

Глава 10

ПОЖАРНЫЙ НАДЗОР ЗА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ АВТОМАТИКОЙ

10.1. Состав проекта автоматизации

Проект автоматизации является частью проекта промышленного предприятия. Основой проектирования автоматизации технологического процесса является разработка проектной документации, обеспечивающей решение задач автоматизации, комплектование средств автоматизации, определение затрат, необходимых для реализации проекта, в том числе стоимости оборудования, материалов и монтажа, а также определение технико-экономических показателей от внедрения принятых решений.

Разработка проекта автоматизации производится на основании задания на проектирование, содержащего данные о составе проектируемого объекта, описание и основные характеристики технологических установок и агрегатов, требования к принятой структуре управления объектом, контролируемые и регулируемые величины, функциональные признаки приборов (отсчет, сигнализация, запись, интегрирование), а также перечень дистанционного управляемого силового оборудования и электроприводов с указанием пунктов управления, их расположения и взаимосвязи.

Исходные данные к заданию на проектирование должны содержать:

- технологические схемы с трубопроводными коммуникациями с указанием их диаметров;
- чертежи производственных помещений с расположением технологического оборудования, трубопроводных коммуникаций и рекомендуемых мест расположения щитов и пультов, планы и разрезы;
- чертежи технологического оборудования, на которых предусматривается установка средств автоматизации;
- схемы электроснабжения переменного и постоянного тока с указанием напряжения и фидеров для питания систем автоматизации;
- электрические схемы приводов;
- схемы воздухо- и водоснабжения с указанием давления и температуры.

В соответствии с нормативными требованиями проектирование автоматизации выполняется в две стадии:

1. Проект.
2. Рабочая документация.

На стадии "Проект" разрабатывается документация, в которой даны основные решения по автоматизации объекта, сметная стоимость оборудования и монтажных работ, а также технико-экономические показатели, получаемые в результате внедрения этих решений. В стадию "Проект" входят

структурные схемы управления проектируемым объектом и взаимосвязь между пунктами контроля и управления, а также функциональные схемы автоматизации и чертежи расположения щитовых и пультов на плане объекта, заявочные ведомости и сметно-финансовый расчет, пояснительные записки.

На стадии "Рабочая документация" разрабатывается документация, в которой уточнены и детализированы принятые в проектном задании решения в объеме, позволяющем произвести заказ оборудования и материалов, а также обеспечивающем выполнение монтажных работ. В стадию "Рабочая документация" входят структурные схемы управления, принципиальные схемы автоматизации, принципиальные (элементные) электрические схемы регулирования, управления, блокировок, защиты и сигнализации, принципиальные пневматические схемы автоматизации, принципиальные схемы электро- и пневмопитания, общие виды щитов и пультов, чертежи их установки и монтажные схемы, а также чертежи вводов щитов и пультов, электрических проводок, трубных трасс, пояснительная записка со спецификацией приборов, средств автоматики и другого оборудования, сводные таблицы исходных данных, получаемых в результате расчетов, и перечень нормативно-технической документации на установку аппаратуры. Допускается проектирование автоматики в одну стадию "Рабочий проект" (проект совмещен с рабочими чертежами).

В состав проекта по автоматизации входят пояснительная записка и графическая часть.

Основные части пояснительной записки:

Общая часть. Содержит перечень материалов и документов, на основании которых разработан технический проект (договор, план, приказ, техническое задание с исходными данными, протоколы согласований и др.).

Характеристика объекта автоматизации. Содержит краткое описание технологического процесса и основные характеристики проектируемого объекта. Приводимые здесь данные, как правило, достаточны для определения особенностей самого объекта, контролируемых и регулируемых сред с точки зрения пожаро- и взрывозащиты, подготовленности объекта к автоматизации. Если необходимо, то специалисты ГПС проводят анализ на взрыво- и пожароопасность технологический процесс и технологическое оборудование, что важно для обоснования принятого уровня автоматизации.

Основные решения автоматизации технологического процесса. В этой части описаны и обоснованы принятые проектные решения по системам контроля, автоматического регулирования, аварийных защит, блокировок и сигнализации. Здесь же даются пояснения по принятой структуре управления технологическим процессом с указанием ее иерархического построения, мест расположения щитов различного назначения, постов контроля и управления, их взаимосвязи.

Материально-технические средства автоматизации. Содержат обоснование выбора приборов и средств с учетом условий их эксплуатации, метрологических данных, быстродействия (инерционности), надежности, экономичности, возможности создания службы эксплуатации и ремонта средств автоматизации. Здесь же обосновывают виды и типы примененных щитов и пультов, излагаются требования к нестандартному оборудованию, необходимому для автоматизации.

Обеспечение энергоресурсами и выполнение требований, связанных с системой автоматического управления. Эта часть содержит также сведения по обеспечению систем автоматизации источниками питания, а также перечень заданий на строительные сантехнические и другие работы, вызванные автоматизацией объекта.

Научно-исследовательские, опытно-конструкторские и экспериментальные работы. Здесь перечисляют работы, которые необходимо провести в связи с разработкой новых систем автоматизации технологического процесса и в соответствии с принятыми проектными решениями.

Указания по подготовке к реализации проекта. В этой части показано, в каком порядке объект комплектуется запроектированными приборами, средствами автоматизации, щитами и пультами, а также необходимыми материалами.

Технико-экономическое обоснование и сметная стоимость капитальных затрат. В этой части приводят данные по технико-экономической эффективности, экономической целесообразности капиталовложений в автоматизацию, о сроках окупаемости затрат и т.п.

Графическая часть рабочих чертежей или рабочего проекта содержит следующее:

- схемы взаимосвязи между пунктами контроля и управления;
- функциональные схемы автоматизации;
- принципиальные электрические, гидравлические и пневматические схемы автоматического управления, регулирования, аварийной защиты, блокировок и сигнализации;
- принципиальные электрические схемы питания;
- общие виды щитов и пультов;
- монтажные схемы щитов и пультов;
- схемы внешних электрических и трубных проводок с маркировкой проводов и разводкой жил;
- монтажные чертежи электрических и трубных проводок (чертежи трасс);
- чертежи установки аппаратуры, вспомогательных устройств, щитов и пультов;

чертежи нетиповых элементов, конструкций и нестандартного оборудования.

10.2. Виды схем автоматизации

Схемы автоматизации подразделяются на структурные, функциональные, принципиальные электрические, принципиальные пневматические, принципиальные электрические схемы питания, принципиальные пневматические схемы питания.

Структурные схемы управления определяют в принципиальном виде системы контроля управления, т.е. устанавливают связи между всеми щитами и пунктами управления (агрегатными, групповыми, центральными, диспетчерскими и т.п.), оперативными постами основных групп технологического оборудования и показывают административно-техническую сущность централизованного управления объектом.

Наиболее рациональной схемой автоматического управления считается трехступенчатая.

На первой ступени схемы располагаются различные автоматические устройства, управляющие работой отдельных машин и аппаратов.

На второй ступени схемы находятся устройства и системы, обеспечивающие централизованное управление в масштабе производственного процесса.

На третьей ступени схемы располагаются системы, обеспечивающие централизованное и оперативное управление предприятием в целом.

Структурные схемы разрабатываются на основании задания, изучения проектируемого объекта и принимаемых решений для последующей их детализации. Этот проектный материал является принципиальной основой для проектирования системы автоматизации данного объекта.

В общем случае структурные схемы управления содержат линии технологических потоков, условные изображения цехов проектируемого объекта с разделением на отделения, участки, агрегаты или группы технологического оборудования, условные изображения щитов и пунктов управления, условные изображения вспомогательных служб объекта, линии связи оперативного контроля и управления.

Таким образом, объект автоматизации состоит из нескольких связанных друг с другом участков управления. Участки управления могут быть представлены в виде отдельных установок, агрегатов и т.д. или в виде локальных каналов управления отдельными параметрами одних и тех же установок, агрегатов и т.д. В свою очередь, система управления, в зависимости от важности регулируемых параметров, должна обеспечивать разные уровни управления объектом автоматизации, т.е. должна состоять из нескольких пунктов управления, в той или иной степени взаимосвязанных

друг с другом. Структуры управления объектами автоматизации могут быть одноуровневыми централизованными, одноуровневыми децентрализованными и многоуровневыми. Одноуровневые системы управления, в которых управление объектами осуществляется с одного пункта управления, называются *централизованными*. Одноуровневые системы, в которых отдельные части сложного объекта управляются из самостоятельных пунктов управления, называются *децентрализованными*.

Функциональные схемы являются основными чертежами проекта, определяющими принятый принцип построения систем автоматического контроля и управления объектом, а также запроектированный уровень автоматизации. Схемы являются основанием для выполнения остальных чертежей проекта, а также для составления спецификации средств автоматизации. На схеме условно изображаются технологическое оборудование, коммуникации, органы управления, средства автоматизации, электроаппаратура, а также соединительные линии связи между ними.

Изображение агрегатов на схеме должно приблизительно соответствовать их действительной конфигурации или принятым условным обозначениям и схематическим изображениям. Коммуникации технологических трубопроводов, газопроводов, водопроводов, паропроводов и т.п. показываются условными обозначениями.

На схеме условно изображаются все средства автоматизации, запроектированные для оснащения проектируемого объекта, за исключением аппаратуры и устройств вспомогательного назначения (фильтров и редукторов воздуха, соединительных коробок, источников питания и т.п.).

Приемные и отборные устройства, термометры (жидкостные, термобаллоны манометрических термометров и т.п.), термометры сопротивления, термопары, измерительные диафрагмы, расходомеры постоянного перепада, счетчики и другие средства автоматизации местного монтажа показываются непосредственно на изображениях технологических коммуникаций или оборудования в соответствии с их расположением.

Регулирующие органы, являющиеся элементами запроектированной системы автоматизации, а также запорная арматура, необходимая для определения относительного расположения отборных устройств, показываются на изображениях технологических коммуникаций.

Для определения на принципиальной схеме принятой организации контроля и управления объектом условно отображают места установки аппаратуры, выделяя при этом местные приборы, местные щиты управления, агрегатные щиты, центральные щиты, диспетчерский щит или пульт, машины централизованного контроля, управляющие машины и т.п.

Функциональные схемы автоматизации выполняются на стадиях "Проект" и "Рабочая документация" для технологических процессов, различных по сложности, оборудованию и т.д., поэтому схемы выполняют с упрощенным и комбинированным изображением средств автоматизации.

На стадии "Проект" целесообразно выполнение схемы с упрощенным изображением средств автоматизации, где показываются: первичные приборы, приемные и отборные устройства, регулирующие органы, исполнительные механизмы и изображения измерительных или регулирующих приборов. На схемах не показываются: датчики, усилители, преобразователи, задатчики и подобные им элементы, входящие в комплект средств автоматизации.

На стадии "Рабочая документация" целесообразно выполнение схем с комбинированным изображением средств автоматизации, где все средства автоматизации представлены в развернутом изображении.

Установлены также два способа построения условных обозначений: упрощенный и развернутый. Для *упрощенного способа построения* достаточно основных условных обозначений, приведенных в табл. 10.1. *Развернутый способ построения* условных графических обозначений может быть выполнен путем комбинированного применения основных (табл. 10.2) и дополнительных (табл. 10.3 и 10.4) обозначений. Сложные приборы, выполняющие несколько функций, допускается обозначать несколькими окружностями, примыкающими друг к другу. Методика построения графических условных обозначений для упрощенного и развернутого способов является общей. В верхней части окружности наносятся буквенные обозначения измеряемой величины и функционального признака прибора. В нижней части окружности наносится позиционное обозначение (цифровое или буквенно-цифровое), служащее для нумерации комплекта измерения или регулирования. Порядок расположения буквенных обозначений в верхней части (слева направо) должен быть следующим: обозначение основной измеряемой величины; обозначение, уточняющее основную измеряемую величину; обозначение функционального признака прибора. Функциональные признаки (если их несколько в одном приборе) также располагаются в определенном порядке, а именно: IRCSA.

Пример построения условных обозначений прибора для измерения, регистрации и автоматического регулирования перепада давлений приведен на рис. 10.1. Пример условных обозначений схемы автоматизации для типового технологического процесса приведен на рис. 10.2.

**Основные условные обозначения приборов и средств автоматизации
по ГОСТ 404-25-85**







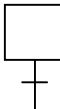




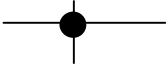
Наименование	Обозначение
Первичный измерительный преобразователь (датчик); прибор, устанавливаемый по месту	
Прибор, устанавливаемый на щите	
Отборное устройство без постоянно подключенного прибора (служит для эпизодического подключения приборов во время наладки, снятия характеристики и т.п.)	
Исполнительный механизм. Общее обозначение. Положение регулирующего органа при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала не регламентируется	
Исполнительный механизм, открывающий регулирующий орган при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала	
Исполнительный механизм, закрывающий регулирующий орган при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала	
Исполнительный механизм, который при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала оставляет регулирующий орган в неизменном положении	
Исполнительный механизм с дополнительным ручным приводом	
Регулирующий орган	
Линии связи	
Пересечение линий связи без соединения друг с другом	
Пересечение линий связи с соединением между собой	

Таблица 10.2

Буквенные обозначения

Обозначение	Измеряемая величина		Функции, выполняемые прибором		
	Основное обозначение первой буквы	Дополнительное значение, уточняющее значение первой буквы	Отображение информации	Формирование выходного сигнала	Дополнительное значение
<i>A</i>	—	—	Сигнализация	—	—
<i>B</i>	—	—	—	—	—
<i>C</i>	—	—	—	Регулирование, управление	—
<i>D</i>	Плотность	Разность, перепад	—	—	—
<i>E</i>	Любая электрическая величина	—	—	—	—
<i>F</i>	Расход	Соотношение, доля, дробь	—	—	—
<i>G</i>	Размер, положение, перемещение	—	—	—	—
<i>H</i>	Ручное воздействие	—	—	—	Верхний предел измеряемой величины
<i>I</i>	—	—	Показание	—	—
<i>J</i>	—	Автоматическое переключение, обегание	—	—	—
<i>K</i>	Время, временная программа	—	—	—	—
<i>L</i>	Уровень	—	—	—	Нижний предел измеряемой величины
<i>M</i>	Влажность	—	—	—	—
<i>N</i>	Резервная буква	—	—	—	—

