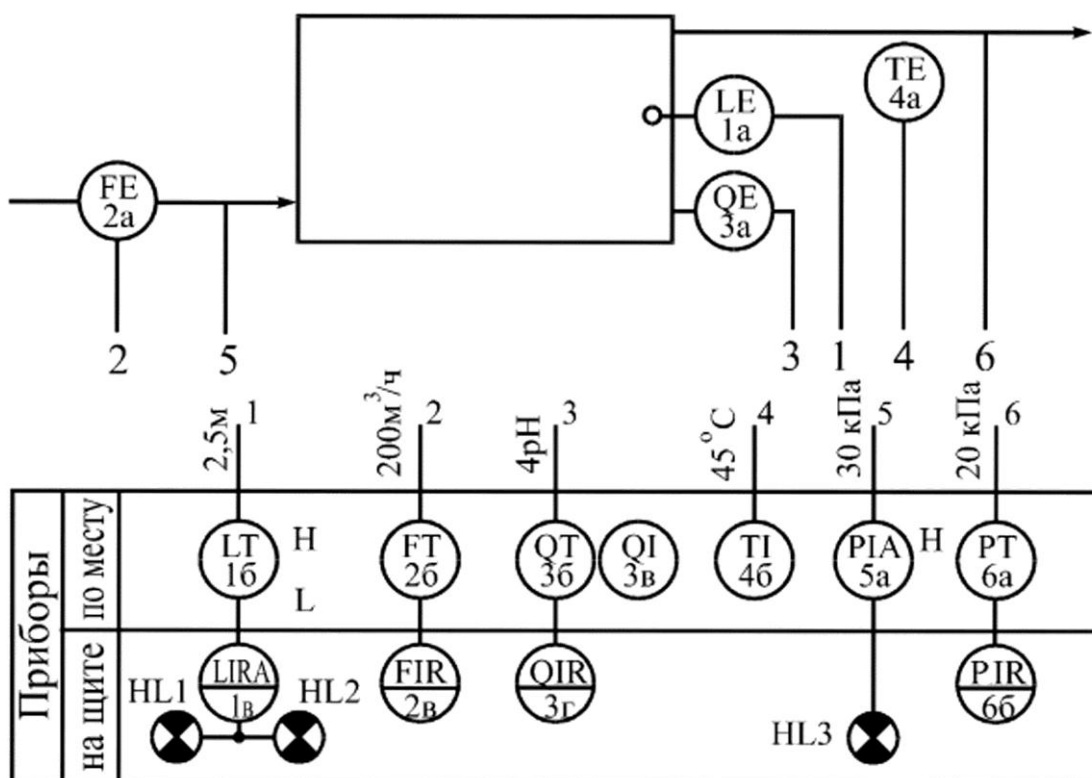


Рис. 3

9. В непосредственной близости от изображений технологического оборудования или на нем надписывается его наименование.

Примеры построения условных обозначений приборов и средств автоматизации и выполнения функциональных схем автоматизации представлены в [5, 6].

### ***Функциональная САК процесса, реализованная на базе микропроцессорных контроллеров.***

Для построения системы обычно принимается трехуровневая иерархическая структура:

- в первый (нижний) уровень входят датчики измеряемых параметров, запорная и регулирующая арматура совместно с исполнительными механизмами и устройствами;

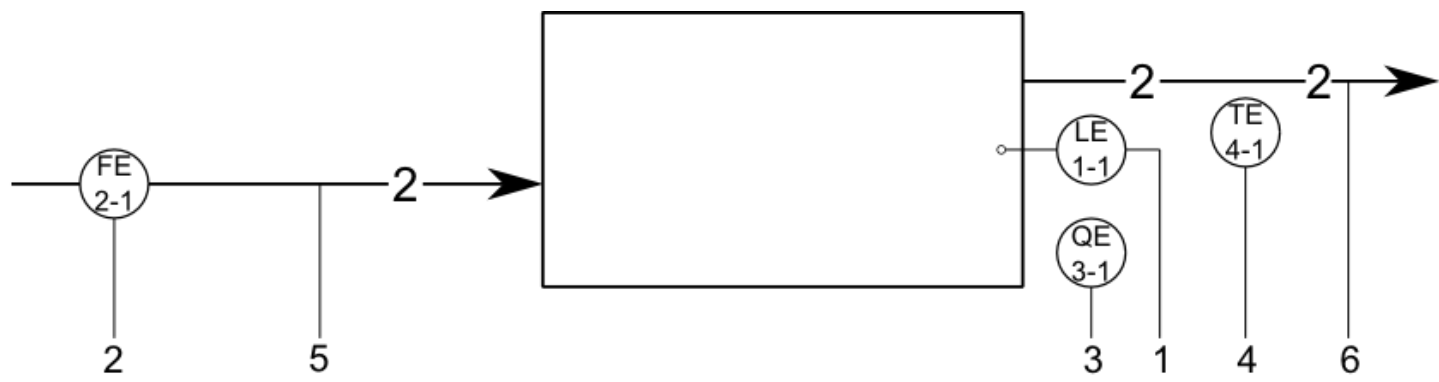
- во второй уровень системы входят микропроцессорные устройства для автоматического сбора и первичной обработки измеряемых параметров, выполнения функций автоматического регулирования, технологических защит и блокировок, дистанционного управления – программируемые логические контроллеры (ПЛК).

- в третий уровень (условно «операторский») системы входит автоматизированное рабочее место (АРМ). АРМ объединяет про-

граммно-аппаратные средства, обеспечивающие взаимодействие человека с компьютером, предоставляет возможность ввода информации (через клавиатуру, компьютерную мышь, сканер и пр.) и её вывод на экран монитора, принтер, графопостроитель, звуковую карту, динамики или иные устройства вывода. В состав АРМ обычно входят два ПК, причем компьютеры работают в режиме горячего резервирования (дублирования) и объединены сетью Ethernet, что обеспечивает полную взаимозаменяемость функций АРМ. Наличие второго рабочего места позволяет наблюдать одновременно различные мнемосхемы и выдавать управляющие команды с любого рабочего места. Дублирование компьютеров повышает надежность системы, и отказ одного из них не приводит к неработоспособности всей системы. Как правило, АРМ является частью АСУ. При разработке АРМ для управления технологическим оборудованием, как правило, используют SCADA-системы.

Связь ПЛК с АРМ осуществляется по дублированной сети, например, RS-485. Связь ПЛК и модулей ввода и вывода осуществляется через интерфейс, например, RS-485. Связь ПЛК и датчиков осуществляется с помощью унифицированных входных сигналов: напряжение 0...1 В, 0...10 В, -50...+50 мВ; ток 0...5 мА, 0(4)...20 мА. ПЛК, модули ввода и вывода, вторичные преобразователи находятся в шкафу управления. Пример практического использования МК для создания САК представлен на рис. 4.





		HL1	1 2,5м	2 200м³/ч	3 4 рН	4 45°С	HL2	5 30 кПа	6
Приборы по месту		●	LT 1-2	FT 2-2	QT 3-2, QI 3-3	TI 4-2	●	PT 5-1	PIA 6-1
Шкаф управления	Нормирующие преобразователи					TY 4-3			
	Ввод сигналов от датчиков		○	○	○	○		○	
	Регулирование		○	○	○	○		○	
	Управление		○	○	○	○		○	
	Защита		○	○	○	○		○	
Компьютер оператора	Сигнализация	○	○	○	○	○	○	○	
	Отображение цифровых и световых сигналов	○	○	○	○	○	○	○	
	Архивирование (регистрация)	○	○	○	○	○	○	○	
	Задание параметров (уставок)	○	L = 0,5/2,5 м				○	P = 30 кПа	
Дистанционное управление									

Рис. 4

Точки на линиях связи указывают на возможность осуществления той или иной функции САК в соответствии со строкой, где они находятся.

## 7.2. Оформление пояснительной записки

На титульном листе расчетно-пояснительной записки необходимо указать тему контрольной работы по форме, приведенной в прил. 1.

Сводная спецификация приборов и аппаратуры составляется по форме, приведенной в прил. 2.

Исходным материалом для составления спецификации является функциональная схема автоматического контроля (ФСА). В спецификацию включаются все измерительные приборы, вспомогательные устройства и другая аппаратура, изображенная на схеме. Обозначения (позиции) в спецификации должны соответствовать указанным на схеме.

Отдельно в спецификации указываются средства измерений, применяемые в функциональной САК, реализованной на базе МК.

## 8. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ГОСТов

### 8.1. Техническая и учебная литература

1. Захарова, А. Г. Электрические измерения неэлектрических величин [Электронный ресурс] : учеб. пособие / ГОУ ВПО "Кузбас. гос. техн. ун-т". – Кемерово, 2009. – 151 с.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90372&type=utchposob:common>

2. Извеков, В. Н. Метрология, измерительная техника, основы стандартизации и сертификации [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В. Н. Извеков, А. Г. Кагиров. – Томск: ТПУ, 2011. – 149 с.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=10305](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=10305)

3. Захарова, А. Г. Измерительная техника [Электронный ресурс] : учеб. пособие / ГОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т», Каф. электропривода и автоматизации. – Кемерово, 2011. – 151 с.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=6679](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=6679)

4. Захарова, А. Г. Технические средства автоматизации [Электронный ресурс]: справочник / А. Г. Захарова, И. Ю. Семькина, А. В. Нестеровский. – Кемерово: КузГТУ, 2012. – 121 с.

<http://192.168.1.1>

5. Калининченко, А. В. Справочник инженера по контрольно-измерительным приборам и автоматике [Электронный ресурс]. – М.: Инфра Инженерия, 2008 г. – 576 с.

<http://03-ts.ru/index.php?nma=downloads&fla=stat&idd=656>

6. Коломиец, А. П. Монтаж электрооборудования и средств автоматизации [Электронный ресурс] / А. П. Коломиец, Н. П. Кондратьева. – М.: КОЛОСС, 2007 . – 351 с.

<http://stilllibs.ru/medicina-i-zdorove/2220-montaj-elektrooborudovaniya-i-sredstv-avtomatizatsii-kolomiets-ap-kondrateva-pp-koloss.html>

7. Измерительная техника [Электронный ресурс] : методические указания к самостоятельной работе для студентов направления 13.03.02 (140400.62) «Электроэнергетика и электротехника», образовательная программа «Электропривод и автоматика», очной формы обучения / сост. А. Г. Захарова; ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. электропривода и автоматизации. – Кемерово, 2014.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=3487>

## 8.2. Государственные стандарты

8. ГОСТ 21.208-2013 СПДС. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах.
9. ГОСТ 2.104-2006 ЕСКД. Основные надписи.
10. ГОСТ 2.784-96 ЕСКД. Обозначения условные графические. Элементы трубопроводов
11. ГОСТ 2.701-84 ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.
12. ГОСТ 2.702-75 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем.
13. ГОСТ 2.710-81 ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах.
14. ГОСТ 2.721-74 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения.

## ПЕРЕЧЕНЬ ВАРИАНТОВ ТЕМ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

### *Вариант 0*

Объект: линия обжига материала при производстве желтого фосфора. На обжиговых машинах осуществляется совместная термическая обработка кусковой руды и окатышей, получаемых из фосфорной мелочи и связующего на дисковых грануляторах.

