

В. Г. ТРЕГУБ, А.П. ЛА ДАНЮК, Л.Н.ПЛУЖНИКОВ

# **ПРОЕКТИРОВАНИЕ, МОНТАЖ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**



**ББК 36.81**  
**Т66 УДК 65.011.56.001.12:664**

**Редактор А. П. Серик**

**Рецензенты:** кафедра автоматизации технологических процессов Московского технологического института пищевой промышленности (проф. *И. К. Петров*) и канд. техн. наук В.А.Соколов

**Т66**

**Трегуб В. Г., Ладанюк А. П., Плужников Л. Н.** Проектирование, монтаж и эксплуатация систем автоматизации в пищевой промышленности. - М.: Агропромиздат, 2001. - 352 с.: ил. -(Учебники и учеб. пособия для студентов высших учебных заведений).

ISBN 5-10-001082-7

Описаны основы инженерно-технического и организационного обеспечения важных этапов внедрения средств и систем автоматизации в производство, методы проектирования, монтажа и наладки как локальных систем автоматизации, так и автоматизированных систем управления с использованием ЭВМ. Изложение материала базируется на главных современных направлениях, связанных с автоматизацией проектно-конструкторских работ на основе вычислительной техники, применением встроенных микропроцессорных систем автоматического управления, созданием автоматизированных цехов и производств.

4001030000-222  
Т ----- 320-01  
035(01)-91

ББК 36.81

ISBN 5-10-001082-7

© В. Г. Трегуб, А. П. Ладанюк, Л. Н. Плужников, 2001

## ОГЛАВЛЕНИЕ

От авторов.....	4
Введение .....	5
<b>Глава 1. Характеристика проектной документации, задачи и проектирования систем автоматизации .....</b>	<b>9</b>
1.1.Общая характеристика проектной документации и задачи проектирования систем автоматизации .....	9
1.2.Организация проектирования локальных систем автоматизации.....	12
1.3.Организация проектирования автоматизированных систем управления.....	15
<b>Глава 2. Проектирование локальных систем автоматизации.....</b>	<b>24</b>
2.1.Структурные схемы управления и контроля.....	24
2.2.Схемы автоматизации технологических процессов.....	29
2.3.Принципиальные электрические и пневматические схемы.....	54
2.4.Питание систем автоматизации .....	76
2.5.Щиты и пульты .....	93
2.6.Внешние электрические и трубные проводки.....	121
<b>Глава 3. Проектирование автоматизированных систем управления. ....</b>	<b>144</b>
3.1.Организационное обеспечение .....	144
3.2.Техническое обеспечение .....	160
3.3.Программное обеспечение .....	169
3.4.Информационное и метрологическое обеспечение .....	190
3.5.Организация работ по созданию АСУ ТП, входящей в состав поставляемого АТК .....	202
<b>Глава 4. Системы автоматизированного проектирования</b>	
4.1.Общие сведения о системах автоматизированного проектирования. ....	206
4.2.Технические средства .....	214
4.3.Информационное обеспечение.....	225
4.4.Математическое и программное обеспечения ....	232
<b>Глава 5. Монтаж и наладка локальных систем автоматизации</b>	
5.1.Организация монтажных и наладочных работ ..	266
5.2.Монтаж отборных устройств и первичных измерительных преобразователей.....	274
5.3.Монтаж приборов, регуляторов и исполнительных устройств.....	276
5.4.Наладка локальных систем автоматизации.....	279
<b>Глава 6. Монтаж и внедрение автоматизированных систем управления</b>	
6.1.Организация работ при монтаже и внедрении автоматизированных систем управления.....	285
6.2.Монтаж технических средств .....	293
6.3.Наладка технических средств и программного обеспечения.....	296
6.4.Комплексная наладка и предварительные испытания системы.....	304
<b>Глава 7. Эксплуатация систем автоматизации</b>	
7.1.Задачи и структура службы эксплуатации систем автоматизации на предприятии .....	308
7.2.Метрологическое обеспечение.....	311
7.3.Поверочные работы .....	314
7.4.Техническое обслуживание .....	319
7.5.Ремонтные работы.....	324
Контрольные вопросы .....	327
Приложения.....	329
Список рекомендуемой литературы .....	347

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АВР - автоматический ввод резерва  
АП - абонентский пункт  
АТК - автоматизированный технологический комплекс  
АСОДУ - автоматизированная система оперативно-диспетчерского управления  
АСПРВ - автоматизированная система проектирования программ реального времени  
АСУП - автоматизированная система управления предприятием  
ВСН - ведомственные строительные нормы  
ВТ - вычислительная техника  
ВЦ - вычислительный центр  
ГМС - государственная метрологическая служба  
ГПИ - государственный проектный институт  
ДПП - дистанционная передача показаний  
ЕСКД - единая система конструкторской документации  
ЗК - закладная конструкция  
ЗП - задание на проектирование  
ИМ - исполнительный механизм  
ИО - информационное обеспечение  
КИПиА - контрольно-измерительные приборы и автоматика  
КТС - комплекс технических средств  
МЗМ - монтажно-заготовительные мастерские  
МО - метрологическое обеспечение  
МС - метрологическая служба  
МУ - монтажное управление  
НИР - научно-исследовательские работы  
НТД - нормативно-техническая документация  
ОКР - опытно-конструкторские работы  
ОО - организационное обеспечение  
ОПО - общее (общесистемное) программное обеспечение  
ОРММ - общепромышленные руководящие методические материалы  
ПВР - переключатель выбора режима  
ПО - программное обеспечение  
ПОС - проект организации строительства  
ППП - пакет прикладных программ  
ППР - проект производства работ или планово-профилактические работы  
ПСД - проектно-сметная документация  
ПУ - пункт управления  
ПУЭ - Правила устройства электроустановок  
ПЭС - принципиальные электрические схемы  
РМ - руководящие материалы  
РО - регулирующий орган  
СА - система или схема автоматизации  
СИ - средства измерения  
СИА - средства измерения и автоматизации  
СНиП - строительные нормы и правила  
СПДС - система проектной документации в строительстве  
СПО - специальное программное обеспечение  
СУФ - система управления файлами  
ТЗ - техническое задание  
ТК - типовая конструкция  
ТМ - типового монтажа  
ТО - техническое обеспечение  
ТОУ - технологический объект управления  
ТПР - типовые проектные решения  
ТС - техническая система или структура  
ТУ - технические условия  
ТЭО - технико-экономическое обоснование  
УВК - управляющий вычислительный комплекс  
УПП - участок подготовки производства  
УТК - унифицированная типовая конструкция  
ФС - функциональная структура

## ОТ АВТОРОВ

Настоящий учебник предназначен для студентов, обучающихся по специальности "Автоматизация технологических процессов и производств" и специализирующихся в области перерабатывающих отраслей агропромышленного комплекса.

При написании учебника было учтено, что обучающийся уже знаком с материалом дисциплин "Теория автоматического управления", "Вычислительная техника и программирование", "Электротехника и электроника", "Технические средства автоматизации", "Метрология и технологические измерения в отрасли", "Автоматизация технологических процессов отрасли". Сравнительно небольшой объем учебника не позволил авторам рассмотреть все разделы курса с исчерпывающей полнотой, поэтому наряду с изложением существа вопроса даны ссылки на литературные источники и нормативные материалы. Помимо своего основного назначения книга может быть использована как пособие для инженерно-технических работников проектных, монтажных, наладочных и научно-исследовательских организаций, а также промышленных предприятий, занимающихся созданием и эксплуатацией систем автоматизации.

Введение, главы 2, 5 и 7 написаны В. Г. Трегубом, главы 3 и 6 - А. П. Ладанюком, глава 4 - Л. Н. Плужниковым, глава 1 - В. Г. Трегубом и А. П. Ладанюком.

## ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация технологических процессов является важнейшим средством повышения производительности труда, сокращения расхода материалов и энергии, улучшения качества продукции, внедрения прогрессивных методов управления производством и повышения надежности работы. Особое значение приобретает автоматизация технологических процессов в перерабатывающих отраслях агропромышленного комплекса в связи с намеченным перевооружением этих отраслей на новой технической основе.

Преобладающей тенденцией при автоматизации современных промышленных объектов является внедрение иерархически распределенных систем управления, роботов и систем автоматизированного проектирования на базе мини- и микроЭВМ. Создание и внедрение таких систем в производство включает несколько последовательных этапов: проектирование, монтаж, наладка и эксплуатация. Если развернуть эти этапы во времени, то они составят жизненный цикл любой технической системы, включая систему автоматизации. Основная проблема, с которой сталкиваются ученые и инженеры, реализующие этот жизненный цикл, - это возрастающая сложность принимаемых технических решений, которая, по оценкам экспертов, каждые 10-15 лет удваивается при сокращении продолжительности жизненного цикла вновь создаваемых систем.

Если в жизненном цикле технической системы (ТС) выделить три стадии: проектирование, включая предпроектные научно-исследовательские работы и проектно-конструкторские, внедрение (изготовление, монтаж и наладка) и эксплуатацию, то нетрудно заметить, что возрастающая сложность ТС, естественно, приведет к увеличению продолжительности первых двух. Это неизбежно даже при сохраняющейся продолжительности жизненного цикла ведет к сокращению продолжительности третьей стадии, обеспечивающей экономическую эффективность ТС. Но продолжительность жизненного цикла имеет тенденцию к снижению; следовательно, время эксплуатации ТС сокращается еще больше, что приводит к существенному ухудшению технико-экономических показателей ТС, а это также недопустимо, как и эксплуатация устаревших в техническом отношении систем. В этих условиях выход только один - при увеличивающейся сложности ТС сокращать сроки их проектирования и внедрения. Именно это в условиях ускорения научно-технического прогресса является основной задачей проектирования и внедрения ТС.

В процессе проектирования, осуществляемого на основе государственных стандартов и другой нормативно-технической документации, создается комплексная техническая документация, необходимая для обоснования, оценки, комплектации, строительства, монтажа,

наладки и эксплуатации объекта. Объектом проектирования могут быть жилые здания, промышленные предприятия, ирригационные системы, АСУ и т. п. Системы автоматизации, проектирование которых рассматривается в данной дисциплине, относятся к производственным объектам. Проект должен не только дать ясное представление о характере, форме и технической сущности проектируемого объекта, но и содержать убедительное доказательство того, что данные в проектах решения являются наиболее рациональными, исходя из народнохозяйственных интересов и экономики данной отрасли производства, отвечают современному уровню науки и техники и обеспечивают высокие технико-экономические показатели. Все это достигается при использовании многовариантной итерационной процедуры, которая включает создание многообразия вариантов и выбор наилучшего из них на всех этапах проектирования: при формулировании задачи проектирования, выборе и оптимизации пути ее решения, инженерном синтезе и эскизном проектировании, техническом и рабочем проектировании, проверке решения задачи и корректировке технической документации. При этом достигается одна из основных целей проектирования: получение заданных показателей проектируемого объекта при наименьших затратах или наилучших показателей при ограниченных затратах.

Процесс проектирования тесно связан с научно-исследовательскими (НИР) и опытно-конструкторскими работами (ОКР). Первые проводят в случае, когда затруднено получение исходных данных, которые отбирают из имеющейся документации, собирают в процессе обследования и выполнения изыскательских работ. Иногда проведение НИР диктуется необходимостью исследования результатов функционирования спроектированного объекта. Вторые осуществляют при отсутствии необходимых технических средств или если существующие технические средства не удовлетворяют требованиям, вытекающим из задач функционирования проектируемого объекта.

Важнейшими факторами ускорения научно-технического прогресса являются повышение качества и сокращение сроков проектирования. Препятствия, которые при этом возникают, связаны прежде всего с несоответствием между сложностью современных объектов и устаревшими методами и средствами их проектирования. Для устранения возникшего несоответствия необходима автоматизация проектирования на основе математических методов и ЭВМ. Особенно эффективна автоматизация проектирования при переходе от автоматизации отдельных инженерных расчетов к комплексной автоматизации, т. е. к созданию для этой цели систем автоматизированного проектирования (САПР).

Первые работы в области автоматизации проектирования появились в конце 50-х годов, однако длительное время это направление автоматизации занимало скромное место и держалось в "тени" различных АСУ. В последние годы произошел серьезный поворот в отношении к этим работам, по своей актуальности они выдвинулись на одно из первых мест. Социальный заказ на САПР обусловлен тем, что в нашей стране свыше 2 млн. ИТР заняты проектно-конструкторскими работами в 2000 проектных институтах и 50 тыс. КБ. О недопустимости удлинения сроков проектирования говорилось выше, но в условиях возрастающей сложности ТС происходит снижение качества проектирования. Свыше 20 % проектов, выполненных устаревшими методами и средствами, после экспертизы направляется на доработку.

Таким образом, основными целями САПР являются сокращение сроков проектирования и повышение качества проектной документации. Достижение этих целей обеспечивается применением математических методов и средств вычислительной техники (ВТ), с помощью которых становятся возможными использование многовариантных методов проектирования и оптимизации, автоматизация трудоемких и рутинных проектных работ, замена натурных испытаний и макетирования математическим моделированием.

Монтаж систем автоматизации является вторым этапом работ по автоматизации производства, во время которого осуществляются установка средств измерений и автоматизации в соответствии с проектом и действующими нормативно-техническими документами и подключение к ним всех необходимых коммуникаций. Сжатые сроки строительства и монтажа современных промышленных предприятий требуют применения высокопроизводительных методов производства монтажных работ, основанных на передовой технике и прогрессивной технологии при достаточно высоком их качестве. Именно такое выполнение монтажных работ может быть гарантией четкой и безотказной работы систем автоматизации.

Важнейшим средством сокращения сроков монтажа и повышения его качества является индустриализация монтажных работ путем выполнения возможно большей доли работ на заводах и в монтажно-заготовительных мастерских, оснащенных необходимыми инструментами и механизмами. При высоком уровне индустриализации монтажные работы в зоне монтируемого объекта превращаются в сборку готовых деталей, блоков и узлов, заготовленных вне зоны строительно-монтажных работ, что позволяет сократить сроки монтажа в 2-3 раза и уменьшить затраты труда по сравнению с обычным методом в 1,5 раза.

Высокий уровень индустриализации монтажных работ возможен только на основе тщательно разработанных проектов организации строительства и проектов производства работ, в которых учитывается возможность максимального применения унифицированных узлов и ' блоков и замены дорогостоящих и дефицитных материалов более экономичными полимерными. Дальнейшая индустриализация монтажных работ связана с применением комплектных операторских пунктов, пунктов датчиков и блоков агрегатированного оборудования. Последние монтируются с установленными датчиками, отборными устройствами, регулирующими органами, исполнительными механизмами, местными приборами, всеми необходимыми электрическими и трубными проводками до клеммных соединительных коробок. На монтажной площадке в этом случае прокладываются только линии связи этого блока с другими блоками агрегатированного оборудования и специальными щитовыми помещениями.

После завершения монтажных работ приступают к наладке систем автоматизации, представляющей собой сложную совокупность операций по проверке, регулировке, отладке, подготовке к включению и включению в работу средств измерений и автоматизации, а также систем автоматизации в целом. Эти работы должны обеспечить нормальную работу систем автоматизации в заданных условиях.

Важное значение при наладке систем автоматизации приобретает автоматизация настройки систем управления, основанная на использовании математического моделирования и ЭВМ. Это обусловлено, во-первых, тем, что настройка систем управления сложными технологическими процессами занимает относительно много времени и требует участия специализированных бригад квалифицированного инженерно-технического персонала; во-вторых, тем, что в большинстве случаев принятые в эксплуатацию системы оказываются настроенными далеко не оптимальным образом, что влечет за собой соответствующие экономические потери. Автоматизация настройки снижает эти потери и сокращает сроки ввода систем управления в действие.

Эксплуатация систем автоматизации (СА) - завершающий этап жизненного цикла этих систем, состоящий из эксплуатационного использования и обслуживания их. Так как эксплуатационное использование СА осуществляется, как правило, операторами-технологами, то под эксплуатацией СА понимают в основном ее обслуживание. Система автоматизации является сложным объектом обслуживания, так как состоит из большого числа элементов и устройств, сложное взаимодействие которых требует большого объема эксплуатационной документации и высокой квалификации обслуживающего персонала.

В процессе решения основной задачи эксплуатации СА - обеспечения надежного и правильного функционирования отдельных звеньев и всего комплекса систем автоматизации - выполняются следующие виды работ: хранение, монтаж, наладка, ввод в эксплуатацию, обслуживание при эксплуатации с комплексом планово-профилактических работ, устранение неисправностей (ремонт), метрологическое обеспечение производства и проверка средств измерений, совершенствование и развитие систем автоматизации, их комплектация и т. д. Для решения этих задач организуется служба эксплуатации систем автоматизации в виде службы АСУ, службы метрологии и автоматизации или метрологической службы, которая полностью или отдельными подразделениями входит в ведомственную метрологическую службу.

# **Глава 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ, ЗАДАЧИ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ**

## **1.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ И ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ**

Строительство и организация Производства, испытания, эксплуатация и ремонт связаны с использованием разных видов технической документации. При создании новой техники используют прежде всего проектную и конструкторскую документацию.

*Проектная документация* - это вид технической документации (графической и текстовой), содержащей технико-экономические обоснования (ТЭО), расчеты, чертежи, макеты, сметы, пояснительные записки и другие материалы, необходимые для строительства, монтажа, наладки и последующей эксплуатации сооружений, в том числе промышленных объектов.

Проектная документация промышленного объекта включает строительную (архитектурно-строительные решения, строительные конструкции, санитарно-технические устройства) и нестроительную (генеральный план и транспорт, технология, энергетика, автоматизация, связь и др.) части. Разработка, оформление, утверждение и обращение этой документации регламентируются стандартами системы проектной документации в строительстве СПДС и строительными нормами и правилами (СНиП) Госстроя СССР. Проектирование систем автоматизации ведется при использовании указанных нормативных материалов, а также стандартов ЕСС АСУ (Единой системы стандартов АСУ), нормативно-технических документов (НТД) и информационных материалов ведущих проектных организаций; отраслевых стандартов (ОСТ), ведомственных строительных норм (ВСН), руководящих материалов (РМ), типовых установочных чертежей (ТК, ТМ, ЗК) и др. При проектировании систем автоматизации для пищевых производств используют также НТД и информационные материалы НПО "Пищепромавтоматика".

*Конструкторская документация* - это вид графической и текстовой технической документации, содержащей чертежи, ведомости комплектующих деталей, схемы, расчеты, пояснительные записки, технические условия (ТУ) и другие материалы, необходимые для разработки или изготовления промышленного изделия, его контроля, приемки, эксплуатации и ремонта. Взаимосвязанные правила и положения по порядку разработки, оформления и обращения конструкторской документации входят в комплекс государственных стандартов - Единую систему конструкторской документации (ЕСКД). Разработка технических заданий и документации, их согласование и утверждение, порядок испытаний образцов, приемки результатов разработки, подготовки и освоения производства регламентированы ГОСТ 15.001-88. Примером конструкторской документации является документация на систему автоматизации, поставляемую заводом-изготовителем в комплекте с технологическим оборудованием.

Стандарты ЕСКД на проектную документацию непосредственно не распространяются. Исключение составляют только те стандарты ЕСКД, в вводной части которых есть соответствующие указания, а также стандарты, применение которых при проектировании регламентировано методическими указаниями Госстроя СССР или других организаций. К таким стандартам ЕСКД прежде всего относятся стандарты третьей (ГОСТ 2.301, ГОСТ 2.302 и т. д.) и ряд стандартов седьмой (ГОСТ 2.701, ГОСТ 2.702 и т. д.) классификационных групп системы, которые содержат общие правила выполнения чертежей и графические условные обозначения отдельных элементов на схемах.

Проект определенного производственного объекта представляет собой комплект технической документации, которая позволяет воспроизвести в натуре проектируемый объект, полностью отвечающий требованиям технологического, организационного, эксплуатационного и экономического порядка. Проект должен не только выявить характер, форму и техническую сущность проектируемого объекта, но и содержать убедительное доказательство того, что излагаемые в проекте решения наиболее рациональны с точки зрения народнохозяйственных интересов и экономики данной отрасли производства, отвечают современному уровню науки и техники и обеспечивают высокие технико-экономические показатели. Поскольку каждый



проектируемый объект, особенно такой, как современное производство или его отдельный участок, является довольно сложным техническим комплексом, требующим разработки технологии, энергетики, строительной части и других разнообразных элементов, весьма важным является вопрос о комплектности проекта и увязке всех его частей и элементов в единое целое.

Проект строящегося или реконструируемого производственного объекта состоит из следующих основных разделов: общая пояснительная записка, генеральный план и транспорт, технологические решения, научная организация труда рабочих и служащих, управление предприятием, строительные решения, организация строительства, охрана окружающей среды, мероприятия по гражданской обороне, жилищно-гражданское строительство, сметная документация и паспорт проекта.

В раздел проекта "Технологические решения" наряду с подразделами по технологии производства, электроснабжению и электрооборудованию, энергетическим установкам, обеспечивающим промышленный объект сжатым воздухом, кислородом, газом и т. п., по тепловым сетям и мероприятиям по защите окружающей среды входит подраздел, посвященный автоматизации технологических процессов. При техническом перевооружении действующего предприятия проектная документация содержит отдельный раздел по автоматизации.

Проект по автоматизации должен быть органически взаимосвязан с технологией, техникой и организацией данного производства. Вместе с тем разработка проекта по автоматизации может оказать существенное влияние на изменение технологии производства, его машинно-аппаратурной схемы, организации управления, компоновки оборудования и другие проектные решения, принимаемые при проектировании смежных частей комплексного проекта промышленного объекта.

Одна из основных задач предпроектного этапа проектирования систем автоматизации технологических процессов - это определение целесообразного уровня и объема автоматизации. При их анализе оцениваются технические, энергетические и организационные характеристики автоматизируемого производства, к которым прежде всего относятся производственная мощность и характеристика технологических процессов, уровень механизации, энерговооруженность, структура организации управления производством. С учетом этих характеристик, а также требований данной отрасли пищевой промышленности проект по автоматизации может предусматривать создание локальных систем автоматизации или автоматизированных систем управления технологическими процессами с применением, как правило, управляющего вычислительного комплекса (УВК).

В соответствии со стандартом (ГОСТ 24.103-84), регламентирующим назначение, состав, функции и режимы работы АСУ ТП, необходимым условием принадлежности к таким системам является выполнение системами следующих информационных и управляющих функций:

- оперативное отображение и регистрация значений технологических параметров и показателей состояния оборудования, а также результатов математических и логических операций, выполняемых комплексом технических средств системы;

- обнаружение, оперативное отображение, регистрация и сигнализация отклонений значений технологических параметров и показателей состояния оборудования от установленных;

- подготовка информации и выполнение процедур обмена информацией со смежными и вышестоящими системами управления;

- определение рационального режима ведения технологического процесса;

- формирование и передача на входы исполнительных устройств управляющих воздействий (автоматически или с помощью оператора), реализующих выбранный режим.

АСУ ТП может функционировать в режимах информационно-советующем, косвенного или прямого управления. В первом режиме средства вычислительной техники выдают оператору рекомендации по рациональному управлению процессом, во втором - автоматически изменяют уставки и параметры настройки локальных систем регулирования, а в третьем - обеспечивают непосредственное управление исполнительными устройствами.

Выбор уровня автоматизации проектируемого объекта осуществляется на основании предварительного технико-экономического анализа. В экономическом обосновании к проекту на заключительном этапе проектирования после всестороннего анализа всех факторов должны быть подтверждены техническая целесообразность и экономическая эффективность принятого уровня

и объема автоматизации. В перерабатывающих отраслях агропромышленного комплекса наиболее распространены локальные системы автоматизации и развернуты работы по внедрению АСУ.