Обозначение	Измеряемая величина		Функции, выполняемые прибором		
	Основное обозначение первой буквы	Дополнительное значение, уточняющее значение первой буквы	Отображение информации	Формирование выходного сигнала	Дополнительное значение
<i>O</i>	Резервная буква	—	—	—	—
<i>P</i>	Давление, вакуум	—	—	—	—
<i>Q</i>	Величина, характеризующая качество: состав, концентрация и т.п.	Интегрирование, суммирование по времени	—	—	—
<i>R</i>	Радиоактивность	—	Регистрация	—	—
<i>S</i>	Скорость, частота	—	Включение, отключение, переключение, сигнализация	—	—
<i>T</i>	Температура	—	—	—	—
<i>U</i>	Несколько однородных измеряемых величин	—	—	—	—
<i>V</i>	Вязкость	—	—	—	—
<i>W</i>	Масса	—	—	—	—
<i>X</i>	Не рекомендуется резервная буква	—	—	—	—

Таблица 10.3

**Дополнительные буквенные обозначения,
отражающие функциональные признаки приборов**

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

Дополнительные обозначения, применяемые для построения преобразователей сигналов и вычислительных устройств по ГОСТ 404-25-85

Наименование	Обозначение
Род сигнала:	
электрический	E
пневматический	P
гидравлический	G
Виды сигналов:	
аналоговый	A
дискретный	D
Операции, выполняемые вычислительным устройством:	
суммирование	Σ
умножение сигнала на постоянный коэффициент	K
перемножение двух и более сигналов друг на друга	X
деление сигналов друг на друга	$:$
возведение величины сигнала в степень	f^n
извлечение из величины сигнала корня степени	$\sqrt[n]{}$
логарифмирование	\lg
дифференцирование	dx/dt
интегрирование	S
изменение знака сигнала	$x(-1)$
ограничение верхнего значения сигнала	\max
ограничение нижнего значения сигнала	\min

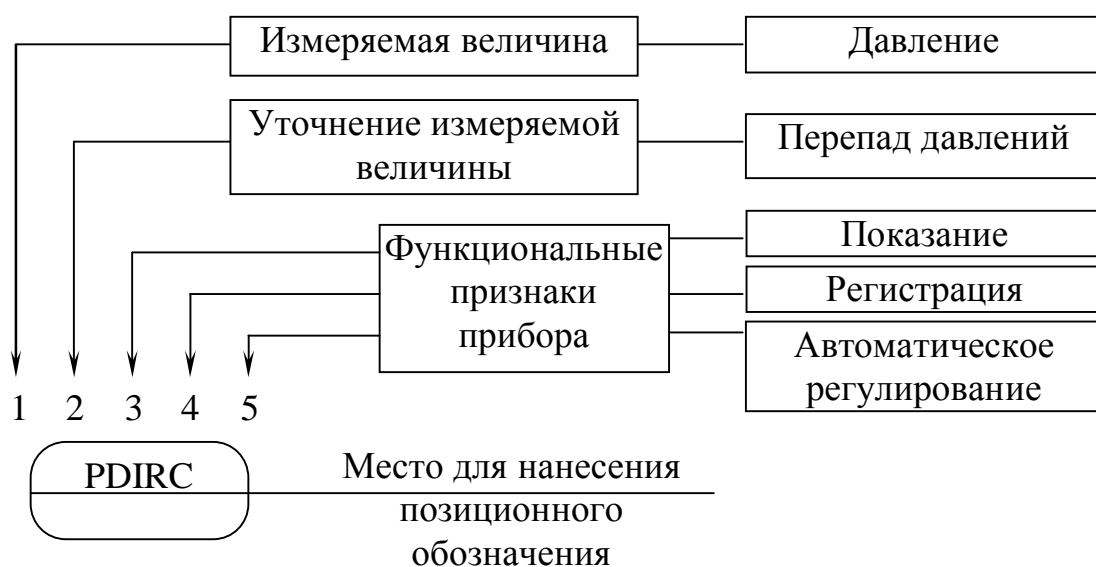


Рис. 10.1. Пример построения условных обозначений прибора для измерения, регистрации и автоматического регулирования перепада давлений

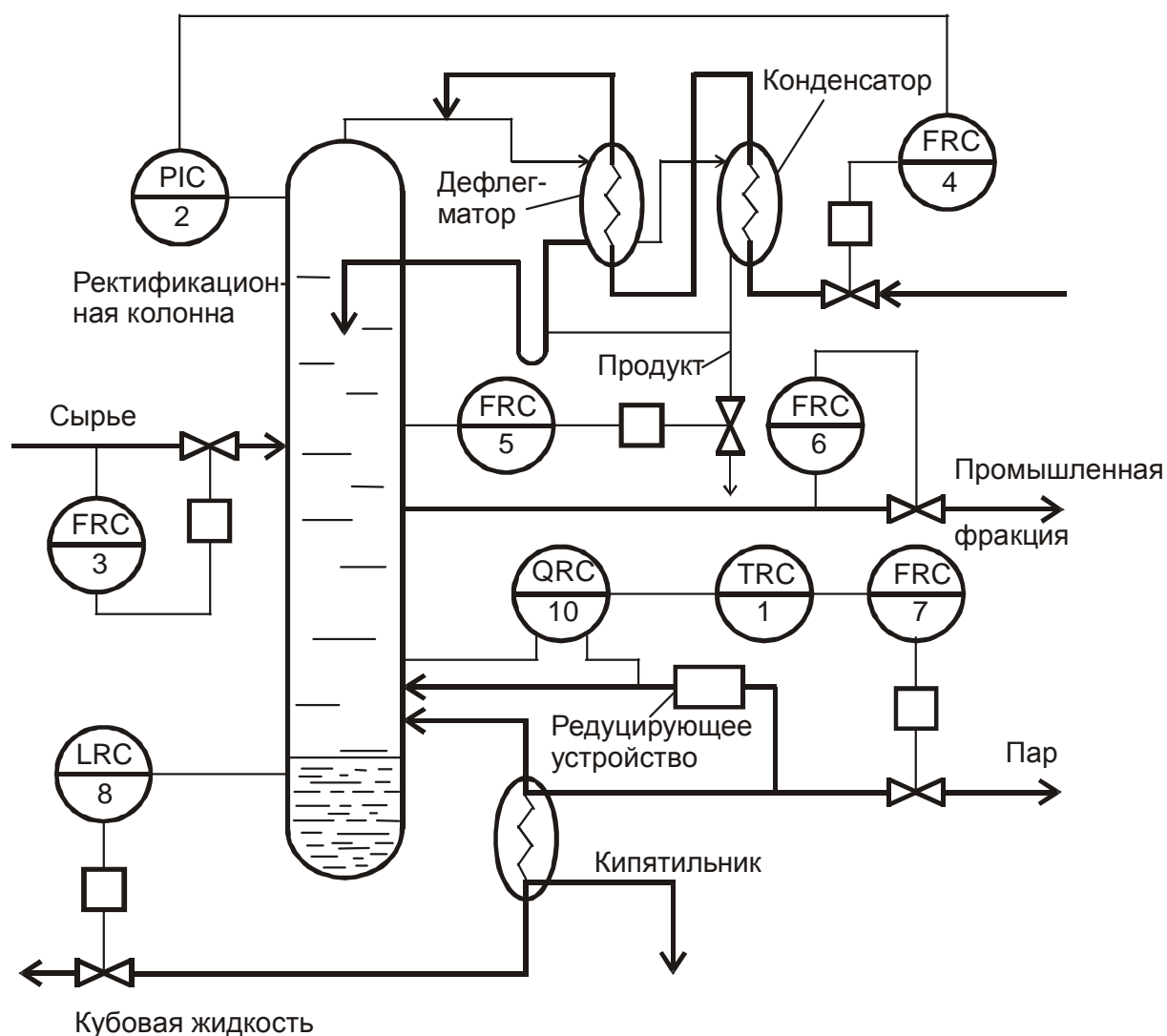


Рис. 10.2. Функциональная схема автоматизации типового технологического процесса

Принципиальные электрические схемы автоматизации являются проектным документом, определяющим полный состав электрической части и связи между ее элементами.

Принципиальные пневматические схемы автоматизации предназначены для определения технической сущности автоматизации на элементах и приборах пневмоавтоматики.

Принципиальные схемы питания составляются на основании принятых решений в функциональных схемах автоматизации и являются проектным материалом, которым пользуются не только при разработке чертежей, но и при эксплуатации смонтированного объекта.

Мнемосхема представляет собой наглядное графическое изображение функциональной схемы управляемого объекта. Она облегчает оператору запоминание хода технологического процесса, назначения различных при-

боров и органов управления, а также способов действия при различных режимах работы объекта. В процессе управления мнемосхема является для оператора важнейшим источником информации о текущем состоянии системы, характере и структуре протекающих в ней процессов, в том числе связанных с нарушением технологических режимов, авариями и т.п.

Применение мнемосхем наиболее эффективно в тех случаях, когда управляемый объект имеет сложную технологическую схему и большое число контролируемых параметров или когда технологическая схема объекта в процессе работы может оперативно изменяться и это изменение должно запоминаться оператором. Применение мнемосхем эффективно также при использовании в системах автоматизации избирательных устройств контроля и управления и миниатюрной контрольно-измерительной и сигнальной аппаратуры.

Мнемосхема должна наглядно отображать схему системы в целом и связи между основными объектами, входящими в систему, четко делить схему системы на части (если в этом есть необходимость) и достаточно подробно отображать функциональные схемы отдельных агрегатов или объектов; показывать связи и характер взаимодействия данной системы с другими системами и внешней средой; обеспечивать световую сигнализацию состояния (положения) важнейших технологических агрегатов; сигнализировать обо всех существенных нарушениях в работе системы; обеспечивать возможность быстрого нахождения резервов для локализации аварий.

В мнемосхему должны включаться лишь те элементы, которые играют существенную роль в управлении, т.е. мнемосхема не должна содержать избыточную информацию.

При разработке мнемосхемы должны учитываться последовательность и отдельные стадии в решении оператором задач управления: оценка наступивших изменений в системе; принятие решений о необходимых действиях; выбор объектов, воздействие на которые необходимо для нормализации режима работы системы; контроль за выполнением принятого решения.

10.3. Оператор в человекомашинной системе

На щитах и пультах пунктов управления концентрируются десятки и сотни контрольных приборов, сигнальных устройств, регуляторов, аппаратов управления, представляющих оператору информацию о состоянии системы и позволяющих управлять ею.

Среди функций оператора большое место занимают контроль параметров объекта, пуск, остановка, смена режимов оборудования, контроль исправности технологического оборудования, средств автоматизации и т.д.

Работа оператора сложна и имеет следующие особенности:

1. Наиболее характерной чертой операторского труда является то, что оператор имеет дело не с самим управляемым объектом, а с его моделью, замещающей объект в процессе восприятия и переработки информации.

2. В процессе управления оператору приходится одновременно решать различные задачи. По показаниям приборов, представляющих информацию, оператор контролирует ход технологического процесса и обнаруживает изменения, происходящие в нем. Среди множества сигналов и показаний приборов на щите оператор должен заметить новые и определить, какому агрегату или участку они принадлежат, является ли вновь поступившая информация отклонением от нормы, каков физический смысл наступивших изменений, к каким последствиям они могут привести. Выделяя основные параметры, характеризующие нарушения и неисправности, и определяя причины их появления, оператор принимает решение и производит управляющие воздействия на объект, контролируя правильность произведенных им действий. При этом он должен воспроизводить в памяти схему технологического процесса, основные агрегаты и узлы, их технологическую последовательность, взаимосвязь и назначение. Оператору приходится в каждом конкретном случае определять приоритетность событий, принимаемых решений и выбираемых схем управляющих воздействий. В обязанности оператора также входят: запись показаний приборов, ведение оперативной телефонной связи и т.д.

3. Оператор, как правило, удален от управляемого объекта. Между оператором и объектом имеются дистанционные системы управления и контроля (имеются в виду различные дистанционные системы, в том числе и телемеханические). Информацию о состоянии объекта он получает по каналам контроля в виде закодированных сообщений, а воздействие на объект осуществляется посредством дистанционного управления.

4. Органы чувств оператора нагружены так, что почти всю информацию об управляемом объекте он получает через зрительный канал, в то время как при непосредственной работе с объектом человек судит о его состоянии, основываясь на восприятии органов зрения, слуха, органов чувств, создающих ощущение движения, обоняния.

5. Скоротечность процессов требует от оператора быстроты реакции. Во многих промышленных автоматизированных системах в аварийных ситуациях оператор действует в условиях дефицита времени. В нормальных режимах оператор работает в относительно спокойной и тихой обстановке, в условиях немногочисленности (порой одиночества), что накладывает определенное влияние на его психофизиологическое состояние.

Человек-оператор должен быстро разбираться в сложной обстановке и практически мгновенно показать правильное решение. Процесс принятия

решения оперативным персоналом протекает под влиянием ряда объективных и субъективных факторов, в том числе нехватки или избытка исходной информации, наличия или отсутствия противоречивых сигналов, наличия или отсутствия неопределенности в ситуации, дефицита времени на обдумывание противоречивых факторов или гипотез и т.д. Принятие решения отдельным лицом из числа оперативного персонала характеризуется вначале выбором гипотезы, затем волевым актом, обеспечивающим преодоление неопределенности, и принятием на себя той или иной личной ответственности. В зависимости от состояния и количества исходной информации бывают решения трех видов: *детермированные* (вполне определенные, не вызывающие сомнения в правильности), *вероятностные* (приняты правильно с той или иной степенью вероятности), *предельные* (единственно возможные в данной ситуации или вынужденные). Процесс принятия решения складывается из информационной подготовки и собственно принятия решения. Процедура принятия решений описывается с помощью алгоритмов. Наиболее наглядной формой записи трудовой деятельности оператора в алгоритмическом виде является ее представление в виде блок-схемы. Пример блок-схемы алгоритма по дистанционному управлению регулирующим клапаном на основе показаний прибора-индикатора приведен на рис. 10.3.