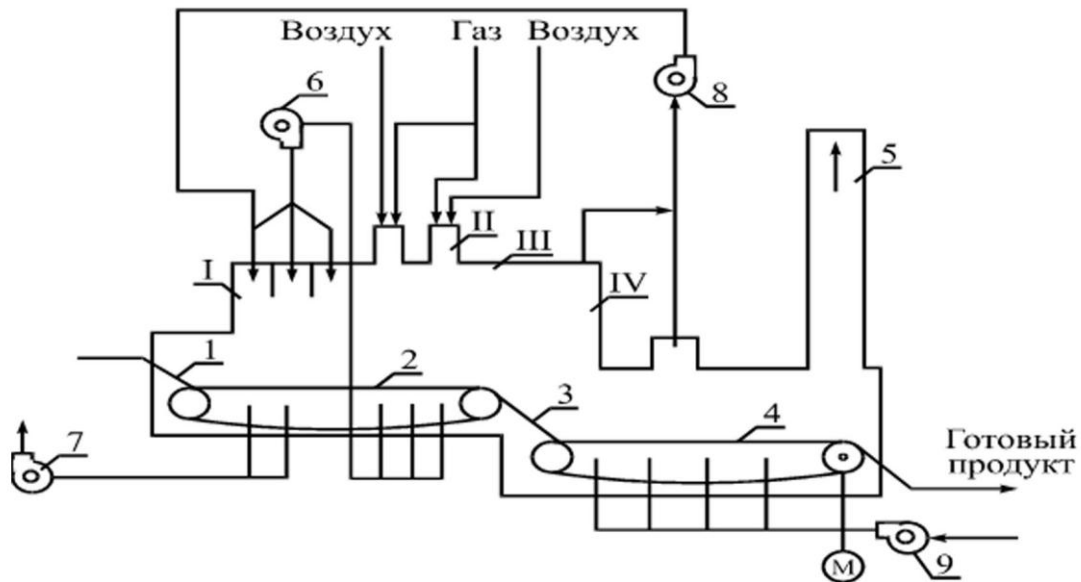


Рис. 5

«Сырые» окатыши по лотку 1 (рис. 5, табл. 3) поступают на движущуюся решетку 2 машины в зону сушки I, где в трех камерах происходит сушка. В следующих двух камерах (зона обжига II) осуществляется обжиг материала. Обожженный материал проходит далее зону выдержки и затвердевания III и зону выравнивания температур IV, где завершается обжиг материала и происходит охлаждение и затвердевание окатышей. Необходимое для обжига тепло получается в топках камер зоны обжига за счет сжигания природного газа. Отходящие газы ряда зон направляются в зону сушки, где используются в качестве теплоносителя. Далее окатыши по перевалочному лотку 3 поступают на охлаждающую решетку 4 (в зону охлаждения), где осуществляется охлаждение свежим воздухом, нагнетаемым вентилятором 9. Отходящие газы из зоны охлаждения удаляются по трубе 5.

#### ***Измеряемые параметры:***

Температура: в первой камере зоны обжига II,  $T_1$ ;  
во второй камере зоны обжига II,  $T_2$ ;

в первой камере зоны сушки I,  $T_3$ ;  
 во второй камере зоны сушки I,  $T_4$ ;  
 в третьей камере зоны сушки I,  $T_5$ ;  
 в зоне выдержки и затвердевания III,  $T_6$ ;  
 отходящих газов в вакуум-камерах под решеткой в точках 10-14,  $T_7-T_{11}$ ;  
 отходящих газов из зоны IV,  $T_{12}$  и  $T_{13}$ .

Уровень: материала на обжиговой решетке 2,  $L_1$ ;  
 материала на охлаждающей решетке 4,  $L_2$ .

Расход: воздуха, подаваемого в первую камеру зоны II,  $F_1$ ;  
 газа, подаваемого в первую камеру зоны II,  $F_2$ ;  
 воздуха, подаваемого во вторую камеру зоны II,  $F_3$ ;  
 газа, подаваемого во вторую камеру зоны II,  $F_4$ .

Давление (разрежение): в вакуум-камерах под обжиговой решеткой 2,  $P_1$ ;  
 в зоне выравнивания температур IV,  $P_2$ ;  
 в зоне сушки I,  $P_3$ ;  
 в линии нагнетания насоса 9,  $P_4$ .

Состав (содержание кислорода): в первой и второй камерах зоны обжига II,  $Q_1$  и  $Q_2$ .

**Регистрируемые параметры:**  $T_1-T_5$ ;  $T_7-T_{11}$ ;  $P_1$ ;  $P_2$ ;  $Q_1$ ;  $Q_2$ .

**Сигнализация:** о превышении уровня на обжиговой и охлаждающей решетках  $L_1$  и  $L_2$ .

Таблица 3

Параметры к объекту варианта 0

Наименование параметров	Вариант параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$T_1, ^\circ\text{C}$	600	610	620	630	640	650	660	600	620	640
$T_2, ^\circ\text{C}$	620	630	640	650	660	670	680	620	640	660
$T_3, ^\circ\text{C}$	150	155	160	165	170	175	150	155	160	165
$T_4, ^\circ\text{C}$	200	210	220	230	240	250	200	210	220	230

Наименование параметров	Вариант параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$T_5, ^\circ\text{C}$	250	260	270	280	290	300	250	260	270	280
$T_6, ^\circ\text{C}$	650	660	670	680	690	700	690	680	670	660
$T_7, ^\circ\text{C}$	120	125	130	135	140	135	130	120	125	130
$T_8, ^\circ\text{C}$	150	155	160	165	170	175	150	155	160	165
$T_9, ^\circ\text{C}$	500	510	520	530	540	550	520	500	510	530
$T_{10}, ^\circ\text{C}$	520	530	540	550	560	520	530	540	520	550
$T_{11}, ^\circ\text{C}$	540	550	560	570	580	540	550	560	540	570
$T_{12}, ^\circ\text{C}$	300	310	320	330	340	350	300	310	320	340
$T_{13}, ^\circ\text{C}$	400	410	420	430	440	450	410	420	430	440
$L_1, \text{м}$	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1	1,6	1,7	1,8	1,4
$L_2, \text{м}$	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1	1,6	1,7	1,8	1,4
$F_1, \text{кг/ч}$	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900
$F_2, \text{кг/ч}$	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2400	2300	2200	2100
$F_3, \text{кг/ч}$	1500	1600	1700	1800	1900	200	1900	1800	1700	1600
$F_4, \text{кг/ч}$	300	310	320	330	340	335	325	315	305	300
$P_1, \text{кПа}$	-10	-15	-20	-25	-30	-25	-30	-25	-20	-15
$P_2, \text{кПа}$	-15	-20	-25	-30	-25	-30	-25	-20	-15	-10
$P_3, \text{кПа}$	-10	-15	-20	-25	-30	-25	-30	-25	-20	-15
$P_4, \text{МПа}$	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
$Q_1^{O_2}, \%$	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	5
$Q_2^{O_2}, \%$	7	7,5	8	8,5	9	9,5	8	7,5	8,5	7

### *Вариант 1*

Объект: линия непрерывной дезодорации жиров при производстве маргарина (рис. 6, табл. 4).

Универсальная смесь жиров (в дальнейшем – смесь) после рафинации насосом 1 подается в деаэратор-теплообменник 2, где она нагревается с удалением из нее воздуха дезодорированной смесью, поступающей из дезодоратора 6.

После деаэрации смесь насосом 3 перекачивается в подогреватель 4, где осуществляется ее нагрев паром. Пройдя фильтры тонкой очистки 5, смесь поступает в дезодоратор 6, распыляется и тонкой пленкой стекает по пластинам в нижнюю часть аппарата, куда

непрерывно из бачка 7 подаются раствор лимонной кислоты и перегретый пар для барботажа жира, поступающий из электронагревателя 11 через коллектор пара 8. Отдезодорированная смесь насосом 9 через змеевики деаэратаора 2 поступает в холодильник 10, где охлаждается холодной водой и далее в баки дезодорированного жира.

***Измеряемые параметры:***

Температура:	универсальной смеси в линии насоса 1, $T_1$ ; универсальной смеси в деаэраторе 2, $T_2$ ; греющего пара на выходе из электронагревателя 11, $T_3$ ; универсальной смеси перед дезодоратором 6, $T_4$ ; универсальной смеси в дезодораторе 6, $T_5$ ; холодной воды, поступающей в холодильник 10, $T_6$ ; универсальной смеси на выходе из холодильника 10, $T_7$ ; греющего пара на выходе из подогревателя 4, $T_8$ .
Уровень:	универсальной смеси в деаэраторе 2, $L_1$ ; универсальной смеси в дезодораторе 6, $L_2$ .
Расход:	универсальной смеси в линии насоса 1, $F_1$ ; универсальной смеси в линии подогревателя 4, $F_2$ ; греющего пара на выходе из электропароперегревателя 11, $F_3$ ; раствора лимонной кислоты из бачка 7, $F_4$ ; насыщенного пара на входе в электропароперегреватель 11, $F_5$ ;
Давление:	холодной воды, поступающей в холодильник 10, $F_6$ ; универсальной смеси на выходе из холодильника, $F_7$ . универсальной смеси в линии насоса 1, $P_1$ ; универсальной смеси в деаэраторе 2, $P_2$ ; греющего пара в линии подогревателя 4, $P_3$ ; в коллекторе пара 8, $P_4$ ; универсальной смеси перед дезодоратором 6, $P_5$ ; в дезодораторе 6, $P_6$ ; насыщенного пара на входе в электропароперегреватель 11, $P_7$ ; в линии холодной воды, $P_8$ .
Плотность:	раствора соляной кислоты в бачке 7, $D_1$ .

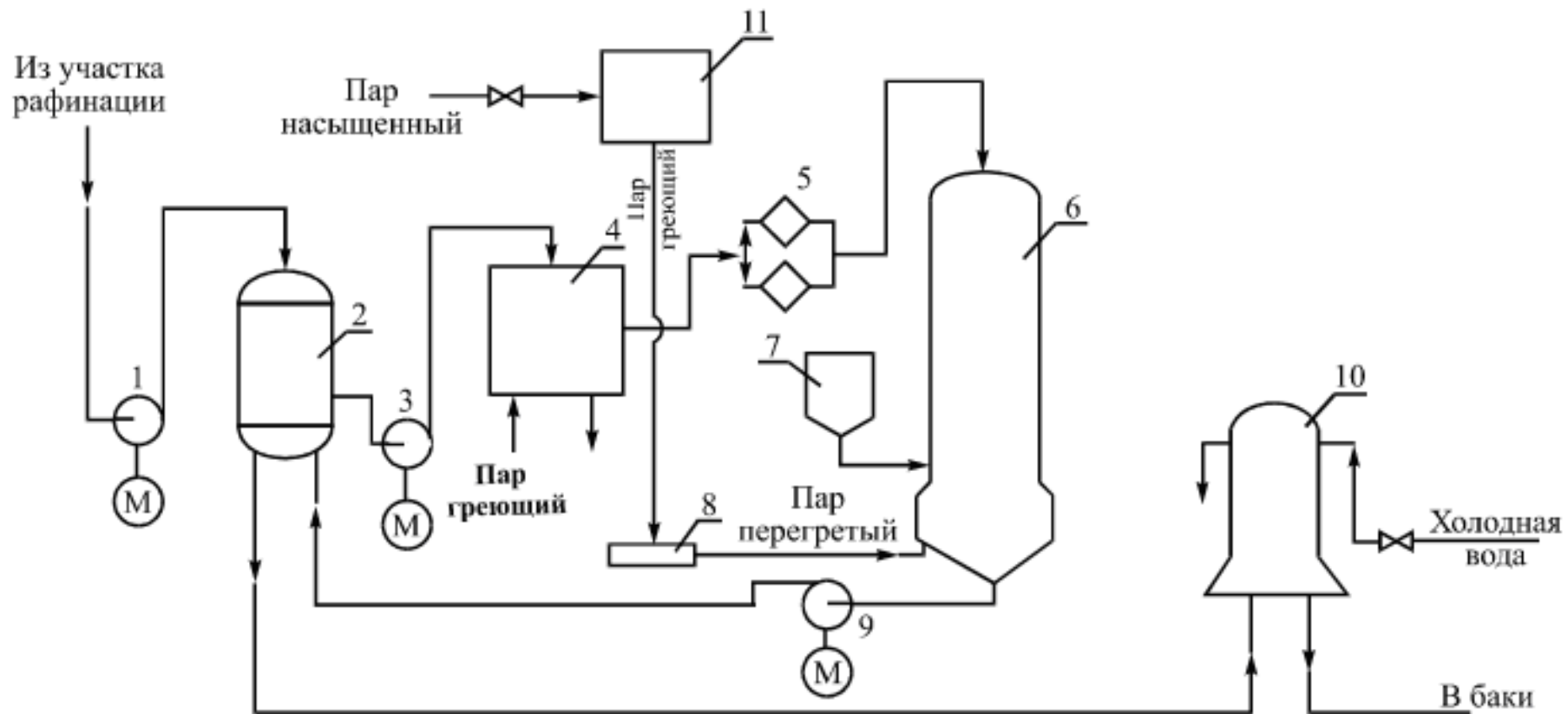


Рис. 6



**Регистрируемые параметры:**  $F_2$ ;  $F_3$ ;  $F_5$ ;  $F_6$ ;  $P_3$ ;  $P_7$ ;  $T_2$ ;  $T_5$ .

**Сигнализация:**

1. О превышении уровня универсальной смеси в деаэраторе 2 и дезодораторе 6.
2. О превышении температуры греющего пара на выходе из электропароперегревателя 11 и на выходе из подогревателя 4.
3. О превышении давления в дезодораторе 6 и в линии подогревателя 4.
4. О работе двигателей насосов 1, 3, 9.