К основным задачам проектирования локальных систем автоматизации относятся следующие: определение рациональной структуры системы автоматического контроля, регулирования и управления, отвечающей принятым принципам организации производства, машинно-аппаратурной схеме и особенностям технологического процесса; выбор рациональных методов контроля, регулирования и управления данным технологическим процессом, обеспечивающих достижение высоких количественных и качественных показателей производства; выбор приборов и средств автоматизации с учетом экономической и эксплуатационной эффективности системы автоматизации; целесообразное размещение средств автоматизации на производственных объектах, рациональная компоновка щитов и пультов контроля и управления с учетом эргономических рекомендаций. При проектировании АСУ ТП с использованием УВК решается еще ряд дополнительных задач, рассмотренных в следующих параграфах этой главы.

Определяющим фактором при автоматизации производства является экономическая эффективность. Лишь в тех случаях, когда автоматизация вызвана необходимостью обеспечения безопасности труда, экономическая эффективность не имеет решающего значения.

Экономический эффект от внедрения систем автоматизации непрерывных процессов достигается за счет уменьшения дисперсии выходных параметров и приближения их средних значений к соответствующим технологическому регламенту. Автоматизация периодических процессов повышает производительность оборудования, снижает потери и улучшает качество продукции. Автоматизированное управление поточно-транспортными процессами перемещения сыпучих, твердых и жидких продуктов, а также штучных изделий повышает ритмичность производства, снижает простои оборудования, сокращает трудовые затраты. В целом для пищевой промышленности с экономической точки зрения наиболее эффективны системы автоматизации, приводящие к экономии сырья и основных материалов, так как удельный вес затрат на эти составляющие преобладает в общих затратах на производство.

## **1.2. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ**

Проектные работы по автоматизации технологических процессов в пищевой промышленности выполняются отделами автоматизации отраслевых государственных проектных институтов (Гипропишепрома, Гипросахарпрома и др.) или специализированными организациями, работающими в области автоматизации (например, НПО "Пищепром-автоматика"). Первые чаще всего проектируют системы автоматизации для вновь строящихся объектов, вторые - для реконструируемых и действующих. Заказчиком проекта может быть дирекция действующего или строящегося предприятия (объединения). Для организации работ по проектированию всего промышленного объекта, координации и увязки частей проекта производственного комплекса выделяется генеральный проектировщик (генпроектировщик), которым обычно является отраслевой проектный институт.

Проектирование систем автоматизации ведется на основании технико-экономического обоснования (ТЭО) и в соответствии с заданием на проектирование, составление которого завершает предпроектную стадию работ. На этой стадии наряду с комплексом технико-экономических изысканий для объектов с новой неосвоенной или особо сложной технологией проводятся научно-исследовательские работы. Во время этих работ анализируются технологическое оборудование и реализованный на нем технологический процесс как объект управления, разрабатываются математические модели технологических объектов управления и проводится их идентификация, выбираются методы синтеза и осуществляется синтез алгоритмов контроля и управления, включая их проверку.

Задание на проектирование (ЗП) производственных объектов составляется заказчиком проекта с участием генпроектировщика, а для систем автоматизации - с участием разработчика этих систем. Порядок утверждения ЗП устанавливается соответствующими СНиП.

В состав ЗП в общем случае входят основание для проектирования, сроки начала и окончания строительства, стадийность проектирования, наименование организации (генеральный проектировщик и генподрядчик), перечень пусковых комплексов, основные технико-

экономические показатели, требования по внедрению новой техники и передового опыта, показатели эффективности капитальных вложений, снижения материале- и трудоемкости строительства и роста производительности труда, степень применения прогрессивных видов строительства, требования по выполнению научно-исследовательских и опытно-экспериментальных работ.

Задание на проектирование локальных систем автоматизации содержит также перечень цехов, агрегатов и установок, включенных в проект, с указанием характеристики помещений и технологической схемы; перечень функциональных задач автоматизации; перечень контролируемых и регулируемых величин, а также информацию, представляемую в систему управления предприятием; рекомендации по структуре управления и расположению щитов и пультов; план-график работ по созданию системы и оценку ее подготовленности. Вместе с заданием на проектирование представляются все необходимые для выполнения проекта данные и материалы, к которым относятся чертежи производственных помещений и технологического оборудования, сведения по источникам электроэнергии и сжатого воздуха, характеристика производственных помещений и т. п.

Проектирование ведется в одну (рабочий проект) или две стадии (проект и рабочая документация). Локальные системы автоматизации проектируются, как правило, в одну стадию, причем для несложных объектов или при повторном проектировании уже существующих объектов одностадийное проектирование обязательно. Две стадии выполняются при проектировании локальных систем автоматизации крупных и сложных или новых объектов с неосвоенной технологией.

Состав и содержание проектной документации по автоматизации технологических процессов должны обеспечить заказ всего необходимого оборудования и материалов, изготовление нестандартизованного оборудования, выполнение монтажных, наладочных работ и эксплуатацию, оценку стоимости оборудования и его монтажа, определение экономического эффекта от внедрения системы автоматизации. В соответствии с действующими нормами графическая часть *проекта* локальных систем автоматизации (первая стадия двухстадийного проектирования) состоит из следующих материалов:

- структурных схем управления автоматизированным производством, содержащих изображение местных щитов, операторских и диспетчерских пунктов, служб предприятия, обеспечивающих функционирование технологического объекта;

- схем автоматизации (СА) технологических процессов, которые являются основным техническим документом, определяющим структуру и характер автоматизации технологического процесса и оснащение его приборами и средствами автоматизации.

К текстовым материалам проекта относятся следующие:

- пояснительная записка с общими сведениями о проекте, краткой характеристикой автоматизируемого объекта, обоснованиями принятых решений по выбору средств автоматического контроля, регулирования и управления, а также о применении несерийной аппаратуры и оборудования;

- технические требования на конструирование при необходимости новых приборов и аппаратуры;

- ведомости оборудования и материалов: приборов и средств автоматизации, электроаппаратуры, трубопроводной арматуры, щитов и пультов, основных монтажных материалов и изделий, нестандартизованного оборудования;

- смета стоимости оборудования и монтажа.

Разработка смет выполняется на основе проектов повторного применения, аналогов и укрупненных сметных норм. Если использование перечисленных материалов затруднено, то разрабатывается ряд материалов, входящих в рабочие чертежи.

В состав *рабочего проекта*, выполняемого при одностадийном проектировании, и *рабочей документации*, оформляемой при двухстадийном проектировании, входят следующие графические материалы:

- структурные схемы управления автоматизированными производствами;

- схемы автоматизации технологических процессов;

- принципиальные (электрические, гидравлические, пневматические) схемы контроля,

управления, технологической сигнализации и питания технических средств системы;

- документация на щиты и пульты, включая чертежи общих видов щитов, таблицы соединений и подключения, спецификации щитов и пультов;
- схемы соединения и подключения внешних проводок;
- чертежи расположения проводок и оборудования;
- чертежи установки вспомогательной аппаратуры, устройств, щитов и пультов при отсутствии соответствующих нормалей;
- чертежи нестандартизованного оборудования.

В рабочем проекте и рабочей документации к текстовым материалам относятся:

- пояснительная записка;
- таблицы исходных данных и результатов расчета по выбору регулирующих органов, нестандартизованных сужающих устройств и др.;
- спецификация оборудования и ведомость потребности в материалах. Спецификация оборудования состоит из трех разделов: оборудование и материалы, поставляемые заказчиком (подразделы приборы и средства автоматизации, электроаппаратура, трубопроводная арматура, кабели и провода, монтажные материалы); оборудование, поставляемое подрядчиком; оборудование, имеющееся на предприятии. В ведомость включают материалы поставки подрядчика;

смета стоимости оборудования и монтажа;

перечень нормалей, включающих типовые чертежи монтажа серийно выпускаемых приборов и средств автоматизации, которые использованы в проекте. Нормали разрабатываются ведущими проектными организациями в области проектирования систем автоматизации (ГПИ "Проектмонтажавтоматика", "Тяжпромавтоматика" и др.).

Согласно существующим стандартам СПДС текстовые материалы и документацию на щиты относят к прилагаемым документам, а все остальные материалы - к основному комплекту, который может выпускаться одним (одно обозначение и несколько листов) или несколькими документами.

При выполнении рабочих чертежей необходимо учитывать требования к индустриализации монтажных работ, которая осуществляется путем увеличения объема заготовительно-сборочных работ, выполняемых в монтажно-заготовительных мастерских: изготовление блоков щитов и пультов, местных приборов на стойках с трубной обвязкой, трубных блоков и т. п. Особенно эффективно применение блоков технологического оборудования со встроенными средствами автоматизации.

Для согласования проекта по автоматизации с другими частями и разделами комплексного проекта промышленного объекта составляются технические задания на разработки в этих частях и разделах, связанные с созданием системы автоматизации:

задание на обеспечение установок автоматизации электроэнергией, сжатым воздухом, гидравлической энергией, теплоносителем и хладагентом;

задание на помещение операторских и диспетчерских пунктов;

задание на обеспечение связи;

задания на выполнение отдельных работ. К последним относятся создание специальных строительных сооружений (помещений для установки датчиков, туннелей, каналов и эстакад для прокладки соединительных линий); теплоизоляция трубных проводок и устройств; освещение площадок для обслуживания и помещений; размещение отборных и приемных устройств первичных приборов, регулирующих и запорных органов на технологическом оборудовании; устройство фундаментов, закладных частей и проемов. Последние задания (начиная с задания на размещение отборных и приемных устройств) корректируются при необходимости на стадии рабочего проектирования.

Все задания передаются генпроектировщику, если проект разрабатывается для новостроящегося или реконструируемого предприятия, и заказчику либо организациям-соисполнителям, если проект разрабатывается для действующего предприятия.

Законченные проектные материалы после первой стадии проектирования утверждаются заказчиком или более высокой инстанцией. При этом до утверждения проектные материалы подвергаются экспертизе в Госстрое или других организациях, а сметы, составленные по

рабочим чертежам, и раздел проекта по организации строительства заказчик согласовывает с генподрядчиком. Рабочие чертежи, разработанные в соответствии с утвержденными проектами, согласованию не подлежат.

В состав проектно-сметной документации (ПСД), передаваемой монтажным организациям, наряду с рабочей документацией на системы автоматизации входят также техническая документация предприятий-изготовителей на приборы и средства автоматизации, поставляемые в комплекте с технологическим оборудованием, и проект организации строительства (ПОС).

Проект организации строительства разрабатывается генпроектировщиком или организацией, выполняющей строительное проектирование, и наряду с другими включает материалы, касающиеся монтажа систем автоматизации. В календарном плане указываются сроки строительства (с опережением) специальных зданий и сооружений (диспетчерских и операторских помещений, аппаратных залов, помещений для установки датчиков, специальных и комбинированных эстакад, туннелей и каналов); на строительном генплане - временные здания, сооружения и помещения для приобъектных мастерских, складских помещений и площадок для выгрузки крупноблочного оборудования и материалов; в пояснительной записке обосновываются перечисленные работы, требования к строительной готовности диспетчерских и операторских, данные по обеспечению монтажных работ источниками энергоснабжения и др.

### **1.3. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ**

Одним из основных направлений ускорения научно-технического прогресса в промышленности является создание и внедрение автоматизированных систем управления всех уровней. Поэтому актуальной является задача сокращения всех стадий разработки и ввода в эксплуатацию систем. Автоматизированные системы управления, построенные на базе управляющей вычислительной техники и микропроцессорных средств, являются человеко-машинными системами. Поэтому в данных системах в равной степени важны вопросы как создания основных составных частей системы, так и учета человеческого фактора, т. е. распределения функций между техническими средствами и человеком.

Последовательность стадий и этапов, обязанности участников работ определяются нормативными документами - ГОСТами, ОСТами и общепромышленными руководящими методическими материалами. В общем случае задачу создания автоматизированной системы управления можно сформулировать как необходимость построения на базе имеющихся технических средств экономически эффективной системы, удовлетворяющей заданным целям, требованиям и рационально использующей возможности человека и технических средств. Последние годы характеризуются все большим использованием при создании АСУ формализованных методов взамен интуитивных. При всей условности деления существующих методов на две названные группы отметим, что формализованные методы позволяют широко применять разработанные формальные процедуры анализа и синтеза систем, которые приводят к оптимальным решениям и сокращают сроки разработки систем. Важное место здесь занимают методы автоматизированного проектирования.

Создание АСУ осуществляется в несколько стадий:

предпроектные, включающие исследования и обоснование создания АСУ ТП и разработку технического задания (ТЗ);

проектные, включающие разработку технического проекта и рабочей документации, которые допускается объединить в одну - разработку техно-рабочего проекта.

Стадии "Ввод в действие" (внедрение) и "Анализ функционирования" условно можно назвать стадиями реализации системы.

В работах по созданию АСУ участвует заказчик (организация, предприятие), формулирующий требования к системе, финансирующий

17

работы по ее созданию, принимающий участие в этих работах и отвечающий за внедрение и использование системы. Другим участником работ является основной исполнитель (разработчик системы), выполняющий все либо часть работ по созданию системы и несущий ответственность за научно-технический уровень разработки и ее соответствие требованиям, содержащимся в

техническом задании. К работам могут привлекаться также исполнители (соисполнители), т. е. организации и предприятия, участвующие в создании системы и выполняющие порученные им работы по договору с заказчиком или основным исполнителем. Наряду с основными участниками оригинальной системы, т. е. заказчиком и основным исполнителем (генеральным разработчиком или генеральным проектировщиком), в создании системы могут принимать участие проектные, проектно-конструкторские, комплектующие, научно-исследовательские, монтажно-наладочные, строительные и другие специализированные организации, а также головные организации заказчика по АСУ ТП отрасли.

Состав и содержание работ, состав привлеченных организаций и распределение между ними функций зависят от особенностей АСУ ТП и автоматизированного технологического комплекса в целом. Так, АСУ ТП может быть оригинальной, т. е. впервые разрабатываемой или построенной на основе типовых проектных решений, принятых ранее для аналогичных АСУ ТП; может также предусматриваться развитие действующей АСУ ТП на основе новых научно-технических достижений или типовых проектных решений. Кроме того, в целом АТК, в который входят АСУ ТП, может поставляться генеральным поставщиком или создаваться на стройплощадке. Технологический объект управления может быть действующим или строящимся (реконструируемым). Следовательно, при разработке конкретной АСУ ТП необходимо учитывать ряд специфических требований и условий, что должно отражаться в техническом задании на создание АСУ ТП.

В целом при создании АСУ ТП используются два пути:

традиционный, когда АСУ ТП разрабатывается проектной организацией. В этом случае технические средства, в том числе средства вычислительной техники, поставляются комплектующими организациями по заказной документации на площадку заказчика, а специальное программное обеспечение разрабатывается и изготавливается разработчиком и соисполнителями и комплексно отлаживается ими в ходе наладки системы на объекте;

новый, когда АСУ ТП относится к продукции производственно-технического назначения и поставляется комплектно. При комплектной поставке заказчик получает программно-технический комплекс, т. е. совокупность средств управляющей вычислительной техники, технических средств автоматизации, программного обеспечения, сервисного оборудования, запасные измерительные приборы, комплект эксплуатационной документации, позволяющих обеспечить функционирование АСУ ТП в соответствии с ТЗ. Комплектно может поставляться также программно-информационный комплекс в составе программного обеспечения, сгенерированной информационной базы и эксплуатационной документации, позволяющий реализовать функции автоматизированного управления на имеющихся у заказчика технических средствах. Основным смыслом использования такого пути заключается в сокращении сроков создания АСУ ТП, повышении качества и степени заводской готовности создаваемых систем. Естественно, что при создании конкретной системы необходимо выполнить критический анализ известных решений, определить возможность их использования.

## ***ИССЛЕДОВАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ СОЗДАНИЯ АСУ ТП***

Работы на этой стадии выполняются заказчиком с привлечением необходимых организаций в целях формирования обоснованного предложения по созданию АСУ ТП с учетом важнейших потребительских функций, их характеристик и источников эффективности. При этом рассчитываются сроки проведения работ, источники и объем их финансирования, проводится обследование объектов в целях определения достигнутого уровня и степени использования производственных ресурсов и возможного влияния автоматизации управления на вскрытие резервов, сокращение расходов сырья и энергии и, как результат, снижение себестоимости и увеличение выпуска продукции. Полученные результаты служат для разработки обоснованных с точки зрения заказчика исходных технических требований к АСУ ТП. Выходными документами на этой стадии являются следующие:

техничко-экономическое обоснование (ТЭО) создания АСУ ТП;

заявка на создание АСУ ТП, содержащая исходные технические требования;

результаты обследования и анализа объекта управления в форме отчетов (предпроектных материалов).

В качестве исходных источников для работ используются документы и материалы, характеризующие объект, режимы его эксплуатации, технологический регламент и т. д.

Стадия состоит из двух этапов: обследования автоматизируемого объекта; разработки и оформления требований к системе. На первом этапе составляется программа работ, которые во многом определяют все важнейшие работы и качество создаваемой системы.

Для тщательного и глубокого анализа объекта и существующей системы управления привлекаются технологи, экономисты, инженеры-системотехники и другие специалисты. Главная цель этапа - выявление основных предполагаемых источников эффективности АСУ ТП (увеличение производительности объекта, повышение качества продукции в первую очередь за счет оптимизации управления). В результате формулируются назначение системы, перечень основных функций и желаемых характеристик. В то же время предварительно оцениваются затраты на создание системы и сопоставляются с эффектом от ее внедрения, т. е. производится расчет ожидаемой технико-экономической эффективности системы.

После утверждения ТЭО подготавливается заявка на разработку АСУ ТП, к которой прилагаются исходные технические требования, ТЭО и необходимые дополнительные документы.

### ***ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ (ТЗ)***

Эта стадия должна подтвердить целесообразность и возможность создания эффективной АСУ ТП, определить совокупность всех необходимых работ (научно-исследовательских, проектных, опытно-конструкторских, строительно-монтажных и наладочных), подготовить все необходимые материалы для проектирования. Техническое задание является основным документом, на соответствие которому проверяется система при передаче ее в промышленную эксплуатацию.

В общем случае работы на этой стадии проводятся после согласования заявки на разработку системы и технико-экономического обоснования и при наличии исходных данных, содержащихся в приложении к заявке. При отсутствии каких-либо данных на стадии ТЗ выполняются необходимые научно-исследовательские работы.

На этой стадии выделяют следующие этапы: научно-исследовательские работы; разработка аванпроекта; разработка технического задания на АСУ ТП.

Научно-исследовательские работы направлены на исследование наиболее сложных задач управления, разработку математических моделей объекта и системы управления, формулирование критериев управления и ограничений. На этом этапе не только описываются функции системы, но и анализируется возможность их реализации с помощью современных методов, алгоритмов управления и технических средств.

Этап "Разработка аванпроекта АСУ ТП" выполняется в том случае, если требуется дополнительное подтверждение возможности создания АСУ ТП, обладающей требуемыми свойствами. В этом случае эскизная разработка в целом соответствует этапам технического проекта с той разницей, что все принимаемые решения, касающиеся разных видов обеспечения, являются укрупненными и носят предварительный характер. Большое внимание обращается на предварительный расчет надежности, быстродействия, метрологических показателей наиболее ответственных функций, оценку необходимой вычислительной мощности и рациональной загрузки средств вычислительной техники, предварительный выбор технических средств.

Разработкой технического задания на АСУ ТП заканчивается стадия "Техническое задание". При этом выдаются следующие документы: техническое задание на создание АСУ ТП, содержащее согласованные технические требования к системе и план-график работ; уточненное технико-экономическое обоснование (при необходимости); отчет по НИР, если они выполняются; аванпроект АСУ ТП (в случае его разработки).

### ***ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ***

На этой стадии принимаются основные технические решения по создаваемой системе и определяется ее сметная стоимость. Работы на стадии (ГОСТ 24.602-86) начинаются при наличии утвержденного технического задания, технико-экономического обоснования системы, результатов НИР и других данных. Стадия "Технический проект" завершается разработкой основных документов, определяющих характеристику разрабатываемой системы. К ним

относятся документация функциональной части системы; проектные решения, необходимые на стадии "Рабочая документация"; проектно-сметная документация, входящая в состав раздела "Автоматизация технологических процессов" проекта строительства; проекты заявок на новые технические средства; задания на разработку и постановку комплексов средств автоматизации (КСА); документация на заказ средств вычислительной техники; документация специального математического и информационного обеспечения, в том числе задания на разработку программ.

Документы, разрабатываемые на стадии "Технический проект", определяются руководящими методическими материалами. В графическую часть технического проекта АСУ ТП входят:

- схемы функциональной и организационной структур;

- структурные схемы КТС\* с изображением всех основных функциональных частей комплекса и основных взаимосвязей между ними;

- схемы автоматизации, содержащие изображение технологического оборудования, коммуникаций, органов управления, датчиков и преобразователей для ввода информации в УВК, приборов лабораторного и экспресс-анализа, устройств ввода и вывода, обработки и представления информации, средств вычислительной техники, связей всех перечисленных устройств между собой;

- планы расположения средств УВК в операторских, диспетчерских пунктах и других специальных помещениях с указанием привязки этих пунктов и помещений;

- интерьеры диспетчерского зала с пространственным изображением помещения зала, оперативно-диспетчерского оборудования и средств вычислительной техники;

- чертеж формы документа (видеокадра).

К текстовым материалам технического проекта АСУ ТП относятся следующие:

- пояснительная записка;

Структурные схемы КТС разрабатывают для той части технических средств системы, состав, внутренние возможности и функциональное назначение которых не раскрываются полностью на СА, например агрегатированных комплексов вычислительной техники постановка задач и алгоритм решения - общая постановка задачи управления технологическим процессом с общей целевой функцией, ограничениями, основными возмущающими и управляющими воздействиями и общий алгоритм функционирования системы в реальном масштабе времени, а также постановка и алгоритмы решения всех задач с описанием и блок-схемами;

система программного обеспечения - наименование используемой операционной системы, методы доступа к массивам, наименование используемых алгоритмических языков, перечень пакетов прикладных программ, перечень основных служебных и типовых программ, не входящих в операционную систему поставляемой изготовителем вычислительной машины;

система классификации и кодирования - перечни номенклатур объектов кодирования, используемых систем классификации и кодирования с их краткой характеристикой; методика создания и ведения классификаторов технологической и технико-экономической информации; описание классификаторов информации (методика классификации и кодирования, структура кодового обозначения с детальным описанием возможных значений всех позиций кода);

организация информационного обеспечения - его назначение и место в АСУ ТП; взаимосвязи фонда нормативно-справочной информации (НСИ) с задачами АСУ ТП и нормативным хозяйством предприятия; системы ведения входной, выходной и НСИ; перечни документов и массивов входной, выходной и НСИ с их основными характеристиками; информация по внесению изменений; алгоритмы формирования массивов, а также контрольный пример;

таблицы обработки информации с количественными характеристиками всех информационных потоков, в том числе и не показанных на СА, описанием преобразования информации и выделением инициативных сигналов;

патентный формуляр (если рабочий проект будет делать другая организация) или экспертное заключение;

- расчет экономической эффективности;

- перечень заявок на разработку новых технических средств;

- перечень заданий генеральному проектировщику;

- технические требования к ТОУ;



проектная оценка надежности АСУ ТП;

ведомость оборудования и материалов (средств вычислительной техники, стендов, лабораторных приборов и вспомогательного оборудования, слесарно-механического оборудования для оснащения службы технического обслуживания КТС, мебели для операторских и диспетчерских пунктов и службы технического обслуживания КТС, оборудования и аппаратуры связи). Ведомости включают все сведения, необходимые для определения стоимости АСУ ТП и ее монтажа;

сметный расчет;

техническое задание на разработку и изготовление КСА.