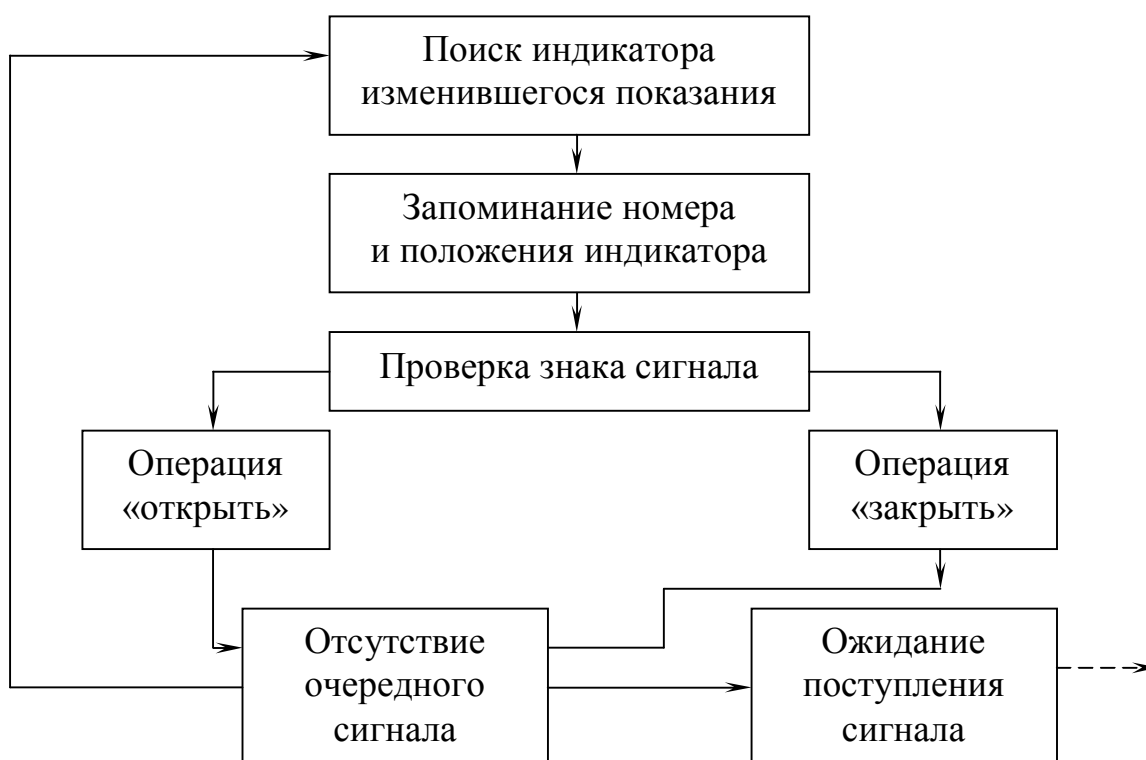


Рис. 10.3. Блок-схема действий оператора (алгоритм) дистанционного управления регулируемой величиной

Совокупность блок-схем алгоритмов деятельности оператора может служить для определения количественных характеристик его трудовой деятельности в целом: оперативной загруженности, времени занятости и др. Исходными данными для этого служат временные и количественные характеристики оперативных единиц (элементарных актов, используемых человеком в работе по контролю и управлению). Оперативная загруженность определяется по формуле

$$\lambda_0 = \frac{m_k + m_y}{\Delta\tau}, \quad (10.1)$$

где λ_0 – интенсивность потока выполняемых операций в пределах одного алгоритма, 1/ч; m_k – число последовательных оперативных единиц без логических условий; m_y – число проверяемых логических условий; $\Delta\tau$ – время выполнения алгоритма, ч.

Для количественной оценки оперативной загруженности оператора используют также следующие показатели:

коэффициент загруженности

$$m = 1 - \frac{\tau_0}{\tau_{\text{деж}}}, \quad (10.2)$$

где τ_0 – общее время, в течение которого оператор непрерывно занят обработкой поступающей информации, ч; $\tau_{\text{деж}}$ – общая продолжительность дежурства, ч.

Длина очереди (количество одновременно поступающих сигналов) и время непрерывной занятости $T_{\text{зан}}$, ч.

Совокупность названных показателей может быть использована для оценки загруженности оператора.

$$\beta = \frac{N_{\text{оч}}}{N}. \quad (10.3)$$

где β – частота появления очереди для поступающих информационных сигналов; $N_{\text{оч}}$ – число сигналов, обрабатываемых в условиях очереди; N – общее число сигналов.

Повышенная оперативная загруженность оператора (перегрузка) может привести к его переутомлению. В результате снизится возможность его безошибочных действий. В связи с этим существуют научно обоснованные предельные нормы количественных показателей загруженности оператора.

Так, предельные значения названных показателей должны быть:

$$m < 0,75; \quad \beta < 0,4; \quad N_{\text{зан}} < 0,25; \quad k < 3.$$

При проектировании информационных подсистем для систем управления технологическими процессами возникает проблема оптимизации оперативной загруженности оператора. Существуют следующие пути уменьшения интенсивности потоков информации и выполняемых операций по контролю и управлению:

- фильтрация имеющейся информации путем разделения ее на особо важную (оперативную) и второстепенную (неоперативную);

- очередность представления необходимой информации;

- выделение максимально возможного времени для принятия решения.

Исходя из особенностей труда оператора, при компоновке приборов на панелях должны учитываться следующие факторы:

- важность – приборы, отображающие наиболее ответственные параметры работы системы, располагаются в пределах оптимальной зоны поля зрения;

- частота пользования – приборы, наиболее часто используемые оператором, размещаются в пределах оптимальной зоны;

- функциональные связи – приборы, измеряющие параметры одного и того же или связанных между собой объектов, объединяются на панели в компактную группу, достаточно четко зрительно разграниченную с другими группами;

- последовательность использования – при размещении приборов внутри функциональных групп следует придерживаться той последовательности, в которой оператор обычно считывает их показания, при этом размещение приборов производится слева направо и сверху вниз.

10.4. Внедрение производственной автоматики на промышленном объекте

Внедрение приборов и систем автоматизации на промышленном объекте проводится в две стадии. Работы первой стадии выполняются в период строительства, когда технологическое оборудование ещё не действует и не производит продукцию. При этом рассматривают рабочие чертежи проекта автоматизации и разрабатывают мероприятия инженерной подготовки производства; подготавливают производственную базу; проводят предмонтажную проверку приборов и устройств; осматривают монтаж и настраивают отдельные элементы систем; включают в работу системы в период испытаний и опробования технологического оборудования.

Работы второй стадии выполняют на действующем технологическом оборудовании после завершения строительства объекта. При этом определяют и устанавливают настройки систем измерения и управления; анализируют работу систем, сдают налаженные системы автоматизации в эксплуатацию.

Перед выполнением работ первой стадии на объекте требуется выполнить ряд требований, без которых невозможно осуществлять пусконаладочные работы.

Основное требование – получить от заказчика и изучить полный комплект проекта автоматизации. Только после изучения проекта автоматизации можно составить смету на объем работ, определить потребность в наладочном персонале, вспомогательных материалах, поверочном оборудовании и т.д.

Для выполнения наладочных работ на промышленных объектах должна быть создана производственная база. Последнее обстоятельство является особенно важным, так как конечной целью наладочных работ является передача в постоянную промышленную эксплуатацию не только работающих, но и надежных в эксплуатации систем автоматизации.

Начало наладочных работ по отношению к периоду строительства зависит от многих обстоятельств. Если монтаж и наладку выполняет одна организация, то допускается совмещать монтажные и наладочные работы во времени. Если монтаж и наладку выполняют организации различных ведомств, начало наладочных работ совпадает с моментом окончания монтажа приборов и средств автоматизации. Начало работ зависит также от оригинальности монтируемой аппаратуры. При наладке опытных производств или производств, автоматизируемых с помощью опытной аппаратуры, анализ проекта должен быть проведен до начала монтажа приборов и средств автоматизации, к монтажу схемы и системы, работоспособность и надежность которых не проверены.

Изучение проекта начинают с проверки комплектности рабочих чертежей и текстовых материалов, а также документации, разработанной заводами-изготовителями, на поставляемое оборудование. К началу рассмотрения необходимо иметь технологический регламент автоматизируемого производства и комплект инструкций заводов-изготовителей аппаратуры на средства автоматизации, применяемые для рассматриваемого объекта.

При отсутствии в проекте каких-либо чертежей, режимных карт, предельных значений настроек систем сигнализации и защиты, расчетов регулирующих органов и сужающих устройств и т.п. они должны быть затребованы у заказчика.

Изучение систем автоматизации, как правило, проводят последовательно для различных технологических установок, аппаратов или агрегатов.

Монтаж приборов и средств автоматизации состоит из трех стадий: прокладки кабельных и трубных командных линий по строительным конструкциям и эстакадам; установки и обвязки щитов, пультов и стативов в помещениях контрольно-измерительных приборов, монтажа импульсных трасс; обвязки преобразователей. Соответственно на три стадии разбивает-

ся и совмещенная с монтажом проверка монтажных работ. По всем смонтированным узлам и конструктивным элементам монтажники составляют акты проверки сопротивления изоляции электрических проводок и герметичности (опрессовки) трубных линий.

На каждой стадии осмотром выполненного монтажа устанавливают наличие проектных маркировок кабельных и трубных линий, а также отдельных цепей на приборах, клеммных сборках, переборочных соединениях, соединительных коробках и т.д.; наличие требуемых уклонов импульсных линий; наличие запорной арматуры и площадок обслуживания; состояние аппаратуры и соединительных линий.

Правильность соединения элементов системы автоматизации проверяют двумя методами. При *первом методе* непосредственно прослеживают электрические и трубные линии, определяя правильность коммутации элементов системы и их взаимное расположение, состояние линии на всём ее протяжении, возможные электрические влияния со стороны соседних цепей.

Второй метод основан на прозвонке (продувке) электрических цепей и трубных линий. Прозвонка электрических цепей предусматривает образование электрической цепи, в которую входят источник тока и индикатор, объединенные в комбинированный прибор и проверяемый участок цепи. Комбинированный прибор подключают к проверяемой жиле кабеля проводом с помощью щупа. В качестве второго проводника цепи используют контур заземления или известные жилы кабеля, или провод жгута. Комбинированный прибор будет отклоняться от нулевого значения в том случае, если щуп подключен ко второму концу заземленной жилы. При прозвонке разветвленных цепей отключают все параллельные провода или жилы, через которые может образовываться электрическая цепь в обход проверяемой.

Последовательность и сроки выполнения отдельных этапов монтажных и наладочных работ определяются совмещенным графиком проведения монтажно-наладочных работ, которые составляют совместно монтажные и наладочные подразделения на объекте. При составлении этого графика учитывается общий график выполнения строительно-монтажных работ по объекту в целом.

Результаты проверки выполненного монтажа, перечень обнаруженных ошибок и некачественно выполненных монтажных работ заносят в журнал замечаний и предложений по качеству монтажных работ, который хранится у руководителя монтажного подразделения. На основании заключений наладочной группы о качестве монтажа монтажники переделывают его или исправляют обнаруженные ошибки. При подготовке замечаний и предложений по изменению схем и проектных решений наладчики до-

рабатывают конструкции узлов обвязки приборов и определяют точные места установки преобразователей, если в проекте эти вопросы детально не разработаны.

После осмотра и проверки правильности монтажа проверяют смонтированные элементы систем автоматизации только при условии завершения монтажных работ по проверяемой системе. После проверки отдельных элементов проверяют их готовность к совместной работе.

Проверяют элементы в определенном порядке. К проверяемому устройству подключают по постоянной или временной схеме источник энергии. При отсутствии коммутационных аппаратов все непроверяемые системы и элементы надежно отключают от общего источника питания. Тумблеры, переключатели и краны на аппаратуре устанавливают в положение "Выключено". Для проверки используют имитаторы физических величин и контрольные устройства.

По результатам проверки особо ответственных систем автоматизации, от надежности работы которых зависит безаварийность работы агрегатов и безопасность обслуживающего персонала, составляют акты проверки систем. Акт подписывают члены специально создаваемой комиссии, в которую, помимо наладчиков, входят ответственные представители технологической службы и службы автоматизации заказчика.

В соответствии со СНиПами строительно-монтажные работы на объекте заканчиваются индивидуальными испытаниями агрегатов и аппаратов и комплексным опробованием оборудования с выдачей пробной продукции. В период испытаний оборудование обкатывают на нейтральных средах, промывают, сушат.

На стадии обкатки технологам необходима информация о состоянии оборудования и параметрах нейтральных сред, поэтому все системы, от которых зависит безопасное и безаварийное ведение технологического процесса, должны быть включены в полном объеме в момент обкатки агрегатов. В первую очередь к ним относятся системы технологической и аварийной сигнализации, блокировки и защиты. Основная задача наладчиков на этом этапе – обеспечить пуск необходимым объемам работающих систем автоматизации и не допустить выхода аппаратуры контроля из строя в момент ее включения.

Заказчик не может опробовать основное технологическое оборудование без согласования с наладочной организацией по приборам и средствам автоматизации.

Для включения систем автоматизации должен быть выполнен ряд требований:

- проверены элементы систем, о чем делают запись в журнале наладки;
- закрыты корпуса приборов и средств автоматизации;

питание систем автоматизации подано на распределительные устройства по постоянной схеме;

плавкие вставки, уставки автоматов питания, настройки прочей предохранительной аппаратуры установлены в строгом соответствии с проектом автоматизации;

параметры окружающей среды (температура, влажность, состав) в местах установки приборов и в помещениях преобразователей, щитов и пультов должны быть в пределах, допустимых для эксплуатации данного типа приборов.

В помещения, где расположена аппаратура, не должны допускать посторонних лиц.

Включение систем автоматизации начинают с подачи питания на все вторичные и первичные приборы. При этом у регистрирующих приборов включают в работу узлы регистрации величин. При необходимости органами настройки регулируют нулевые значения измеряемых величин. Преобразователи и первичные приборы включают на измерение в соответствии с правилами, изложенными в монтажно-эксплуатационных инструкциях на аппаратуру в разделе "Включение приборов в работу".

Перед включением приборов на непосредственное измерение необходимо убедиться в том, что характеристики измеряемых сред (агрегатное состояние, физико-химический состав, температура, давление, влажность), как реальных, так и имитирующих нейтральные, близки к проектным.

Например, включение в работу расходомеров переменного перепада при температуре и давлении, отличающихся от предусмотренных проектом, не дает достоверных данных о действительном расходе сред. Не будет обеспечена нормальная работа систем дистанционного управления при малометрическом режиме процесса, отличающемся от проектного, а попадание влаги в такие приборы, как перепадамеры газов, вообще выведет их из строя.

Для проверки работы систем автоматизации в разных режимах под руководством наладчиков операторы производят необходимые технологические переключения, например изменяют величину и направление потоков измеряемых сред в трубопроводах, емкостях, аппаратах. Если в период пуска система вышла из строя, то устраняют неисправности и перед включением ее элементы снова проверяют.