Таблица 4

Параметры к объекту варианта 1

Наименование параметров	Вариант параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$F_1$ , кг/ч	3100	3150	3200	3250	3300	3350	3400	3450	3500	3550
$T_1$ , °C	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80
$P_1$ , МПа	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55
$L_1$ , м	0,7	0,58	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85
$T_2$ , °C	140	145	150	155	160	165	170	175	180	170
$P_2$ , МПа	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$F_2$ , кг/ч	360	370	380	390	400	410	420	430	440	450
$P_3$ , МПа	3,2	3,4	3,6	3,8	4	4,2	4,4	4,6	4,8	5
$F_3$ , кг/ч	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155
$T_3$ , °C	240	244	246	248	250	252	254	256	258	260
$P_4$ , МПа	0,2	0,3	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45
$F_4$ , кг/ч	38	36	34	32	30	28	26	24	22	20
$T_4$ , °C	210	215	220	222	225	228	230	232	234	236
$P_5$ , МПа	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,2	0,21	0,22	0,23
$T_5$ , °C	210	215	220	222	225	228	230	232	234	236
$L_2$ , м	0,5	0,45	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65
$F_5$ , кг/ч	1000	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1350	1300
$P_6$ , МПа	0,25	0,2	0,15	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35
$P_7$ , МПа	0,4	0,6	0,8	0,9	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2
$T_6$ , °C	25	27	30	33	35	38	40	42	44	30
$F_6$ , м <sup>3</sup> /ч	1000	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500
$T_7$ , °C	40	42	43	44	45	46	48	50	52	45
$F_7$ , кг/ч	3100	3150	3200	3250	3300	3350	3400	3450	3500	3550
$D_1$ , кг/м <sup>3</sup>	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,2	1,15	1,16	1,17	1,18
$P_8$ , МПа	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55
$T_8$ , °C	160	165	170	175	180	190	195	200	205	210

## Вариант 2

Объект: хлорный технологический комплекс, где электролизом водного раствора хлорида натрия (поваренной соли) получают хлор, гидроксид натрия (каустическую соду NaOH) и водород (рис. 7, табл. 5). Очищенный рассол насосом 1 подается через теплообменник 2 в напорный бак 3, откуда поступает в электролизер 4. С выхода электролизера концентрированная амальгама поступает в разлагатель 5, из которого слабую амальгаму рециркуляционным насосом 6 направляют в электролизер 4, а полученный водород охлаждают в холодильнике 7.

### **Измеряемые параметры:**

Температура:	<p>рассола, <math>T_1</math>;</p> <p>пара на входе в теплообменник 2, <math>T_2</math>;</p> <p>рассола на выходе из теплообменника 2, <math>T_3</math>;</p> <p>водорода на выходе из холодильника 7, <math>T_4</math>;</p> <p>в электролизере 4, <math>T_5</math>;</p> <p>воды на входе в холодильник 7, <math>T_6</math>;</p> <p>воды на входе в разлагатель 5, <math>T_7</math>.</p>
Уровень:	<p>рассола в напорном баке 3, <math>L_1</math>.</p>
Расход:	<p>пара на входе в теплообменник 2, <math>F_1</math>;</p> <p>рассола в линии всасывания насоса 1, <math>F_2</math>;</p> <p>рассола на выходе из напорного бака 3, <math>F_3</math>;</p> <p>воды на входе в холодильник 7, <math>F_4</math>;</p> <p>воды на входе в разлагатель 5, <math>F_5</math>;</p> <p>хлора, <math>F_6</math>;</p> <p>водорода, <math>F_7</math>;</p> <p>раствора гидроксида натрия, <math>F_8</math>.</p>
Давление:	<p>пара на входе в теплообменник 2, <math>P_1</math>;</p> <p>хлора (разрежение), <math>P_2</math>;</p> <p>водорода, <math>P_3</math>;</p> <p>рассола в линии всасывания насоса 1, <math>P_4</math>;</p> <p>слабой амальгамы в линии нагнетания насоса 6 <math>P_5</math>.</p>
Концентрация:	<p>хлора, <math>Q_1</math>;</p> <p>раствора гидроксида натрия NaOH (щелочи), <math>Q_2</math>.</p>

Регистрируемые параметры:  $F_1$ ;  $F_3$ ;  $F_5$ ;  $F_6$ ;  $T_3$ ;  $T_4$ ;  $T_5$ ,  $P_2$ .

Сигнализация:

1. О значениях верхнего и нижнего уровня рассола в напорном баке 3  $L_1$ ;
2. О превышении давления в линиях пара  $P_1$ , хлора  $P_2$ , водорода  $P_3$ , рассола  $P_4$  и слабой амальгамы  $P_5$ .

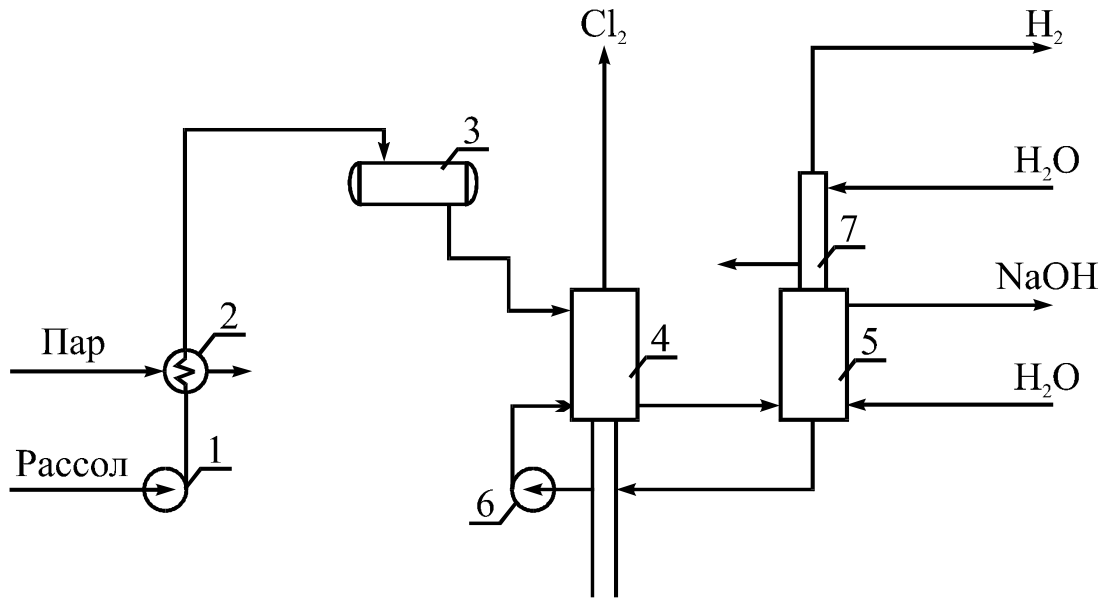


Рис. 7

Таблица 5

Параметры к объекту варианта 2

Наименование параметров	Вариант параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$T_1, ^\circ C$	10	11	12	14	13	15	16	17	18	19
$T_2, ^\circ C$	180	190	200	210	220	210	200	190	180	210
$T_3, ^\circ C$	50	55	60	65	70	75	80	75	80	55
$T_4, ^\circ C$	30	35	40	35	30	42	44	32	34	37
$T_5, ^\circ C$	60	62	64	66	68	70	72	74	76	70
$T_6, ^\circ C$	10	12	14	8	10	12	14	8	10	12
$T_7, ^\circ C$	10	12	14	8	10	12	14	8	10	12

Продолжение табл. 5

Наименование параметров	Вариант параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$L_1, \text{ м}$	5	5,5	6	6,5	7	5	5,5	6	6,5	7
$F_1, \text{ м}^3/\text{ч}$	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
$F_2, \text{ м}^3/\text{ч}$	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
$F_3, \text{ м}^3/\text{ч}$	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
$F_4, \text{ м}^3/\text{ч}$	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2	2,1	2,2	2,3	2,4
$F_5, \text{ м}^3/\text{ч}$	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	1,9	1,8	1,7	1,6
$F_6, \text{ м}^3/\text{ч}$	2	2,1	2,2	2,3	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2
$F_7, \text{ м}^3/\text{ч}$	0,8	0,9	1	1,1	1,2	0,8	0,9	1	1,1	1,2
$F_8, \text{ м}^3/\text{ч}$	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	0,55
$P_1, \text{ МПа}$	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4	4,1
$P_2, \text{ кПа}$	10	15	20	25	30	25	30	25	20	15
$P_3, \text{ МПа}$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1
$P_4, \text{ МПа}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$P_5, \text{ МПа}$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,3	0,4	0,5	0,6	0,3	0,4
$Q_1^{Cl}, \text{ мг/м}^3$	1,8	1,4	0,6	9,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2
$Q_2^{NaOH}, \text{ г/л}$	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	2,8

*Вариант 3*

Объект: поточная линия производства томатной пасты (рис. 8, табл. 6). Томаты из моечной машины 1 посредством транспортера 2 подаются в дробилку 3 и далее в сборник 4. Насосом 5 томатная паста подается в подогреватель 6, далее в протирочный аппарат 7, аппарат заключительной обработки 8 и в сборник 9. Насосами 10 и 12 томатная паста перекачивается в вакуум-выпарные аппараты 11 и далее насосом 13 в сборник 14. Из сборника томатная паста поступает в подогреватель 15 и далее на фасовку.