В свою очередь, пояснительная записка содержит:

общие пояснения к проекту, включая основание для разработки проекта, перечень исходных материалов, цель разработки, перечень организаций-соисполнителей, этапы разработки и внедрения системы, связь со смежными частями проекта и т. п.;

краткую характеристику автоматизируемого ТОО;

характеристику научно-исследовательских работ и передового промышленного опыта, положенных в основу проекта;

краткое описание и обоснование функциональной структуры системы с рисунком функциональной структурной схемы;

краткое описание и обоснование организационной структуры системы с рисунком организационной структурной схемы;

краткое описание и обоснование информационных потоков;

обоснование выбора и размещения КТС, включая результаты расчетов по определению состава УВК, выбору регулирующих и исполнительных устройств и т. п.;

обоснование выбора математического обеспечения;

результаты сравнительного анализа, разрабатываемой АСУ и ее известных аналогов;

результаты расчетов надежности;

рекомендации по организации обслуживания и эксплуатации КТС, включая структуру и штатное расписание службы;

перечень и обоснование необходимости дополнительных научно-исследовательских, опытно-конструкторских и экспериментальных работ, связанных с разработкой специального математического и информационного обеспечения и подготовкой объекта к внедрению;

обоснование необходимости и указания по разработке специальных приборов и средств автоматизации, оперативно-диспетчерского оборудования, не выпускаемого серийно;

перечень технических заданий;

мероприятия по подготовке объекта к внедрению.

Перечень и виды разрабатываемых материалов должны быть минимальными, исключающими дублирование информации.

## **РАБОЧАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ**

Работы этой стадии завершаются выпуском комплекта проектно-сметной документации, достаточной для приобретения, монтажа и наладки комплекса технических средств системы; документации программного обеспечения, достаточной для изготовления программ специального программного обеспечения АСУ ТП на машинных носителях и их применения; документации организационного обеспечения, необходимой и достаточной для наладки и эксплуатации системы и документации на КСА АСУ ТП.

Рабочая документация разрабатывается при наличии утвержденных технического проекта АСУ ТП и объекта строительства, а также документов, подтверждающих финансирование работ. Обычно рабочая документация АСУ ТП компонуется по частям, соответствующим видам обеспечения, а также по очередности ввода системы, ее назначению и использованию (монтаж, эксплуатация и т. д.).

В графическую часть рабочей документации входят: принципиальные электрические, пневматические и гидравлические схемы; план расположения технических средств и проводов; чертеж общего вида щитов и пультов; схема соединений внешних проводов; схема подключений внешних проводов; чертежи установки технических средств.

К текстовым материалам рабочей документации относятся: пояснительная записка, общее описание АСУ ТП, таблица соединений и подключений, инструкция по эксплуатации, формуляр системы, спецификация оборудования и ведомость потребности в материалах, общие данные по рабочим чертежам.

### **ТЕХНО-РАБОЧИЙ ПРОЕКТ**

Проектирование АСУ ТП может осуществляться в одну стадию, если существует возможность использования типовых решений или повторного применения проекта, реализованного для аналогичного объекта. Одна стадия применяется также при создании технически несложной системы. Решение об одностадийном проектировании принимается при утверждении технического задания. Кроме общепринятых исходных данных в этом случае должны быть оформленные установленным образом типовые решения и документация по системе-аналогу.

Техно-рабочий проект АСУ ТП должен содержать: полную совокупность основных технических решений, включая сметную часть;

перечень заданий на разработки в сметных частях проекта; заказную документацию на технические средства, рабочую документацию на КТС системы, документацию на все виды обеспечения.

## **Глава 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ**

### **2.1. СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ**

*Структурные схемы* - это схемы, которые определяют в принципиальном виде основные функциональные части системы, их назначение и взаимосвязь, устанавливают связи между отдельными пунктами управления и показывают техническую сущность централизованного управления объектом. Такие схемы разрабатываются с учетом особенностей управляемого объекта и служат основой для дальнейшей детализации решений с помощью схем автоматизации (функциональных) технологических процессов, проектирование которых рассматривается в п. 2 этой главы\*.

Учитывая, что структурные схемы и схемы автоматизации входят в состав проектно-сметной документации как систем локальной автоматизации, так и АСУ ТП (при сравнительно небольших различиях), в этой главе излагаются также особенности выполнения этих схем при проектировании АСУ ТП.

При разработке систем автоматизации простых объектов, не имеющих центральных постов управления, допускается лишь уточнять в пояснительной записке структуру **их** управления, не выполняя структурную схему.

### **ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТРУКТУРНЫХ СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ**

Современный этап развития автоматизации производства характеризуется широким внедрением многоуровневых автоматизированных систем управления технологическими процессами, производствами и предприятиями. В условиях применения автоматизированных систем существенно изменяется стратегия управления производством, возникают дополнительные связи между системами разных уровней и поэтому появляется необходимость в создании схемы, которая отражала бы основные решения по функциональной, организационной и технической структурам управления сложными производствами. Такой схемой является структурная схема управления и контроля. Она позволяет наглядно продемонстрировать характер пунктов управления и связей между ними, а также выбрать нужный вид оперативной связи.'

При проектировании структурных схем управления и контроля прежде всего следует учитывать административно-оперативную структуру управления, существующую на данном производстве. Число и характер пунктов управления при разработке системы автоматизации определяются с

учетом объема и уровня автоматизации, выбранного для данного предприятия".

В структурной схеме управления и контроля отражаются особенности технологического характера данного производства, а также технические средства, используемые при создании локальных систем автоматизации. Важным вопросом является выбор средств для формирования и передачи информации между отдельными постами управления.

В настоящее время системы управления технологическими процессами и производствами строятся по разным принципам. В условиях пищевой промышленности наибольшее применение находят системы децентрализованного одноуровневого управления. В этом случае для каждого технологического агрегата, технологической установки или группы однородных агрегатов и установок либо для участка производства, характеризующегося выпуском определенного продукта или полупродукта, создается локальный (местный или операторский) пункт управления. Все необходимые средства автоматического измерения, регулирования, сигнализации отклонения от заданных значений основных технологических переменных размещаются на пункте управления. Последний располагают в непосредственной близости от объекта управления, что, во-первых, позволяет сократить протяженность коммуникаций связи с объектом и, во-вторых, дает возможность обслуживающему персоналу непосредственно (визуально) контролировать работу технологического оборудования. Как правило, локальные пункты управления в таких системах не связаны один с другим либо эта связь весьма ограничена. Обслуживает такие пункты управления в зависимости от технологических особенностей данного производства и оснащенности средствами связи либо постоянно присутствующий оператор, либо оператор, наблюдающий за несколькими пунктами управления.

При применении систем централизованного контроля и управления создаются центральные пункты управления, куда поступает информация о технологическом процессе, внешних воздействиях на объект и состоянии технологического оборудования. С центрального пункта управления осуществляют контроль и оперативное управление более крупными участками производства. На основании полученной информации формируются управляющие сигналы, которые не только способствуют стабилизации технологических параметров, но и изменяют в нужном направлении режим работы для достижения наивысших технико-экономических показателей. Центральные пункты управления обслуживаются диспетчером и поэтому часто называются диспетчерскими. Центральные пункты управления могут быть включены в одно- или многоуровневую структуры управления.

В первом случае с центрального пункта осуществляется непосредственное управление объектом. Это требует наличия большого массива достоверной информации в каждый момент времени, а также значительно усложняет алгоритмы обработки ее. В этих условиях управляющие воздействия с центрального пункта могут поступать с запаздыванием, что значительно снижает эффективность управления. Из-за наличия большого числа аппаратов в определенной степени снижается и надежность системы управления, усложняется ее обслуживание, увеличивается число линий связи с другими < пунктами управления и управляемым объектом. Поэтому многоуровневая структура системы управления, содержащая как централизованную, так и децентрализованную части, более приемлема. Центральные пункты управления наряду с традиционными средствами автоматизации (мнемосхемами, аппаратурой дистанционного управления, сигнализации и др.) часто оснащаются ЭВМ.

## ***ВЫПОЛНЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ***

Структурные схемы контроля и управления содержат: условные изображения основных функциональных (производственных) подразделений с необходимой степенью детализации, т. е. с разбивкой на производства, цехи, участки, линии и т. д.; условные изображения основных пунктов управления (местных операторских и диспетчерских); условные изображения основных и вспомогательных служб предприятия (производства), обеспечивающих функционирование

данного технологического участка; условные обозначения основных функций, реализуемых на каждом пункте управления; условное изображение технических средств, входящих в АСУ; условное изображение линий связи между производствами технологического объекта, пунктами управления, службами предприятия, а также со смежными АСУ ТП и вышестоящей АСУ; основные пояснения и примечания; перечни технических средств и функций; ссылку на чертежи к схеме.

При составлении структурных схем масштабы не соблюдаются, структурные схемы могут выполняться для всего объекта или отдельно для его структурных подразделений, как правило, на одном листе. При необходимости на чертеже структурной схемы дается текстовый материал в виде четко сформулированных пояснений. Чертежи структурных схем контроля и управления выполняются с соблюдением некоторых общих правил. В настоящее время ГОСТа на оформление этих схем нет.

Условные изображения основных функциональных (производственных) подразделений и пунктов управления выполняются в виде прямоугольников. Внутри прямоугольников, изображающих участки производства, выделяют отдельные агрегаты или группы их и линии, предназначенные для осуществления законченного технологического процесса по производству определенного продукта (полупродукта). Прямоугольники разделяют по горизонтали на несколько частей (рис. 2.1). В верхней части указывают наименование агрегатов, линий, в нижней - название отделения или участка, где установлен агрегат. В этих же прямоугольниках указывают наименование производства в целом.

Внутри прямоугольников, изображающих пункты управления, по горизонтали выделяется пять частей. В верхней части дается наименование пункта управления (например, диспетчерский пункт свеклосахарного производства, операторский пункт отделения выращивания дрожжей). Далее (сверху вниз) указываются технологический персонал, ответственный за принятие решений (сменный диспетчер, оператор и т. д.), а также персонал, управляющий технологическим процессом с данного пункта управления (аппаратчик, выпарщик и т. д.). В третьей части прямоугольника приводится наименование основных устройств, установленных в данном пункте (например, щит контроля, пульт управления, мнемосхема, УВК, средства Связи и т. д.). В четвертой и пятой частях через вертикальную черту указываются условные обозначения основных функциональных групп технических средств и основных функций технических средств, имеющихся на данном пункте управления.

### ***Условные обозначения функциональных групп технических средств***

Д Датчики автоматические (аналоговые, позиционные и другие преобразователи)

С Сигнализаторы

ИЦ Индикаторы цифровые

ИА Индикаторы аналоговые

Р Регуляторы локальные

РА Регистраторы аналоговые

КА Командоаппараты

СУ Станции и панели управления исполнительными устройствами

ЗД Задающие устройства

ПР Процессор

ВЗУ Внешнее запоминающее устройство

ВТ Устройство символьной индикации (видеотерминал)

ВВУ Вводно-выводное устройство

УП Устройство печати

УСО Устройство связи с объектом

ПРВ Пульт (датчик) ручного ввода данных

ДС Аппаратура диспетчерской оперативной связи

ПГС Аппаратура производственной громкоговорящей связи

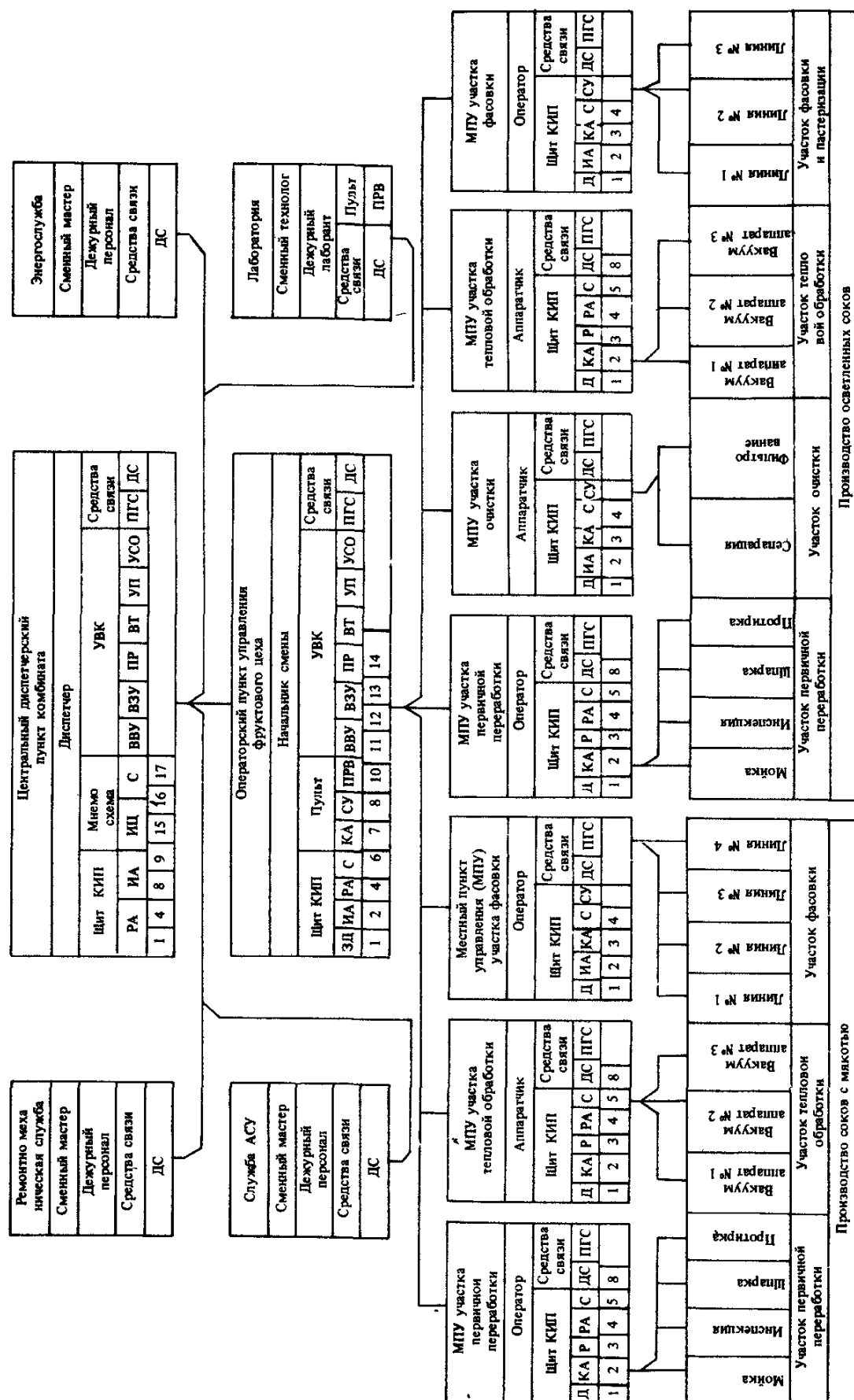


Рис. 2.1. Структурная схема контроля и управления фруктового цеха консервного комбината (пример выполнения)

## **Условные обозначения функций технических средств**

1. Контроль параметров
  2. Дистанционное управление технологическим оборудованием и исполнительными устройствами
  3. Измерительное преобразование
  4. Контроль и сигнализация состояния оборудования
  5. Стабилизирующее регулирование
  6. Выбор режима работы регуляторов и ручное управление задатчиками
  7. Ручной ввод данных
  8. Регистрация параметров
  9. Расчет ТЭП
- 
- 10 Учет производства и согласование данных за смену
  - 11 Диагностика технологических линий (агрегатов)
  - 12 Распределение нагрузок технологических линий (агрегатов)
  - 13 Оптимизация отдельных технологических процессов
  - 14 Анализ состояния технологического процесса
  - 15 Прогнозирование основных показателей производства
  - 16 Оценка работы смены
  - 17 Контроль выполнения плановых заданий
  - 18 Контроль проведения ремонтов
  - 19 Подготовка и выдача оперативной информации в АСУ ТП
  - 20 Получение производственных ограничений и заданий от АСУ ТП

Таблица с условными обозначениями, использованными на схеме, располагается на поле схемы над основной надписью.

## **2.2. СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

*Схема автоматизации (СА)* технологического процесса - это основной документ проекта, отражающий технические решения автоматизации конкретных технологических процессов и показывающий функциональные связи между ними и средствами контроля и управления. В автоматизированных системах управления возникает необходимость в передаче информации о ходе процесса в АСУ производством или предприятием, поэтому на схеме автоматизации можно также показать средства передачи информации в эти системы.

Проектированию СА предшествует решение ряда вопросов, возникающих при создании систем автоматизации. Так как схема автоматизации служит основанием для разработки остальных чертежей проекта, принятие определенных решений на стадии ее проектирования предопределяет уровень автоматизации объекта, выполнение системой критерия управления, достижение высоких технико-экономических показателей и технологических требований.

### **ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СХЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ**

При проектировании схем автоматизации решаются следующие основные задачи.

**Анализ технологического процесса.** Глубокое знание технологии производства, для которого разрабатывается система автоматизации, позволяет обоснованно решать вопросы управления им. В большинстве случаев система автоматизации создается для действующей установки с известными технологическим регламентом, режимами работ и конструктивными особенностями, оснащенной запорной и регулирующей арматурой. Относительно-статических и динамических

характеристик управляемого объекта имеются определенные сведения. **Все** эти сведения подлежат тщательному анализу при проектировании СА.

В процессе разработки схемы автоматизации может возникнуть необходимость в изменении технологии производства, конструктивного оформления установки и принципов управления ею. Такие вопросы решаются совместно со специалистами-технологами.

При проектировании систем автоматизации производства всегда возникает задача согласования производительности смежных участков, что дает возможность исключить ряд возмущающих воздействий. Примером такого согласования является система управления соковым потоком сахарного завода. Однако при этом необходимы промежуточные буферные емкости (накопители), число и вместимость которых уточняются при проектировании системы автоматизации. Существующие буферные емкости проектировались исходя из установившихся (статических) режимов работы установки, что является недостаточным при автоматизации, когда требуется учитывать переходные процессы.

Анализ технологического процесса позволяет также правильно выбрать основные контролируемые и управляемые величины, установить диапазон их изменения и рабочее значение, определить характеристики возмущающих воздействий и выбрать главные управляющие воздействия. В последнем случае существует определенная свобода выбора. Например, управляющим воздействием может быть как приток вещества или энергии в аппарат, так и сток его. Выбор управляющих воздействий определяется их наибольшей эффективностью и структурой системы автоматизации.

**Анализ существующих схем автоматизации.** Окончательные решения по автоматизации производства принимаются после анализа существующих схем автоматизации, известных из отечественной и зарубежной литературы. Рабочий вариант схемы автоматизации должен обеспечить достижение наиболее высоких технико-экономических показателей среди существующих схем автоматизации, не только соответствовать принятым технологическим требованиям, но и учитывать также перспективы совершенствования технологических процессов и особенности развития технических средств автоматизации. Это позволяет совершенствовать систему автоматизации без существенных затрат. Оптимальный объем (уровень) автоматизации технологического процесса определяется поставленными задачами с учетом технико-экономического обоснования целесообразности автоматизации на базе принятого комплекса технических средств.

**Анализ статических и динамических характеристик объекта, определение структуры схем регулирования.** Наиболее целесообразно совместное создание технологического процесса и системы управления им. В этом случае технологический процесс и система автоматизации наиболее полно могут соответствовать требованиям, предъявляемым к автоматизированным процессам, так как на стадии проектирования могут задаваться (специалистами по автоматике) и реализовываться (специалистами-технологами) необходимые статические и динамические свойства объекта. Все это позволяет получить высокие технико-экономические показатели работы и обеспечить требуемое качество регулирования основных технологических параметров. При автоматизации действующих установок необходимо располагать определенными сведениями о существующих свойствах управляемого объекта в виде статических и динамических характеристик. Эти сведения помогают правильно выбрать каналы регулирования (регулирующие воздействия), обеспечивающие высокую эффективность управления.

**Выбор на технологической схеме точек контроля или отбора импульсов на регулирующие системы.** Многие управляемые объекты являются объектами с распределенными параметрами и поэтому выбор точек контроля или отбора импульсов приобретает важное значение, так как от этого зависит не только представительность сигнала, но и точность оценки значения контролируемых или регулируемых параметров в каждый момент времени. В системах

автоматического регулирования выбор точек отбора импульсов должен обеспечить наряду с названными требованиями еще и достаточно точное представление о статических и динамических свойствах управляемого объекта. В ряде случаев именно место отбора импульсов определяет настройки регуляторов, качество регулирования и другие показатели функционирования системы.

В общем случае технологический параметр часто представляет собой величину, распределенную по длине агрегата и непрерывно изменяющуюся во времени и пространстве случайным образом. Простейшая задача, возникающая в системах контроля, сводится к выбору числа и точек размещения датчиков по длине агрегата. Оценка требуемого расстояния между датчиками осуществляется заданием средней квадратичной погрешности аппроксимации значения измеряемой величины по длине агрегата, а также выбором соответствующего алгоритма интерполяции.

Выбор точек контроля или отбора импульсов для регулирующих систем должен также обеспечить удобство монтажа соответствующих технических средств на оборудовании.

**Выбор измерительных и регулирующих приборов.** Данная задача является одной из важнейших при проектировании и далее она рассматривается более подробно.

**Выбор местоположения вторичных приборов и средств автоматизации.** В соответствии с принятым уровнем автоматизации выбирают структуру системы в целом, что определяет местоположение вторичных приборов и средств автоматизации. Чувствительные элементы, отборные устройства, регулирующие органы, исполнительные элементы и другие средства автоматизации, служащие для непосредственного получения информации либо для формирования управляющих воздействий, располагают на технологических трубопроводах, в конструктивных элементах технологического оборудования либо в специально спроектированных устройствах, которые установлены на этом оборудовании.

Различные преобразователи, промежуточные элементы, а иногда и автоматические регуляторы можно располагать как рядом с управляемым объектом, так и на локальных пунктах управления отдельными агрегатами. Средства обработки первичной информации, автоматические регуляторы, сигнальные устройства и вспомогательные средства (элементы схем питания, сигнализации, управления и др.) размещают также на локальных пунктах управления. Вторичные приборы можно располагать на локальных и центральных пунктах управления. Некоторые измеряемые и регулируемые параметры могут дублироваться, т. е. фиксироваться на разных щитах.

## ***ВЫБОР ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ***

Системы автоматизации процессов включают контуры контроля отдельных параметров, основным назначением которых является получение оперативной информации о ходе процесса. Вопрос выбора измерительных комплектов для системы автоматического контроля возникает еще при проектировании схем автоматизации. Чаще задачу выбора приборов для систем автоматического контроля решают путем перехода от общих вопросов к частным. На первом этапе выбирают комплекс технических средств для всей системы, затем - измерительные комплекты для отдельных параметров.

Общая постановка задачи создания системы автоматического контроля сводится к следующему. Заданием на проектирование определяется совокупность технологических параметров и показателей, значение которых необходимо контролировать в процессе работы объекта. Для правильного выбора системы автоматического контроля должна быть указана также требуемая точность оценки технологических параметров и обобщенных показателей. Предполагается, что существуют измерительные приборы для получения информации о всех контролируемых



параметрах. Система автоматического контроля проектируется с учетом достижения экстремума критерия, в качестве которого может быть выбран минимум затрат на создание системы с соответствующими ограничениями. Как правило, при этом стремятся к минимизации числа контролируемых величин при условии обеспечения достаточной информации о ходе процесса. Характер информации, получаемой на каждом пункте управления, различен, однако во всех случаях должна быть представлена только главная, необходимая информация. Избыток информации, дублирование различных измерений не только удорожают систему, усложняют ее монтаж и эксплуатацию, но и отвлекают обслуживающий персонал от решения наиболее важных производственных вопросов.