Работы по включению систем автоматизации проводят, как правило, звеньями из двух наладчиков. Звену поручают включить приборы на одном из агрегатов установки, а в случае большого числа систем и сравнительно узкой номенклатуры аппаратуры – однотипные системы (например, контроля уровней или газового анализа) в пределах всей технологической установки.

Сведения о результатах работ по включению систем автоматизации заносят в журнал производства наладочных работ бригады.

Последовательность и сроки включения в работу систем автоматизации определяются графиком включения в работу приборов, которые согласуют с порядком и сроками проведения пусковых операций основного технологического оборудования.

Перед началом работ весь наладочный персонал подробно инструктируют о правилах производства работ на действующем оборудовании. Инструктаж проводит инженер по технике безопасности завода-заказчика. К работам с включенными системами автоматизации допускается только наладочный персонал. Включают и выключают любую систему только после согласования с начальником смены на данной установке или с руководством наладочной бригады, осуществляющей пуск и наладку технологического оборудования. Сведения обо всех включенных и выключенных в пусковой период системах автоматизации заносят в сменный журнал. В процессе включения приборов наладчики проводят инструктаж сменного технологического персонала по правилам пользования элементами управления (ключами, тумблерами, переключателями), расположенными на лицевой панели щита.

Перед передачей в эксплуатацию налаженные системы автоматизации должны пройти производственные испытания. Объем и порядок проведения испытаний той или иной системы определяются многими факторами, и в первую очередь той ролью, которую играет испытываемая система в общей схеме управления технологическим процессом.

Общие требования к проведению испытаний согласовываются с заказчиком при составлении программы работ. Конкретный объем и сроки испытаний отдельных систем или группы систем автоматизации регламентируются программой испытаний. Программу испытаний составляют в произвольной форме, она должна содержать перечень подлежащих испытанию систем, эксплуатационные режимы, в которых должны проводиться испытания, сроки проведения и кратность испытаний. В программе указывают требуемые результаты испытаний и ответственных за реализацию программы. Программу испытаний, а также состав приемной комиссии, которой поручается контроль за ходом испытаний, утверждает главный инженер предприятия-заказчика.

Как правило, основным содержанием проводимых испытаний является проверка эксплуатационной надежности и качества работы систем в наиболее тяжелых эксплуатационных режимах автоматизируемого технологического процесса.

Системы автоматического контроля в большинстве случаев испытывают на точную и безаварийную работу в течение определенно-

го периода, как правило, не превышающего трех суток. Программой могут быть предусмотрены испытания на быстродействие системы контроля, а также определение динамических погрешностей при резком изменении контролируемых параметров.

В процессе испытаний наладчики проводят эксплуатационные операции с аппаратурой: периодический контроль работы, смазывание, заливку чернил, продувку мест отборов и т.п.

Испытания автоматических систем регулирования состоят из проверки надежности работы аппаратуры, проводимой аналогично проверке работоспособности и надежности систем автоматического контроля, проверки показателей качества регулирования и устойчивости. Полученные данные изображают в виде диаграмм или таблиц. Аналогичные испытания проводят при различных режимах (нагрузках) технологического агрегата или процесса.

Устойчивость систем проверяют при минимально возможных технологических нагрузках.

В ущерб некоторым показателям качества регулирования в номинальном режиме обеспечивают устойчивость системы в наиболее тяжелом режиме.

Программой предусматриваются испытания систем сигнализации или защиты при достижении технологическими параметрами предельных значений, если по условиям ведения технологического режима возможно изменение этих параметров.

Системы сигнализации, автоблокировки и защиты испытывают при всех включенных в работу узлах и элементах. Исключение из этих систем отдельных параметров или введение деблокирующих зависимостей осуществляется только при наличии письменного распоряжения главного инженера или директора предприятия-заказчика.

По результатам испытаний приемная комиссия делает заключение о готовности смонтированных приборов и средств автоматизации к сдаче.

В тех случаях, когда техническими условиями или особенностями технологического процесса проведение испытаний не предусматривается, анализ работоспособности включенных систем производят по результатам опытно-промышленной эксплуатации, которую осуществляют наладочный и эксплуатационный персонал. В процессе эксплуатации проверяют характеристики и показатели работы систем так же, как при проведении испытаний. Разница состоит в том, что оценки пригодности систем к использованию производят по результатам работы в обычных эксплуатационных условиях, а не в искусственно создаваемых "пиковых" режимах.

Налаженные приборы и системы автоматизации передают заказчику после подписания акта сдачи-приемки систем автоматизации в постоянную

промышленную эксплуатацию. Количество приборов и систем автоматизации, сдаваемых по одному акту, а также общее число актов сдачи и специфические условия сдачи отдельных систем автоматизации определяются обычно перечнем актов сдачи по объекту наладки, который является приложением к договору на проведение пусконаладочных работ.

Акт сдачи завершает комплекс работ по внедрению запроектированных систем автоматизации. Техническая документация, прилагаемая к акту, дополняет проектную и используется при эксплуатации налаженных систем.

К акту сдачи подготавливают следующую техническую документацию: откорректированный экземпляр рабочих чертежей проекта автоматизации; протоколы испытаний систем защиты, блокировки и сигнализации; автоматических систем регулирования; перечни параметров настройки регуляторов; невключенных систем автоматизации; предложения по повышению надежности и качества работы налаженных систем; памятки для технологического персонала и персонала КИП.

В экземпляр проекта автоматизации, передаваемый заказчику, вносят все исправления и изменения, возникшие в процессе выполнения наладочных работ. Все изменения, кроме исправления ошибок проекта, должны быть утверждены соответствующими протоколами или решениями.

При значительной переработке принципиальной схемы автоматизации отдельные листы проекта наладочная организация выпускает вновь.

В комплект приложений к акту сдачи включают протоколы испытаний систем блокировки, защиты и сигнализации, а также перечень предельных значений (уставок) параметров этих систем. При отличии уставок от предусмотренных проектом техническую документацию по этим системам дополняют решениями об их изменении. Если в процессе изменения нагрузок агрегата уставки систем согласно проекту должны изменяться, то зависимость их значения от режима работы технологического агрегата приводится в паспорте настроек.

По автоматическим системам регулирования в комплект технической документации включают программу и протоколы испытания налаженных систем. Отдельно составляют перечень параметров динамической и статической настроек.

Все не включенные во время проведения наладочных работ системы автоматизации объединяют в отдельный перечень. В примечаниях к каждой позиции перечня указывают причины, которые не позволили включить запроектированные системы, например некомплектность аппаратуры и вспомогательных устройств, отсутствие нормального технологического режима в послепусковой период.

Предложения по дальнейшему повышению надежности и качества работы систем автоматизации включают в рекомендации по повышению надежности и качества работы налаженных систем. К таким предложениям относятся: замена запроектированных типов приборов на более совершенные серийно выпускаемые образцы; переделки основного технологического оборудования (изменение мест врезки преобразователей; установка или демонтаж регулирующей и запорной арматуры; стабилизация некоторых технологических параметров и изменение технологического режима); проведение дополнительных экспериментально-исследовательских работ по отдельным схемам или узлам автоматизации. Все рекомендации заказчику должны иметь детальное технико-экономическое обоснование.

Для технологического персонала (начальников смен, операторов, машинистов) наладчики составляют памятки по использованию приборов и средств автоматизации для управления технологическими процессами, которые содержат описание органов управления и элементов систем сигнализации, расположенных на лицевых панелях щитов и пультов в центральном диспетчерском помещении и на местных щитах управления и сигнализации; правила пользования органами управления при автоматическом и ручном управлении и правила перехода с управления в одном режиме на управление в другом; логическую последовательность появления световой и звуковой сигнализации при предельных значениях параметров.

К акту сдачи прикладывают памятку эксплуатационному персоналу службы КИП по методике наладки, поиску и устранению характерных неисправностей в системе автоматизации. В памятке приводятся схемы расположения элементов систем автоматизации и краткое описание их взаимодействия; методы наладки приборов и средств автоматизации, как примененные при наладочных работах, так и рекомендуемые к использованию в процессе эксплуатации; способы поиска неисправностей в аппаратуре и системах и методы их оперативного устранения.

О проделанных наладочных работах составляют технический отчет по всему объекту или по отдельным его установкам, по всему ходу наладочных работ или по их отдельным этапам. Технический отчет составляют руководители наладочных бригад по материалам журнала наладки.

Отчет включает: раздел с кратким описанием технологических особенностей автоматизируемого процесса или установки; раздел "Наладочные работы", в котором описывают этапы наладки приборов и средств автоматизации, приводят методические указания по наладке отдельных приборов и систем, раздел "Организация работ и их техническое и материальное обеспечение". Завершается отчет копией акта сдачи и полной технической документацией, входящей в комплект акта сдачи.

10.5. Нормативные документы и порядок пожарного надзора за производственной автоматикой

Автоматизация технологических процессов проводится на новых и на реконструируемых действующих промышленных предприятиях, в отдельных сооружениях, цехах, производствах, участках.

Основные этапы создания и ввода в эксплуатацию систем автоматизации: проектирование, монтаж, наладка и сдача систем в эксплуатацию. Все этапы работ регламентируются рядом норм, правил, указаний, технических условий и рекомендаций, зафиксированных в различных нормативных документах. Нормативные документы устанавливают требования к составу и оформлению проектной документации, правила производства монтажных и наладочных работ, правила безопасных условий труда и пожаровзрывобезопасности при монтаже, наладке и эксплуатации систем автоматизации, методы выполнения отдельных видов работ и контроль их качества. Существует нормативная документация нескольких категорий: региональная, ведомственная и разработанная отдельными организациями и предприятиями. Широко используются при проектировании и монтаже средств автоматизации СНиПы.

СНиП "Правила производства и приемки работ" содержит требования по общим вопросам организации строительства, приемки в эксплуатацию предприятий, зданий и сооружений после окончания строительства; по осуществлению и приемке работ при возведении сооружений разного назначения; по монтажу инженерного и технологического оборудования зданий, сооружений и внешних сетей. Чаще всего специалистам по автоматизации и надзорным органам приходится использовать СНиП "Правила производства и приемки работ. Системы автоматизации", а также СНиП "Правила производства и приемки работ. Электротехнические устройства".

Инструкции и указания по строительному проектированию определяют правила и нормы по проектированию и устройству конкретных инженерных средств, установок и сооружений: электроосвещения, силового электрооборудования, автоматизации, заземлений, молниезащиты, электропроводок, трубопроводов и т.п.

Из ведомственных документов по вопросам проектирования автоматизации объектов различного назначения находят применение Ведомственные строительные нормы (ВСН) и Отраслевые стандарты (ОСТ).

Кроме того, при проектировании, монтаже и наладке систем автоматизации используют руководящие материалы – РМ и РТМ. Следует иметь в виду, что любые нормативные документы, в которых регламентируются вопросы пожаро- и взрывобезопасности и техники безопасности при проектировании и эксплуатации систем автоматизации, согласованы с органа-

ми Государственного надзора (Госгортехнадзор, ГПС МЧС России) и обязательны к исполнению на предприятиях и в организациях.

Одним из определяющих документов при разработке автоматической пожарной защиты технологических процессов является ГОСТ "Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования". В этом стандарте впервые устанавливается допустимая вероятность возникновения пожара и воздействие опасных факторов на людей и изложены требования к системе предотвращения пожара и к системе пожарной защиты, а также рассматриваются организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности. Пожарная безопасность объекта должна быть обеспечена как в рабочем его состоянии, так и в случаях возникновения аварийной обстановки. Безопасность людей должна быть обеспечена при возникновении пожара в любом месте объекта.

Требования, изложенные в ГОСТе, вызывают необходимость совершенствования методов надзора органов ГПС за соблюдением пожарной безопасности объектов народного хозяйства как на стадии их проектирования, так и при эксплуатации. Работа органов ГПС в этом направлении регламентирована в "Инструкции по организации и осуществлению Государственного пожарного надзора в Российской Федерации", объявленной приказом МЧС России.

Ответственность за выполнение в проектах требований пожарной безопасности возлагается на главного инженера проекта (ГИП), который письменно обязан удостоверить, что проект выполнен в соответствии с действующими правилами и нормами. Согласование проектных материалов с органами ГПС остается обязательным только в тех случаях, когда при проектировании возникает необходимость частичного отступления от требований действующих норм и правил или если на предлагаемые проектные решения нет утвержденных норм и правил. В тех случаях, когда при разработке проектов возникает необходимость их согласования с госпожнадзором, они рассматриваются в аппарате ГПС. При этом изучению и тщательной экспертизе на соответствие требованиям пожарной безопасности производственной автоматики подлежат все материалы этого раздела проекта.

Изучение материалов проекта и сопоставление принятых решений требованиям нормативных документов позволяет выявить возможные нарушения норм и правил, регламентирующих пожарную безопасность автоматизируемого технологического процесса. Внесение каких-либо изменений в проект должно быть санкционировано соответствующей проектной организацией.

При осуществлении надзора органами ГПС (экспертиза проекта, пожарно-техническое обследование) за производственной автоматикой проверяют.

1. Соответствие щитовых помещений (операторных, диспетчерских, аппаратных и т.п.) требованиям пожарной безопасности. При этом исходят из того, что при устройстве и выборе места расположения щитовых помещений систем автоматизации во взрывоопасных производствах необходимо выполнение требований, принятых нормами строительного проектирования (СНиП, СН, ВСН) и принципами компоновки технологического оборудования на объекте данной отрасли промышленности. Однако в любом случае во взрывоопасных производствах необходимо учитывать следующие основные требования:

а) рекомендуется размещать щитовые помещения в отдельно стоящих зданиях;

б) допускается в случае необходимости пристраивать и встраивать их в помещения с взрывоопасными зонами. Встраивать щитовые допускается только в помещения с взрывоопасными зонами классов В-Ia и В-Iб с легкими горючими газами и ЛВЖ и в помещения с взрывоопасными зонами классов В-II и В-IIa;

в) запрещается встраивать щитовые в помещения с взрывоопасными зонами классов В-Ia и В-Iб с тяжелыми или сжиженными горючими газами и в помещения с взрывоопасными зонами класса В-I во всех случаях;

г) не должны располагаться другие помещения с взрывоопасными зонами над и под встроенными щитовыми;

д) пристраивать щитовые допускается к помещениям с взрывоопасными зонами классов В-I, В-Ia и В-Iб с легкими горючими газами и ЛВЖ и к помещениям с взрывоопасными зонами классов В-II и В-IIa. Как исключение, пристройка щитовых помещений к помещениям со взрывоопасными зонами с тяжелыми или сжиженными горючими газами также допускается, но при условии, что уровень пола в щитовом помещении и дно кабельных каналов должны быть выше пола смежного помещения (к которому пристраивается щитовое помещение) и поверхности окружающей земли не менее чем на 0,15 м.