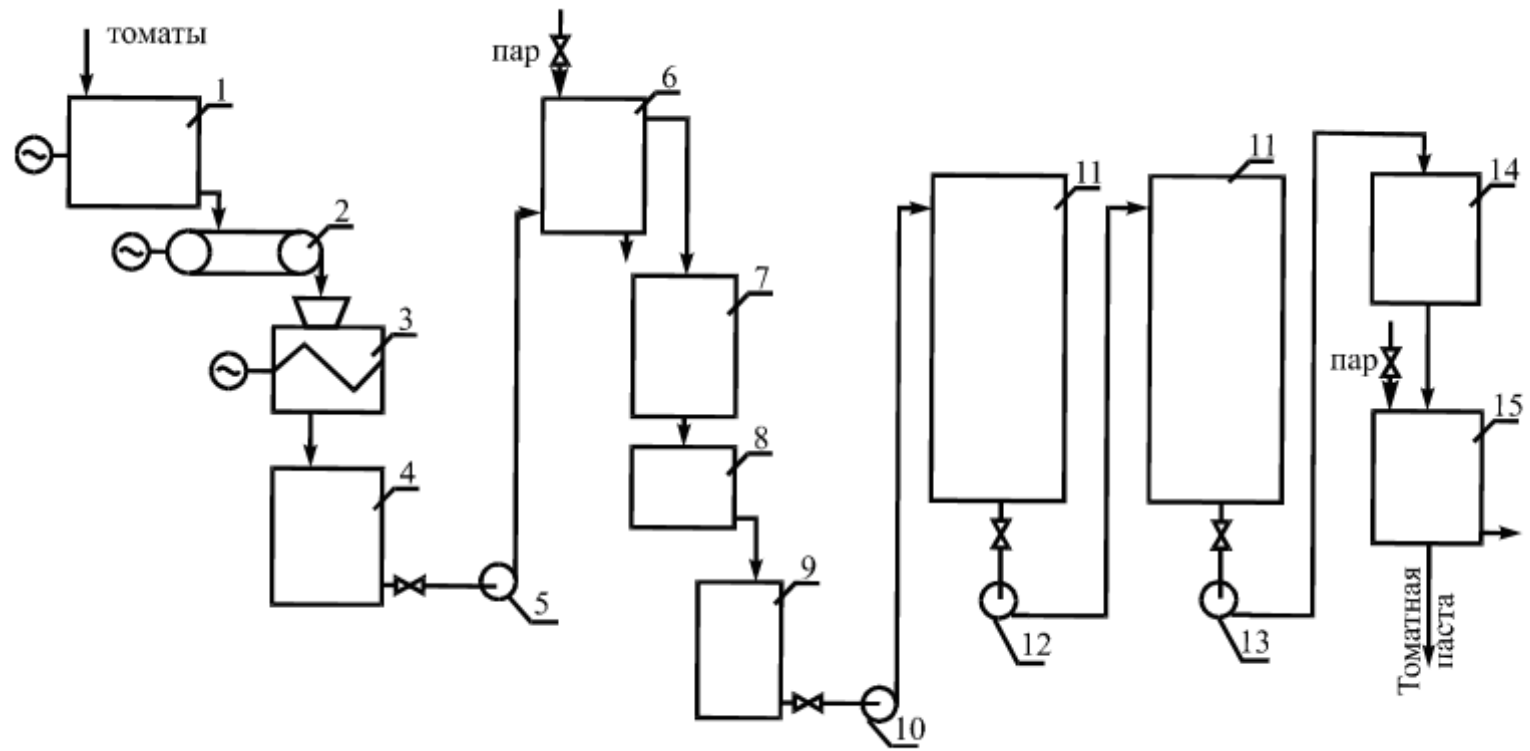


Рис. 8

**Измеряемые параметры:**

Температура:	томатной массы в сборнике, $T_1$ ; массы в подогревателе 6, $T_2$ ; массы в протирочном аппарате 7, $T_3$ ; массы в сборнике 9, $T_4$ ; массы в первом выпарном аппарате 11, $T_5$ ; массы во втором выпарном аппарате 11, $T_6$ ; массы в сборнике 14, $T_7$ ; массы в подогревателе 15, $T_8$ .
Уровень:	воды в моечной машине 1, $L_1$ ; массы в сборнике 4, $L_2$ ; массы в протирочном аппарате 7, $L_3$ ; массы в аппарате 8, $L_4$ ; массы в сборнике 9, $L_5$ ; массы в первом выпарном аппарате 11, $L_6$ ; массы во втором выпарном аппарате 11, $L_7$ ; массы в сборнике 14, $L_8$ .
Расход:	массы на транспортере 2, $F_1$ ; массы на фасовку, $F_2$ ; пара, поступающего в подогреватель 6, $F_3$ .
Давление:	в первом выпарном аппарате 11, $P_1$ ; во втором выпарном аппарате 11, $P_2$ .
Кислотность:	массы в сборнике 9, $Q_1^{pH}$ ; массы в сборнике 14, $Q_2^{pH}$ .
Плотность:	томатной пасты на фасовку, $D_1$ .

*Регистрируемые параметры:*  $F_1$ ;  $T_2$ ;  $T_5$ ;  $T_6$ ;  $P_1$ ;  $P_2$ ;  $Q_2^{pH}$ ;  $T_8$ ;  $F_2$ ;  $F_3$ .

*Сигнализация:*

1. О превышении уровня в сборниках 4, 9, 14 и выпарных аппаратах, 11.
2. О превышении давления в выпарных аппаратах 11.

Параметры к объекту варианта 3

Наименование параметров	Вариант параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$L_1, \text{ м}$	1	1,5	2	2,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5
$F_1, \text{ м}^3/\text{ч}$	1	1,5	2,5	2	1,5	1	2,5	3	3,5	4
$L_2, \text{ м}$	4	3,5	3	2,5	2	1,5	2	2	3	3,5
$T_1, \text{ }^\circ\text{C}$	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
$T_2, \text{ }^\circ\text{C}$	70	72	14	16	18	80	79	77	75	73
$T_3, \text{ }^\circ\text{C}$	60	62	64	66	68	70	69	67	65	63
$L_3, \text{ м}$	2	2,5	3	1,5	1	0,5	1,5	2	2,5	3
$L_4, \text{ м}$	3	2	1	0,5	1,5	2	2,5	3	1,5	2
$T_4, \text{ }^\circ\text{C}$	57	59	61	63	65	67	69	71	73	75
$L_5, \text{ м}$	4	4,5	5	3	3,5	2,5	2	1,5	3	2,5
$Q_1^{\text{pH}}, \text{ ед.}$	5	5,1	5,2	4,9	4,7	5,8	5,4	5,5	5,3	5,6
$L_6, \text{ м}$	8	8,5	7,5	7	6,5	5,5	6	6,5	7	7,5
$L_7, \text{ м}$	6	6,5	7	7,5	8	5,5	4	4,5	7	7,5
$T_5, \text{ }^\circ\text{C}$	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
$T_6, \text{ }^\circ\text{C}$	90	91	89	88	87	86	85	84	83	82
$P_1, \text{ кПа}$	11	12	13	14	11	12	13	14	15	16
$P_2, \text{ кПа}$	14	15	16	12	13	14	15	16	17	18
$T_7, \text{ }^\circ\text{C}$	85	84	93	92	86	87	88	89	90	85
$L_8, \text{ м}$	4,5	4	3,5	3	4,5	4	3,5	3	4	5
$Q_2^{\text{pH}}, \text{ ед.}$	5,3	5,4	5,5	5,2	5,1	5	5,5	5,6	5,7	5,8
$T_8, \text{ }^\circ\text{C}$	90	91	89	93	95	94	95	88	91	89
$F_2, \text{ м}^3/\text{ч}$	3,5	4	4,5	5	505	3,5	4	4,5	4,8	5
$F_3, \text{ м}^3/\text{ч}$	5	5,5	6	6,5	7	7,5	4,5	4	3,5	3
$D_1, \text{ кг/м}^3$	1100	1200	1300	1400	1150	1160	1170	1180	1190	1200

*Вариант 4*

Объект: процесс синтеза аммиака (рис. 9, табл. 7). Азотоводородная смесь (ABC) поступает в конденсационную колонну 1 агрегата синтеза аммиака. Барботируя через слой жидкого аммиака, ABC промывается от следов влаги и смешивается с циркулирующим газом. Смесь газов нагревается и выходит из конденсаторной колонны в теп-

лообменник 2, где она нагревается и направляется в колонну синтеза 3, в которой происходит образование аммиака из АВС. Пройдя четыре слоя катализатора, газовая смесь выходит из колонны синтеза. Далее, газовая смесь проходит по трубкам подогревателя воды 4, по трубкам теплообменника 2, последовательно охлаждаясь, и поступает в аппараты воздушного охлаждения 5. Аммиак, сконденсировавшийся при охлаждении газовой смеси, отделяется в сепараторе 6 и собирается в сборник аммиака. Через компрессор 7 газовая смесь с остаточным содержанием аммиака подается во вторую конденсационную систему, состоящую из конденсаторной колонны 1 и испарителя жидкого аммиака 8, после прохождения которой получают смесь охлажденного газа и сконцентрировавшегося аммиака. Эта смесь подается в сепараторную часть конденсационной колонны 1, где жидкий аммиак отделяется от газа. Циркуляционный газ смешивают с АВС, и цикл повторяется. Жидкий аммиак из конденсационной колонны 1 отводится в сборник аммиака.

Для поддержания на определенном уровне концентрации инертных газов в исходной газовой смеси часть циркуляционного газа выводят из системы продувкой. Продувочный газ направляют в конденсационную колонну 9 и трубки испарителя 10, где он охлаждается, и возвращают в сепарационную колонну 9 для отделения жидкого аммиака, и далее направляют на использование. Жидкий аммиак из колонны 9 направляется в сборник аммиака.

### ***Измеряемые параметры:***

Температура:      газа на входе в колонну синтеза 3,  $T_1$ ;  
                          в колонне синтеза на полке 1,  $T_2$ ;  
                          в колонне синтеза на полке 2,  $T_3$ ;  
                          в колонне синтеза на полке 3,  $T_4$ ;  
                          в колонне синтеза на полке 4,  $T_5$ ;  
                          поверхности стенки колонны синтеза 3,  $T_6$ ;  
                          газа на выходе колонны 3,  $T_7$ ;  
                          свежей АВС,  $T_8$ ;  
                          циркуляционного газа на входе в теплообменник 2,  $T_9$ ;  
                          газообразного аммиака на выходе испарителей 8 и 10,  $T_{10}$ ,  $T_{11}$ .

Уровень:            жидкого аммиака в колонне 1,  $L_1$ ;  
                          жидкого аммиака в колонне 9,  $L_2$ ;



Расход:

- жидкого аммиака в сепараторе 6,  $L_3$ ;
- жидкого аммиака в испарителе 10,  $L_4$ ;
- жидкого аммиака в испарителе 8,  $L_5$ .
- свежей ABC,  $F_1$ ;
- продувочного газа на выходе колонны 9,  $F_2$ ;
- циркуляционного газа на входе в колонну синтеза 3,  $F_3$ .

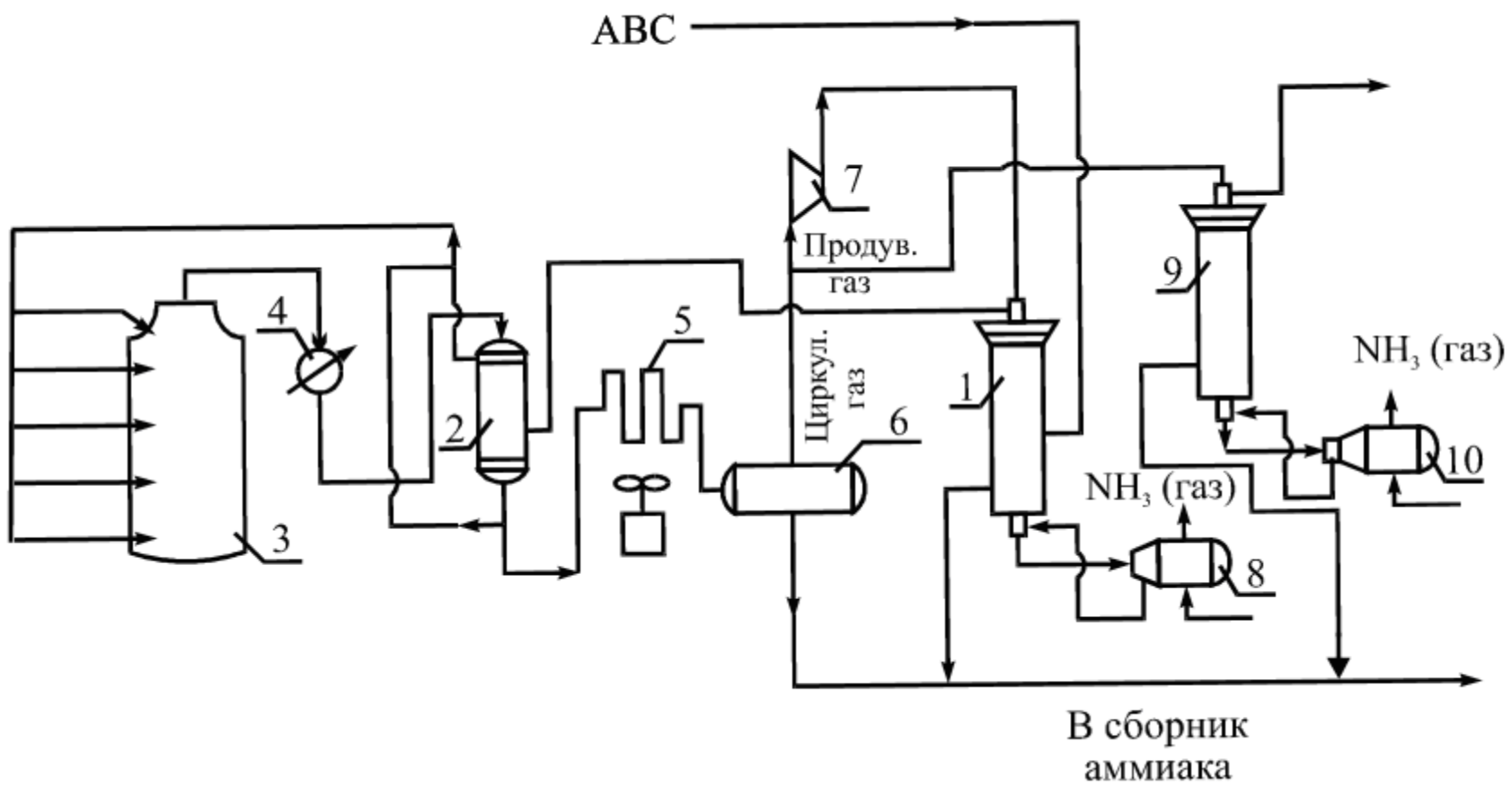


Рис. 9

Давление: газа на входе в колонну синтеза 3,  $P_1$ ;  
 свежей АВС,  $P_2$ ;  
 жидкого аммиака на выходе,  $P_3$ ;  
 газообразного аммиака на выходе испарителей 8 и 10,  $P_4$  и  $P_5$ .