Системы автоматического контроля являются человеко-машинными, поэтому в них необходимо разграничивать функции, выполняемые человеком и комплексом технических средств. Выбор приборов для систем автоматического контроля пищевых производств имеет свои особенности. В конкретных условиях на выбор приборов в большой степени влияют характеристики технологического объекта с учетом условий его работы, диапазон изменения измеряемых величин, расстояние от чувствительного элемента до выбранного прибора, фактор надежности и др.

Исходными данными при разработке системы автоматического контроля являются общая характеристика системы, характеристика условий ее работы и требования к качеству системы. Общая характеристика системы автоматического контроля отражает инженерно-психологические особенности, т. е. алгоритм контроля, распределение и согласование функций человека и автоматических устройств и др. Сюда же относится техническая характеристика системы автоматического контроля с точки зрения стандартизации и однородности.

Основной аппаратурой, применяемой в системах автоматического контроля, являются серийно выпускаемые приборостроительной промышленностью средства измерений, входящие в ГСП. Применение специально разработанных приборов допускается только в тех случаях, когда типовой прибор либо отсутствует, либо его применение не обеспечивает выполнения технических условий работы и предъявляемых к нему требований. Использование в системах автоматического контроля однородной по техническим особенностям и характеристикам аппаратуры упрощает и удешевляет систему, улучшает условия ее эксплуатации, расширяет возможности резервирования и повышает надежность системы.

Условия работы системы автоматического контроля характеризуются данными о контролируемой среде (температура, давление, плотность, химическая реакция, дисперсность, абразивность и др.), о внешней окружающей среде (температура, давление, влажность, запыленность, пожаро- и взрывоопасность, наличие в зоне действия аппаратуры магнитных и электрических полей, излучений и других помехообразующих факторов), о расстоянии от точки измерения до места установки измерительного прибора, а также от прибора до рабочего места оператора.

Требования к качеству работы системы автоматического контроля включают в себя основные метрологические данные: точность измерения, определяемую по классу точности; порог чувствительности - по чувствительности к отклонению контролируемого параметра; быстродействие системы - по скорости реагирования на изменение контролируемой величины (постоянная времени, время начала реагирования);

надежность - по таким основным показателям, как вероятность отказов, частота отказов, интенсивность отказов, средняя наработка на отказ, коэффициент ремонтпригодности.

В отличие от других требований, которые могут быть главными при решении частных задач, метрологические данные являются основными на всех этапах проектирования системы автоматического контроля. Метрологические требования определяют работу измерительных

комплектов не только в установившемся (статическом) режиме, но и в переходном (динамическом). В связи с этим формулировка метрологических требований является ответственной задачей, которая должна решаться на основе глубокого анализа технологического процесса, выявления той роли, какую играет каждый контролируемый параметр в производстве.

В пищевой промышленности, как и в других отраслях народного хозяйства, используются в зависимости от их назначения приборы с разными метрологическими характеристиками. Однако требование по классу точности измерительных комплектов для промышленных систем автоматического контроля составляет 0,25-1,5, по порогу чувствительности не более 0,05-0,1 % диапазона измерения, по быстродействию не более 16с.

Достижение этих показателей возможно только при использовании малоинерционных чувствительных элементов на основе компенсационных методов измерения. Естественным является требование повышения точности измерения технологических параметров, однако чрезмерная точность приводит к значительному удорожанию всей системы, усложняет эксплуатацию приборов и требует более высокой квалификации обслуживающего персонала. В тех случаях, когда точность измерения не регламентирована специальными общегосударственными или ведомственными техническими условиями (правилами), можно руководствоваться приведенными ниже рекомендациями по выбору класса точности прибора: 0,2 - образцовые, для проверки технических приборов; 0,5 - компенсационного типа (электронные потенциометры, мосты и т. п.), для контроля и регистрации ответственных величин, характеризующих качество работы агрегата, процесса; 1,0, 1,5 - среднего класса точности, для контроля и регистрации параметров, оказывающих меньшее влияние на работу агрегата; 2,5 - приборы для измерения параметров, непосредственно не влияющих на качество продукта и работу агрегата; 4,0 - грубые приборы для измерения неответственных параметров и оценки их относительного изменения.

При построении систем автоматического контроля отдельных технологических параметров последовательно производят выбор воспринимающего элемента и первичного преобразователя, выбор линии связи и источника питания, выбор вторичного прибора (характеристика воспринимающего устройства, пределов шкалы, габаритов прибора).

**Выбор воспринимающего элемента и первичного преобразователя.** Выбор этих устройств зависит прежде всего от характеристики контролируемой среды и диапазона изменения контролируемого параметра. При непосредственном контакте чувствительного элемента с контролируемой средой возможно нежелательное влияние пищевых продуктов, прежде всего эрозионного и коррозионного характера, на конструктивные узлы. Быстрая коррозия материалов, из которых изготовлены чувствительные элементы, происходит под действием химически активных составляющих пищевых продуктов. Поэтому широко применяют конструкцию из нержавеющей стали, нанося на них антикоррозионные покрытия, и принимают другие меры по уменьшению коррозии деталей чувствительных элементов. Эрозия вызывается воздействием продуктов, обладающих абразивными свойствами. Для снижения эрозионного износа детали чувствительных элементов выполняют из специальных материалов или со специальными защитными чехлами и экранами.

При выборе чувствительных элементов необходимо учитывать также возможное влияние материалов, из которых они изготовлены, на качество продуктов. Недопустимо образование химических соединений, вредно влияющих на пищевые продукты, изменяющих их цвет, ухудшающих вкусовые качества и нарушающих необходимые условия стерильности. Использование в пищевой промышленности радиоактивных, высокочастотных и ультразвуковых приборов требует тщательного анализа возможности вредного влияния излучений на качество пищевых продуктов. Многие производства пищевой промышленности характеризуются выделением в окружающую среду паров и газов, содержащих агрессивные вещества. В этих условиях необходимо решать вопросы, связанные с защитой приборов от действия агрессивных

сред, а также повышенной влажности и запыленности.

При выборе диапазона измерения должны учитываться возможные значения контролируемого параметра в условиях нормальной работы, а также при проведении некоторых дополнительных операций -стерилизации, промывки, дезинфекции и т. д. В этих режимах значение контролируемого параметра может значительно отклоняться от номинального и поэтому либо должен быть расширен диапазон измерения, либо предусмотрены меры по защите измерительных приборов.

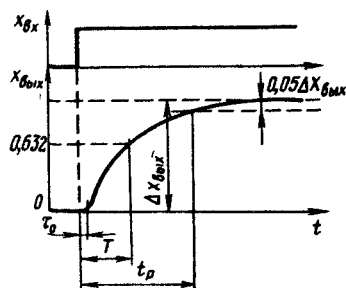


Рис. 2.2. Переходный процесс воспринимающего элемента системы автоматического контроля

Воспринимающий элемент и первичный преобразователь обладают, как правило, наибольшей инерционностью в измерительном комплекте, поэтому при их выборе особое значение имеет оценка динамических свойств этих элементов. Для оценки пользуются такими величинами, как постоянная времени  $T$  или время переходного процесса  $tp$  (методика их определения показана на рис. 2.2), а также время начала реагирования  $T_d$ .

Приближенная оценка динамических свойств этих элементов осуществляется с помощью их паспортных данных. Для более точной оценки необходимо пользоваться экспериментальными данными, однако в период проектирования это часто неосуществимо.

**Выбор линии связи.** Он в основном определяется видом энергии, принятым в проектируемой системе, расстоянием от места измерения и характеристикой внешней окружающей среды. В большинстве случаев измерительные приборы комплектуются преобразователями разных видов, позволяющими получать унифицированные Сигналы и передавать их на расстояние. Специальные дистанционные передачи не требуются лишь при измерении температуры с помощью термопреобразователей сопротивления и термоэлектрических преобразователей, так как устройство вторичных приборов этих чувствительных элементов обеспечивает определенную дистанционность передачи показаний. Однако и в этом случае унифицированные сигналы могут быть получены с помощью измерительных (нормирующих) преобразователей.

По виду энергии дистанционные передачи делятся на пневматические и электрические. Пневматические дистанционные передачи обладают тем преимуществом, что они могут быть применены в пожаро- и взрывоопасных помещениях. Применение пневматической дистанционной передачи определяется использованием на данном объекте систем пневматических приборов и регуляторов. Диапазон изменения измерительного сигнала представляет собой изменение давления сжатого воздуха в интервале 0,02-0,1 МПа (0,2-1 кгс/см<sup>2</sup>);

основная погрешность вторичного прибора 1 %.

Пневматическая дистанционная передача широко используется при автоматизации процессов пищевой промышленности. Однако необходимо учесть, что эта передача обладает значительной инерционностью, которая ограничивает дистанционность передачи в пределах 300 м при диаметре импульсной линии 6 мм. Увеличение расстояния приводит к значительным запаздываниям в передаче сигналов. Так, постоянная времени трубопровода внутренним диаметром 5 мм при внесении на вход скачкообразного возмущения по давлению 0,1 МПа (1

кгс/см<sup>2</sup>) при длине трубопровода 100 м составляет 3-4 с, время запаздывания 0,5-0,7 с. При длине трубопровода 200 м эти величины соответственно составляют 10-12 и 1-2 с, а при длине 300 м - 16-20 и 2,5-3 с. Как известно, переходный процесс заканчивается через (3-4) Г, что определяет значительные запаздывания при увеличении расстояния, на которое передается сигнал. С достаточной для практики точностью пневмопровод можно представить как объект с сосредоточенными параметрами и охарактеризовать его динамические свойства постоянной времени Г и временем запаздывания Т<sub>0</sub>. Известно несколько выражений для аналитического определения т<sup>?</sup> и Г. В первом приближении можно пользоваться такими выражениями:

$$\tau_0 = L/v_{зв}; \quad T = 32\eta L^2 / p_0 \chi d^2,$$

где  $L$  - длина пневмопровода, м;  $V_{зв}$  - «порость звука в воздухе, м/с;  $\Pi$  — динамический коэффициент вязкости воздуха, Па·с;  $P_0$  - начальное давление воздуха в пневмопроводе, Па;  $\chi$  - показатель адиабаты;  $d$  - внутренний диаметр пневмопровода, мм.

Так как динамические свойства пневмопровода зависят от его длины и диаметра, то в настоящее время оптимальным считается внутренний диаметр  $d = 4,8$  мм при  $L = 300$  м, что соответствует размерам пневмотрубки 8х 1,6 мм. Однако при длине 100-200 м выигрыш в быстродействии пневмопередачи при применении этих пневмотрубок незначителен по сравнению с трубками размером 6х1 мм. Поэтому последние широко применяются на таких расстояниях из-за экономии материала.

Электрические дистанционные передачи показаний являются практически безынерционными и обладают большой дистанционностью. В настоящее время применяются индукционная, омическая, сельсинная, дифференциально-трансформаторная, ферродинамическая, электросиловая и частотно-силовая передачи. Наиболее часто используются дифференциально-трансформаторная и ферродинамическая передачи, а также электро- и частотно-силовая. Для применения последних двух типов передач необходимо наличие специальных преобразователей.

Дифференциально-трансформаторная и ферродинамическая системы передачи основаны на компенсационном методе измерений, обладают высокой чувствительностью и обеспечивают достаточную дистанционность передачи при основной допустимой погрешности соответственно  $\pm 1,0$  и  $\pm 0,5$  %. Этим системам присущи также и такие недостатки, как сильное влияние внешних магнитных полей и емкости линии, что ограничивает их дистанционность (250 м).

С помощью электросиловых преобразователей получают унифицированные выходные сигналы, которые изменяются в диапазоне 0-5, 0-20 и 0-100 мА или 0-10 В постоянного тока. Частотно-силовые преобразователи обеспечивают получение выходного сигнала, характеризующегося изменением частоты электрического поля в диапазоне 1,5-2,5 и 4-88 кГц с амплитудой напряжения 0,6-1,2 В.

Дистанционность передачи показаний при измерении температуры термопреобразователями сопротивления и термоэлектрическими преобразователями зависит как от сопротивления соединительных проводов, так и от вида вторичных приборов. Так, при измерении температуры термопреобразователем сопротивления и автоматическим электронным уравновешенным мостом при использовании в качестве соединительных линий медных проводов сечением 1,5 мм<sup>2</sup> максимальное расстояние от чувствительного элемента до вторичного прибора составляет 200 м. Если в качестве вторичных приборов используются логометры, то максимальное расстояние может быть до 600 м. При использовании термопар в комплекте с автоматическими электронными потенциометрами максимальное расстояние составляет 200 м (гр. ХК) и 500 м (гр. ХА), если в качестве соединительных линий используются термоэлектродные провода.

**Выбор вторичного прибора.** Этот выбор определяется видом измеряемой величины, характеристикой внешней окружающей среды и метрологическими требованиями. Вторичные

приборы можно разделить на ряд групп по разным классификационным признакам:

по классу точности - прецизионные (класс точности 0,25 и выше), средней (0,5 и 1,0) и низкой (1,5 и ниже) точности;

по динамическим свойствам, характеризующимся временем пробега шкалы указателем, - быстродействующие (0,25 - 0,5 с), среднего (1-10 с) и низкого (до 16с) быстродействия;

по габаритам - нормального габарита (размер по лицевой стороне 400 X 400 мм), малогабаритные (240 X 320 мм) и миниатюрные (160 X 200 мм). Эти размеры приведены для электрических показывающих и самопишущих приборов. Пневматические показывающие приборы кроме основного размера 160X 200 мм выпускаются также размерами 60 X 160 и 80 X 160 мм;

по числу измеряемых величин - одно- и многоканальные (одно- и многоточечные);

по виду шкалы - с прямолинейным, круглым, профильным, вращающимся циферблатом;

по характеристике исполнения - в нормальном для работы при температуре 10-35 °С и относительной влажности от 30 до 80 %, а также в тропическом и искробезопасном;

по характеру отсчета измеряемой величины - цифровые, аналоговые и дискретно-аналоговые.

Выбор техники измерения (показания, запись) определяется условиями организации системы автоматического контроля. Показывающие приборы применяются для оперативного визуального контроля, когда по их показаниям со щита управления ведется дистанционное управление, а также для эпизодического контроля второстепенных параметров. В ряде случаев удобно объединение нескольких контролируемых величин на одном показывающем приборе с помощью переключателя.

Показания нескольких величин рекомендуется объединять при наличии одинаковых точек измерения в однотипных параллельных агрегатах, процессах, линиях; одинаковых точек измерения в эксплуатационном и резервном агрегатах, машинах; различных точек измерения, характеризующих распределение измеряемых величин в пространстве (температурное поле, поле газового состояния, поле концентраций). В то же время необходимо избегать объединения показаний нескольких величин на одном приборе в случае контроля величин, последовательно расположенных в производственных процессах, разных физических величин, одинаковых величин разнотипных агрегатов.

Все важнейшие показатели технологических процессов должны контролироваться показывающими самопишущими приборами. Регистрация показаний дает возможность контролировать ход процесса за определенный отрезок времени, оценить влияние основных возмущающих факторов и методов ведения технологии на конечный результат процесса. Кроме того, на основании регистрации отдельных величин выполняется расчет обобщенных технико-экономических показателей процесса. При анализе диаграмм самопишущих приборов с записью параметров следует учесть, что погрешность записи возрастает по сравнению с погрешностью показаний и может достигать удвоенного значения основной погрешности.

Самопишущие приборы выпускаются одно- и многоточечными. Объединение записи нескольких параметров на одном приборе может быть весьма эффективным в случае одновременной регистрации аналогичных величин для их сравнения при анализе процесса, величин, характеризующих какую-либо одну среду или процесс, и т. д. Однако регистрирующие приборы не рекомендуется применять для одновременной записи нескольких величин, если кривые записи накладываются одна на другую или перекрываются, а также для записи величин, между

которыми нет взаимосвязи.

В общем случае объединение на одном показывающем или самопишущем приборе нескольких контролируемых величин позволяет значительно сократить число приборов, улучшить технико-экономические и эксплуатационные показатели системы. В ряде случаев сокращение числа приборов на щитах управления может быть достигнуто за счет частичной замены измерительных приборов устройствами сигнализации. Эффективным является также использование средств вычислительной техники для обработки и представления информации оператору (см. главу 3).

При выборе самопишущих приборов следует обратить внимание на координаты записи (полярные или прямоугольные), так как использование дисковой или ленточной диаграммы имеет свои особенности. Так, самопишущие приборы с ленточной диаграммой обладают рядом преимуществ по сравнению с дисковыми: большое время непрерывной записи (до 30 сут); большой диапазон скоростей движения ленты;

удобство расчетов, сопоставлений, планиметрирования, изучения переходных процессов; возможность записи нескольких контролируемых величин.

В то же время приборы с дисковой диаграммой позволяют одновременно на одной диаграмме охватить весь ход циклического процесса и оценить его режимные условия. Кроме того, длина шкалы приборов с дисковой диаграммой примерно в 3 раза больше, чем ленточных приборов тех же габаритов.

Выбор размера шкалы и габаритов приборов определяется необходимой точностью отсчета, так как это связано с ценой деления шкалы, удобством наблюдения с определенного расстояния и компоновки приборов на щитах. Так, диаметр или длина шкалы полногабаритных приборов составляет 250 мм, малогабаритных 160 мм, миниатюрных 100 мм, поэтому несмотря на значительное уменьшение площади щитов (на 45- 60 %) при использовании миниатюрных приборов следует учитывать также точность отсчета, надежность в эксплуатации, удобство монтажа и обслуживания.

Выбор характера отсчета зависит от динамических свойств контролируемого процесса. Так, для контроля и регулирования быстро протекающих процессов целесообразно использовать приборы с аналоговым отсчетом. Приборы с цифровым отсчетом лучше применять при контроле медленно изменяющихся величин, когда необходимо отобразить информацию с высокой точностью. Приборы с дискретно-аналоговым отсчетом, например милливольтметры с двухкоординатным электролюминесцентным дискретно-аналоговым отсчетным устройством, отличаются высокой надежностью и их целесообразно применять при контроле и регулировании динамических процессов в случае множества параметров, когда измеряемые величины могут быть представлены с помощью группы приборов в виде гистограммы.

При выборе вторичных приборов важным показателем является диапазон шкалы, который должен охватывать все возможные рабочие значения измеряемой величины с учетом ее максимальных значений. Следует помнить, что расширение диапазона влечет за собою увеличение ошибки при данном классе точности.

Для большинства технологических измерений максимум измеряемой величины может лежать в пределах последней четверти диапазона шкалы, за исключением приборов с упругими чувствительными элементами, на показаниях которых сказываются явления гистерезиса. В этом случае при резко переменных нагрузках максимум измеряемой величины должен лежать в пределах 0,5-0,7 диапазона шкалы.

Иногда необходимо учесть и существующие внережимные факторы, которые могут вызвать увеличение измеряемого параметра выше его максимального значения, например рост

температуры при стерилизации и др. При возникновении таких ситуаций необходимо отключить прибор либо расширить диапазон его измерения.

## ВЫБОР РЕГУЛИРУЮЩИХ ПРИБОРОВ

В пищевой промышленности применяются автоматические регуляторы, различающиеся по виду энергии внешнего источника (прямого действия и электрические, пневматические, гидравлические или комбинированные) и характеру выходного сигнала (непрерывного и дискретного действия). По способу квантования сигнала дискретные регуляторы могут быть релейными (квантование по уровню), импульсными (квантование по времени), релейно-импульсными и кодоимпульсными (квантование по уровню и времени). Вид математической зависимости, связывающей входную и выходную величины регулятора, определяет закон регулирования. Для регуляторов непрерывного действия и импульсных он может быть интегральным (И), пропорциональным (П), пропорционально-дифференциальным (ПД) и пропорционально-интегрально-дифференциальным (ПИД). Из релейных регуляторов наиболее часто применяются двухпозиционные (РДП) и с постоянной скоростью сервопривода (РПС).

Перечисленные регуляторы используются в автоматических системах регулирования (АСР) (рис. 2.3.).

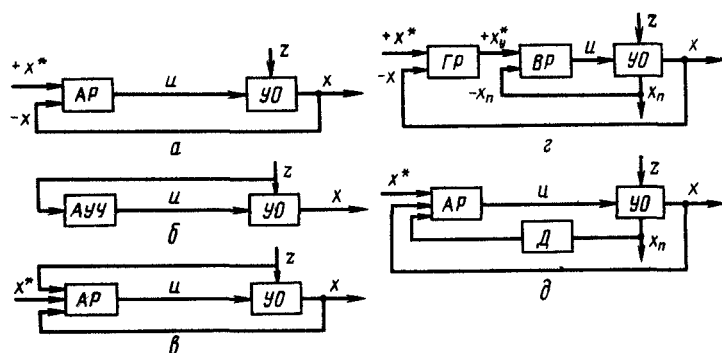


Рис. 2.3. Структурные схемы систем автоматического управления:

а - регулирование по отклонению [ $AP$  - автоматический регулятор,  $УО$  - управляемый объект); б - управление по возмущению ( $AУУ$  - автоматическое управляющее устройство); в - комбинированное регулирование с двухимпульсным регулятором;

г - каскадное регулирование с главным ( $ГР$ ) и вспомогательным ( $ВР$ ) регуляторами;

д - регулирование по отклонению с использованием исчезающего сигнала ( $Д$  - дифференциатор) по промежуточной переменной

Качество работы АСР существенно улучшается и при использовании систем с переменной структурой (СПС), в которых связи между функциональными элементами меняются тем или иным образом в зависимости от состояния системы.

Выбором приборов для АСР при проектировании занимаются после определения комплекса технических средств (КТС) для системы управления более высокого уровня, т. е. системы управления цехом или производством. Поэтому при выборе приборов для АСР необходимо обязательно учитывать решения, принятые на соответствующих этапах проектирования АСУ цехом или производством.

Приборы для конкретной АСР должны обеспечить точность поддержания значений управляемых технологических величин в соответствии с требованиями технологического регламента при оптимизации критерия качества процесса регулирования, устойчивость работы системы в

переходном режиме и установившемся состоянии, а также быть экономически эффективными и надежными в эксплуатации при сохранении соответствующих показателей. Для правильного выбора приборов регулирования необходимо располагать исходными данными, характеризующими условия работы АСР и свойства АСУ, составным элементом которой является проектируемая система. Можно выделить три группы исходных данных.

Первая группа представляет собой данные о структурных, алгоритмических и технических особенностях АСУ: структуре АСУ, основных алгоритмах управления и характеристике выбранного КТС. Если проектируется не АСУ ТП, а автономная локальная система автоматизации, эта группа должна содержать сведения по аппаратурному решению разрабатываемой системы, которое принимается из условий использования серийной аппаратуры, однородной по своим техническим характеристикам и входящей в ГСП.

Вторая группа - это данные об условиях работы АСР: динамических свойствах объекта регулирования (запаздывание, инерционность, самовыравнивание); основных возмущениях (чаще всего по нагрузке), испытываемых объектом; характеристике регулируемой и регулирующей сред по основным физико-химическим параметрам; характеристике внешней окружающей среды и необходимой дистанционности передачи сигнала от измерительного элемента до вторичного прибора и от регулятора до исполнительного механизма. Данные о динамических свойствах и основных возмущениях определяют путем аналитического или экспериментального исследования объекта. Остальные сведения, входящие в эту группу, содержатся в задании на проектирование.

Третья группа исходных данных состоит из ряда требований к качеству работы АСР: необходимая статическая и динамическая точность регулирования, определяемая соответствующими ошибками;

необходимый запас устойчивости, определяемый степенью затухания переходного процесса; надежность работы, определяемая промежутком времени, в течение которого сохраняются допустимые значения эксплуатационных показателей.