К встроенным и пристраиваемым щитовым помещениям предъявляются следующие требования:

а) в щитовых должна быть собственная, независимая от помещений со взрывоопасными зонами, приточно-вытяжная вентиляция, выполненная таким образом, чтобы через вентиляционные отверстия в щитовой не образовывались взрывоопасные смеси;

б) в щитовых, пристраиваемых к помещениям с взрывоопасными зонами класса В-I, а также к помещениям с тяжелыми или сжиженными горючими газами, должна быть предусмотрена приточная вентиляция с пятикратным обменом воздуха в час, обеспечивающая в щитовой небольшое избыточное давление, исключающее попадание в него взрывоопасных смесей;

в) стены и перекрытия, отделяющие щитовые от помещений с взрывоопасными зонами, должны быть несгораемыми, с пределом огнестойкости не менее 1,5 ч; стены должны быть оштукатурены с двух сторон и не иметь дверей и окон;

г) в стенах, отделяющих щитовые от помещений с взрывоопасными зонами классов В-Ia и В-Iб с легкими горючими газами и ЛВЖ и помещений с взрывоопасными зонами классов В-II и В-IIa, допускается предусматривать вводы кабелей и защитных труб электропроводки в щитовые. Вводные отверстия должны плотно заделываться несгораемыми материалами, а защитные трубы электропроводки в местах перехода через стену должны иметь разделительные уплотнения. Ввод кабелей и защитных труб электропроводки в щитовое помещение из помещений с взрывоопасными зонами класса В-1 и из помещений с взрывоопасными зонами классов В-Ia и В-Iб с тяжелыми или сжиженными горючими газами должен выполняться через наружные стены;

д) в щитовом помещении с одним выходом, расположенном на первом этаже, этот выход должен быть устроен наружу (на территорию предприятия непосредственно или через невзрывоопасный коридор или помещение с нормальной средой); в щитовом помещении, расположенном на втором этаже и выше, этот выход допускается устраивать на лестничную клетку или в невзрывоопасный коридор;

е) в щитовом помещении с двумя выходами (второй выход предусматривается при длине щита более 7 м) один из выходов устраивается на первом этаже; на втором этаже и выше – балкон с пожарной лестницей или в невзрывоопасный коридор; второй выход допускается устраивать на лестничную клетку или в невзрывоопасный коридор;

ж) расстояние по горизонтали и вертикали от наружных дверей или окон, встроенных и пристроенных щитовых помещений до наружных дверей и окон помещений с взрывоопасными зонами классов В-I, В-IIa, В-II должно быть не менее 6 м.

Щитовые помещения систем автоматизации допускается пристраивать, а также встраивать в пожароопасные зоны всех классов при соблюдении следующих условий:

а) стены и перекрытия, отделяющие щитовое помещение от помещения с пожароопасной зоной, должны быть несгораемыми с пределом огнестойкости не менее 1,5 ч;

б) отверстия в стенах и в полу для прохода кабелей и труб должны быть плотно заделаны несгораемыми материалами;

в) дверь, отделяющая щитовое помещение от помещения с пожароопасной зоной, должна быть самозакрывающейся, противопожарной с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч.

2. Соответствие разрывов от взрывоопасных наружных технологических установок (взрывоопасных зон класса В-I) и помещений с взрывоопасными зонами классов В-I, В-Ia, В-II до отдельно стоящего здания щитовой требованиям пожарной безопасности.

3. Соответствие установленных на объекте приборов производственной автоматики проекту и регламенту. Такая проверка проводится по исполнительной схеме установки приборов цеха КИПиА производства.

4. Соответствие монтажа производственной автоматики требованиям пожарной безопасности:

а) исполнение электрооборудования средств производственной автоматики;

б) наличие заземления всех щитов и приборов автоматики;

в) выполнение трубных проводок;

г) выполнение электропроводов;

д) установка щитов и пультов;

е) установка приборов и устройств производственной автоматики.

5. Соответствие приборов автоматики инструкциям заводов-изготовителей.

6. Наличие на приборах клейма или пломбы с оттиском государственного поверителя.

7. Выполнение графика государственной и ведомственной проверки приборов, подписанного главным инженером предприятия и утвержденного районным комитетом стандартов и измерительных приборов с результатами проверок. Сроки проверки средств измерения, применяемых для обеспечения безопасности ведения процесса, должны быть согласованы со службой техники безопасности предприятия и органами Госгортехнадзора РФ.

8. Состояние объекта по пожаро- и взрывоопасности в различных режимах работы и автоматических средств его защиты. Автоматические средства защиты технологического процесса проверяются на основании документов, утвержденных главным инженером предприятия и включающих:

а) перечень блокировок и сигнализаций с указанием пределов срабатывания (уставок);

б) инструкцию по эксплуатации и проверке работоспособности противаварийных блокировок и сигнализаций;

в) график проверки работоспособности блокировок и сигнализаций.

На основании вышеприведенных документов проводятся проверки работоспособности блокировок и сигнализации и составляются акты с подписями технолога, представителей служб КИПиА и энергетика. Результаты проверок заносятся в специальный журнал. Надо иметь в виду, что сотрудники надзорных органов, включая и ГПН, не имеют права самостоятельной проверки работоспособности устройства производственной автоматики, аварийных защит и т.п.

По результатам экспертизы соответствия проектных материалов производственной автоматике требованиям пожарной безопасности составляется заключение по проекту, а по итогам пожарно-технического обследования объекта автоматизации в предписания органов ГПН включаются мероприятия по устранению недостатков, имевших место на стадии проектирования, монтажа и эксплуатации средств автоматизации, а также включаются мероприятия по совершенствованию автоматической защиты технологического процесса.

10.6. Измерительная информация в пожарном надзоре технологических процессов производств

Экспертиза проектных материалов технологической части и раздела по автоматизации производства на соответствие требованиям пожарной безопасности, а также пожарно-технические обследования с проверкой выполнения норм и правил монтажа, приемки и эксплуатации средств производственной автоматики дают необходимые сведения для оценки пожарной безопасности объекта, но этих сведений недостаточно, чтобы составить представление о пожарной опасности непосредственно технологического процесса в настоящий момент, его физико-химических превращениях и параметрах, их характеризующих. В конечном счете объективно судить в текущий момент времени (имеется в виду время проведения пожарно-технического обследования) о противопожарном состоянии непосредственно технологического процесса можно только после проверки соответствия необходимой задействованной приборной техники исполнительной схеме и сопоставления текущих измеренных значений параметров, характеризующих технологический процесс, с нормами их контрольных значений по технологическому регламенту. Иначе говоря, требуется идентификация величин, характеризующих сущность технологических процессов в реальном времени с использованием измерительных средств и получаемой с них информации. Измерительной информацией называют упорядоченные количественные сведения о каком-либо свойстве материального объекта (тела, явления, вещества и т.п.), получаемые опытным путем с помощью специальных технических средств (измерительных приборов или систем). Совокупность устройств представления информации, имеющих единую цель и программу функционирования, объединенных общим источником измерительной информации (объектом управления) и ее приемником (человеком), принято называть системой отображения информации (СОИ). Рассмотрим виды СОИ и их возможности по анализу работниками ГПС противопожарного состояния технологического процесса при проведении пожаро-технического обследования.

Существуют несколько признаков, на основе которых осуществляется классификация систем "человек-автомат" и соответственно систем ото-

бражения информации. С точки зрения обеспечения техники безопасности и пожарной защиты, наиболее приемлема классификация СОИ по способу предъявления потока информации человеку. По способу предъявления информации СОИ могут быть разделены на четыре группы (рис. 10.4): СОИ с индивидуальным способом предъявления информации; СОИ с предъявлением информации в обобщенном виде; СОИ с регулируемым потоком; СОИ с иерархическим способом предъявления информации.



Рис. 10.4. Классификация систем отображения информации

СОИ с индивидуальным способом предъявления информации образуются из отдельных устройств представления информации так, что состояние каждого контролируемого параметра отображается своим индивидуальным устройством. Предъявление информации оператору производится одновременно в течение всего процесса отображения. Положительными сторонами такого способа организации потока информации являются: простота конструкции, полнота отображения информации, оперативность отображения (информация о ходе технологического процесса во всех контролируемых точках отображается одновременно), надежность отображения (отображение осуществляется параллельно всеми устройствами). Работая с такими СОИ путем считывания информации со шкал отсчета диаграмм записи и сопоставляя их с документальными значениями, работник ГПС составит достаточно полное представление о состоянии технологического процесса в целом, а также по участкам, стадиям и отдельным аппаратам и агрегатам. Недостатками индивидуальных СОИ, с точки зрения восприятия информации, являются: большой объем избыточной информации, трудность соотнесения между собой множества отдельных показаний приборов для оценки ситуации по пожаро- и взрывоопасности в целом, большая площадь, занимаемая СОИ, что увеличивает время поиска необходимого сообщения. Однако в настоящее время такие СОИ пока наиболее широко распространены в практике автоматизации потенциально пожаро- и взрывоопасных технологических процессов.

СОИ с предъявлением информации в обобщенном виде выдают информацию о множестве параметров на одном индикаторе в виде единой

"совокупной" или "генеральной" характеристики. Преимуществами способа являются:

а) резкое сокращение передаваемого человеку потока информации. Сокращение потока происходит в вычислительном комплексе путем переработки потока по заданной программе (вычисление, например, статистических характеристик процесса-функции распределения, математического ожидания, коэффициентов полезного действия, оптимизации и экономической эффективности и т.п. К сожалению, в настоящее время мы не можем предложить для обработки в вычислительном комплексе обобщающего критерия по пожаро- и взрывоопасности объекта);

б) уменьшение доли второстепенной информации и автоматическое обобщение информации, которое снабжает оператора информацией о ситуации в целом без каких-либо затрат времени на это с его стороны. Однако вместе с сокращением второстепенной информации теряется часть полезной и очень важной для работника ГПН информации, например "генеральная" характеристика не несет сведений об адресах отклонившихся величин, о причинно-следственных связях, обусловивших отклонение от нормы, и др. Применение таких СОИ снижает также надежность отображения и требует от обслуживающего персонала и работников надзорного органа глубокого знания поведения контролируемого объекта. В целях повышения уровня пожарной безопасности объекта работникам ГПН следует рекомендовать обеспечение таких систем дополнительными средствами индивидуального отображения, которые независимо от работы основного индикатора непрерывно и оперативно характеризуют значение наиболее ответственных по пожару и взрыву параметров.

СОИ с регулируемым потоком информации с помощью устройств коммутации расчленяют большой поток информации на ряд малых и последовательно предъявляют их оператору. При этом среди них есть системы, предъявляющие информацию "с приоритетом", автоматически выделяющие необходимые в данной фазе технологического процесса величины параметров или наиболее значимые для вида технологического режима (пуск, предаварийная ситуация и т.п.), а также системы, предъявляющие информацию только о тех величинах, которые вышли за допустимые пределы. Работник ГПС, используя в ходе контроля пожаро- и взрывоопасности технологического процесса такие системы, может иметь подробные сведения о параметрах на каждом режиме и фазе технологического процесса в необходимом объеме и степени наглядности.

СОИ с иерархическим способом представления информации обеспечивает ее ступенчатость.

П е р в а я с т у п е н ь – отображение состояния технологического процесса в целом. Предъявление некоторой совокупной качественной характеристики с сохранением индивидуальных признаков информации, т.е.

автоматическое, непрерывное и оперативное снабжение человека информацией об общей ситуации (без ее детализации).

В т о р а я с т у п е н ь – отображение по указанию оператора состояния отдельной части, стадии, участка объекта. Предъявляется только та информация, которую найдет нужным получить оператор после ознакомления с общей ситуацией.

Т р е т ь я с т у п е н ь – отображение по требованию оператора информации о состоянии каждого отдельного первичного преобразователя, каждого контролируемого параметра.

Работая с такой системой, работник ГПС может получить информацию о состоянии объекта в целом и с интересующей его детализацией.

Системы отображения информации обеспечивают ее представление оператору посредством устройств представления информации (УПИ), которые в составе системы отображения являются последним звеном измерительного тракта и с которых при необходимости работник ГПН считывает информацию. На рис. 10.5 приведена классификация устройств представления информации. Она выполнена по трем признакам: свойствам носителя информации, виду отображения и форме представления человеку.

По свойствам носителя информации УПИ делятся на регистрирующие и показывающие. Носитель информации в *регистрирующих приборах* – диаграммная бумага, бланк, бумага со специальным покрытием, планшет и др. представляют собой долговременное запоминающее устройство, не разрушающееся при считывании и не требующее регенерации, чтобы принять на хранение поток измерительной информации. Такой вид информации полезен работнику ГПС при исследовании имевших место аварий, взрывов и пожаров. Носитель информации в *показывающих приборах* (шкала, экран, табло) не обладает свойствами долговременной памяти. Информация сохраняется на носителе пока существует сообщение, при этом возможно осуществление экспресс-анализа состояния технологического процесса. По профессиональным соображениям наиболее ответственные параметры пожаро- и взрывоопасного объекта должны подлежать регистрации.

По виду отображения УПИ разделяют на:

$$\text{непрерывные:} \quad A(\alpha); A(t); A(t, N); A(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (10.4) \\ A(x_1, N_1); A(x_1, x_2, \dots, x_n, N),$$

где A – отображающий параметр; α – угол поворота; t – текущее время; x_1, x_2, \dots, x_n – координаты A ; N – дополнительная координата отображаемого параметра A , определяемая видом приемной символики;

$$\text{дискретные:} \quad A(\tau_i) = \int_{-\infty}^{+\infty} A(t) \delta(t - \tau_i) dt, \quad (10.5)$$

где τ – фиксированный момент времени. Сюда же относится отображение зависимостей вида:

$$A(x, \tau_i); A(x, \tau_i, N_i); A(x_1, x_2, \dots, x_n, \tau_i); A(x_1, x_2, \dots, x_n, \tau_i, N), \quad (10.6)$$

где N – фиксированное значение дополнительной координаты отображаемого параметра;

комбинированные: они совмещают на одном носителе информации непрерывный и дискретный вид отображения.