Состав (содержание аммиака): циркуляционного газа на входе в колонну синтеза 3,  $Q_1$ ;  
 свежей АВС,  $Q_2$ ;  
 продувочного газа на входе в колонну 9,  $Q_3$ .

**Регистрируемые параметры:**  $F_1$ ;  $F_3$ ;  $T_1$ ;  $T_2$ ;  $T_7$ ;  $T_8$ ;  $T_9$ ;  $L_1$ ;  $L_2$ ;  $L_3$ ;  $L_4$ ;  $L_5$ ;  $Q_1$ ;  $Q_2$ ;  $P_2$ ;  $P_4$ ;  $P_5$ .

**Сигнализация:**

1. О превышении давления на входе в колонну синтеза,  $P_1$  и жидкого аммиака на выходе,  $P_3$ .
2. О превышении уровня жидкого аммиака в колоннах 1 и 9, сепараторе 6 и испарителях 8 и 10 -  $L_1$ ;  $L_2$ ;  $L_3$ ;  $L_4$ ;  $L_5$ .

Таблица 7

Параметры к объекту варианта 4

Наименование параметров	Вариант параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$T_1, ^\circ\text{C}$	140	145	150	155	160	165	170	175	180	190
$T_2, ^\circ\text{C}$	330	332	334	336	338	340	342	344	346	348
$T_3, ^\circ\text{C}$	480	490	500	510	520	530	540	480	500	530
$T_4, ^\circ\text{C}$	440	450	460	470	480	460	440	450	470	480
$T_5, ^\circ\text{C}$	400	405	410	415	420	425	430	435	405	440
$T_6, ^\circ\text{C}$	500	505	510	515	520	525	530	535	540	550
$T_7, ^\circ\text{C}$	310	320	325	330	335	340	345	350	325	310
$T_8, ^\circ\text{C}$	30	35	30	35	40	45	40	45	40	35
$T_9, ^\circ\text{C}$	35	37	39	40	42	44	46	42	37	45
$T_{10}, ^\circ\text{C}$	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	3	6
$T_{11}, ^\circ\text{C}$	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	3	6
$L_1, \text{м}$	8	8,5	9	9,5	10	8	8,5	9	9,5	10
$L_2, \text{м}$	10	9,5	9	9,5	8	10	9,5	9	8,5	8
$L_3, \text{м}$	4	4,5	3,5	3	4,5	4	3,5	3	4,5	3

$L_4, \text{ м}$	5	5,5	6	6,5	7	6,5	6	5,5	5	5,5
$L_5, \text{ м}$	7	7,5	8	8,5	7	7,5	8	8,5	7	8
$F_1, \text{ м}^3/\text{ч}$	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
$F_2, \text{ м}^3/\text{ч}$	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,4
$F_3, \text{ м}^3/\text{ч}$	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
$P_1, \text{ МПа}$	12	14	16	18	20	12	14	16	18	20
$P_2, \text{ МПа}$	27	28	29	30	31	32	33	34	27	28
$P_3, \text{ МПа}$	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
$P_4, \text{ МПа}$	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5
$P_5, \text{ МПа}$	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5
$Q_1^{\text{NH}_3}, \%$	3,3	3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3	3,1	3,2
$Q_2^{\text{NH}_3}, \%$	1,7	1,65	1,6	1,55	1,5	1,7	1,65	1,6	1,55	1,5
$Q_3^{\text{NH}_3}, \%$	8	9	8	9	10	11	12	10	11	12

### *Вариант 5*

Объект: аппарат для приготовления конфетных масс (рис. 10, табл. 8). Компоненты (патока, сахарный сироп, фруктовое пюре и молочный сироп) из расходных емкостей 1, 2, 3 и 4 поступают в секционный смеситель 5. Смесь с помощью насоса 6 подается в варочную колонну 7, далее в пароотделитель 8 и затем в temperирующую машину 9.

#### ***Измеряемые параметры:***

Температура: патоки в расходной емкости 1,  $T_1$ ;  
 сиропа в емкости 2,  $T_2$ ;  
 пюре в расходной емкости 3,  $T_3$ ;  
 сиропа в емкости 4,  $T_4$ ;  
 смеси в смесителе 5,  $T_5$ ;  
 смеси в колонне 7,  $T_6$ ;  
 массы в temperирующей машине 9,  $T_7$ .

Уровень: патоки в расходной емкости 1,  $L_1$ ;  
 сиропа в емкости 2,  $L_2$ ;  
 пюре в расходной емкости 3,  $L_3$ ;  
 сиропа в емкости 4,  $L_4$ ;  
 смеси в смесителе 5,  $L_5$ ;  
 смеси в пароотделителе 8,  $L_6$ ;  
 массы в temperирующей машине 9,  $L_7$ .

Расход: патоки из расходной емкости 1,  $F_1$ ;  
сахарного сиропа из емкости 2,  $F_2$ .;  
фруктового пюре из емкости 3,  $F_3$ .;  
молочного сиропа из емкости 4,  $F_4$ .;  
смеси в линии насоса 6,  $F_5$ .;  
конфетной массы из машины 9,  $F_6$ .

Давление: в линии нагнетания насоса 6,  $P_1$ ;  
в линии всасывания насоса 6,  $P_2$

Кислотность: фруктового пюре,  $Q_1^{pH}$ ;  
молочного сиропа,  $Q_2^{pH}$ .

Вязкость: смеси в смесителе 5,  $v_1$ ;  
конфетной массы в temperирующей машине 9,  $v_2$ .

**Регистрируемые параметры:**  $F_1; F_2; F_3; F_4; F_5; F_6; T_5; T_7; P_1$ .

**Сигнализация:**

О превышении уровня в емкостях 1, 2, 3, 4 и давления в линии нагнетания насоса 6.

Таблица 8

Параметры к объекту варианта 5

Наименование параметров	Вариант параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$L_1, м$	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	2,5	2	1,5
$T_1, °C$	87	85	83	80	84	86	88	90	92	94
$F_1, м^3/ч$	1,5	2	2,5	3	3,5	3,2	2,8	2,6	2,4	1,8
$L_2, м$	3	2,5	2	1,5	1	0,5	1	1,5	3	3,5
$T_2, °C$	58	54	50	48	40	45	49	55	60	65
$Q_1^{pH}, pH$	5	6	7	8	9	10	11	12	13	10
$Q_2^{pH}, pH$	2	3	4	5	6	4,5	3,5	2,5	5,5	6,5
$F_2, м^3/ч$	2	2,5	3	1,5	1	1,8	2	2,5	1,5	3,5
$L_3, м$	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	1	1,5	2
$T_3, °C$	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
$F_3, м^3/ч$	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	4	3,5
$L_4, м$	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
$T_4, °C$	30	32	34	36	38	37	35	33	39	40

Наименование параметров	Вариант параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$F_4, \text{ м}^3/\text{ч}$	0,5	1	1,5	2	2,5	3	0,5	1	1,5	2
$T_5, \text{ }^\circ\text{C}$	60	64	68	72	75	60	64	68	72	75
$L_5, \text{ м}$	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	4,5	4	3,5
$\nu_1, \text{ Па}\cdot\text{с}$	10	11	12	13	14	15	14	10	11	12
$F_5, \text{ м}^3/\text{ч}$	3	3,5	4	4,5	2,5	2	3	3,5	4	4,5
$T_6, \text{ }^\circ\text{C}$	58	62	66	70	73	58	62	66	70	73
$L_6, \text{ м}$	4	3,5	3	2,5	2	4	3,5	3	2,5	2
$L_7, \text{ м}$	2	3	4	5	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	3
$T_7, \text{ }^\circ\text{C}$	62	66	70	74	77	62	66	70	74	77
$\nu_2, \text{ Па}\cdot\text{с}$	15	14	10	11	12	10	11	12	13	14
$F_6, \text{ м}^3/\text{ч}$	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	4	4,5	5
$P_1, \text{ МПа}$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	0,5	0,6	0,7	0,8
$P_2, \text{ МПа}$	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	0,6	0,7	0,8	0,9

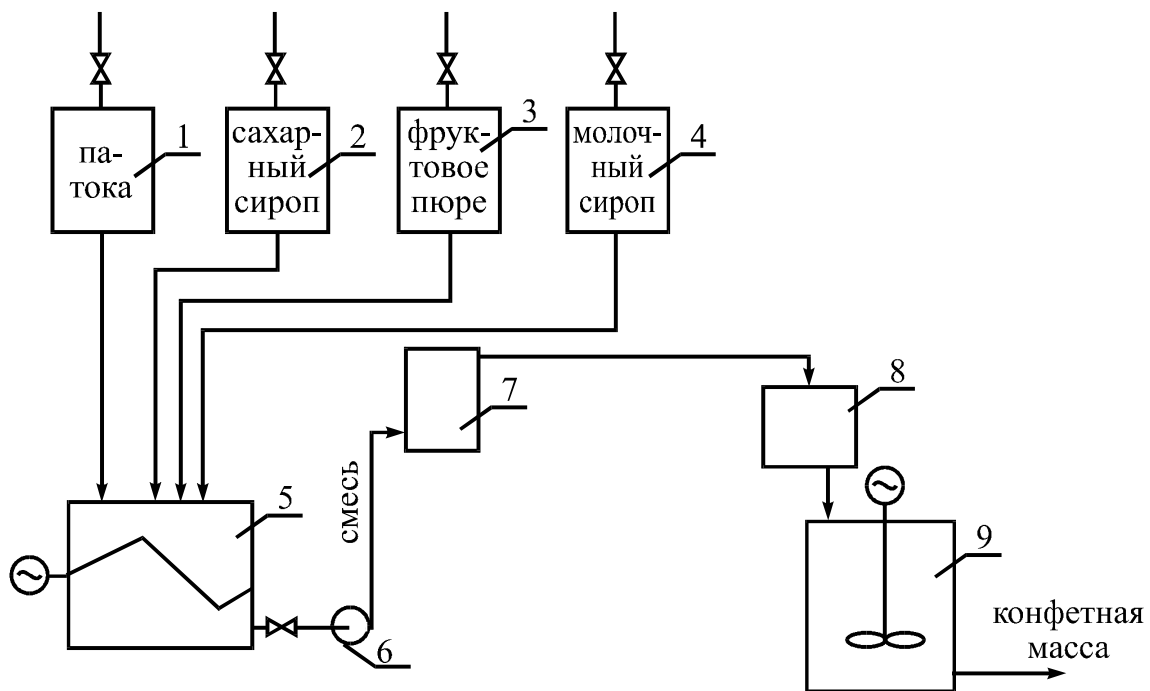


Рис. 10

*Вариант б*

Объект: процесс конверсии метана при производстве аммиака (рис. 11, табл. 9). Природный газ из заводского коллектора смешивается с азотоводородной смесью (АВС), поступающей из отделения синтеза аммиака, и направляется далее в трубчатую печь 1, где смесь газов

подогревается дымовыми газами. Затем ее направляют в аппарат 2 гидрирования сероорганических соединений до сероводорода. Далее природный газ, очищенный от сероводорода, смешивают с водяным паром. Полученную парогазовую смесь направляют в подогреватель, расположенный в конвективной части трубчатой печи, где ее температура повышается за счет тепла дымовых газов. Нагретая парогазовая смесь поступает далее в паровые трубы, установленные в радиационной камере трубчатой печи, в которых на никелевом катализаторе происходит конверсия природного газа водяным паром. Тепло, необходимое для реакции, получают сжиганием природного газа в межтрубном пространстве печи. Дымовые газы, образующиеся в результате сгорания топлива в трубчатой печи, сбрасываются в атмосферу дымососом 4. Из реакционных труб конвертированный газ поступает в смеситель шахтного реактора 3. Сюда же подается нагретый в конвективной части трубчатой печи технологический воздух. В шахтном реакторе осуществляются полная конверсия метана, оставшегося в газе после трубчатой печи, и введение в состав получаемого технологического газа азота, необходимого для стадии синтеза аммиака. На выходе шахтного реактора получают конвертированный газ с остаточным содержанием метана  $\approx 0,5\%$ .