Третья группа данных формируется технологическим регламентом. В процессе выбора приборов для АСР может оказаться, что существует несколько вариантов решений, при которых в пределах ограничений, задаваемых данными первой и второй групп, достигается необходимый запас устойчивости, а также необходимая статическая и динамическая точность. Тогда выбираются те приборы, которые обеспечивают большую экономическую эффективность системы и лучшие эксплуатационные показатели.

Для упорядочения выбора приборов для АСР рекомендуется такая последовательность.

1. Составляют упрощенную технологическую схему объекта регулирования, выделяя ее из технологической схемы цеха, отделения или агрегата, изучают технологический регламент и анализируют показатели нормального функционирования объекта.
2. Выбирают основную регулируемую величину, исходя из использования одноконтурной замкнутой автоматической системы, и формулируют цель регулирования. При этом приборы для измерения должны быть простыми и надежными с достаточно высокой чувствительностью; допустимые значения статических и динамических ее отклонений от заданного значения достаточно велики; при нескольких регулируемых величинах в одном объекте взаимные связи их через процесс должны быть минимальными.

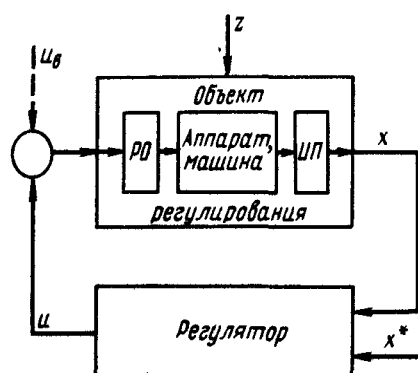
Затем выбирают регулирующее воздействие, определяя таким образом канал регулирующего воздействия. Выбранная в качестве регулирующей входная величина должна отвечать следующим требованиям: степень влияния регулирующего воздействия по величине



коэффициента передачи и ширине рабочей области достаточна для получения необходимой точности регулирования; статические характеристики объекта регулирования линейны или несущественно нелинейны; запаздывание в передаче управляющего сигнала для данного объекта регулирования минимально.

Если отсутствуют надежные первичные измерительные преобразователи для получения информации о значениях регулируемой величины, анализируют возможность использования принципа управления по возмущению (см. рис. 2.3, б). В этом случае чаще всего управление процессом осуществляется регулятором соотношения потоков вещества или энергии, являющихся нагрузкой объекта и регулирующим воздействием. Такие системы относятся к следящим АСР. Однако во всех случаях воспринимающие элементы и первичные преобразователи АСР должны соответствовать требованиям, предъявляемым к аналогичным элементам систем автоматического контроля. При этом инерционность этих элементов должна быть минимальной.

3. Составляют упрощенную структурную схему АСР (рис. 2.4), связывающую основные элементы системы. Из схемы видно, что такие элементы, как регулирующий орган  $fp0$  и измерительный преобразователь (ЯЛ), отнесены к объекту регулирования (аппарату или машине). Выходной величиной объекта регулирования здесь становится сигнал  $ИП$ , значение которого измеряется в единицах измерения регулируемой величины. Входной величиной объекта является перемещение регулирующего органа, измеряемое в процентах хода регулирующего органа. Такой выбор входной величины - не единственный. В принципе в качестве входной величины объекта регулирования можно использовать и выходную величину исполнительного



устройства, которой чаще всего является расход регулирующей среды. Однако в этом случае усложняются расчеты, так как для выбора регулятора, например, при экспериментальном определении динамических свойств объекта необходимо определять рабочие характеристики регулирующего органа. Если же входной величиной объекта регулирования будет положение регулирующего органа, его характеристика будет отражена в характеристиках объекта. Выбор в качестве выходной величины объекта сигнала  $ИП$  обусловлен невозможностью другим способом получить информацию о поведении объекта.

Рис. 2.4. Структурная схема АСР

4. Выбирают измерительный преобразователь и регулирующий орган.

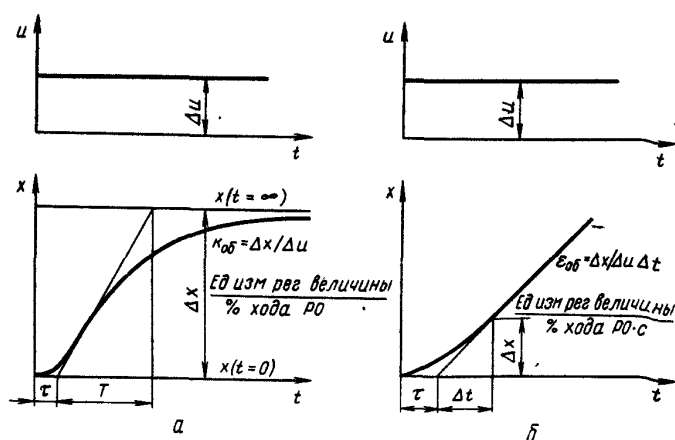


Рис. 2.5. Кривые разгона объектов регулирования с самовыравниванием (а) и без самовыравнивания (б)

5, Определяют динамические параметры объекта регулирования. Для этой цели могут применяться как экспериментальные, так и аналитические или экспериментально-аналитические методы. При этом используют самый простой вид аппроксимации динамических характеристик объекта — с помощью одного или двух последовательно соединенных типовых звеньев. На рис. 2.5 показано графическое определение динамических параметров объекта при аппроксимации кривой разгона объекта с самовыравниванием с помощью апериодического звена первого порядка и звена чистого запаздывания (рис. 2.5, а), кривой разгона объекта без самовыравнивания - с помощью интегрирующего звена и звена чистого запаздывания (рис. 2.5, б).

В первом случае находят значения запаздывания  $t$  (в с), постоянной времени  $T$  (в с) и коэффициента передачи  $K_{об}$  (в ед. изм. рег. величины / х. РО), которые являются параметрами передаточной функции объекта  $W_{об}(p) = [K_{об} / (Tp + 1)] e^{-pt}$ . Во втором случае определяют значения запаздывания  $t$  (в с) и скорости разгона  $\dot{y}$  (в ед. изм. рег. величины / х. РО х с) - параметры передаточной функции объекта  $W_{об}(p) = \dot{y} / p e^{-pt}$ .

Если объект не обладает запаздыванием, то число определяемых параметров уменьшается (например, не определяют  $t$ ) и передаточная функция объекта с самовыравниванием приобретает вид  $W_{об}(p) = K_{об} / (Tp + 1)$ , а объекта без самовыравнивания  $W_{об}(p) = \dot{y} / p$ .

6. Определяют характер и значение основных возмущающих воздействий, которые испытывает объект регулирования (чаще всего изменения нагрузки объекта). Изменения могут носить самый разнообразный характер, однако их сводят к трем наиболее распространенным видам: скачкообразно длительному, пиковому и монотонно нарастающему (рис. 2.6). Значения этих возмущений ( $\Delta U_{гв}$  - для скачкообразно длительного и пикового,  $\Delta U_{гЛт}$  - для монотонно нарастающего) могут быть определены либо путем длительного наблюдения на объекте, либо исходя из допустимых по технологическому регламенту колебаний нагрузки объекта.

Для удобства дальнейших расчетов возмущения измеряют в процентах хода РО. Практически возмущения по нагрузке  $z$  не представляют собой перемещения РО, однако всегда можно найти эквивалентное, например, скачкообразно длительному возмущению  $z$  перемещение регулирующего органа  $U_{г}$  (см. рис. 2.4), при котором регули-

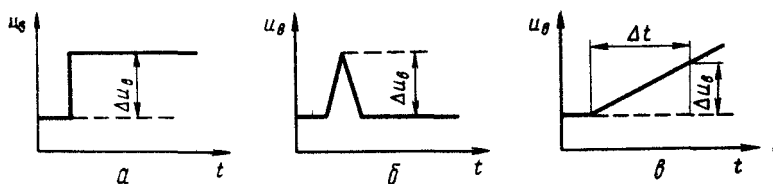


Рис. 2.6. Возмущение по нагрузке:

а - скачкообразно длительное; б- пиковое; в-монотонно нарастающее

руемая величина в статическом режиме примет то же значение, что и до внесения возмущения. В то же время динамические свойства объекта регулирования часто различаются по каналам регулирующего воздействия и основного возмущения. Поэтому желательно наряду с динамическими параметрами объекта по каналу регулирующего воздействия ( $K_{об}$ ,  $T$ ,  $t$  или  $\epsilon$  де,  $t$ ; см. п. 5) определить динамические параметры объекта по каналу основного возмущения ( $f_{св}$ ,  $T_y$ ,  $t_y$ , или

$\epsilon_{вв}$ )- Если это не удастся, принимают, что значения этих параметров одинаковы.

7. Предварительно выбирают характер выходного сигнала регулятора (тип регулирующего

воздействия) по значению относительного запаздывания  $t/\Gamma$ : при  $t/\Gamma < 0,2$  - релейный или релейно-импульсный;

при  $t/\Gamma > 0,2$  - непрерывный или импульсный. Причем импульсные или релейно-импульсные регуляторы применяют, когда информация о состоянии регулируемого объекта поступает непрерывно, а регулирующее воздействие осуществляется только в дискретные моменты времени. Во всех остальных случаях при соответствующих значениях  $t/\Gamma$  используют релейные или непрерывно действующие регуляторы. Приступать к проверке возможности применения, в частности, релейных позиционных регуляторов целесообразно лишь тогда, когда объект регулирования допускает автоколебательный процесс изменения регулируемой величины.

8. Устанавливают требуемые (заданные) показатели качества процесса регулирования, используя прежде всего данные технологического регламента. Причем процесс регулирования в случае применения релейных или релейно-импульсных регуляторов будет автоколебательным, а в случае непрерывно действующих или импульсных регуляторов - затухающим.

9. Проверяют пригодность выбранного типа регулирующего воздействия, сравнивая заданные значения показателей качества процесса регулирования с их фактическими значениями. Последние определяют по таблицам и номограммам в зависимости от значений динамических параметров объекта и возмущений по нагрузке. Если выбранный тип регулирующего воздействия можно реализовать с помощью нескольких законов регулирования, то параллельно выбирают закон регулирования. При этом с точки зрения экономической эффективности и надежности выбирают самый простой из законов регулирования, обеспечивающий требуемое качество регулирования.

10. Анализируют возможность улучшения динамических свойств объекта регулирования, если даже самый сложный из законов регулирования не обеспечивает требуемого качества регулирования. Такое улучшение прежде всего возможно за счет применения менее инерционных ИП, других регулирующих воздействий, а также изменения места установки РО.

11. Анализируют возможность применения многоконтурных систем или систем с переменной структурой, если мероприятия по улучшению динамических свойств объекта регулирования не приносят желаемого результата.

Таким образом, выбор приборов для автоматического регулирования проводят начиная с одноконтурной системы регулирования и простейшего закона регулирования. Закон регулирования усложняют до тех пор, пока не достигнут требуемого качества регулирования. Если требуемое качество не достигается в одноконтурной системе, то анализируется возможность использования многоконтурных систем или систем с переменной структурой.

12. Осуществляют аппаратную реализацию АСР, выбирая тип регулирующего устройства и исполнительного механизма с учетом выбранного КТС или приборной базы системы автоматизации при разработке более высокого уровня системы управления (см. первую группу исходных данных). Кроме того, принимают во внимание сравнительную оценку систем с энергоносителем разного вида.

К преимуществам пневматических регуляторов относятся: возможность применения во взрыво- или пожароопасных производствах;

простота реализации стандартных законов регулирования с широким диапазоном изменения параметров настройки; несложность настройки;

простота конструкции, низкая стоимость, высокая точность регулирования благодаря переменной скорости движения и достаточному быстродействию исполнительных механизмов;

высокий уровень эксплуатационной надежности; легкость и удобство эксплуатации и, как следствие, отсутствие необходимости в обслуживающем персонале высокой квалификации. К недостаткам пневматических регуляторов следует отнести необходимость специальных установок воздухо-снабжения; ограниченную дистанционность действия и инерционность передачи сигналов давления; относительную сложность перехода с автоматического управления на дистанционное и обратно; смещение пневмоприводов в одно из крайних положений при отключении питания; непригодность пневмоприводов для управления регулирующими органами с резкопеременными нагрузками.

Для регулирующих органов, работающих при резкопеременных нагрузках и требующих поэтому больших перестановочных усилий, применяют гидравлические исполнительные механизмы. К тому же они просты и надежны в эксплуатации, обладают плавностью и большим диапазоном регулирования времени хода механизма, не имеют выбега. При использовании соответствующих преобразователей их можно применять как с пневматическими, так и с электрическими регуляторами.

Электрические регуляторы обладают большой дистанционностью и быстродействием, малой инерционностью; возможностью регулирования различных параметров (в том числе неэлектрических), измеряемых электрическими методами, без дополнительного преобразования сигналов; отсутствием необходимости в специальных установках питания; отсутствием перемещения исполнительного механизма при отключении питания или прекращении подачи сигнала; простотой переключения с автоматического управления на дистанционное и обратно. Вместе с тем электрическим регуляторам присущи также определенные недостатки: пожаро- и взрывоопасность, сложность наладки, потребность в квалифицированном обслуживании, сложность и малая надежность электрических исполнительных механизмов, постоянная скорость их перемещения и необходимость применения специальных тормозных устройств для уменьшения выбега.

Особое внимание при выборе приборов для автоматического регулирования и управления необходимо обратить на использование агрегатных комплексов средств автоматизации, входящих в ГСП. Применение последних позволяет широко использовать при проектировании типовые проектные решения (ТПР). Построение конкретной АСР с применением ТПР сводится к выбору необходимых типовых структурных модулей и соответствующих им типовых функциональных наборов. Затем из выбранных модулей komponуются принципиальные схемы АСР, а на их основе — монтажные схемы.

Аппаратура агрегатных комплексов, как правило, выполняется в двух конструктивных вариантах: шкафном - в виде субблоков для установки в изделия унифицированных типовых конструкций (УТК) и приборном - в виде автономно функционирующих приборов для размещения на щитах. Использование шкафного варианта позволяет монтировать субблоки в изделиях УТК на приборостроительном заводе, а наличие в составе рабочего проекта программы проверки конкретной АСР - провести в заводских условиях большую часть наладочных работ. Это в значительной степени сокращает сроки монтажных работ и повышает качество разработки и внедрения систем автоматизации. Существует уже несколько таких комплексов.

Наиболее распространенными среди пневматических агрегатированных комплексов являются комплексы аналоговых средств "Старт", "Центр" и "Режим-1", комплексы дискретных средств "Цикл", "Корд", "Центр-логика". В стадии освоения находятся также комплексы "Номинал" (аналоговые средства) и "Ритм" (дискретные средства). Из электрических агрегатированных комплексов известны АКЭСР, "Каскад", СУПС и КТС ЛИУС, ремиконт и ломиконт (приложение 2).

## **ВЫПОЛНЕНИЕ СХЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ**

Схема автоматизации технологического процесса содержит машинно-аппаратурную схему процесса, на которой с помощью условных обозначений изображают органы управления, приборы и средства автоматизации и связи между ними, определяющие в целом принципы построения системы автоматического контроля и управления объекта, а также таблицу условных обозначений, не предусмотренных стандартами, и необходимые пояснения.

Схемы автоматизации в основном выполняются для каждого структурного участка производства отдельно, и их число соответствует числу оперативных постов управления. Допускается два способа выполнения схем автоматизации: развернутый (традиционный) и упрощенный. При развернутом способе на схеме показывают состав комплекса технических средств каждого контура, при упрощенном - отражают только число контуров контроля и регулирования, их назначение и функции, а техническая структура каждого контура отражается в структурных схемах КТС или в другой проектной документации (принципиальных схемах контроля, регулирования, сигнализации, схемах соединений внешних проводов).

**Изображение технологического оборудования.** Это оборудование изображается упрощенно в виде схемы без масштаба, находящейся в верхней части чертежа (примерно 2/3 по его высоте). Эта схема по своему расположению должна соответствовать машинно-аппаратурной технологической схеме с изображением основных коммуникаций, органов управления, электрооборудования и вспомогательных устройств. Второстепенные конструктивные детали, как правило, опускаются. В то же время изображение технологического оборудования и трубопроводов должно давать полное представление о технологической схеме автоматизируемого участка производства. Внутренние детали и элементы технологического оборудования показывают только в том случае, если необходимо отразить непосредственный контакт с ними приборов и средств автоматизации.

Изображаемые на схеме технологические агрегаты и коммуникации по своему виду должны соответствовать схеме, принятой в технологической рабочей документации. Если такая схема отсутствует, а также по согласованию с генпроектировщиком технологическое оборудование может изображаться в соответствии со стандартами ЕСКД или с помощью общепринятых обозначений, например, как в теплоэнергетике, электротехнике и других отраслях народного хозяйства, а запорная арматура - в соответствии с ГОСТ 2.785-70. Возле изображения технологического оборудования и отдельных его элементов или внутри него приводятся соответствующие поясняющие надписи, например "подогреватель", "сборник" и т. д.

Что касается коммуникаций технологических трубопроводов, то ввиду отсутствия стандарта на их изображение на технологических схемах, когда последние не входят в состав рабочей документации, могут быть использованы обозначения ГОСТ 14202-69 или ГОСТ 21.106-78. Направление потока среды внутри трубопроводов указывается стрелкой на технологической части СА в соответствии с ГОСТ 2.721-74. Трубопроводы, идущие от конечных аппаратов или подходящие к ним, на схеме обрываются и заканчиваются стрелкой, показывающей направление потока, а также снабжаются поясняющей надписью:

"На выпарную станцию", "От фильтра" и т. д.

Для придания большей наглядности и выразительности контуры оборудования вычерчивают тонкими линиями (до 0,5 мм), а коммуникации - более толстыми (до 1-2 мм). На линиях пересечения трубопроводов, изображающих их соединение, ставится точка. Отсутствие точки означает отсутствие соединения трубопроводов. На СА при помощи условных изображений

показывают приборы и средства автоматизации, которые необходимы для оснащения проектируемого объекта, в том числе входящие в комплект поставки оборудования и имеющиеся у заказчика.

**Изображение приборов и средств автоматизации.** ГОСТ 21.404-85 "СПДС. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах" (приложение 3) охватывает практически все средства автоматизации, необходимые для разработки схем автоматизации. Если возникает необходимость ввести дополнительное изображение, то оно дается проектировщиком на схеме с соответствующей оговоркой и разъяснением.

Устройства и аппаратура вспомогательного назначения (реле, выключатели, фильтры, редукторы и т. д.) на схемах автоматизации не изображаются, кроме случаев, когда это необходимо для уяснения работы отдельных контуров системы автоматизации. Так, при дистанционном управлении электродвигателями наряду с магнитными пускателями, переключателями, кнопочными станциями могут показываться также реле и другие элементы схемы управления.

На схемах автоматизации изображаются также комплектные устройства (вычислительные устройства, комплексы и т. д.). Так как для этих устройств ГОСТ специальных обозначений не предусматривает, их условно показывают в виде прямоугольников произвольных размеров с соответствующими разъяснениями как чертеже.

Все первичные преобразователи, встроенные в технологическое оборудование и трубопроводы, показываются непосредственно на изображениях оборудования или трубопроводов. На технологические коммуникации также наносятся изображения регулирующих органов, входящих в отдельные контуры регулирования, а рядом с ними - изображения исполнительных механизмов, с которыми регулирующие органы связаны механически.

В нижней части чертежа (примерно  $1/3$  по высоте) под технологической схемой размещают прямоугольники, в которых изображают остальную аппаратуру системы автоматизации, группируя ее по соответствующим признакам, например местные приборы, приборы на местных и специальных щитах, приборы на центральном щите и т. д. Число прямоугольников зависит от структуры системы автоматизации и принятой организации управления.

На СА пищевых производств прямоугольники наиболее часто размещаются в такой последовательности:

местные приборы, где изображаются первичные преобразователи, и вторичные приборы, не совмещенные непосредственно с первичными элементами, смонтированными на оборудовании и коммуникациях, но которые должны размещаться вблизи оборудования по месту контроля или регулирования;

местные щитки управления (могут быть объединены с прямоугольником местных приборов);

оперативные щиты или пульта отдельных агрегатов и групповые щиты;

специальные щиты;

центральный (диспетчерский) щит;

вычислительные устройства, комплексы и т. д.

Прямоугольники рекомендуется выполнять высотой 40 мм, а при большом количестве аппаратуры высота может быть увеличена. Все прямоугольники с левой стороны на поле

шириной 15 мм снабжают соответствующими надписями: "Приборы местные", "Щит ... отделения (агрегата'»", "Щит центральный" и т. д. В прямоугольниках щитов показывают все средства автоматизации, установленные на лицевой панели щита, а также приборы и средства автоматизации, которые установлены внутри щита и без которых затруднено изображение контуров регулирования, вычислительные блоки, преобразователи, сигнализаторы и т. д. Звонок, сирена и гудок электрические, сирена пневматическая, сигнальная' лампа (табло) и электродвигатель на СА изображаются с помощью обозначений для электрических схем.

Для изображения отдельных измерительных или регулирующих комплектов используются линии связи между отдельными элементами. Линии связи показывают тонкими сплошными линиями толщиной 0,2-0,3 мм, которые проводят с наименьшим числом перегибов и пересечений с изображением технологического оборудования и трубопроводов. Пересечения условных обозначений средств автоматизации линиями связи не допускаются. На соединительных линиях вблизи пересечения с первым (сверху) прямоугольником указываются максимальное рабочее значение измеряемой величины, а также некоторые другие характеристики соответствующего автоматического устройства (пояснения, ссылки на другие чертежи).

Если несколько первичных элементов подключается к одному вторичному прибору, то допускается объединять соединительные линии в одну. Такое объединение допускается также при наличии нескольких отборных устройств, работающих с одним прибором через переключатель. Аппаратуру, предназначенную для управления и сигнализации однотипного оборудования, допускается изображать на схеме для одного контура, а на чертеже проставлять число комплектов.

При выполнении схем автоматизации сложных технологических установок допускается делать обрыв линий связи во избежание большого числа изломов и пересечений. При этом концы линий связи располагают на прямых невидимых линиях, параллельных линиям рамки схемы, и нумеруют одной и той же арабской цифрой. Концы соединительных линий около прямоугольников рекомендуется нумеровать цифрами в возрастающем порядке слева направо.

Каждому измерительному и регулируемому комплекту присваивается порядковый номер на схеме, а каждому элементу, изображен-

ному на функциональной схеме, - позиционное обозначение (позиция). Позиции сохраняются во всех документах проекта. Позиция каждого из средств автоматизации состоит из номера комплекта, к которому добавляется буквенный индекс, начиная от первичного элемента и кончая регулирующим органом (например, чувствительный элемент 1а, местный прибор 1б, вторичный прибор 1в, регулятор 1г, исполнительный механизм 1д, регулирующий орган 1е). Если схема или часть ее повторяется для других установок, то на схеме рекомендуется показывать технологическое оборудование одного объекта, а приборы и средства автоматизации - полностью для всех объектов.

Номера позиционного обозначения комплектов присваиваются по параметрическим группам в такой последовательности: температура, давление, расход или количество, уровень, состав и качество. Внутри параметрических групп комплекты нумеруются по ходу технологического процесса.

Электроаппаратуре рекомендуется присваивать позиционные обозначения, принятые в соответствующих электрических схемах. Все электрические элементы, показанные в одном прямоугольнике и включенные в одну электрическую схему, соединяют горизонтальной линией, на которой делается ссылка на соответствующий чертеж и надпись: "Технологическая сигнализация, черт. ...", "Блокировочные зависимости, черт...." и т. д.