Существенным признаком классификации УПИ является форма представления информации. Информация может быть представлена на носителе в виде непрерывной кривой, графика, диаграммы либо в виде чисел, буквенно-цифровых таблиц и т.п. На рис. 10.5 также приведены виды носителей информации УПИ различных классификационных групп. С ними соотнесен перечень названий номенклатурных групп устройств представления информации, известных в приборостроении.



Рис. 10.5. Классификация устройств представления информации:

- 1 – самопишущие одноканальные (а) и многоканальные приборы (б);
- 2 – координатные построители; 3 – цифровые регистрирующие приборы;
- 4 – знакографические устройства; 5 – приборы показывающие;
- 6 – построители эпюр и графиков; 7 – цифровые индикаторы; 8 – дисплеи

В самопишущих приборах 1 осуществляется регистрация зависимостей вида $y = f(t)$ одной (1а) или нескольких измеряемых величин (1б). Для регистрации двух величин, связанных между собой функциональной зависимостью $y = t(x)$, используются самопишущие приборы следящего преобразования (двухкоординатные графопостроительные 2). Иногда для количественной оценки измеряемой величины используется цифровая регистрация 3. Однако каждому в отдельности – цифровому 3 и графическому 1, 2 – присущи свои недостатки. Так, при цифровой форме записи утрачивается возможность качественного анализа результатов измерений. В свою очередь, получение количественной информации по записи в графической форме сопряжено с возможными ошибками при обработке и затрате времени на ее обработку. Устранить недостатки каждого из рассмотренных видов записи удастся в регистрирующих устройствах, осуществляющих автоматическое совмещение на одном носителе информации в виде графической зависимости и в цифровой форме 4. Индикаторные устройства, используемые в устройствах представления, могут быть разделены на устройства, отображающие информацию в графической 5, 6, знаковой 7 и знакографической форме 8. Наиболее широко распространен в настоящее время для построения графиков, эпюр, гистограмм в графической и знакографической форме способ отображения информации, основанный на использовании электроно-лучевых трубок в устройствах представления информации – дисплеях 8. Обобщенная структурная схема дисплея приведена на рис. 10.6. Назначение блоков, входящих в устройство, очевидно из их названий.

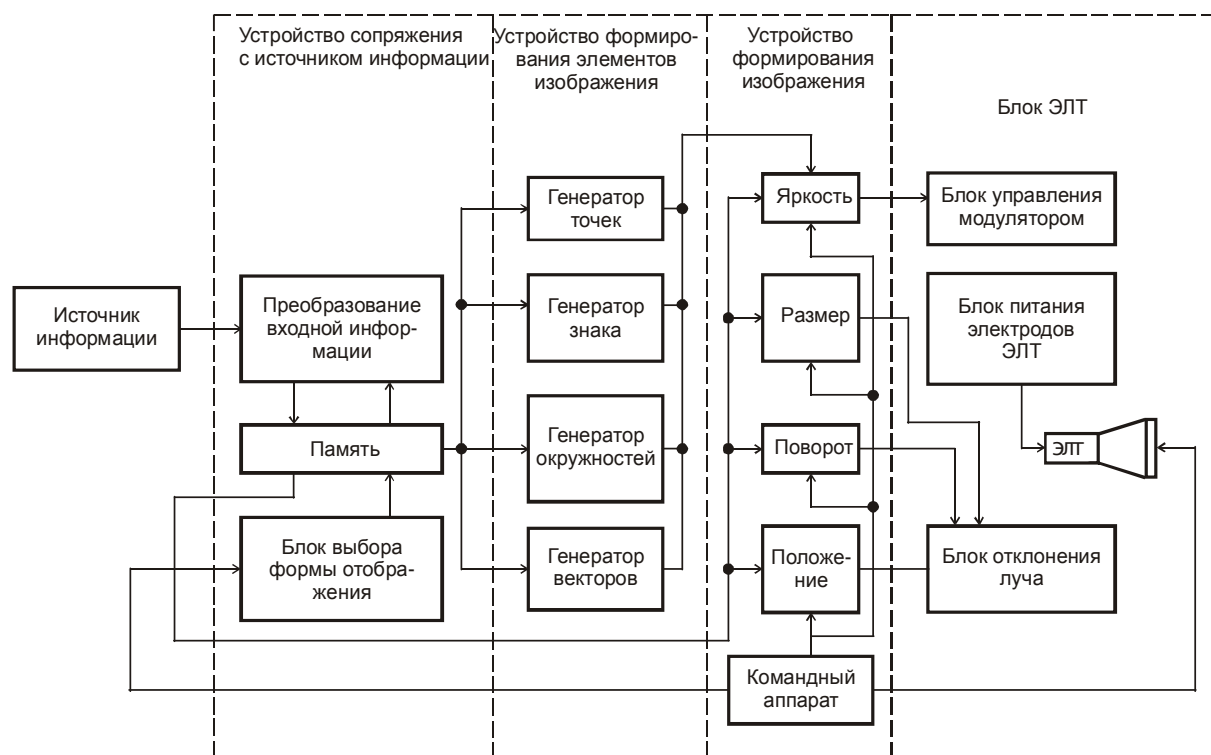


Рис. 10.6. Структурная схема дисплея

Исходя из плана и объема пожарно-технического обследования, работник ГПС, используя информацию в любом из рассматриваемых представлений, сможет оценить пожаро- и взрывоопасность функционирующего технологического процесса и рекомендовать пути ее снижения.

10.7. Диагностика и прогнозирование пожаро- и взрывоопасных состояний технологических процессов

Информация, поступающая с устройств отображения по различным каналам, обеспечивает не только точное выполнение программы управления, но и возможность определения тенденции поведения пожаро- и взрывоопасного объекта. Умение при необходимости дать такую оценку состояния технологического процесса работнику органов ГПС совместно с оперативным персоналом позволит объективно оценить пожаро- и взрывоопасные ситуации и выбрать оптимальные пути их предупреждения. Такая оценка носит опосредованный характер. Это значит, что человек работает не с реальными объектами, а с их информационными моделями, которые представляют собой совокупность сведений о состоянии управляемого объекта, внешней среды, возмущающих воздействий, функционирования измерительной, вычислительной и собственно управляющей аппаратуры. Постоянное ожидание неполадки, аварии или возможного взрыва и пожара вызывают у операторов излишнюю напряженность и, как следствие, ошибочные действия при возникновении таких ситуаций. Во избежание таких нежелательных явлений необходимо прогнозировать чрезмерные отклонения определяющих пожаро- и взрывоопасность параметров технологического процесса и перегрузки отдельных элементов технологического оборудования и устройств автоматики, что даст возможность предупредить неполадки оборудования и отказы в системе управления, которые назревают постепенно.

Как было показано выше, одним из способов прогнозирования, применяемых в практике управления пожаро- и взрывоопасных технологических процессов, является запись изменений параметров, осуществляемая непрерывно. Это дает возможность наблюдать не только текущее значение параметра, но и видеть тенденцию его изменения за предшествующий моменту наблюдения отрезок времени. Следовательно, оператор или лицо, проводящее контроль противопожарного состояния объекта, заметив склонность того или иного параметра к росту или падению, имеет возможность предпринять меры, направленные на предотвращение его отклонений и исключение возможной аварии, взрыва или пожара. Развитием этого способа служит применение автоматических сигнализаторов скорости падения или нарастания численных значений контролируемых параметров.

Превышение скорости изменения параметра сверх установленного допустимого значения может сопровождаться светозвуковой сигнализацией. Такой способ позволяет контролировать несколько наиболее важных параметров и требует постоянного внимания оператора. Прогнозирование множества параметров одновременно достигается с помощью спорадического контроля. Он состоит в том, что оператор с помощью задатчика может временно изменить предел срабатывания (уставки) сразу на всех сигнализаторах срабатывания аварийных технологических защит. По мере медленного поворота ручки задатчика в сторону предела срабатывания на табло высвечиваются сигналы параметров, находящихся на все большем удалении от первоначально установленного значения. Пользуясь этим способом, оператор может видеть, какой участок технологического процесса наиболее склонен к аварии, и предпринять необходимые меры по ее предотвращению.

Предупреждение отказов в работе элементов системы управления достигается, во-первых, постоянной световой сигнализацией о наличии напряжения в цепях электрического питания; во-вторых, принудительным (в целях контроля) замыканием контактных устройств аварийной сигнализации.

Решающую роль в предупреждении повреждений и аварий с последующими взрывами и пожарами, развивающихся постепенно, играет правильно и своевременно поставленный диагноз состояния оборудования. Процесс диагноза заключается в поэтапном установлении истинной причины прогрессирующего отклонения параметра от установленного значения. В основу автоматического устройства диагностики может быть положена формализованная модель деятельности опытного оператора, ставящего диагноз состояния объекта управления. Как видно из рис. 10.7, концентрические окружности, расположенные по степени важности событий, означают подмножества признаков $j \in i$, характеризующих то или иное состояние. Запрашивая информацию из отдельных точек объекта, оператор "продвигается" по той или иной ветви причинно-следственного графа от центра (исходного события) к периферии (подмножеству возможных признаков). Отвергая (0) или принимая (1), тот или иной признак (гипотезу), оператор "подходит" к исходному событию и устанавливает диагноз. Вид такого графика показан на примере выявления причины роста температуры подшипников (рис. 10.8). Расщепление графа на возможные причины прекращается после установления истинной причины, которая характеризуется четким и однозначным указанием источника отклонения параметра или режима работы от заданного значения. На основе подобных моделей могут быть синтезированы логические устройства диагностики или же составлены алгоритмические программы для ЭВМ. Одной из форм отображения

предаварийной ситуации на объекте защиты в процессе диагноза служит причинно-следственный граф, вызываемый на экран монитора оператором при участии сотрудника органов ГПН.

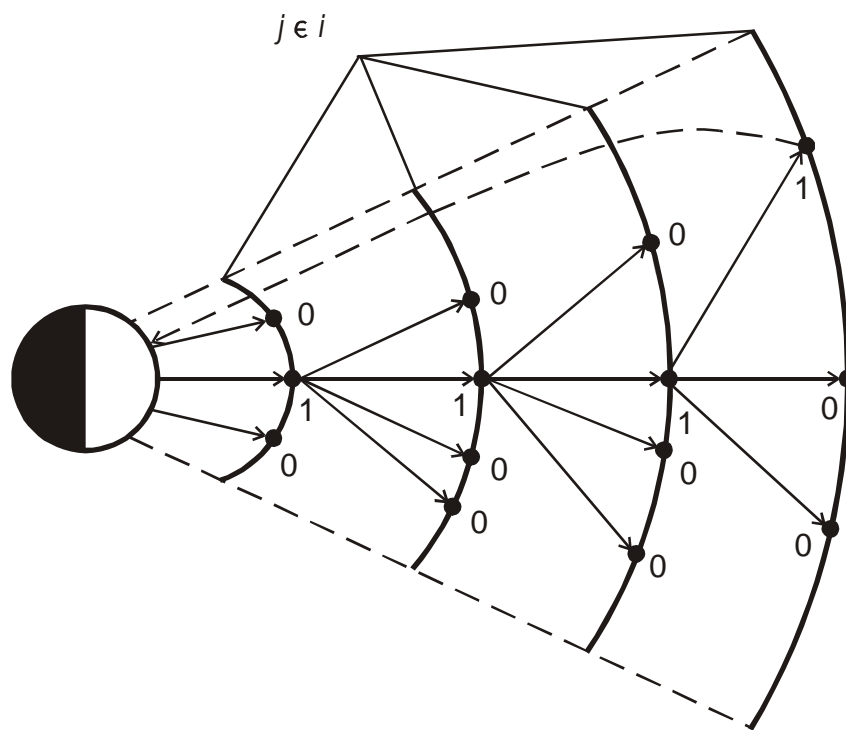


Рис. 10.7. Формализованная модель деятельности оператора, ставящего диагноз состоянию объекта управления

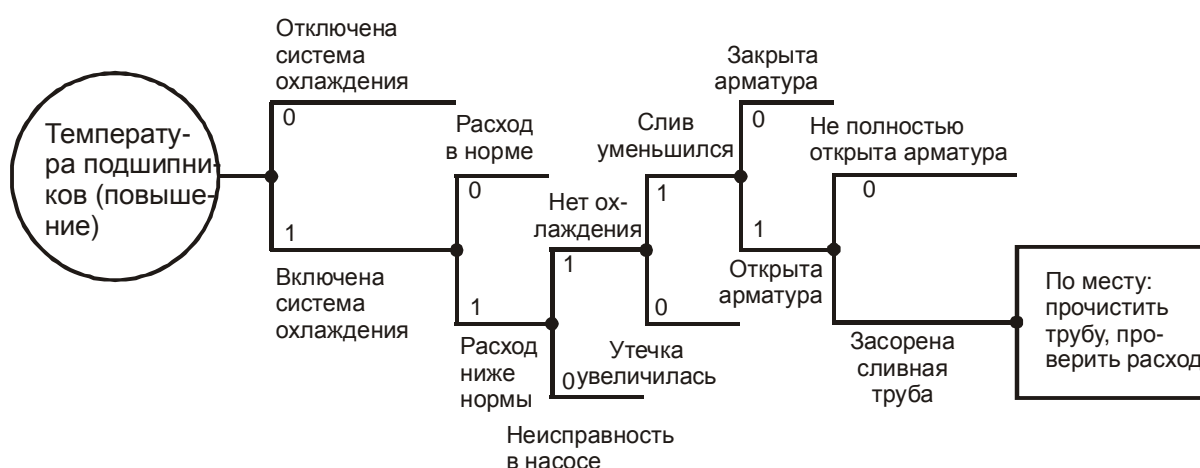


Рис. 10.8. Причинно-следственный граф (диагностическое дерево) выявления причины повышения температуры подшипника

Процедуру процесса диагноза и принятия решения по управлению объектом и его противоаварийной и пожарной защите можно положить в основу алгоритма функционирования диагностической системы управления. Во всех случаях функции такой системы позволяют по результатам диагноза принимать и осуществлять определенные решения по управлению объектом и его защите. В современных АСУТП эти системы, помимо технической диагностики состояния объекта управления, решают сложные задачи технической генетики (выявление и анализ неполадок и аварий в прошлом) и прогностики (предсказание изменений технологических параметров и состояния оборудования через заданный отрезок времени в будущем), связанные с комплексом вычислительных и логических операций. Главная цель применения диагностических систем управления в снижении аварийности, уменьшении или исключении числа пожаров и взрывов и уменьшении затрат на ремонтные работы и незапланированные остановки и пуски оборудования.