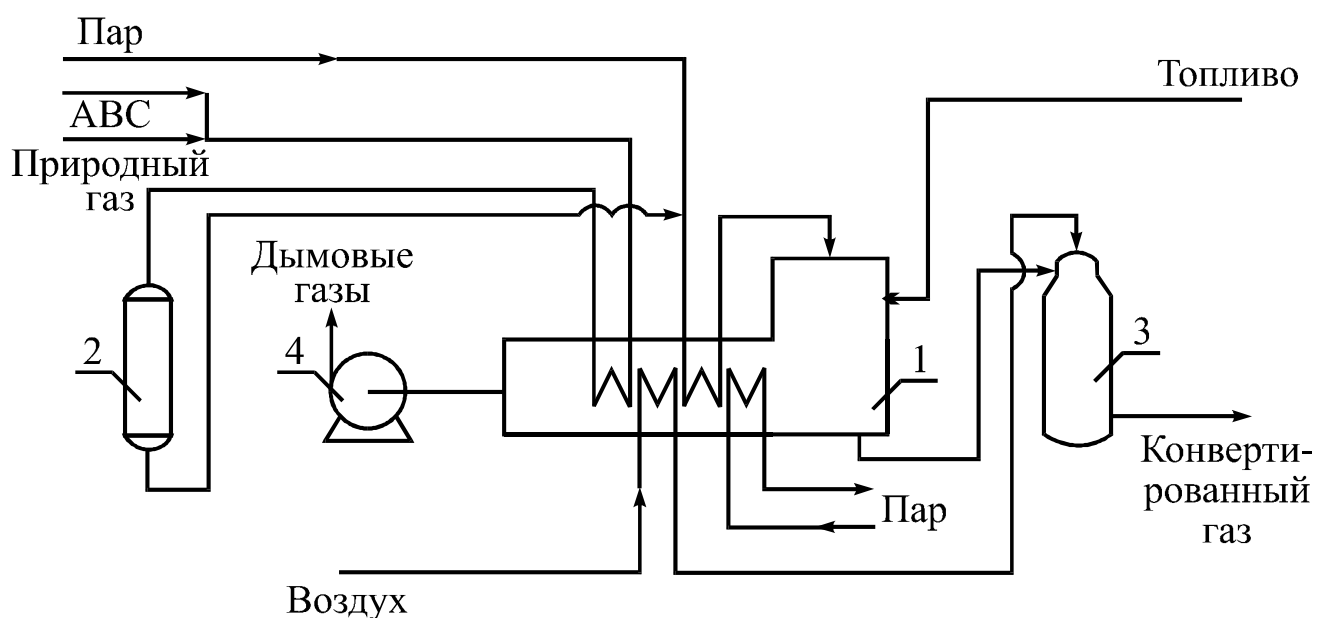


Рис. 11

**Измеряемые параметры:**

Температура: пара,  $T_1$ ;  
воздуха на входе трубчатой печи 1,  $T_2$ ;

воздуха на входе шахтного реактора 3,  $T_3$ ;  
 топлива,  $T_4$ ;  
 смеси природного газа и АВС на входе в трубчатую  
 печь 1,  $T_5$ ;  
 смеси природного газа и АВС на входе в аппарат 2  
 сероочистки,  $T_6$ ;  
 парогазовой смеси на входе реакционных труб печи  
 1,  $T_7$ ;  
 конвертированного газа на выходе печи 1,  $T_8$ ;  
 конвертированного газа на выходе шахтного реакто-  
 ра 3,  $T_9$ ;  
 дымовых газов на выходе из радиационной камеры  
 печи 1,  $T_{10}$ ;  
 дымовых газов перед дымососом 4,  $T_{11}$ ;  
 смеси газов на выходе аппарата 2,  $T_{12}$ .

Расход: пара,  $F_1$ ;  
 АВС,  $F_2$ ;  
 воздуха на входе трубчатой печи 1,  $F_3$ ;  
 топлива,  $F_4$ ;  
 природного газа,  $F_5$ .

Давление: воздуха,  $P_1$ ;  
 парогазовой смеси на входе в трубчатую печь 1,  $P_2$ ;  
 конвертированного газа на выходе из трубчатой пе-  
 чи,  $P_3$ ;  
 топлива,  $P_4$ ;  
 конвертированного газа на выходе шахтного реакто-  
 ра 3,  $P_5$ ;  
 дымовых газов перед дымососом 4,  $P_6$ ;  
 природного газа,  $P_7$ .

Состав: конвертированного газа после трубчатой печи 1 (со-  
 $Q_1^{CH_4}$ ;

держание метана),  
 конвертированного газа после шахтного реактора 3



(содержание метана),  $Q_2^{CH_4}$ ;  
дымовых газов на выходе трубчатой печи 1 (содержание кислорода),  $Q_3^{O_2}$ .

Влажность: природного газа,  $M_1$ .

**Регистрируемые параметры:**  $F_1; F_2; F_3; F_4; T_7; T_8; T_9; T_{11}; P_1; P_2; P_5; P_7; Q_1; Q_2$ .

**Сигнализация:**

1. О превышении температуры пара,  $T_1$ ;
2. О превышении давления воздуха,  $P_1$ ; парогазовой смеси,  $P_2$ ; конвертированного газа,  $P_5$ ; природного газа,  $P_7$ .

Таблица 9

Параметры к объекту варианта 6

Наименование параметров	Вариант параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$T_1, ^\circ C$	200	205	210	215	220	225	230	235	240	245
$T_2, ^\circ C$	120	130	140	150	160	155	145	135	125	140
$T_3, ^\circ C$	450	460	470	480	490	500	490	470	490	500
$T_4, ^\circ C$	50	52	54	56	58	60	62	60	54	50
$T_5, ^\circ C$	150	155	160	165	170	175	170	160	150	155
$T_6, ^\circ C$	380	385	390	395	400	405	410	415	420	390
$T_7, ^\circ C$	480	490	500	510	520	530	540	550	560	510
$T_8, ^\circ C$	780	790	800	810	820	830	790	800	810	820
$T_9, ^\circ C$	960	970	980	990	1000	1010	1020	1030	1040	1050
$T_{10}, ^\circ C$	900	910	920	930	940	950	960	970	980	990
$T_{11}, ^\circ C$	700	710	720	730	740	750	760	770	780	790
$T_{12}, ^\circ C$	220	230	240	250	260	220	230	240	250	260
$F_1, m^3/ч$	3	4	5	7	9	10	9	7	5	4
$F_2, m^3/ч$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$F_3, m^3/ч$	1,5	2	3	3,5	4	4,5	5	2	3	3,5
$F_4, m^3/ч$	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
$F_5, m^3/ч$	1	2	3	4	5	6	5	4	3	2
$P_1, МПа$	2,5	2,6	2,7	2,8	3	2,9	2,7	2,6	2,4	2,5
$P_2, МПа$	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,2	2,1	2	1,9
$P_3, МПа$	3	3,5	4	4,5	5	3	3,5	4	4,5	5
$P_4, МПа$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,5
$P_5, МПа$	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,03	0,05	0,04	0,06

Наименование параметров	Вариант параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P_6$ , МПа	8	7	6	5	4	8	7	6	5	4
$P_7$ , МПа	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,6
$Q_1^{\text{CH}_4}$ , %	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12	11
$Q_2^{\text{CH}_4}$ , %	0,5	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,4
$Q_2^{\text{O}_2}$ , %	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	5,5
$M_1$ , %	12	10	14	16	15	13	11	9	12	18

### *Вариант 7*

Объект: диффузное отделение сахарного производства (рис. 12, табл. 10). Жомопрессовая вода поступает в сборник 1 и насосом 2 перекачивается в подогреватель 3 и далее в отстойник 4. Из отстойника в сборник 5 и затем в диффузионный аппарат 7. В него подается свежая вода из сборника 6. Диффузионный сок из аппарата 7 поступает в сборник 8 и насосом 9 подается в подогреватель 14 и далее в ошпариватель 13, а также в предошпариватель 12, в который поступает свекловичная структура после резки 11 посредством транспортера 10. Из предошпаривателя сок подается на очистку.

#### ***Измеряемые параметры:***

Температура: жомопрессовой воды в сборнике 1,  $T_1$ ;  
жомопрессовой воды в подогревателе 3,  $T_2$ ;  
жомопрессовой воды в сборнике 5,  $T_3$ ;  
воды в сборнике 6,  $T_4$ ;  
в диффузионном аппарате,  $T_5$ ;  
сока в сборнике 8,  $T_6$ ;  
сока в подогревателе 14,  $T_7$ .

Уровень: жомопрессовой воды в сборнике 1,  $L_1$ ;  
жомопрессовой воды в отстойнике 4,  $L_2$ ;  
жомопрессовой воды в сборнике 5,  $L_3$ ;  
воды в сборнике 6,  $L_4$ ;  
среды в диффузионном аппарате 7,  $L_5$ ;  
сока в сборнике 8,  $L_6$ ;  
смеси свекловичной стружки в предошпаривателе 12,  $L_7$ ;  
смеси свекловичной стружки в ошпаривателе 13,  $L_8$ ;

сока в подогревателе 14,  $L_9$ .

Расход: жомопрессовой воды в линии насоса 2,  $F_1$ ;  
жомопрессовой воды в диффузный аппарат 7,  $F_2$ ;  
воды в диффузном аппарате,  $F_3$ ;  
сока в линии насоса 9,  $F_4$ ;  
свекловичной стружки,  $F_5$ ;  
сока из предошпаривателя 12 на очистку,  $F_6$ .

Кислотность: жомопрессовой воды в сборнике 5,  $Q_1^{\text{pH}}$ ;  
сока в сборнике 8,  $Q_2^{\text{pH}}$ .

Давление: в линии нагнетания насосов 2 и 9,  $P_1$  и  $P_2$ .

**Регистрируемые параметры:**  $F_1$ ;  $F_2$ ;  $T_5$ ;  $F_3$ ;  $L_5$ ;  $Q_2^{\text{pH}}$ ;  $F_4$ ;  $F_5$ ;  $F_6$ ;  $P_2$ .

**Сигнализация:** О превышении уровня в сборниках 1, 4, 5, 6, 8, 12, 13, 14.

Таблица 10

Параметры к объекту варианта 7

Наименование параметров	Вариант параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$L_1$ , м	1,5	1,0	2,0	4,0	6,0	3,5	4,5	2,5	5,0	5,5
$T_1$ , °C	27	47	32	37	52	42	57	30	34	36
$F_1$ , м <sup>3</sup> /ч	1,5	2	2,5	3	0,5	1	3,5	4	4,5	5
$T_2$ , °C	92	77	87	90	80	75	88	70	73	94
$L_2$ , м	5,5	4,5	3,5	3	4	1,5	1	0,5	2	2,5
$L_3$ , м	3	2,5	1,5	1	0,5	4	3,5	5	3	1,5
$T_3$ , °C	82	75	80	85	77	72	84	67	70	90
$Q_1^{\text{pH}}$	4,7	3,5	3,2	4,9	5,1	6,2	3,8	4,5	4,6	3,95
$F_2$ , м <sup>3</sup> /ч	2	1,5	2	2,5	0,5	0,5	3	3,5	4	4,5
$T_4$ , °C	18	19	20	16	14	13	20	17	10	11
$L_4$ , м	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	5,5	5	4,5
$F_3$ , м <sup>3</sup> /ч	0,5	1	1,5	2	2,5	4	3,5	3	1	2
$T_5$ , °C	60	59	58	57	56	55	56	67	66	68
$L_5$ , м	2,5	2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,9	3	3,2	3,3
$T_6$ , °C	55	54	53	52	57	56	58	51	61	65
$L_6$ , м	2,4	2,6	2,8	3	3,2	3,4	3,6	2,2	2	1,8