На рис. 2.7-2.8 показаны примеры выполнения схемы автоматизации процесса II сатурации свеклосахарного завода разными способами.

При упрощенном способе выполнения СА (см. рис. 2.8) изображение каждого контура, располагаемое на технологической части схемы, включает окружность (овал), разделенную горизонтальной чертой пополам, и линии связи с оборудованием или трубопроводами и исполнительным устройством. В верхнюю часть окружности вписывают буквенный код, определяющий контролируемый (регулируемый) параметр, и все функции, выполняемые данным контуром, в нижнюю - позиционный номер контура. Возле графического обозначения контура или в таблице контуров приводят предельные рабочие значения контролируемых (регулируемых) величин. В таблице контуров указывают номер контура и обозначение проектного документа, раскрывающего состав контура. Одиночные приборы в таблицу не вносят.

На рис. 2.9 показан фрагмент выполнения СА с применением ЭВМ, а на рис. 2.10 - пример изображения блока агрегатированного технологического оборудования на схеме автоматизации. В прямоугольнике указываются наименование и тип блока, а также обозначение схемы автоматизации из конструкторской документации или из задания на разработку систем автоматизации блока. Схему автоматизации блока выполняют в виде фрагмента технологической схемы с изображением установленных на блоке приборов и средств автоматизации.

Над основной надписью схемы располагают таблицу, в которую сверху вниз вносят условные обозначения трубопроводов (вне зависимости от того, соответствуют ли они стандарту), приборов и средств автоматизации (если последние не предусмотрены действующими стандартами); буквенно-цифровые сокращения, принятые для условных обозначений отдельных блоков или устройств (или выполняемых ими функций) агрегатированных комплексов, вычислительных машин

и т. п.; резервные буквенные обозначения отсутствующих в ГОС" 21.404-85 контролируемых величин или функциональных признаков приборов.

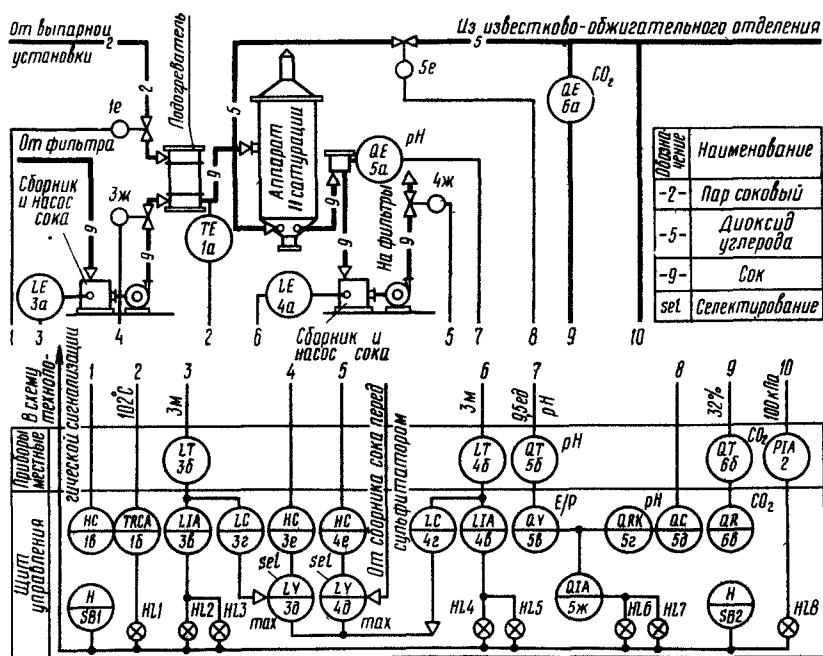


Рис. 2.7. Схема автоматизации процесса II сатурации, выполненная развернутым способом



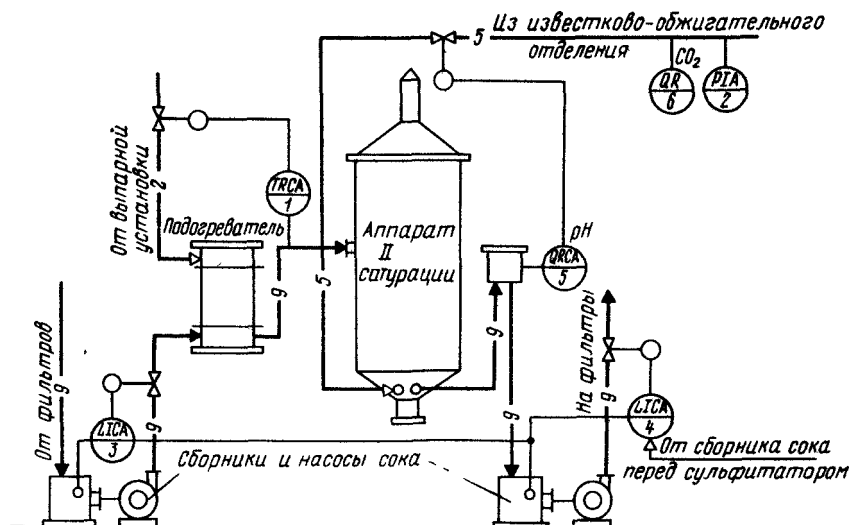


Рис. 2.8. Схема автоматизации процесса II сатурации, выполненная упрощенным способом

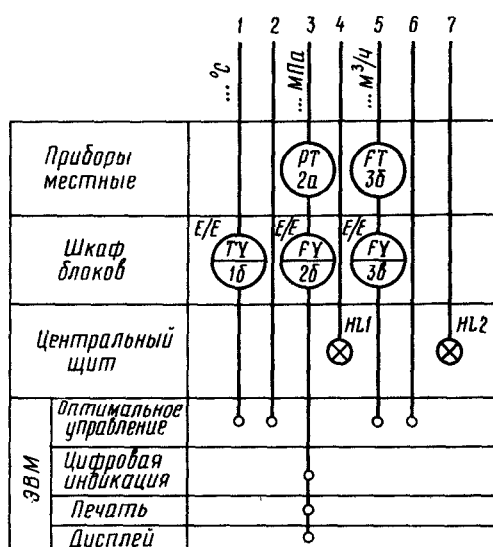


Рис. 2.9. Фрагмент схемы автоматизации(без технологической схемы) с применением ЭВМ

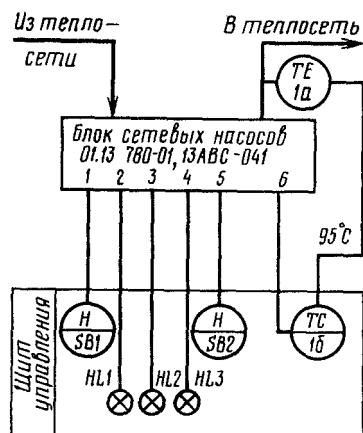


Рис. 2.10. Пример изображения блока агрегированного технологического оборудования на схеме автоматизации

## 2.3. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ

*Принципиальная схема* - схема, каждый элемент которой, выполняя определенную функцию, не может быть разделен на части, имеющие самостоятельное функциональное назначение (например, для электрических схем такими элементами будут резистор, трансформатор, конденсатор, а для пневматических - дроссель, емкость). На основании принципиальных схем, определяющих полный состав элементов и связей между ними, разрабатываются остальные материалы проекта: общие виды щитов, их монтажные схемы, схемы внешних соединений.

### **ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ**

Принципиальные схемы, входящие в проекты автоматизации технологических процессов, по назначению разделяют на схемы управления, сигнализации и питания. Возможно и сочетание функций управления и сигнализации в одной схеме, или наоборот, большая детализация назначения схем управления, которая находит отражение в названии схемы (например, схемы защиты, блокировки и т. п.).

К принципиальным схемам предъявляются следующие требования:

надежность - способность схемы выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в допустимых пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания и ремонтов;

безопасность работы обслуживающего персонала и предотвращение брака продукции и повреждения оборудования при аварийных ситуациях, вызванных неисправностями в цепях схемы, а также полным исчезновением или снижением и последующим восстановлением питания схемы;

удобство эксплуатации, связанное с минимумом затрат труда и внимания эксплуатационного персонала, с возможностью проведения ремонтных и наладочных работ при соблюдении необходимых мер безопасности;

экономичность, оцениваемая не только по стоимости элементов, входящих в схему, но и по стоимости соединительных линий.

**Схемы управления.** Эти схемы разрабатываются при проектировании систем автоматизации пищевых производств, весьма разнообразны по характеру действия и выполняемым функциям. В зависимости от выполняемых функций схемы управления разделяются на следующие виды:

схемы управления электроприводами производственных механизмов, к которым относят и схемы управления поточно-транспортными системами (ПТС)\*;

схемы управления электроприводами или пневмоприводами запорных и регулирующих устройств;

схемы программного управления технологическими агрегатами периодического действия в функции времени или других параметров.

Схемы управления в зависимости от степени участия оператора могут работать в автоматическом, автоматизированном и ручном режимах. Управление в автоматизированном или ручном режимах может быть местным или дистанционным в зависимости от места расположения командоаппаратов. При местном управлении оператор управляет механизмом или аппаратом

непосредственно с места их установки, например при выполнении ремонтных или наладочных работ. Одной из разновидностей такого управления является местное заблокированное управление, при котором подготовку к пуску и пуск каждого механизма производят с места установки, а последовательность пуска всех механизмов и дальнейшая их работа-определяются блокировочными связями. Оно может применяться в качестве самостоятельного при небольшом числе (до 10) заблокированных механизмов, а также при наладке и опробовании ПТС.

Дистанционное управление, осуществляемое с центрального или диспетчерского пункта, называют *централизованным*, или *диспетчерским*, причем в схемах управления ПТС оно является диспетчерским автоматизированным управлением (ДАУ).

**Схемы сигнализации.** В зависимости от выполняемых функций их можно разделить на следующие виды:

схемы технологической сигнализации, предназначенные для сигнализации о состоянии величин, характеризующих технологический процесс;

схемы производственной сигнализации, служащие для оповещения о положении рабочих органов машин, механизмов и агрегатов;

схемы командной сигнализации, выполняющие некоторые организационные функции управления производством;

схемы пожарной сигнализации, служащие для быстрого оповещения о месте возникновения пожара;

схемы сторожевой сигнализации, выполняющие функции по охране складских и специальных помещений.

Схемы производственной сигнализации иногда называют *схемами сигнализации положения*, так как они чаще всего сигнализируют о двух рабочих положениях механизмов или рабочих органов машин "Отключено - Включено" или "Открыто - Закрыто".

В каждой из перечисленных схем сигнализации могут быть применены один или несколько типов сигналов: сигнал нормального режима, предупреждающий или аварийный. Сигнал нормального режима работы соответствует нахождению контролируемой величины в зоне нормального режима. Он применяется обычно в схемах производственной сигнализации, в других схемах его не используют, чтобы не отвлекать внимания оператора.

При переходе контролируемой величины из зоны "нормального режима" в зону "допустимых, но нежелательных" ее значений подают предупреждающий сигнал. Он широко применяется в схемах технологической сигнализации и служит для предупреждения оператора о возможности возникновения опасных режимов работы.

Аварийный сигнал, срабатывающий при переходе контролируемой величины в зону "недопустимых и нежелательных значений параметра", требует немедленного вмешательства оператора. Его подача свидетельствует о наличии явлений, которые в дальнейшем могут привести к аварии или катастрофе (самопроизвольная остановка машин, прекращение технологического процесса, возникновение пожара и т. п.). Поэтому нередко при включении аварийного сигнала одновременно срабатывает защита. В тех случаях, когда технологический объект допускает кратковременное отклонение сигнализируемых величин от нормы, срабатывание сигнализирующих и защитных устройств происходит с выдержкой времени.

В схемах производственной сигнализации используется также предупредительный сигнал для

предупреждения персонала, находящегося в производственном помещении, о предполагаемом дистанционном пуске электродвигателей данного участка. Включение сигнала должно происходить одновременно с подачей оператором команды о пуске. Продолжительность предупредительного сигнала определяется временем, необходимым для удаления обслуживающего персонала на безопасное расстояние от механизмов и машин (обычно 40-60 с). Выключается сигнал автоматически одновременно с пуском электродвигателя.

Схемы сигнализации, как правило, имеют свето-звуковые сигнализаторы. Звуковой сигнал, общий для всей схемы, служит для привлечения оператора при выходе одной из контролируемых переменных за установленную границу и должен отключаться вручную.

Световой сигнал указывает не только характер, но и конкретную причину его появления и продолжает оставаться включенным до устранения причины. В электрических схемах сигнализации световой сигнал можно подавать разными способами: ровным или мигающим светом, свечением сигнальных ламп с неполным накалом.

**Схемы защиты.** Эти схемы контролируют процессы в защищаемом объекте, подают аварийные сигналы и выключают оборудование или изменяют, режимы его работы в целях предотвращения аварий. Применяют и однофункциональные схемы защиты, выполняющие только функцию отключения или переключения. В зависимости от степени воздействия схем защиты на защищаемый объект различают схемы с полным остановом установки и схемы с локальными воздействиями, которые предотвращают развитие аварии без останова основных агрегатов.

Особое значение при проектировании схем защиты имеет обеспечение их высокой надежности, так как подмена действия защитных устройств в аварийных ситуациях невозможна. С учетом этого требования дублируют приборы контроля, контакты которых заняты в схеме защиты, предусматривают резервный источник питания, подключаемый по независимой линии и обладающий такой же высокой надежностью, как и основной источник; используют постоянно или периодически действующие цепи проверки работоспособности отдельных элементов и всей схемы в целом и т. п.

**Схемы питания.** По своей структуре, принципам построения и оформлению схемы питания существенно отличаются от схем управления и сигнализации, поэтому их рассмотрению посвящен п. 2.4.

Принципиальные схемы разрабатывают на основании задания на проектирование и схемы автоматизации, а для создания схем программного управления дополнительно необходима циклограмма работы технологического оборудования. Рассмотрим вначале задачи, решаемые при проектировании принципиальных электрических схем (ПЭС). Проектирование ПЭС управления и сигнализации ведут в такой последовательности: составляют алгоритмы работы схемы, разрабатывают структуру схемы управления и сигнализации; переходят от структурной схемы к принципиальной, одновременно выбирая род тока и напряжение питания, а также необходимую аппаратуру; составляют принципиальную электрическую схему.

### ***СОСТАВЛЕНИЕ АЛГОРИТМА РАБОТЫ ПЭС УПРАВЛЕНИЯ И СИГНАЛИЗАЦИИ***

При составлении алгоритма работы схемы кратко описывают условия работы исполнительных элементов схемы при заданной последовательности воздействий (ручные команды оператора, сигналы других автоматических устройств и т. п.) на ее приемные элементы, т. е. контакты ключей управления, кнопок, сигнализирующих приборов и др. Исполнительные элементы (катушки магнитных пускателей, электромагниты, звуковые и световые сигнализаторы и т. п.) передают воздействия внешним объектам.

Наряду с приемными и исполнительными элементами в многотактных схемах в отличие от

однотактных есть еще и промежуточные элементы, которые обеспечивают определенную последовательность в передаче воздействий приемных элементов на исполнительные. Алгоритм работы схемы не содержит упоминаний о работе промежуточных элементов.

Алгоритм работы схемы составляется после тщательного изучения исходных условий. При этом стремятся использовать существующие типовые алгоритмы, корректируя их с учетом особенностей автоматизируемого технологического процесса.

**Алгоритмы работы схем управления электроприводами производственных механизмов.** При их составлении наряду с автоматическим управлением в схеме следует предусмотреть ручное управление, которое может быть как местным, так и дистанционным. Причем местное управление может использоваться наряду с дистанционным, если наладка и опробование механизмов с помощью последнего затруднены из-за отдаленности щитов управления. Режим управления выбирается специально предназначенным для этой цели переключателем выбора режима (ПВР). Не рекомендуется использовать одиокомандоаппарат и в качестве ПВР, и в качестве устройства для пуска и останова электродвигателя. При положении ПВР, соответствующем местному управлению, должна исключаться возможность пуска механизма в любом другом режиме. В схеме должен быть также предусмотрен аппарат для аварийного отключения электропривода вне зависимости от режима его работы, который устанавливается вблизи соответствующего механизма.

При управлении двумя аналогичными производственными механизмами, один из которых является резервным, можно предусмотреть следующие режимы работы: автоматический рабочий, автоматический резервный и ручной (ремонтный). В алгоритме работы рассматриваемых схем управления отражается также наличие или отсутствие защиты от минимального напряжения, предупреждающей повторный самозапуск электродвигателя, возможность отключения электродвигателя любой из кнопок "Стоп" в зависимости или независимо от положения ПВР. Схемы управления электроприводами производственных механизмов и, следовательно, алгоритмы их работы можно разделить на две группы: схемы управления электродвигателями, не связанными технологической последовательностью включения, и схемы управления электродвигателями, связанными технологической последовательностью включения, в том числе и схемы управления ПТС.

Составляя алгоритм работы схемы управления ПТС, необходимо для каждого из электродвигателей предусмотреть три режима работы:

централизованный заблокированный, местный заблокированный и местный несблокированный. При заблокированном режиме предусматривается автоматический последовательный пуск механизмов в направлении, обратном потоку материалов. В случае остановки какого-либо из механизмов автоматически последовательно останавливаются все предшествующие по потоку материалов механизмы, чтобы предотвратить образование завалов материалов.

Существуют два варианта алгоритмов работы схем управления ПТС: с индивидуальными и общим ПВР. Общий ПВР может быть использован для всех механизмов небольшого участка (часть ПТС, ограниченная емкостями и предназначенная для выполнения самостоятельного технологического процесса) или тракта (любая параллельная часть участка, не зависящая в работе от других параллельных ветвей) ПТС, так как при его установке увеличивается протяженность сетей управления. Во всех остальных случаях используют индивидуальные ПВР для каждого механизма.

**Алгоритмы работы схем сигнализации.** При их составлении выбирают характер действия звукового и светового сигналов. Действие звукового сигнала может быть одно- и многократным. В схемах с однократным действием звукового сигнала последний подается только при поступлении первого сигнала. Поступление остальных сигналов (при уже поданном первом)

вызывает лишь появление дополнительных световых сигналов без звука. Таким образом сигнализируется останов электродвигателей ПТС, вызванный срабатыванием блокировочных связей после аварийной остановки одного из них. В схемах с многократным действием звукового сигнала (например, в большинстве схем технологической сигнализации) замыкание любого из сигнальных контактов вызывает появление соответствующего светового и одновременно с ним звукового сигналов. Среди схем технологической сигнализации только схема аварийной защиты и сигнализации, в которой нарушение любого из контролируемых параметров вызывает останов всего агрегата, проектируется с однократным действием звукового сигнала.

Световой сигнал может подаваться ровным или мигающим горением сигнальной лампы. Если один световой сигнализатор используют для сигнализации состояния одного производственного механизма или значений одной технологической переменной, то подача предупреждающего сигнала в схемах технологической сигнализации или сигнала нормального режима работы в схемах производственной сигнализации осуществляется ровным светом, а аварийного сигнала - мигающим.

К использованию мигающего света прибегают также для того, чтобы отличить поступивший сигнал от принятых ранее. Это особенно необходимо в схемах технологической сигнализации с большим числом световых сигналов (более 40-50), когда оператору трудно ориентироваться в порядке их поступления. В схемах производственной сигнализации могут применяться два вида мигания: частое - для подачи аварийного сигнала, медленное - для сигнализации перевода механизмов с централизованного на местное управление.

Приведем наиболее распространенные алгоритмы работы схем сигнализации. Алгоритм работы схемы технологической сигнализации с повторным действием звукового сигнала при большом числе световых сигнализаторов будет таким: при замыкании технологического контакта соответствующая сигнальная лампа загорается мигающим светом и включается звуковой сигнал. При нажатии на кнопку съема сигнала лампа переходит на горение ровным светом и горит без звукового сигнала до размыкания технологического контакта. Проверка исправности световых и звуковых сигнализаторов осуществляется нажатием на кнопку проверки. Переход лампы на горение ровным светом может происходить с некоторой временной задержкой (до 40-60 с), чтобы оператор в более спокойной обстановке мог оценить причину подачи сигнала. Функции кнопок съема сигнала и проверки может выполнять переключатель.

Алгоритм работы схемы технологической сигнализации с повторным действием звукового сигнала при небольшом числе световых сигнализаторов характеризуется тем, что при замыкании технологического контакта сигнальная лампа загорается не мигающим, а ровным светом.

Алгоритмы работы схем производственной сигнализации более разнообразны. Сигнализаторы положения могут входить в состав как схемы управления электроприводом, так и отдельной схемы производственной сигнализации. Совмещать схемы управления и сигнализации рекомендуется в том случае, когда не предполагается проектировать щиты и пульты с мнемосхемой, а их размеры позволяют применять сигнальную арматуру на напряжение цепей управления.

Совмещенные схемы управления и сигнализации о состоянии электроприводов производственных механизмов могут включать от одного до трех световых сигнализаторов. Наиболее распространено использование в этом случае двух ламп: одна сигнализирует о нормальной работе электродвигателя, вторая - об отключении электродвигателя, готового к включению. Третья лампа обычно применяется для сигнализации аварийного отключения, когда возникает несоответствие между положением ключа управления "Включено" и состоянием электродвигателя. Для этой же цели часто в схеме с двумя лампами используют горение ламп неполным накалом. В схемах с одной лампой отсутствует аппаратура, позволяющая периодически проверять исправность ламп, и перегорание лампы может привести к

дезинформации.

Для сигнализации работы электродвигателей, не связанных технологической последовательностью включения, может быть использован следующий алгоритм: при нормальной работе агрегатов сигнальные лампы горят ровным светом, при аварийной остановке одного из агрегатов включается звуковой сигнал и соответствующая сигнальная лампа начинает мигать. Звуковой сигнал снимается, и лампа тухнет при нажатии на кнопку съема сигнала. Проверку световых и звукового сигнализаторов осуществляют специально предназначенной для этого кнопкой.

Один из возможных алгоритмов схемы сигнализации работы электродвигателей, связанных технологической последовательностью включения, формулируется следующим образом: при пуске линии по мере включения агрегатов последовательно загораются соответствующие сигнальные лампы, после включения последнего по пуску электродвигателя сигнальные лампы электродвигателей, кроме последнего, могут быть отключены специальной кнопкой. При аварийной остановке одного из электродвигателей, заблокированных с последним, включается звуковой сигнал и загораются все лампы механизмов, оставшихся в работе, а лампы остановившихся механизмов потушены. Звуковой сигнал снимается кнопкой съема сигнала. Включение лампы работающих электродвигателей можно осуществить кнопкой "Включение ламп".

К производственной сигнализации относится также сигнализация положения запорных органов (здвижки, вентили, шиберы, клапаны и т. п.), имеющих два конечных рабочих положения. Чаще всего проектируются совмещенные схемы сигнализации и управления электроприводами запорных органов по тому же принципу, что и совмещенные схемы сигнализации и управления электроприводами производственных механизмов. Причем при использовании двух сигнальных ламп одна сигнализирует положение "Открыто", а другая "Закрыто".

### ***РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ***

Структурная схема определяет основные функциональные части устройства, их назначение и взаимосвязи. Структурная электрическая схема включает основные функциональные элементы и выполняется без раскрытия всех их характеристик и детализации цепей. Основная инженерная задача, возникающая при разработке структурной схемы, сводится к разработке такой схемы, которая полностью соответствовала бы заданию в виде алгоритма ее работы при минимально возможном числе элементов.