Использование рассмотренных методов оценки состояния технологического оборудования и прогнозирования хода технологического процесса способствует повышению уровня и качества пожарно-технического обследования и ускорению реализации предлагаемых инженерно-технических решений по совершенствованию противопожарной защиты объекта.

10.8. Примеры автоматизации технологических процессов

Типовое решение автоматизации перемещения жидкостей и газов разрабатывается одновременно для процессов перемещения как жидкостей, так и газов, поскольку при скорости газа меньше скорости звука движение жидкостей и газов характеризуется одними и теми же законами. Поэтому все приведенные в дальнейшем рассуждения, относящиеся к жидкости, справедливы и для газа.

В качестве объекта управления примем трубопровод 6, по которому транспортируется жидкость от аппарата 1 к аппарату 8 при помощи центробежного насоса (компрессора) 2 с приводом от асинхронного двигателя 4 (рис. 10.9). Показателем эффективности данного процесса служит расход G перемещаемой жидкости.

Процесс перемещения в промышленности является вспомогательным: его необходимо проводить таким образом, чтобы обеспечивался эффективный режим основного процесса, обслуживаемого данной установкой перемещения. В связи с этим необходимо поддерживать определенное, чаще всего постоянное, значение расхода G . Это и будет целью управления.

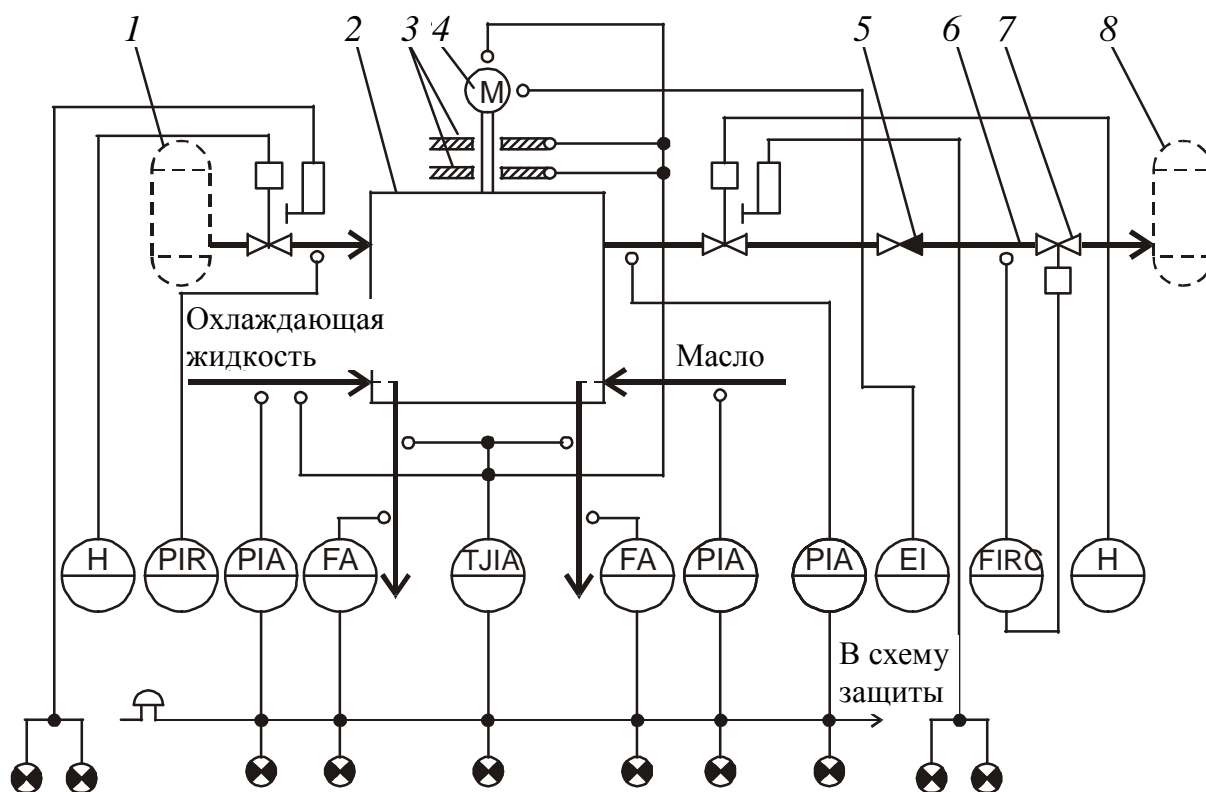


Рис. 10.9. Типовая схема автоматизации перемещения жидкости:

- 1, 8 – технологические аппараты; 2 – насос (компрессор);
3 – подшипник; 4 – электродвигатель; 5 – обратный клапан;
6 – трубопровод; 7 – дроссельный орган

Проведем анализ объекта для выявления возмущений, возможности их ликвидации и путей внесения управляющих воздействий.

Массовый расход жидкости в трубопроводе определяют по формуле

$$G = VF\rho, \quad (10.7)$$

где V – скорость перемещения жидкости в трубопроводе; F – поперечное сечение трубопровода; ρ – плотность жидкости.

Скорость V в общем случае зависит от следующих параметров:

$$V = f(P, \eta), \quad (10.8)$$

где P – движущая сила процесса (разность давлений в начале P_n и в конце P_k трубопровода); η – динамическая вязкость перемещаемой жидкости. Движущая сила P зависит от характеристик насоса, от давления в аппаратах, в которые и из которых перемещается жидкость, и от общего гидравлического сопротивления трубопровода (суммы сопротивлений собственно трубопровода, поворотов, сужений, запорной арматуры).

Насос нормального исполнения с асинхронным двигателем в качестве привода имеет постоянные характеристики. При использовании специаль-

ного оборудования с изменением характеристик в объект могут быть внесены регулирующие воздействия.

Давление в аппаратах 1 и 8 определяется технологическим режимом процессов, протекающих в них. Если режим предусматривает изменение давлений, то по данным каналам в объект управления будут поступать возмущения.

Изменение общего гидравлического сопротивления трубопровода может быть обусловлено многими причинами. Его можно стабилизировать или же целенаправленно изменять, перемещая подвижную часть дроссельного органа (вентиля, клапана, заслонки), установленного на трубопроводе (дроссельное регулирование).

Вязкость и плотность перемещаемой жидкости определяются технологическим режимом предыдущего процесса, поэтому их изменения являются возмущающими воздействиями, ликвидировать которые при управлении данным процессом невозможно.

Анализ объекта управления показал, что большую часть возмущающих воздействий не удастся ликвидировать. Учитывая это, в качестве регулируемой величины необходимо взять непосредственно показатель эффективности – расход G . Наиболее простым способом регулирования является изменение положения дроссельного органа на трубопроводе нагнетания. Устанавливать дроссельный орган на трубопроводе всасывания не рекомендуется, так как это может привести к кавитации и быстрому разрушению лопаток насоса.

При пуске, наладке и поддержании нормального режима процесса перемещения необходимо контролировать расход G , а также давление во всасывающей и нагнетательной линиях насоса; для правильной эксплуатации установки перемещения требуется контролировать температуру подшипников и обмоток электродвигателя насоса, температуру и давление смазки и охлаждающей жидкости; для подсчета технико-экономических показателей процесса следует контролировать количество энергии, потребляемой приводом.

Сигнализацией, контролирующей давление, оборудуются линии нагнетания, поскольку значительное изменение его свидетельствует о серьезных нарушениях процесса. Кроме того, необходима сигнализация, контролирующая изменение давления и наличие потока в системе смазки и охлаждения, температуры подшипников и обмоток электродвигателя, масла и воды. Сигнализацией обеспечивается также положение задвижек в линиях всасывания и нагнетания.

Если давление в линии нагнетания или параметры, характеризующие состояние объекта, продолжают изменяться, несмотря на принятые обслуживающим персоналом меры, то должны сработать автоматические уст-

ройства защиты. Они отключают действующий аппарат перемещения и включают резервный (на рис. 10.9 не показан).

Типовое решение автоматизации смешения жидкостей. При разработке типового решения под объектом управления будем понимать емкость с механической мешалкой, в которой смешиваются две жидкости (рис. 10.10). В качестве показателя эффективности процесса перемешивания примем концентрацию какого-либо компонента в смеси, а целью автоматизации будет получение смеси с определенной концентрацией этого компонента.

Зависимость показателя эффективности от параметров процесса можно вывести из уравнения материального баланса по искомому компоненту:

$$G_{\text{см}} C_{\text{см}} = G_A C_A + G_B C_B, \quad (10.9)$$

где $G_{\text{см}}$, G_A , G_B – расходы смеси, жидкости А и жидкости Б соответственно, $C_{\text{см}}$ – концентрация искомого компонента в смеси; C_A , C_B – концентрация искомого компонента в жидкостях А и Б соответственно.

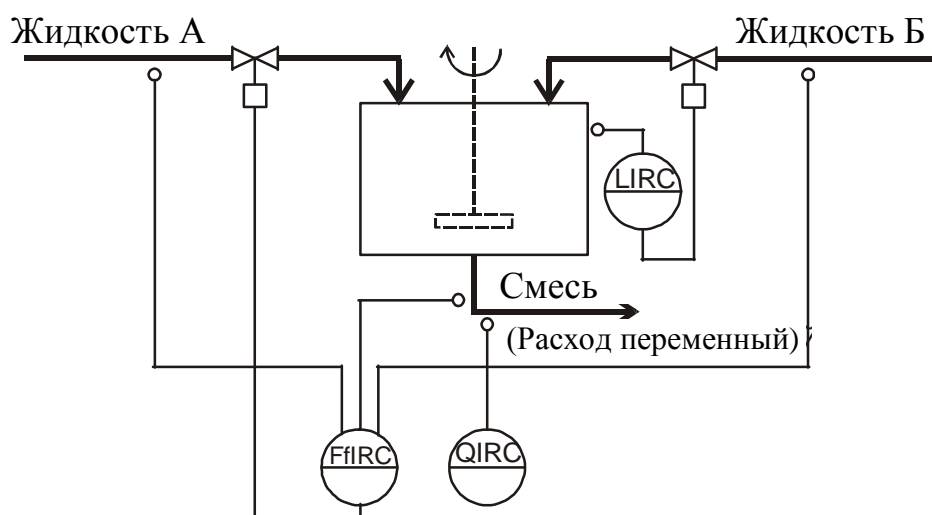


Рис. 10.10. Схема регулирования процесса смешения при значительных изменениях расхода одной из жидкостей

Учитывая, что расход $G_{\text{см}}$ в установившемся режиме равен сумме расходов G_A и G_B , и решая это уравнение относительно концентрации $C_{\text{см}}$, получаем

$$C_{\text{см}} = \frac{G_A C_A + G_B C_B}{G_A + G_B}. \quad (10.10)$$

С изменением расходов G_A и G_B в объект будут поступать возмущающие воздействия. Если между предыдущими процессами и процессом смешения установить емкости, то можно целенаправленно изменять один из этих расходов в целях поддержания концентрации $C_{см}$ на заданном значении. Более эффективно изменять расход той жидкости, в которой концентрация искомого компонента выше.

Концентрации C_A и C_B определяются технологическими режимами предыдущих процессов, поэтому стабилизировать или изменять их для достижения цели управления невозможно.

Итак, в смеситель могут поступать возмущающие воздействия, поэтому следует регулировать непосредственно концентрацию $C_{см}$, внося регулирующие воздействия изменением одного из расходов G_A или G_B .

В смесителе необходимо иметь определенный объем жидкости. Существенное изменение объема жидкости может привести к переполнению аппарата или его опорожнению, при этом процесс смешения становится невозможным. Показателем объема жидкости является уровень в аппарате, поэтому его необходимо стабилизировать. Уровень жидкости зависит от расходов G_A , G_B , $G_{см}$. Если расход $G_{см}$ определяется ходом последующего процесса, то его нельзя ни стабилизировать, ни использовать для внесения регулирующих воздействий. Один из расходов G_A или G_B (например, G_A), как уже сказано, будет использоваться для внесения регулирующих воздействий при регулировании концентрации $C_{см}$. Следовательно, единственным каналом для внесения регулирующих воздействий при стабилизации уровня является другой расход G_B . Отметим, что осуществляя регулирующие воздействия, регулятор уровня создает возмущения для регулятора концентрации $C_{см}$.

Для успешной эксплуатации смесителя, оперативного управления им и подсчета технико-экономических показателей следует контролировать концентрацию $C_{см}$, расходы G_A , G_B , и $G_{см}$, уровень жидкости в смесителе и количество энергии, потребляемой приводом мешалки. При значительном отклонении концентрации $C_{см}$ и уровня в смесителе от заданных значений должен быть подан сигнал. При достижении критического значения уровня подача жидкости должна быть прекращена.

Если расход смеси не обусловлен ходом последующего технологического процесса, то его нужно использовать для регулирования уровня в смесителе: изменением расхода одной жидкости поддерживать постоянной концентрацию $C_{см}$, а расход другой стабилизировать.

Типовое решение автоматизации отстаивания жидких систем. Основные принципы управления при автоматизации процессов отстаивания рассмотрим на примере отстойника со скребковым устройством (рис. 10.11). Процессы отстаивания проводятся, как правило, в целях полного извлечения твердой фазы (ценного продукта) из жидкости, поэтому показателем

эффективности процесса будем считать концентрацию твердой фазы в осветленной жидкости, а целью автоматизации – поддержание ее на заданном (минимально возможном для данных производственных условий) значении.

В объект управления процесса разделения могут поступать многочисленные возмущающие воздействия: изменение расхода суспензии, дисперсности (гранулометрического состава) твердой фазы. Все эти возмущения определяются технологическим режимом предыдущего процесса, поэтому устранить их при управлении процессом отстаивания невозможно. Особенно сильными возмущениями являются изменения расхода суспензии и концентрации твердой фазы в ней.