Наименование параметров	Вариант параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q_2^{\text{pH}}$	6,1	5,8	5,5	5,2	5,1	5	4,9	4,8	4,7	5,3
$F_4, \text{м}^3/\text{ч}$	2,5	3	2	1,5	1	2,5	2	3,5	4	0,5
$F_5, \text{м}^3/\text{ч}$	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8
$L_7, \text{м}$	2	3	3,5	4	4,5	2,5	1,5	1	5	5,5
$F_6, \text{м}^3/\text{ч}$	0,3	0,35	0,15	0,2	0,25	0,1	0,3	0,15	0,2	0,15
$L_8, \text{м}$	1,5	1	2	4	3,5	3	2,5	4,5	1,5	2,5
$L_9, \text{м}$	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	4	3,5
$T_7, ^\circ\text{C}$	85	87	70	83	89	96	94	88	89	90
$P_1, \text{МПа}$	0,9	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$P_2, \text{МПа}$	10	10	12	14	16	18	16	14	12	10

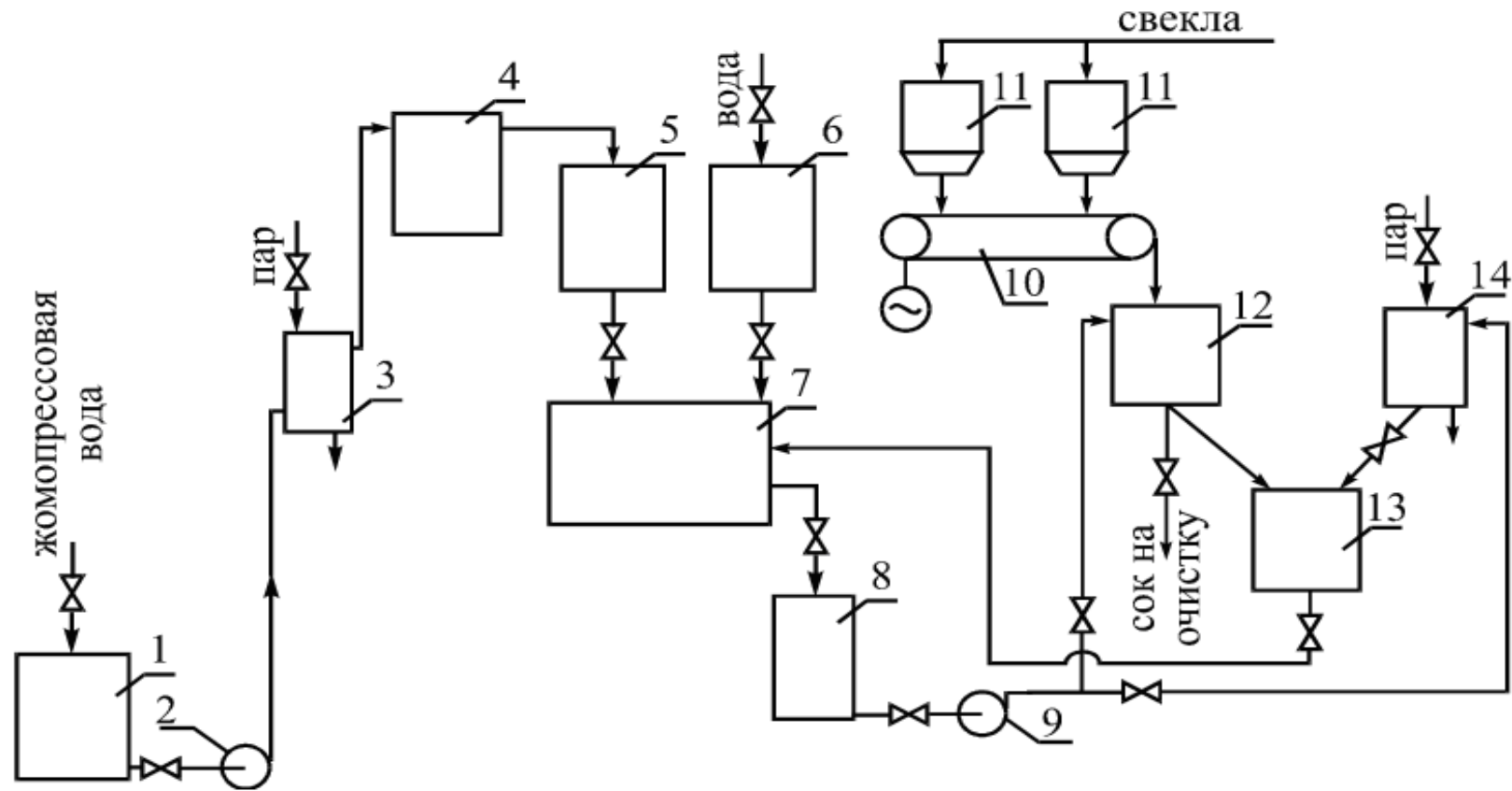


Рис. 12

### Вариант 8

Объект: система пылеприготовления котельного цеха ТЭЦ. Из бункера сырого угля 1 (рис. 13, табл. 11) уголь подается на шнековый питатель сырого угля 2 и далее поступает в течку входной горловины шаровой мельницы 3. Для подсушивания угля и транспортировки из барабана пыли к входной горловине мельницы подается горячий и холодный воздух. Во вращающемся барабане мельницы размол угля производится за счет удара и трения стальных шаров. Затем пылевоздушная смесь из мельницы поступает в сепаратор 4, где крупные частички пыли отделяются и по течке возврата направляются снова в мельницу 3.

Из сепаратора 4 пылевоздушная смесь поступает в циклон 5, где происходит отделение пыли от воздуха. Воздух с небольшой примесью самой тонкой пыли отсасывается мельничным вентилятором 6 и по сбросным пылепроводам направляется к сбросным горелкам. Отделившаяся от воздуха пыль из циклона 5 по течке ссыпается в бункер готовой пыли 7, откуда последняя подается в пылепроводы.

#### **Измеряемые параметры:**

Температура:	горячего воздуха перед мельницей 3, $T_1$ ; холодного воздуха перед мельницей 3, $T_2$ ; пылевоздушной смеси за мельницей 3, $T_3$ ; пылевоздушной смеси перед мельничным вентилятором 6, $T_4$ ; подшипников электродвигателя 8 мельничного вентилятора, $T_5$ ; подшипников 12 мельницы, $T_6$ ; подшипников электродвигателя 10 мельницы, $T_7$ ; подшипников 11 приводной шестерни мельницы, $T_8$ ; подшипников электродвигателя 9 питателя, $T_9$ .
Уровень:	угля в бункере сырого угля 1, $L_1$ ; угольной пыли в пылевом бункере 7, $L_2$
Расход:	угля, поступающего в мельницу из бункера сырого угля 1, $F_1$ ; горячего воздуха, $F_2$ ; холодного воздуха, $F_3$ ; пыли из циклона 5, $F_4$ .
Давление:	перед мельницей 3 (разрежение), $P_1$ ;

за мельничным вентилятором 6 (разрежение),  $P_2$ ;  
горячего воздуха,  $P_3$ ;  
холодного воздуха,  $P_4$ .

Перепад давлени- пылевоздушной смеси до и после мельницы 3,  $\Delta P$ .  
ния:

Ток электродви- шаровой мельницы 10,  $I_1$ ;  
гателей: шнекового питателя 9,  $I_2$ ;  
мельничного вентилятора 8,  $I_3$

**Регистрируемые параметры:**  $T_3$ ;  $F_1$ ;  $F_2$ ;  $F_3$ ;  $P_1$ ;  $\Delta P$ .

**Сигнализация:**

1. О превышении температуры пылевоздушной смеси за мельницей 3,  $T_3$ .
2. О превышении температуры подшипников 12 мельницы,  $T_6$ ; подшипников электродвигателя 8 мельничного вентилятора,  $T_5$ ; подшипников электродвигателя 10 мельницы,  $T_7$ .
3. О превышении уровня сырого угля в бункере сырого угля 1,  $L_1$ .

Таблица 11

Параметры к объекту варианта 8

Наименование параметров	Вариант параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$T_1, ^\circ\text{C}$	350	360	370	380	390	400	350	370	390	340
$T_2, ^\circ\text{C}$	15	17	19	21	23	25	27	29	16	18
$T_3, ^\circ\text{C}$	70	80	90	10	75	85	95	70	80	90
$T_4, ^\circ\text{C}$	76	64	66	68	70	72	74	76	70	74
$T_5, ^\circ\text{C}$	40	50	60	70	80	45	55	65	75	60
$T_6, ^\circ\text{C}$	60	55	50	45	40	60	55	50	45	40
$T_7, ^\circ\text{C}$	60	75	65	55	45	80	70	60	50	40
$T_8, ^\circ\text{C}$	80	70	60	50	40	60	75	65	55	45
$T_9, ^\circ\text{C}$	50	40	70	60	45	80	65	55	60	75
$L_1, \text{м}$	12	11	10	9	8	9	10	11	12	9,5
$L_2, \text{м}$	6	7	8	9	10	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5
$F_1, \text{т/ч}$	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64

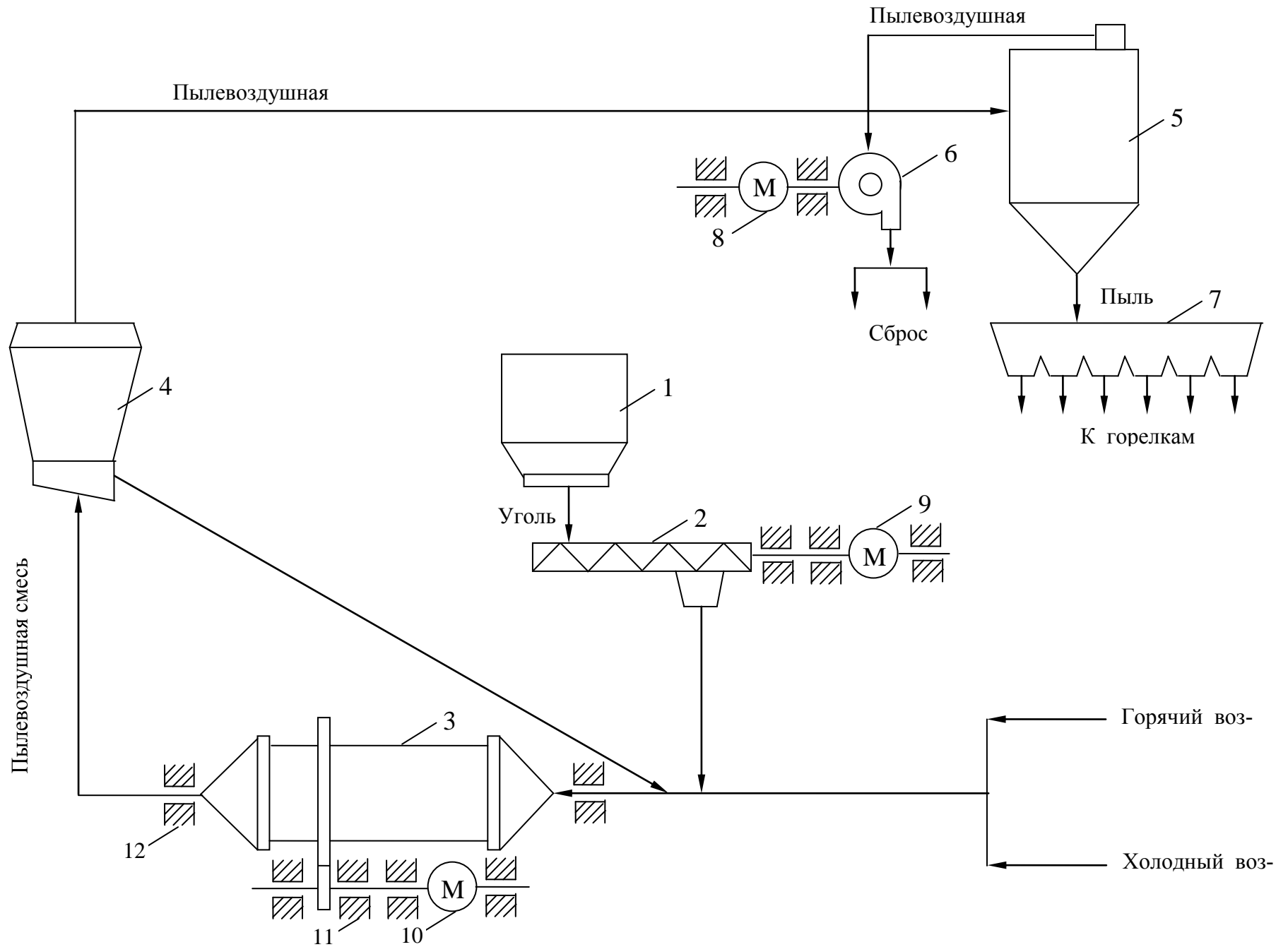


Рис. 13



Продолжение табл. 11

Наименование параметров	Вариант параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$F_2, \text{м}^3/\text{ч}$	20	21	22	23	24	20,5	21,5	22,5	23,5	24,5
$F_3, \text{м}^3/\text{ч}$	15	16	17	18	19	20	15,5	16,5	17,5	18,5
$F_4, \text{м}^3/\text{ч}$	100	90	80	70	75	85	95	80	75	105
$P_1, \text{кПа}$	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,1	1	0,9	0,8	1,1
$P_2, \text{кПа}$	1,1	0,8	0,9	1	1	1,2	0,8	1	0,9	0,8
$P_3, \text{МПа}$	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	2	2,5	3
$P_4, \text{МПа}$	4	3,5	2	2,5	3	5	2,5	4,5	1	1,5
$\Delta P, \text{кПа}$	2,3	2,4	2,2	2,1	2	2,3	2,4	2,2	2,1	2