Для решения этой задачи могут быть использованы интуитивный, формализованный и комбинированный методы. Первый применяют в простых случаях, используя решения, аналогичные имеющимся типовым разработкам в данной или других отраслях промышленности. При построении сложных схем для объектов, опыт проектирования которых незначителен, применяют формализованные методы синтеза структурных схем с использованием аппарата формальной математической логики. Процедура синтеза в этом случае сводится к нахождению структурных формул, описывающих работу промежуточных и исполнительных элементов схемы; их аналитической записи и преобразованию чаще всего в целях минимизации числа элементов схемы.

Разработка сложных структурных схем возможна и с помощью комбинированного метода, когда схему вначале создают интуитивно, не обращая внимания на число элементов, занятых в ней. Затем, используя логические функции, полученную схему записывают аналитически и далее с помощью формализованных методов минимизируют длину структурных формул. При этом следует учитывать, что уменьшение длины формул всегда приводит к упрощению только релейно-контактных схем, т. е. к уменьшению числа контактов.

Бесконтактные схемы можно минимизировать только в определенной степени, так как при минимизации их логических функций не всегда удается учесть ряд специфических особенностей схемы (необходимость применения однотипных элементов, имеющих несколько входов и один выход; их детектирующие свойства, необходимость фазировки сигналов, ограниченную нагрузку элементов и т. п.). Преобразуя схемы, можно использовать в качестве дополнительных требований те ограничения, которые вытекают из опыта проектирования и эксплуатации подобных схем, например замена размыкающих контактов некоторых аппаратов замыкающими как более надежными и снижающими аварийность, уменьшение числа контактов, коммутирующих ток, и т.п.

Наибольшее число типовых решений существует в области проектирования схем сигнализации, поэтому разработка структуры этих схем практически сводится к выбору способа взаимодействия их центральной части и цепей технологических контактов, так как большинство схем сигнализации включает только эти две части.

На рис. 2.11 показаны три схемы технологической сигнализации, из которых одна по своей структуре относится к релейным, а две другие - к импульсным схемам. Причем все три схемы предназначены для относительно небольшого числа световых сигнализаторов и имеют повторное действие звукового сигнала. Алгоритм работы таких схем приведен выше.

Например, схема на рис. 2.11, а работает следующим образом. При замыкании технологического контакта *SQ1* включается реле *K1* и своими контактами самоблокируется, а также включает звуковой сигнал *HA* и реле *K2*. Реле *K2* включает лампу *HL1* и отключает реле *K1* от контакта *SQ1*. При нажатии на кнопку *SB2* теряет питание реле *K1*, что приводит к отключению *HA*.

В приведенных схемах в цепи технологических контактов наряду с контактами *SQ1*, *SQ2*... входят сигнальные лампы *HL1*, *HL2*..., диоды (например, *VD2* на рис. 2.11, в), а в некоторых случаях конденсаторы (*C1*, *C2*, ... на рис. 2.11, в), резисторы (*R4*, *R5*, ... на рис. 2.11, б) и т. д.; в центральную часть схемы - звуковой сигнализатор *HA*, центральное

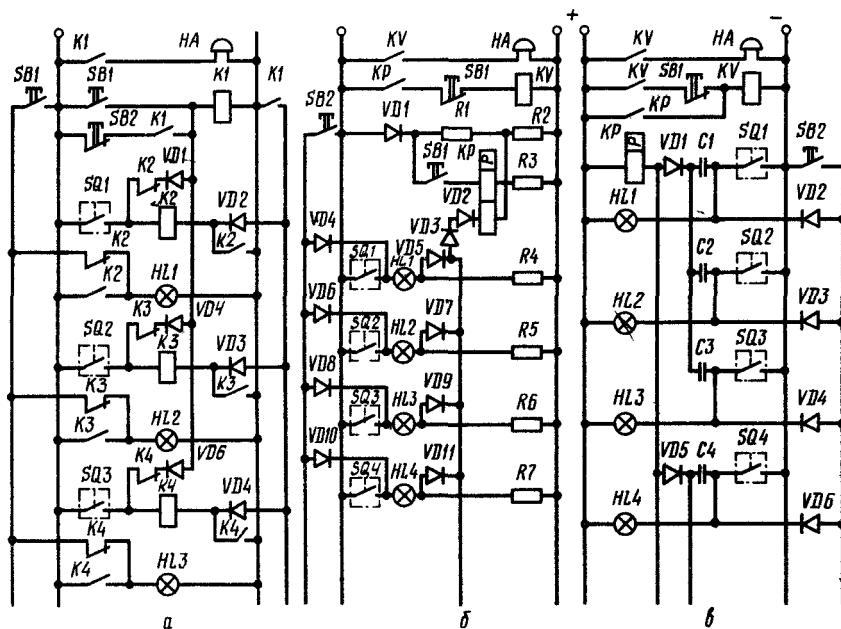


Рис. 2.11. Схемы технологической сигнализации:

а - релейная; б - импульсная, использующая изменение сопротивления сигнальных ламп при их включении; в - импульсная с конденсаторами реле (Ю на рис. 2.11, о; *KV* и *KP* на рис. 2.11, б и в), кнопки для проверки ламп, подачи звукового сигнала (*SB1*) и его снятия (*SB2*) и т. д.



Релейные схемы в отличие от импульсных имеют промежуточные реле в цепях технологических контактов. Это позволяет использовать длительные сигналы отклонения сигнализируемого параметра от нормы в качестве воздействия цепи технологического контакта на центральную часть схемы. В импульсных схемах сигнализации для этой цели применяют кратковременные импульсы. В импульсной схеме сигнализации с реле (РИС)\* и в схеме с конденсаторами (см. рис. 2.11, в) импульс тока образуется в процессе зарядки конденсатора при изменении сопротивления цепи за счет замыкания технологических контактов. В схеме рис. 2.11, б импульс тока возникает за счет того, что сопротивление нити накаливания лампы в холодном состоянии примерно в 6-10 раз ниже, чем в горячем. Причем время переходного процесса при включении лампы находится в диапазоне 40-100 мкс.

К преимуществам импульсных схем сигнализации следует отнести отсутствие промежуточных реле и, следовательно, значительное сокращение общего числа реле и контактов. Недостатки связаны с ограничениями в некоторых случаях по числу принимаемых сигналов, потерей звукового сигнала при неисправности сигнальной лампы, взаимным влиянием цепей технологических контактов при большом числе одновременно замкнутых контактов из-за возникающего при этом большого заряда на конденсаторах.

### ***ПЕРЕХОД К ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЕ***

После разработки структурной схемы переходят к принципиальной схеме. При этом учитывают ряд дополнительных требований, предъявляемых к принципиальным схемам, выбирают напряжение питания схемы, производят ее аппаратную реализацию, рассчитывая в необходимых случаях параметры элементов схемы и проверяя возможность реализации схемы с учетом ограниченного числа обмоток и контактов реле, выпускаемых промышленностью.

**Учет дополнительных требований.** Дополнительные требования, предъявляемые к принципиальным схемам как управления, так и сигнализации, сводятся к следующему. Для предотвращения случайных коротких замыканий и аварийных режимов в случае замыканий на землю, а также облегчения контроля и наладки схемы катушки всех аппаратов подключают в схемах переменного тока к нулю (при двухфазной схеме питания к одной и той же фазе), а в схемах постоянного тока - к минусу. Чтобы уменьшить число соединительных проводов в монтажной схеме и предотвратить случайные короткие замыкания, контакты одного и того же аппарата присоединяют к одной фазе и стремятся увеличить число однопотенциальных точек.

Рекомендуется, чтобы в схемах отсутствовала аппаратура, постоянно находящаяся под напряжением и отключающаяся только при снятии напряжения питания. Если этого сделать не удастся, предусматривают сигнализацию о наличии напряжения питания.

Принципиальные схемы управления должны отвечать следующим требованиям:

ввод в схему предпусковой сигнализации и установка кнопки пуска и аппарата для аварийного отключения электродвигателя, если с поста управления электродвигателем не виден приводимый им механизм и если обслуживающий персонал постоянно находится у этого механизма;

невозможность совмещения в одном аппарате функций выбора режима управления и непосредственного управления;

отсутствие возможности одновременного пуска электродвигателя при управлении электроприводом из нескольких мест;

осуществление переключений в схеме только в цепях управления, а не в силовых цепях. В случае разделения цепей управления на цепи разного напряжения большинство переключений проектировать в цепях низкого напряжения;

включение выходных контактов автоматических устройств в схемы управления с двойным разрывом цепи с обеих сторон этих контактов с помощью переключателей управления для удобства наладки и эксплуатации. Двойной разрыв можно использовать также в цепи катушки отключающегося аппарата при ответственных блокировках, которые обеспечивают остановку привода.

В схемах сигнализации, имеющих узел проверки схемы, для исключения ложных связей между цепями технологических контактов используют контакты промежуточных реле или диоды (см. рис. 2.11, о). Выбор варианта (контакты или диоды) зависит от наличия свободных контактов у промежуточных реле. В то же время применение арматуры с двумя параллельно соединенными лампами делает необязательным включение в схему сигнализации узла проверки ламп, так как о перегорании одной из двух ламп свидетельствует снижение освещенности арматуры.

**Выбор напряжения питания схемы.** Напряжение питания выбирают из ряда номинальных значений напряжения сетей и приемников электрической энергии постоянного и переменного однофазного тока, регламентированных государственным стандартом. Наиболее распространенным является применение напряжения 220 В переменного тока либо напряжения 60 В и ниже (48, 24 и 12 В) постоянного тока. Выбор одного из указанных напряжений в значительной степени определяет и аппаратную реализацию схемы, так как при напряжении ниже 60 В используют слаботочную аппаратуру, а при напряжении выше 60 В - аппаратуру управления сильного тока.

Выбор напряжения питания определяется требованиями техники безопасности и условиями окружающей среды, числом элементов, входящих в схему, разветвленностью цепей проектируемой схемы, допустимым значением напряжения на контактах приемных элементов, родом тока и величиной напряжения существующих источников питания, условиями эксплуатации и, в частности, квалификацией обслуживающего персонала, а также экономическими показателями.

Требования техники безопасности учитываются в первую очередь. Во всех случаях, когда не может быть обеспечена надежная защита от прикосновения к токоведущим частям в условиях повышенной опасности поражения электрическим током или когда согласно ПУЭ заземление установок недопустимо, рекомендуется применять низкое напряжение. Оно целесообразно также при большой элементной насыщенности схемы, так как связанное с этим применение малогабаритной аппаратуры слабого тока позволяет значительно уменьшить размеры релейных шкафов, пультов и щитов управления (площадь щитов с аппаратурой уменьшается в 5-7 раз). Это улучшает обозреваемость щитов и пультов.

Для аппаратуры слабого тока можно использовать вместо контрольных кабелей и проводов с сечением жил 1,5-2,5 мм<sup>2</sup> телефонные кабели и провода, что при сечении жил 0,2-0,25 мм<sup>2</sup> снижает расход цветного металла в 7-10 раз и дает значительный экономический эффект при проектировании схем с большей разветвленностью цепей. Кроме того, при использовании телефонных и промежуточных реле слабого тока часто возможно значительное снижение минимального напряжения надежного срабатывания, что особенно важно учитывать при большом удалении приемных и исполнительных элементов от релейных блоков.

Иногда применение того или другого напряжения ограничивается допустимым значением напряжения на контактах приемных элементов, их разрывной мощностью. Если допустимое напряжение и разрывная мощность нескольких приемных элементов отличаются от допустимого напряжения и разрывной мощности большинства приемных элементов или напряжение срабатывания исполнительных элементов отличается от рабочего напряжения остальной части проектируемой схемы, проводят разделение схемы на цепи слабого тока низкого напряжения и цепи сильного тока выходных элементов схемы. Однако в некоторых случаях по значению

коммутируемых токов и напряжений контакты слабого тока не могут быть использованы для включения или отключения цепей сильного тока. Тогда схему строят таким образом, чтобы контакты слабого тока коммутировали обесточенные цепи сильного тока, либо между этими контактами и цепями вводят промежуточные слаботочные реле.

Экономические показатели при применении низкого напряжения улучшаются, если в местах осуществления схемы есть соответствующие источники питания. Однако телефонная слаботочная аппаратура не предназначена для тяжелых условий работы непосредственно в производственных помещениях, поэтому щиты и пульты, на которых она устанавливается, должны быть пылевлагонепроницаемыми.

Питание схем управления может осуществляться от главных цепей данного электродвигателя или других источников питания. От главных цепей обычно питаются схемы управления, в том числе и схемы управления электродвигателями исполнительных механизмов и электроприводов задвижек, а также сильноточные цепи при разделении схемы управления на цепи слабого и сильного тока. Преимущественное применение в этом случае при прочих равных условиях имеет фазное напряжение. Междупазное напряжение для питания схем управления применяют в сетях с изолированной нейтралью, а в сетях с глухозаземленной нейтралью - только в двух случаях: во-первых, когда для защиты главных цепей электродвигателя использованы предохранители и отсутствуют специальные устройства, обеспечивающие защиту электродвигателя от неполнофазного режима (например, реле контроля скорости, реле потока и др.), а замена предохранителей в главных цепях автоматическими выключателями по каким-либо причинам невозможна, и, во-вторых, когда для питания схем управления большинства электродвигателей технологического оборудования применено междупазное напряжение, а число электродвигателей исполнительных механизмов и задвижек относительно мало.

При включении катушек магнитных пускателей на междупазное напряжение электродвигатели могут защищаться автоматическими выключателями или предохранителями. При включении катушек на фазное напряжение в качестве защитных должны применяться трехполюсные автоматические выключатели.

Защитой протяженных цепей управления в случае их междупазного питания служит двухполюсный автомат. Преимущества фазного напряжения 220 В для питания схем управления перед междупазным напряжением 380 В состоят в его меньшей опасности, создании удобств при сочетании схем управления и сигнализации, расширении возможностей выбора аппаратуры для схем управления. Кроме того, при эксплуатации разветвленных цепей схем управления из-за установки кнопочных станций, клеммных коробок, датчиков систем автоматизации и других элементов непосредственно на оборудовании, наличия в этих местах вибраций и влаги вероятность замыканий таких цепей на землю повышается. Особенно возрастают недостатки междупазного питания схем управления при защите их предохранителями.

На рис. 2.12 показаны простейшие схемы управления электродвигателем при питании междупазным и фазным напряжением. В первом случае замыкание на землю при включенном пускателе в любой точке за предохранителем *FU4* приведет к перегоранию этого предохранителя, но катушка пускателя *KM* останется включенной на фазное напряжение, т. е. пускатель может не отключиться как при нажатии на кнопку *SB1*, так и при размыкании контактов конечного выключателя *SQ*. При отключенном пускателе замыкание на землю в цепи от катушки до кнопки *SB2* может вызвать самовключение электродвигателя, что опасно для обслуживающего персонала и может привести к серьез-

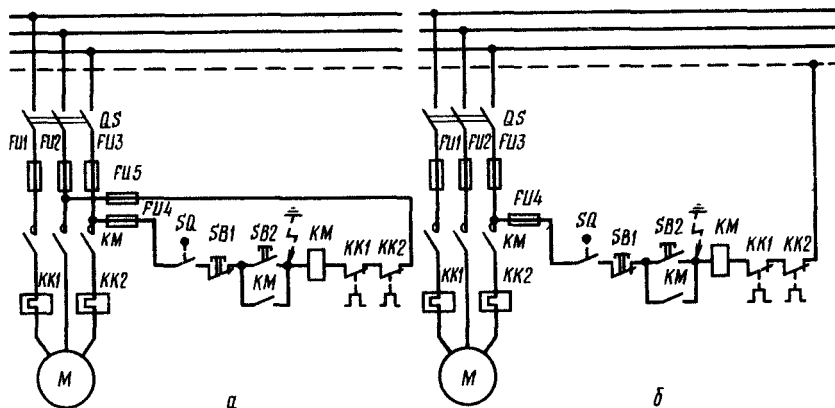


Рис. 2.12. Схемы управления электродвигателем при питании цепей управления:

а - междуфазным напряжением; б - фазным напряжением

ным аварийным режимам. При использовании для питания фазного напряжения и надежного заземления одного вывода катушки (см. рис. 2.12,б) замыкание на землю в любой точке цепи вызовет перегорание предохранителя и отключение пускателя.

Для питания цепей управления слабого тока чаще всего применяют постоянный ток напряжением 60 В. Однако следует избегать применения для питания цепей управления напряжения только 60 В и ниже, так как на поверхности контактов аппаратов с номинальным напряжением 110 и 220 В образуется непроводящая оксидная пленка, которая легко пробивается только при напряжении, на которое рассчитан аппарат.

В схемах сигнализации при выборе напряжения питания кроме перечисленных общих предпосылок следует учитывать, что в цепях сигнализации существует повышенная вероятность замыканий на землю из-за большой разветвленности этих цепей, частого расположения датчиков сигнализации и их цепей в местах с повышенными загрязненностью и влажностью. Питание цепей сигнализации рекомендуется осуществлять от разделительного трансформатора с изолированной от земли вторичной обмоткой и устройствами контроля изоляции на землю. Так как контроль изоляции в разветвленных цепях легко выполнять при питании этих цепей постоянным током, то вместе с разделительным трансформатором иногда применяют выпрямительную установку.

При питании схем сигнализации пониженным напряжением и отсутствии необходимых при этом источников питания используют понижающие трансформаторы с изолированными обмотками. Применять для этой цели последовательно включенные резисторы или автотрансформаторы не разрешается.

**Выбор аппаратуры управления и сигнализации.** Для принципиальных электрических схем выбор такой аппаратуры в первую очередь определяется принятым для питания схемы напряжением и родом тока, а также выполняемыми данной аппаратурой функциями, необходимым числом регулирующих органов и контактов, характеристикой помещения, где будет устанавливаться аппаратура, с точки зрения его опасности при применении электрооборудования. Во всех случаях стремятся к применению однородной по своим техническим характеристикам аппаратуры, причем необходимое исполнение ее определяется по ПУЭ в зависимости от класса помещений, в которых она устанавливается.

При выборе аппаратуры управления и сигнализации прежде всего учитывают род тока, номинальное напряжение и мощность, допустимые параметры окружающей среды, установочные размеры и исполнение. Кроме того, на выбор аппаратуры управления влияет величина предельной разрывной способности исполнительных органов аппаратуры, число

включений и переключений, а при выборе реле - дополнительно время срабатывания и отпускания, число исполнительных и реагирующих органов, кратность пускового тока; при выборе кнопок и кнопочных станций - число штифтов и контактов (замыкающих и размыкающих); при выборе переключателей и выключателей - число секций, диаграмма замыкания контактов, число фиксированных положений и угол поворота рукоятки, число полюсов. При питании переменным током схем сигнализации, имеющих диоды, могут быть применены только те реле переменного тока, которые срабатывают в схеме однополупериодного выпрямления с последующей самоблокировкой на полное напряжение.

Типовые алгоритмы технологической и производственной сигнализаций, рассмотренные выше, могут быть реализованы с помощью блоков аварийной сигнализации (БАС) на пять точек сигнализации, блоков позиционной сигнализации (БПС) также на пять точек сигнализации и блоков общих цепей (БОЦ-1, БОЦ-2, БОЦ-3), выполняющих функции управления мигающим светом, звуковой сигнализацией, питанием схемы и рассчитанных на обслуживание до 20 БАС и БПС. Перечисленные блоки выполнены на базе магнитоуправляемых герметизированных контактов, полупроводниковых диодов, транзисторов, тиристоров и предусматривают использование сигнальных ламп напряжением 24-220 В, мощностью 2,5-15 Вт и звуковой аппаратуры напряжением до 220 В переменного тока.

В качестве световых сигнализаторов в схемах технологической сигнализации используют табло с высвечиваемыми надписями о содержании подаваемого сигнала, а в схемах производственной сигнализации - сигнальную арматуру с круглыми линзами разного цвета. Линзы красного цвета применяют для подачи аварийного сигнала, зеленого - сигнала нормального режима, желтого - сигналов другого назначения, белого - разных сигналов одной сигнальной лампой.

Сигнальные лампы рекомендуется выбирать на напряжение, несколько превышающее номинальное, либо включать последовательно с лампами добавочный резистор, учитывая, что уменьшение напряжения питания на 10 % увеличивает срок службы лампы примерно в 3 раза. Добавочный резистор включают также в том случае, когда напряжение питания схемы сигнализации превышает номинальное напряжение лампы.

Выбор звукового сигнализатора зависит от характера сигнала, продолжительности его включения, номинального напряжения и потребляемой мощности. В схемах технологической сигнализации в качестве звуковых сигнализаторов чаще всего применяют звонки, в схемах производственной сигнализации — гудки и ревуны.

Выбор прибора с технологическим контактом включает анализ тех же факторов, которые определяют выбор приборов для систем автоматического контроля. Кроме них еще учитывают пределы настройки и точность срабатывания контактов, их разрывную мощность и допустимое напряжение. При недостаточной разрывной мощности контактного устройства, низком допустимом напряжении на контактах, а также при необходимости размножения сигнала в схему дополнительно включают промежуточное реле.

## ***ВЫПОЛНЕНИЕ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ И СИГНАЛИЗАЦИИ***

Проектируемые для одного объекта принципиальные электрические схемы управления и сигнализации в зависимости от сложности могут выполняться на одном или нескольких листах. На принципиальных электрических схемах управления и сигнализации в общем случае могут быть показаны цепи управления, сигнализации, измерения и регулирования, силовые цепи; контакты аппаратов данной схемы, занятые в других схемах, и контакты аппаратов из других схем; диаграммы и таблицы включений контактов приемных элементов схемы (переключателей, конечных и путевых выключателей, программных устройств); таблицы применимости; поясняющая технологическая схема, циклограмма работы оборудования; схема блокировочных

перечень элементов и основная надпись (рис. 2.13).