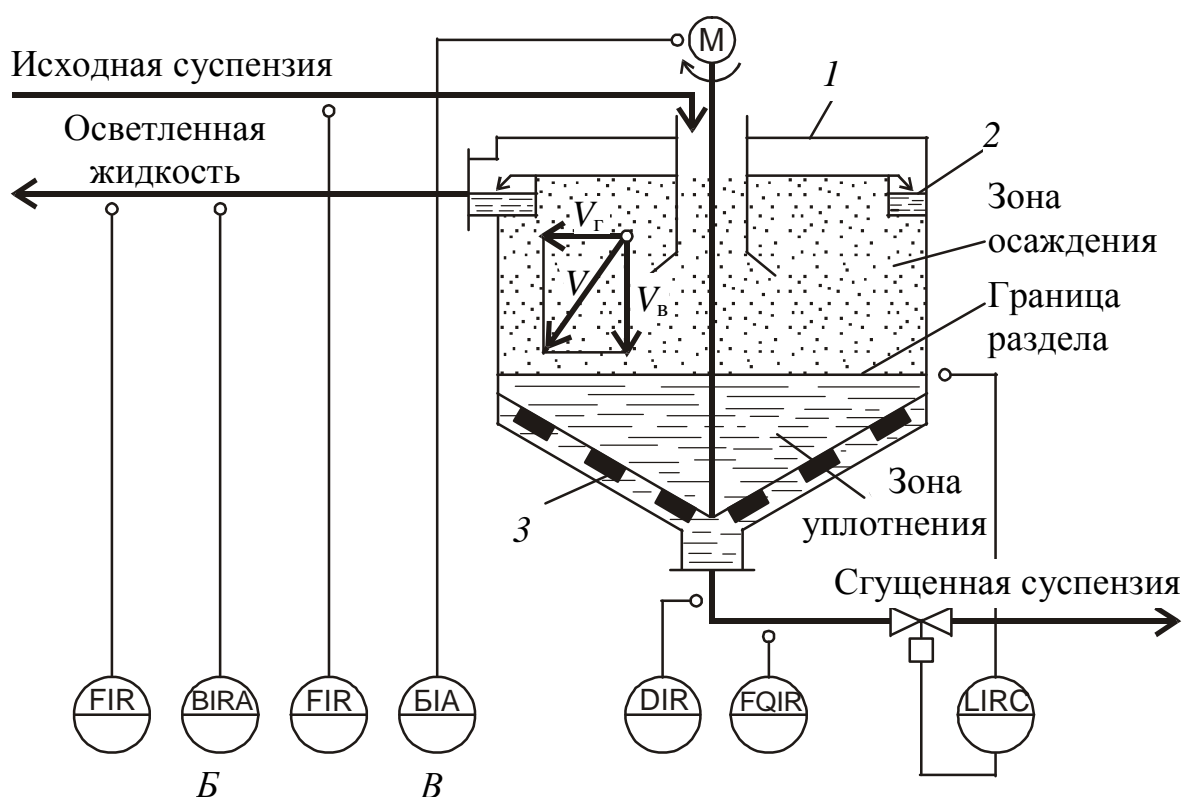


Рис. 10.11. Типовая схема автоматизации процесса отстаивания:
 1 – отстойник; 2 – переливное устройство; 3 – мешалка;
 Б – момент на валу; В – мутность жидкости

Рассмотрим, каким образом при наличии перечисленных возмущений можно достичь цели управления. На твердую частицу суспензии в отстойнике действуют одновременно сила инерции и сила тяжести. Поэтому истинное значение скорости V движущейся частицы является результирующая линия (см. рис. 10.11) горизонтальной составляющей скорости V_G и вертикальной составляющей V_B , а положение частицы определяется отно-

шением этих скоростей: если $V_b < V_r$, то частица оседает в бункер отстойника; если же $V_b > V_r$, то частица уносится в выходной патрубок. Скорость осаждения V_b частиц, имеющих шарообразную форму, для высококонцентрированных суспензий может быть рассчитана по уравнению

$$V_b = 0,07 \frac{dg(\rho_t - \rho_{ж})\varepsilon^2}{\mu(1 - \varepsilon)}, \quad (10.11)$$

где d – диаметр частицы; g – ускорение свободного падения; ρ_t , $\rho_{ж}$ – плотность соответственно твердой и жидкой фаз; ε – объемная доля жидкости в суспензии; μ – динамическая вязкость суспензии.

Анализ уравнения показывает, что скорость V_b является переменной величиной, зависящей от изменяющихся во времени параметров: диаметра частиц, концентрации твердой фазы, плотностей фаз, динамической вязкости суспензии. Стабилизировать скорость невозможно, так как все перечисленные параметры определяются предшествующим процессом. Для того чтобы при изменяющейся скорости осаждения частицы успевали осесть в бункер, подбирают такие значения расхода суспензии и диаметра отстойника, которые обеспечивают нужное соответствие скоростей V_b и V_r . Необходимость в непосредственном регулировании показателя эффективности процесса при этом отпадает.

Уровень жидкости в отстойнике поддерживается постоянным за счет свободного перелива осветленной жидкости.

В отстойнике необходимо поддерживать на постоянной высоте границу раздела зон осаждения и уплотнения. Эта высота зависит от расхода сгущенной суспензии, поэтому регулирующее воздействие вносится изменением степени открытия специальных клапанов (для высоковязких жидкостей) на линии сгущенной суспензии.

В качестве контролируемых величин принимают расходы исходной и сгущенной суспензий, осветленной жидкости, а также мутность осветленной жидкости, которая является косвенным параметром, характеризующим показатель эффективности и плотность сгущенной суспензии. Контролируется, кроме того, уровень границы раздела зон при помощи гидростатического приемника с непрерывной промывкой. Работа механической части отстойников контролируется путем непосредственного измерения момента на валу двигателя. Можно проводить контроль и по косвенному параметру – мощности, потребляемой приводом электродвигателя. Перегрузка электродвигателя сигнализируется. В случае повышенных перегрузок дается сигнал в схему защиты. Сигнализируется также увеличение мутности осветленной жидкости.

Типовое решение автоматизации нагревания жидкостей. Основные принципы автоматизации процесса нагревания рассмотрим на примере

поверхностного кожухотрубчатого теплообменника (рис. 10.12), в который подают нагреваемый продукт и теплоноситель. Показателем эффективности данного процесса является температура $t_{\text{п}}''$. Она может быть найдена из уравнения теплового баланса:

$$G_{\text{п}} c_{\text{п}} (t_{\text{п}}'' - t_{\text{п}}') = G_{\text{т}} c_{\text{т}} (t_{\text{т}}' - t_{\text{т}}''), \quad (10.12)$$

где $G_{\text{п}}$, $G_{\text{т}}$ – расходы, соответственно, продукта и горячего теплоносителя; $c_{\text{п}}$, $c_{\text{т}}$ – удельные теплоемкости продукта и горячего теплоносителя; $t_{\text{п}}'$, $t_{\text{т}}'$ – температуры продукта и горячего теплоносителя на входе в теплообменник; $t_{\text{т}}''$ – температуры горячего теплоносителя и продукта на выходе из теплообменника.

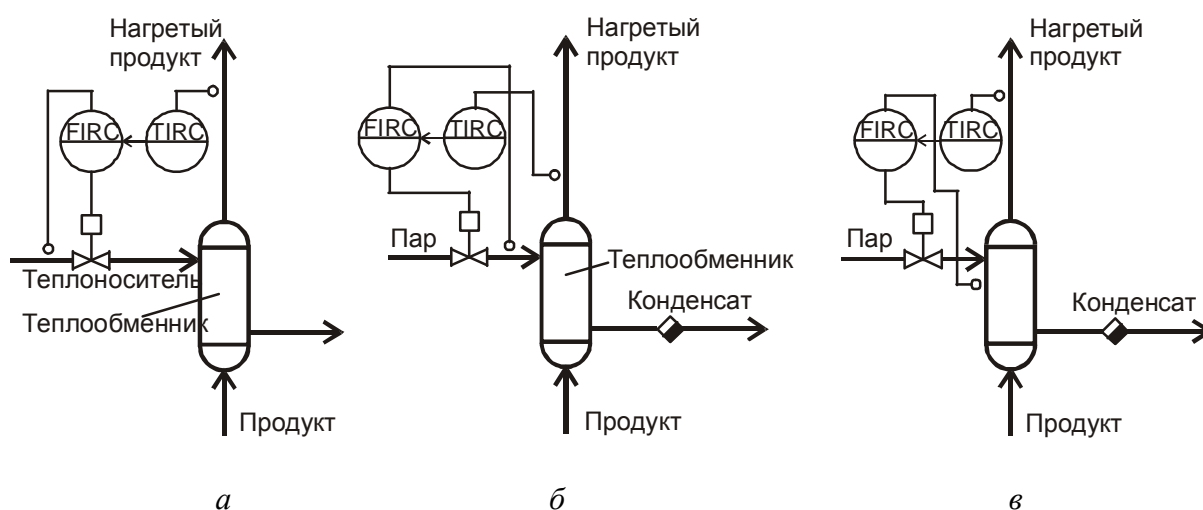


Рис. 10.12. Двухконтурная система регулирования процесса нагрева с использованием в качестве регулируемой величины расхода теплоносителя (а), давления пара (б) и давления в межтрубном пространстве (в)

Решая данное уравнение относительно $t_{\text{п}}''$, получаем:

$$t_{\text{п}}'' = (G_{\text{т}} c_{\text{т}} / G_{\text{п}} c_{\text{п}})(t_{\text{т}}' - t_{\text{т}}'') + t_{\text{п}}'. \quad (10.13)$$

Расход теплоносителя $G_{\text{т}}$ можно легко стабилизировать или использовать для внесения эффективных регулирующих воздействий. Расход продукта $G_{\text{п}}$ определяется другими технологическими процессами, а не процессом нагрева, поэтому он не может быть ни стабилизирован, ни использован для внесения регулирующих воздействий; при изменении $G_{\text{п}}$ в теплообменник будут поступать сильные возмущения. Температуры $t_{\text{п}}$ и $t_{\text{т}}$, а также удельные теплоемкости $c_{\text{п}}$ и $c_{\text{т}}$ определяются технологическими режимами других процессов, поэтому стабилизировать их при ведении

процесса нагревания невозможно. К неликвидируемым возмущениям относится также изменение температуры окружающей среды и свойств теплопередающей стенки вследствие отложения солей, а также коррозии.

Анализ объекта управления показал, что большую часть возмущающих воздействий невозможно устранить. В связи с этим следует в качестве регулируемой величины брать температуру, а регулирующее воздействие осуществлять путем изменения расхода G_T .

Теплообменники как объекты регулирования температуры обладают большими запаздываниями, поэтому следует уделять особое внимание выбору места установки датчика и закону регулирования. Для уменьшения транспортных запаздываний датчик температуры необходимо помещать как можно ближе к теплообменнику. Для устранения запаздывания может быть эффективным применение регуляторов с предварением и исполнительных механизмов с позиционерами.

В качестве контролируемых величин следует принимать расходы теплоносителей, их конечные и начальные температуры, давления. Знание текущих значений этих параметров необходимо для нормального пуска, наладки и эксплуатации процесса. Расход G_T требуется знать также для подсчета технико-экономических показателей процесса, а расход G_n и температуру – для оперативного управления процессом.

Контролю и сигнализации подлежат температура и расход продукта. В связи с тем, что резкое падение расхода G_n может послужить причиной выхода из строя теплообменника, устройство защиты в этом случае должно перекрывать линию горячего теплоносителя.

Все рассуждения в отношении процесса нагревания справедливы и для процесса охлаждения. Объектом управления в этом случае будет являться кожухотрубный теплообменник, в который подается хладоноситель и охлаждаемый продукт; показателем эффективности – конечная температура продукта, а целью управления – поддержание этой температуры на заданном значении. Основным узлом управления будет регулятор конечной температуры охлаждаемого продукта, регулирование же будет осуществляться путем изменения расхода хладоносителя.

Типовое решение автоматизации перемещения твердых материалов (рис. 10.13). В качестве объекта управления процессом перемещения твердых материалов примем ленточный транспортер, перемещающий сыпучий материал. Показателем эффективности этого процесса является расход транспортируемого материала, а целью управления будем считать поддержание заданного значения расхода. В связи с тем, что все возмущения на входе в объект (изменение гранулометрического состава материала, его влажности и насыпной массы, проскальзывание ленты транспортера и т.п.) устранить невозможно, расход материала следует принять в качестве

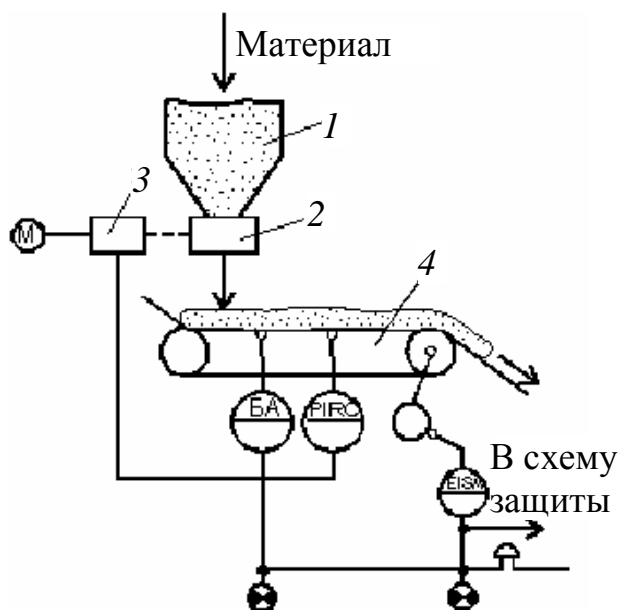


Рис. 10.13. Типовая схема автоматизации процесса перемещения сыпучих материалов:
 1 – бункер; 2 – дозатор; 3 – вариатор;
 4 – ленточный транспортер

регулируемой величины и регулировать его корректировкой работы дозирующих устройств. Контролю подлежат расход перемещаемого материала и количество потребляемой приводом электроэнергии. При резком возрастании тока электродвигателя транспортера, например в случае заклинивания ленты, должны сработать устройства сигнализации и защиты. Последние отключают электродвигатель.

В связи с возможностью засорения отдельных участков транспортной системы посторонними включениями (комками, налипшим материалом) и опасностью выхода из строя отдельных элементов

транспортера контролируется и сигнализируется также наличие потока материала с помощью специального датчика.

Необходимо заметить, что типовые решения автоматизации ленточного транспортера при перемещении штучных грузов аналогичны, но в качестве регулируемой величины в этом случае следует принять число единиц груза в единицу времени, а регулирующее воздействие осуществлять корректировкой работы погрузочных устройств.