### *Вариант 9*

Объект: тестоприготовительное отделение производства ржаного хлеба (рис. 14, табл. 12). Мука из бункера 1 с помощью шнека 2 подается на автоматические весы 3 и далее в месильную машину 9. Холодная и горячая вода из сборников 4 и 5, а также раствор соли из сборника 6 и мочки из сборника 7 подаются в смеситель 8 и далее в месильную машину 9, где готовится закваска. Жидкий полуфабрикат из машины 9 поступает в секционный аппарат брожения 10. Готовая закваска подается в дозатор 11, из него с помощью насоса 12 часть закваски перекачивается в месильную машину 9 для воспроизводства закваски, а большая часть подается в месильную машину 16 для замеса теста. В нее же поступает необходимая порция муки из бункера 13 посредством шнека 14 и автоматических весов 15. Замешенное тесто подается в специальный аппарат брожения 17. Готовое тесто из него поступает в производство.

#### *Измеряемые параметры:*

Температура:      воды в сборнике 4,  $T_1$ ;  
                           воды в сборнике 5,  $T_2$ ;  
                           солевого раствора в сборнике 6,  $T_3$ ;  
                           мочки в сборнике 7,  $T_4$ ;  
                           смеси в смесителе 8,  $T_5$ ;  
                           закваски в месильной машине 9,  $T_6$ ;  
                           закваски в аппарате брожения 10,  $T_7$ ;  
                           теста в аппарате брожения 17,  $T_8$ .

Уровень: муки в бункере 1,  $L_1$ ;  
 воды в сборнике 4,  $L_2$ ;  
 воды в сборнике 5,  $L_3$ ;  
 солевого раствора в сборнике 6,  $L_4$ ;  
 мочки в сборнике 7,  $L_5$ ;  
 смеси в смесителе 8,  $L_6$ ;  
 закваски в аппарате брожения 10,  $L_7$ ;  
 муки в бункере 13,  $L_8$ ;  
 теста в аппарате брожения 17,  $L_9$ .

Расход: муки на автоматических весах 3,  $F_1$ ;  
 воды из сборника 4,  $F_2$ ;  
 воды из сборника 5,  $F_3$ ;  
 солевого раствора из сборника 6,  $F_4$ ;  
 смеси из смесителя 8,  $F_5$ ;  
 закваски в линии насоса 12,  $F_6$ .

Кислотность: закваски в линии насоса 12,  $Q_1^{\text{pH}}$ ;  
 теста на выходе из аппарата брожения 17,  $Q_2^{\text{pH}}$ .

Плотность: солевого раствора в сборнике 6,  $D_1$ .

Давление: в линии нагнетания насоса 12,  $P_1$ ;  
 в линии всасывания насоса 12,  $P_2$ .

**Регистрируемые параметры:**  $F_2$ ;  $F_3$ ;  $T_1$ ;  $T_2$ ;  $T_3$ ;  $D_1$ ;  $F_4$ ;  $T_4$ ;  $T_5$ ;  $F_5$ ;  $Q_1^{\text{pH}}$ ;  
 $T_8$ .

**Сигнализация:** О превышении уровня среды в сборниках 4, 5, 6 и 7, в смесителе 8, в бункерах 1 и 13, в аппаратах 10 и 17.

Таблица 12

Параметры к объекту варианта 9

Наименование параметров	Вариант параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$L_1$ , м	2,5	2	1,5	1	5	5,5	6	4	3	2,5
$F_1$ , м <sup>3</sup> /ч	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
$T_1$ , °С	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
$L_2$ , м	0,5	1	1,6	2	2,5	3	2,5	2	1,5	1

Наименование параметров	Вариант параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$F_2, \text{м}^3/\text{ч}$	0,5	1	1,5	2	2,5	3	2,5	2	1,5	1
$T_2, \text{°C}$	70	72	74	76	78	80	79	77	75	73
$L_3, \text{м}$	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5
$F_3, \text{м}^3/\text{ч}$	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	2	2,5	3
$T_3, \text{°C}$	12	14	16	18	17	15	13	11	19	15
$L_4, \text{м}$	2,5	2	1,5	1	0,5	1	1,5	2	2,5	3
$D_1, \text{кг/м}^3$	1180	1170	1160	1150	1170	1180	1130	1200	1210	1190
$F_4, \text{м}^3/\text{ч}$	1,5	2	2,5	3	2,5	2	1,5	1	1,5	2
$L_5, \text{м}$	3	2,5	2	1,5	1	2	2,5	3	3,5	4
$T_4, \text{°C}$	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
$L_6, \text{м}$	4	3,5	3	2,5	2	1,5	4	3,5	3	2,5
$T_5, \text{°C}$	27	28	29	30	31	32	33	34	32	31
$T_6, \text{°C}$	32	33	31	32	34	35	36	30	31	35
$L_7, \text{м}$	7	7,5	8	8,5	9	10	9,5	9	8,5	8
$T_7, \text{°C}$	35	36	37	38	39	40	39	38	39	35
$F_5, \text{м}^3/\text{ч}$	1	2	4	3	5	6	5	4	3	2
$F_6, \text{м}^3/\text{ч}$	5	5,5	6	6,5	7	6,5	6	5,5	4,5	4
$Q_1^{\text{pH}}$	8,45	8,5	8,55	8,6	8,65	8,7	8,65	8,6	8,55	8,5
$L_8, \text{м}$	6	5,5	5	4,5	4	3,5	4	4,5	5	5,5
$T_8, \text{°C}$	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
$L_9, \text{м}$	9	8,5	8	7,5	7	9	8,5	8	7,5	7
$Q_2^{\text{pH}}$	4,5	4,6	4,7	4,65	4,75	4,8	4,55	4,6	4,65	4,7
$P_1, \text{кПа}$	30	31	32	33	34	35	34	33	32	31
$P_2, \text{кПа}$	32	33	34	35	36	37	36	35	34	33

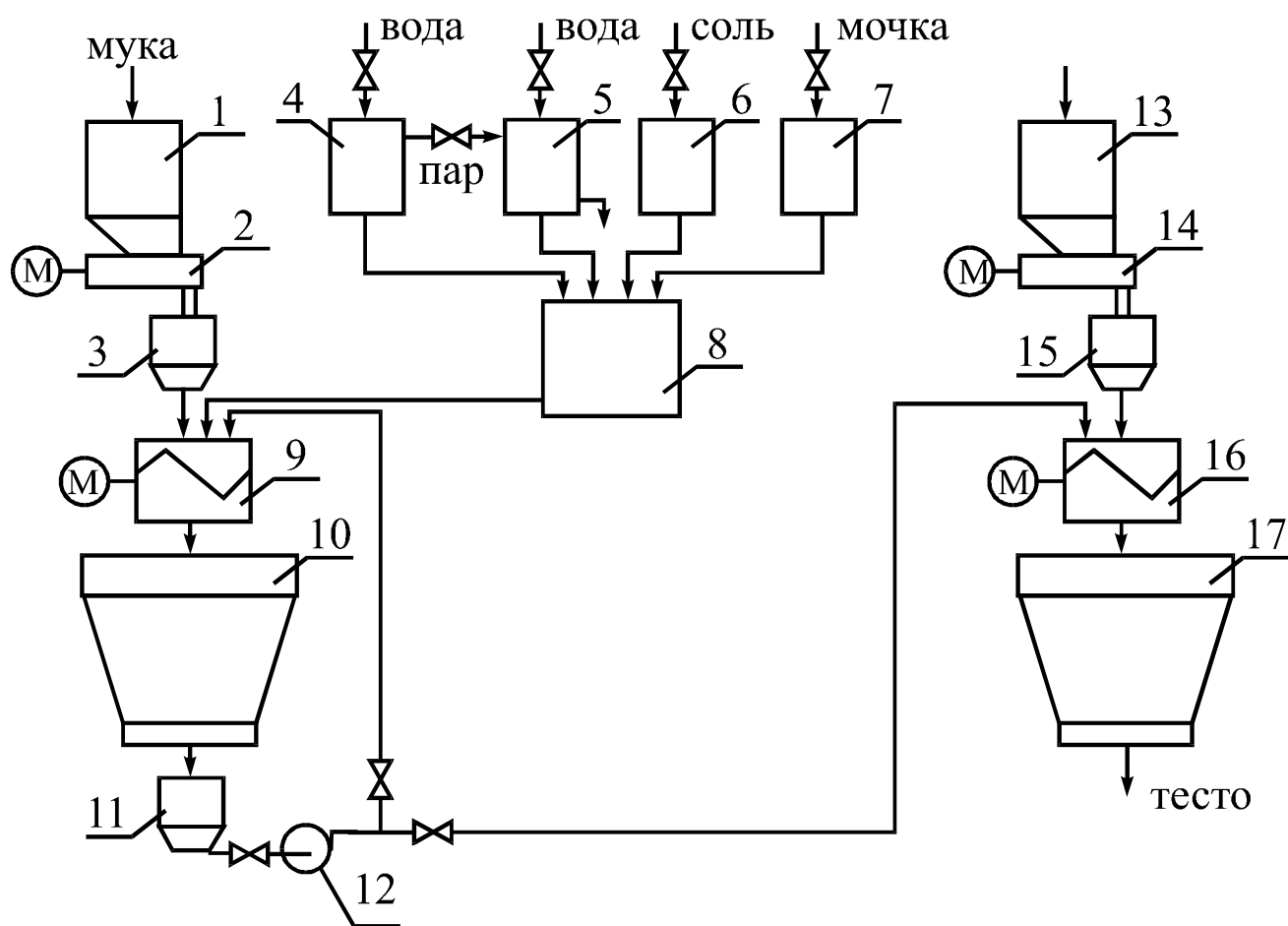


Рис. 14

Приложение 1

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
**«Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»**

Кафедра электропривода и автоматизации

**РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

к контрольной работе по дисциплине «Измерительная техника»

Тема и индекс контрольной работы

Работу выполнил студент (группа, Ф.И.О.)

Консультант (ученая степень, звание, Ф.И.О.)

Кемерово (год и месяц окончания работы)

Наименование предприятия (организации) (КузГТУ)		Наименование работы (Автоматический контроль дозирования компонентов) (контрольная работа)								30	
40								Лист	Листов	20	36
Спецификация приборов и средств автоматизации											
Позиция	Измеряемый параметр, среда и место отбора	Пределные значения	Место установки прибора	Наименование и характеристика прибора	Тип, модель, шифр	Кол-во по проекту		Стоимость в смете		Примечание	
						на 1 агр.	на все агр.	единицы, р.	общая р.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
12а	Температура	100 °С	По месту	Термопреобразователь сопротивления Гр. 10М	ТСМ-48	1	4	32	118		
12б	-//-	-//-	Щит автоматики	Логометр показывающий Шкала 0 ÷ 100 °С	Ш69000	1	1	67	67		
10	40	15	20	85	20	10	10	15	15	20	
260											