82В

82В

HL1

403

404

HA

KV1

R5

KV2

R1

R2

R3

R4

R6

R7

R8

R9

R10

R11

R12

R13

R14

R15

R16

C1

C2

VD1

VD2

VD3

VD4

SA

SB 409

SB 412

HL2

HL3

HL4

HL5

KV1

KV2

KP1

KP2

KP3

KP4

KP5

KP6

KP7

KP8

KP9

KP10

KP11

KP12

KP13

KP14

KP15

KP16

KP17

KP18

KP19

KP20

KP21

KP22

KP23

KP24

KP25

KP26

KP27

KP28

KP29

KP30

KP31

KP32

KP33

KP34

KP35

KP36

KP37

KP38

KP39

KP40

KP41

KP42

KP43

KP44

KP45

KP46

KP47

KP48

KP49

KP50

KP51

KP52

KP53

KP54

KP55

KP56

KP57

KP58

KP59

KP60

KP61

KP62

KP63

KP64

KP65

KP66

KP67

KP68

KP69

KP70

KP71

KP72

KP73

KP74

KP75

KP76

KP77

KP78

KP79

KP80

KP81

KP82

KP83

KP84

KP85

KP86

KP87

KP88

KP89

KP90

KP91

KP92

KP93

KP94

KP95

KP96

KP97

KP98

KP99

KP100

KP101

KP102

KP103

KP104

KP105

KP106

KP107

KP108

KP109

KP110

KP111

KP112

KP113

KP114

KP115

KP116

KP117

KP118

KP119

KP120

KP121

KP122

KP123

KP124

KP125

KP126

KP127

KP128

KP129

KP130

KP131

KP132

KP133

KP134

KP135

KP136

KP137

KP138

KP139

KP140

KP141

KP142

KP143

KP144

KP145

KP146

KP147

KP148

KP149

KP150

KP151

KP152

KP153

KP154

KP155

KP156

KP157

KP158

KP159

KP160

KP161

KP162

KP163

KP164

KP165

KP166

KP167

KP168

KP169

KP170

KP171

KP172

KP173

KP174

KP175

KP176

KP177

KP178

KP179

KP180

KP181

KP182

KP183

KP184

KP185

KP186

KP187

KP188

KP189

KP190

KP191

KP192

KP193

KP194

KP195

KP196

KP197

KP198

KP199

KP200

KP201

KP202

KP203

KP204

KP205

KP206

KP207

KP208

KP209

KP210

KP211

KP212

KP213

KP214

KP215

KP216

KP217

KP218

KP219

KP220

KP221

KP222

KP223

KP224

KP225

KP226

KP227

KP228

KP229

KP230

KP231

KP232

KP233

KP234

KP235

KP236

KP237

KP238

KP239

KP240

KP241

KP242

KP243

KP244

KP245

KP246

KP247

KP248

KP249

KP250

KP251

KP252

KP253

KP254

KP255

KP256

KP257

KP258

KP259

KP260

KP261

KP262

KP263

KP264

KP265

KP266

KP267

KP268

KP269

KP270

KP271

KP272

KP273

KP274

KP275

KP276

KP277

KP278

KP279

KP280

KP281

KP282

KP283

KP284

KP285

KP286

KP287

KP288

KP289

KP290

KP291

KP292

KP293

KP294

KP295

KP296

KP297

KP298

KP299

KP300

KP301

KP302

KP303

KP304

KP305

KP306

KP307

KP308

KP309

KP310

KP311

KP312

KP313

KP314

KP315

KP316

KP317

KP318

KP319

KP320

KP321

KP322

KP323

KP324

KP325

KP326

KP327

KP328

KP329

KP330

KP331

KP332

KP333

KP334

KP335

KP336

KP337

KP338

KP339

KP340

KP341

KP342

KP343

KP344

KP345

KP346

KP347

KP348

KP349

KP350

KP351

KP352

KP353

KP354

KP355

KP356

KP357

KP358

KP359

KP360

KP361

KP362

KP363

KP364

KP365

KP366

KP367

KP368

KP369

KP370

KP371

Рис. 2.13. Пример выполнения принципиальной электрической схемы

части располагают в разных местах схемы таким образом, чтобы отдельные цепи были наиболее наглядными (см. рис. 2.13). При этом рекомендуется использовать строчный способ изображения цепей, при котором отдельные цепи располагают в горизонтальную или вертикальную

(последняя менее желательна) строчку последовательно одна за другой. В схемах с горизонтальным строчным расположением отдельных цепей катушки изображают обычно справа, а контакты -слева.

Все аппараты на схеме показывают в их нормальном положении, т. е. в таком, которое они занимают при отсутствии внешнего воздействия (электрического, механического, теплового и т. п.). Аппараты, не имеющие отключенного положения, изображают в одном из положений, принимаемом за исходное, о чем на схеме дается пояснение.

Все элементы на схеме соответствуют ГОСТ 2.710-81 "Обозначения условные буквенно-цифровые в электрических схемах" и обязательно снабжают позиционным обозначением, остальные типы условных обозначений (функциональная группа, конструктивное расположение и т. д.) применяют по усмотрению проектировщика. Позиционное обозначение в общем случае состоит из трех частей, записываемых подряд без разделительных знаков и пробелов. Оно образуется с применением букв только латинского алфавита и арабских цифр. Первая часть позиционного обозначения выполняется с помощью одно-или двухбуквенного кода. Причем если в схеме содержится только один из группы элементов, имеющих общий однобуквенный код, то для первой части его позиционного обозначения используют однобуквенный, в противном случае - двухбуквенный код. Во второй части позиционного обозначения приводится порядковый номер элемента в пределах данного вида. Третья часть позиционного обозначения (иногда может отсутствовать) соответствует функциональному назначению элемента. Примененные для третьей части позиционного обозначения буквенные коды должны быть пояснены на свободном поле схемы;

Примеры обозначения элементов электрических **схем**: + 75 = A1-K1 - реле K1, входящее в состав устройства A1, которое относится к функциональной группе 75; R2N - резистор 2, используемый как измерительный; R3F — резистор 3, используемый как предохранительный.

Маркировка цепей в электрических схемах выполняется в соответствии с ГОСТ 2.709-72 "Система маркировки цепей в электрических схемах" и служит для опознания цепей, а в некоторых случаях отражает их функциональное назначение. Одни и те же цепи на всех электрических схемах (принципиальных, монтажных и внешних соединений) должны иметь одинаковую маркировку, которая проставляется слева от вертикально и над горизонтально расположенными цепями.

Участки цепей, сходящиеся в одном узле схемы или проходящие через разъемные контактные соединения, имеют одинаковую маркировку. Участки цепей, разделенные контактами аппаратов, катушками реле, обмотками машин, резисторами, предохранителями и другими элементами, имеют разную маркировку. Цепи маркируют независимо от заводской нумерации зажимов аппаратов и приборов, к которым они присоединяются. В связи с применением табличного способа оформления монтажных схем на принципиальных электрических схемах наряду с маркировкой цепи приводится заводская нумерация зажимов (выводов) аппарата или прибора (см. на рис. 2.13 выводы реле *KP3*}, а при отсутствии последней - нумерация зажимов, выполненная, например, в соответствии со стандартом НПО "Пишепромавтоматика".

Цепи маркируют арабскими цифрами, перед которыми при необходимости проставляют прописные буквы (одинакового с цифрами размера) A, B, C (для маркировки фаз) и N (для маркировки нуля). Входные и выходные участки цепей постоянного тока маркируют с указанием полярности: "+" и "-".

Цепи принципиальных электрических схем систем автоматизации маркируют, как правило, последовательными числами от ввода источника питания к потребителю, а разветвляющиеся участки -сверху вниз в направлении слева направо. При маркировке цепей допускается оставлять резервные номера. В системах автоматизации для маркировки рекомендуется применять следующие три группы чисел:

для цепей управления, регулирования и измерения 1-399, 1001-1399, 2001-2399 и т. д.;

для цепей сигнализации 400-799, 1400-1799, 2400-2799 и т. д.;

для цепей питания 800-999, 1800-1999, 2800-2999 и т. д.

Если при выполнении принципиальных электрических схем комплексной установки, состоящей из отдельных систем, необходимо подчеркнуть принадлежность данного участка к определенным цепям, то к маркировке цепи добавляют последовательные числа или обозначения устройств (агрегатов), отделяя их дефисом. Например, цепи управления электродвигателя, обозначенного на технологической схеме М45, будут иметь маркировку 45-1, 45-2, 45-3 и т. д. Контакты аппаратов, работающих в других схемах, на данной схеме обводят тонкой сплошной линией, около которой приводят обозначение аппарата и ссылку на номер чертежа схемы, в которую включен сам аппарат. Контакты аппаратов данной схемы, занятые в других схемах, располагают на свободном поле чертежа в виде отдельной цепи. Рядом с изображением цепей указывают номер чертежа и название схемы, в которой они работают.

Среди диаграмм и таблиц включений контактов приемных элементов схемы наиболее распространены диаграммы замыканий контактов ключей управления и переключателей и диаграммы замыканий многоцепных реле времени (например, приборов КЭП), конечных и путевых выключателей, технологических контактов и др. (Пример составления диаграмм см. на рис. 2.13).

Таблицы применимости приводятся на принципиальной электрической схеме в тех случаях, когда она применяется для данной системы несколько раз. Таблицы составляют по произвольной форме и записывают в них обозначение всех аппаратов или агрегатов, работающих по данной схеме, и указания по маркировке цепей и обозначению элементов этой схемы в случае применения ее для определенного аппарата или агрегата.

При выполнении принципиальных электрических схем управления сложными объектами эти схемы дополняют поясняющей технологической схемой с упрощенным изображением всех аппаратов и машин, входящих в состав технологического узла, для которого они разрабатываются. При необходимости на схеме приводят также циклограмму работы оборудования и схему блокировочных зависимостей, указывающие последовательность работы оборудования. В более простых случаях ограничиваются краткими текстовыми пояснениями по условиям и режимам работы оборудования.

Для пояснения работы схемы приводят таблицы, помещаемые справа от изображения схемы с горизонтальным строчным расположением отдельных цепей. В таблицах записывают назначение цепи и входящих в нее элементов. Номер относящихся к данной схеме чертежей, ссылки на исходные материалы и другие сведения дают в примечаниях. В перечне электроаппаратуры, помещаемом обычно над основной надписью в виде таблицы, приводят основные характеристики этой аппаратуры и ее обозначение по схеме.

## ***ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СХЕМ***

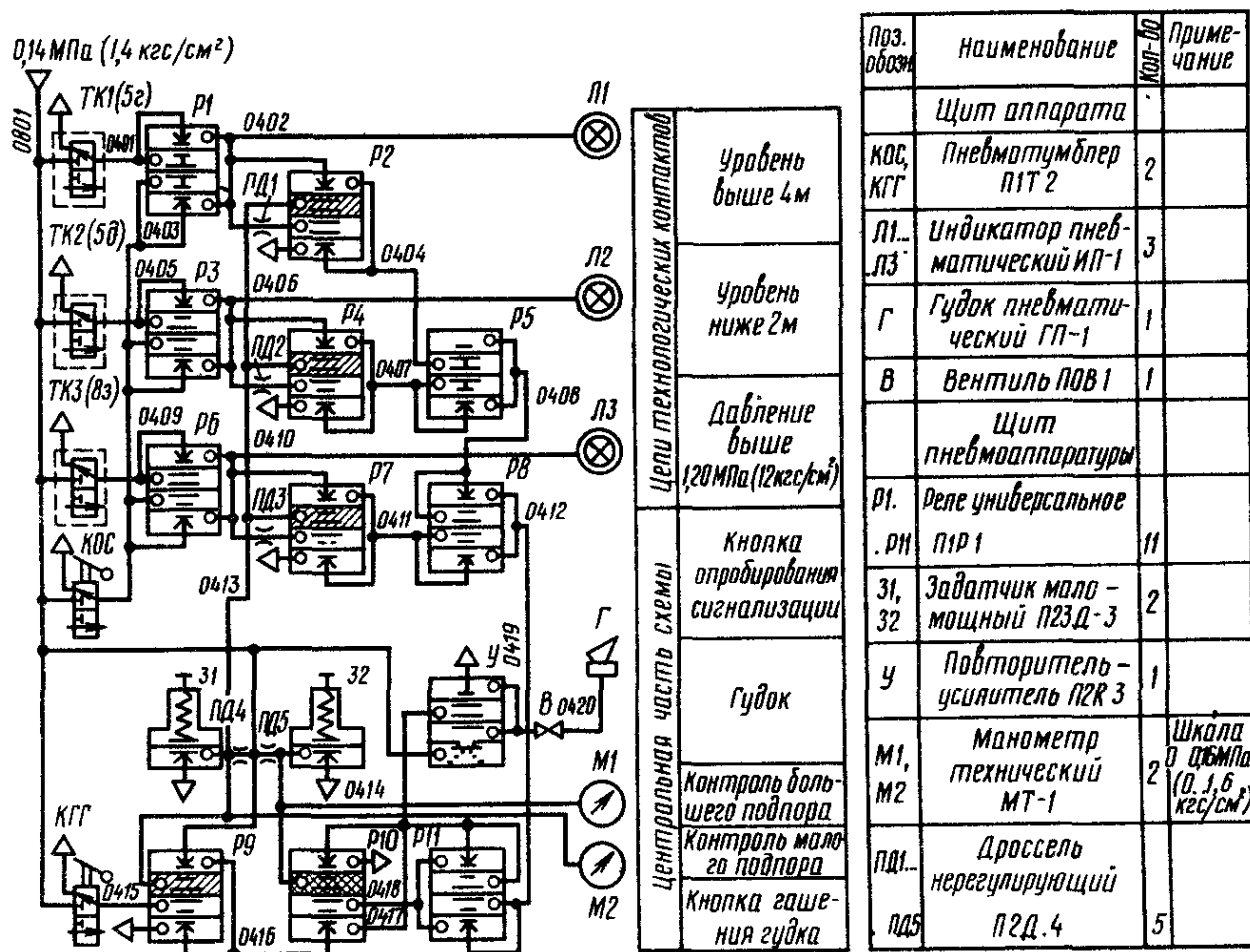
Принципиальные пневматические схемы разрабатывают на основании тех же исходных материалов и в той же последовательности, что и принципиальные электрические схемы. Особенности их разработки связаны прежде всего с тем, что при переходе от структурной схемы к принципиальной отсутствует необходимость в выборе рода тока и напряжения питания схемы, а выбор аппаратурно-элементной базы ограничен двумя системами элементов: мембранных (УСЭППА) или мембранно-струйных. К тому же пневматические элементы практически являются бесконтактными логическими элементами, поэтому при разработке принципиальных пневматических схем с их использованием в основном применяются формализованные или комбинированные методы. Однако существуют и типовые разработки пневматических схем технологической сигнализации, реализующие приведенные выше алгоритмы с повторным действием звукового сигнала с миганием и без него.

На принципиальных пневматических схемах управления и сигнализации в общем случае могут быть показаны цепи командных пневматических участков силовых органов управления (только в схемах управления исполнительными механизмами); цепи управления и сигнализации с таблицами пояснений; диаграмма работы пневмо-контактов ключей, приборов и аппаратов;



Все аппараты на схеме (рис. 2.14) изображают в их нормальном положении, т. е. в таком, которое они занимают при отсутствии внешнего воздействия. Изображение элементов на принципиальных пневматических схемах в основном должно соответствовать стандартам ЕСКД. При выполнении принципиальных пневматических схем возможно также применение обозначений по ГОСТ 21.404-85.

Участки пневмоцепей маркируют так же, как и участки электроцепей с добавлением нуля перед арабскими цифрами. Например, для цепей сигнализации применяют числа от 0400 до 0799 или от 01400 до 01799 и т. д. Буквенные индексы при маркировке участков пневмоце-



пей не используют. Допускается не маркировать короткие участки пневмоцепей между рядом расположенной аппаратурой.

## 2.4. ПИТАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

Для функционирования систем автоматизации необходимо их электрическое, а иногда пневматическое питание.

### **ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ**

Система электропитания включает источники питания (цеховые распределительные подстанции, распределительные щиты, питающие сборки и т. п.), щиты и сборки питания системы автоматизации, электроприемники (преобразователи, приборы, регуляторы, исполнительные механизмы), питающую сеть от источников питания до щитов и сборок питания систем автоматизации с аппаратами защиты и управления, распределительную сеть от щитов и сборок питания до электроприемников с аппаратами защиты и управления.

К системам электропитания предъявляются следующие основные требования: надежность электроснабжения при допустимых отклонениях напряжения питания и частоты электротока, экономичность, удобство и безопасность обслуживания.

Проектирование систем электропитания схемы ведут на основании задания на проектирование, схемы автоматизации, принципиальных электрических схем управления и сигнализации. Однако решения, принятые по выбору рода тока и напряжения питания схем, могут корректироваться в процессе проектирования системы электропитания. Этот этап разработки системы автоматизации тесно связан также с проектированием общих видов щитов и пультов, особенно при отсутствии щитов питания и установки аппаратуры электропитания непосредственно на панелях щитов управления. Кроме перечисленных проектных материалов по системе автоматизации для проектирования системы электропитания, необходимы данные о принятых решениях в системах электроснабжения и электрооборудования автоматизируемого объекта: категория автоматизируемого объекта в отношении надежности электроснабжения; принятая для объекта система электропитания (с глухозаземленной или изолированной нейтралью и т. п.); число независимых питающих вводов и режим их работы; наличие устройств автоматического ввода резерва (АВР); значения токов короткого замыкания на шинах источников питания системы автоматизации; тип аппаратуры, выбранной для защиты -линий и отдельных силовых электроприемников.

Категорию автоматизируемого объекта устанавливают на основе анализа технологического процесса в соответствии с Правилами устройства электроустановок (ПУЭ). К первой категории относят электроприемники, нарушение электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, повреждение оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса. Ко второй категории - электроприемники, перерыв в электроснабжении которых увязан с массовым недоотпуском продукции, простоям рабочих механизмов и рабочего транспорта и т. п. Все остальные электроприемники относят к третьей категории.

Проектирование системы электропитания ведут в такой последовательности: выбирают источники питания, выбирают и размещают щиты и сборки питания системы автоматизации, проектируют питающую сеть, проектируют распределительную сеть, выполняют принципиальные схемы электропитания. Иногда к проектированию систем электропитания относят также выбор сечения проводников питающей и распределительной сетей, а также проектирование заземления электроустановок систем автоматизации. Поскольку для выполнения схем электропитания решение первой задачи необязательно, оно рассмотрено в п. 2.6.

Зануление осуществляют при напряжении до 1000 В в электроустановках с глухозаземленной

нейтралью или глухозаземленным выводом источника однофазного тока, а также с глухозаземленной средней точкой постоянного тока. В электроустановках с изолированной нейтралью выполняют заземление и предусматривают возможность выявления и быстрого нахождения замыкания на землю. Выполнение заземления вместо зануления, и наоборот, не допускается.

## ***ВЫБОР ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ***

Источник питания должен обеспечить необходимые электроприемникам напряжение и мощность, достаточные для того, чтобы отклонение напряжения не превышало значений, при которых нарушается нормальная работа электроприемников. Так, для контрольно-измерительных и регулирующих приборов отклонение напряжения не должно быть больше значений, указанных заводами-изготовителями, или  $\pm 5\%$  номинального; электродвигателей исполнительных механизмов и задвижек - от -5 до +10% номинального; электроламп схем сигнализации - от -2,5 до +5 % номинального; аппаратуры схем управления и сигнализации, включая реле, - не более значений, указанных заводами-изготовителями, или от -5 до +10 % номинального; технических средств управляющего вычислительного комплекса (УВК) - не более значений, указанных заводами-изготовителями, или от -15 до +10 % номинального. Резерв мощности для питания ЭВМ должен составлять не менее 25 % для возможной установки в дальнейшем дополнительного оборудования и более мощных ЭВМ.

К источникам питания систем автоматизации не подключают силовые электроприемники (например, крупные электродвигатели, электропечи) с резкопеременной нагрузкой. В качестве источников электропитания систем автоматизации чаще всего используют распределительные подстанции и щиты, сборки питания, а для неотвеченных установок - в виде исключения щиты освещения при условии, что последние питаются от общих с силовой нагрузкой трансформаторов и система электропитания приборов и средств автоматизации допускает кратковременное исчезновение напряжения.

Питание ВЦ обычно осуществляется от ближайшей или собственной трансформаторной подстанции. Для работы УВК при выходе из строя внешних источников питания могут использоваться агрегаты бесперебойного питания или дизель-генераторы в качестве резервных источников питания.

## ***ВЫБОР И РАЗМЕЩЕНИЕ ЩИТОВ И СБОРОК ПИТАНИЯ***

В щитах и сборках питания располагается аппаратура защиты и управления питающей и распределительной сетей. Их выбор и размещение должны прежде всего обеспечить надежность, удобство и безопасность эксплуатации системы электропитания. При этом учитывается территориальное расположение источников питания и электроприемников, число последних, необходимая мощность.

Электроприемники систем автоматизации, как установленные на щитах управления и в релейных шкафах, так и отдельно стоящие, как правило, получают питание через щиты и сборки питания, которые размещаются на минимально возможных расстояниях от соответствующих электроприемников. При этом необходимо учитывать соотношение между двигательной и приборной нагрузками. При значительной двигательной нагрузке по сравнению с приборной питание электроприводов задвижек и вентилей осуществляют от отдельных сборок питания. При небольшой суммарной мощности, потребляемой этими электроприводами, питание их может осуществляться от общих щитов питания систем автоматизации.

При незначительном общем числе электроприемников системы автоматизации специальные щиты электропитания не применяют, а аппаратуру защиты и управления системы

электропитания размещают на щитах управления или в релейных шкафах. Задвижки и электродвигательные ИМ и в этом случае получают питание от отдельных сборок питания. В ВЦ обычно предусматривают специальные помещения для размещения питающего пункта с автоматическими выключателями и вводного щита для электрического освещения.

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ**

Проектирование питающей сети включает выбор напряжения, числа фаз и проводов, конфигурации питающей сети и решение вопросов резервирования, выбор и размещение аппаратов защиты и управления.

**Выбор напряжения питающей сети.** Он определяется напряжением в цепях питания приборов и средств автоматизации с учетом напряжений, принятых в системе электроснабжения автоматизируемого объекта. В сетях электропитания систем автоматизации стремятся по возможности применять то напряжение, которое принято в сетях электроснабжения, так как в этом случае не требуется установки дополнительных преобразователей. Наибольшее распространение в системах электроснабжения промышленных предприятий получили четырехпроводные сети трехфазного переменного тока напряжением 380/220 В с глухим заземлением нейтрали. На действующих предприятиях иногда встречаются менее экономичные четырехпроводные сети трехфазного переменного тока напряжением 220/127 В с глухозаземленной нейтралью. Применяют также трехпроводные трехфазные системы переменного тока напряжением 380 и 500 В с изолированной нейтралью и трехфазные системы переменного тока напряжением 660 В. Если на автоматизируемом объекте существуют или проектируются стационарные двухпроводные сети переменного тока напряжением 36 и 12 В, то их используют и в сетях питания для переносного освещения и электрифицированного инструмента.

**Выбор числа фаз и проводов питающей сети.** Выбор этих параметров зависит от числа фаз и напряжения питания приборов и средств автоматизации. При наличии однофазных электроприемников применяют двухпроводные однофазные (фаза-нуль) и двухфазные (фаза-фаза) сети. Три фазы могут подаваться на щит однофазного электропитания только при большой нагрузке щита по сравнению с мощностью питающего трансформатора, когда существует опасность несимметричной нагрузки его более чем на 10 %. По этой же причине щиты и отдельные токоприемники однофазного электропитания рекомендуется питать от разных фаз сети трехфазного тока.

Кроме перечисленного случая, трехфазные трехпроводные сети применяют при наличии трех- и однофазных электроприемников одинакового напряжения или только трехфазных токоприемников, если нейтраль в системе электроснабжения изолирована. Если одно- и трехфазные электроприемники имеют разные напряжения или в наличии только трехфазные электроприемники, то при питании от системы с глухозаземленной нейтралью применяют трехфазные четырехпроводные сети.

**Выбор конфигурации питающей сети.** Выбор производят в зависимости от категории автоматизируемого объекта и расположения щитов и сборок питания относительно источников питания. Возможные конфигурации питающей сети приведены на рис. 2.15.

Для щитов и сборок питания (ДЩ), размещаемых в разных направлениях от источника питания (ИП), применяют радиальные схемы, если расстояние между ними больше, чем до ИП. Магистральные схемы применяют, если расстояние между ЩП значительно меньше, чем до ИП. Выбор числа независимых источников питания определяется категорией электроприемников и числом независимых вводов, питающих объект в целом. Так, на объекте с электроприемниками первой и второй категорий при наличии двух независимых вводов выбирают конфигурацию питающей сети с двухсторонним питанием. Такая конфигурация используется, в частности, при питании УВК. Если же на объекте нет таких электроприемников и

питание объекта осуществляется по одной линии, принимают конфигурацию питающей сети с односторонним питанием.

В системах с двухсторонним питанием ввод резерва может быть ручным (РВР) и автоматическим (АВР). Если в системе электроснабжения объекта имеется АВР, которым охвачен источник питания, то чаще всего устройство АВР в системах электропитания приборов и средств автоматизации не требуется. Его проектируют в тех случаях, когда возможны повреждения в соответствующих линиях питающей сети. Время срабатывания АВР при питании УВК не должно превышать 3-5 с.

**Выбор и размещение аппаратуры защиты и управления.** На быстроту включения электроприемников и участков сетей, их отключения для ремонтных работ, а также при коротких замыканиях и перегрузках влияют выбор и размещение аппаратуры защиты и управления. Токи коротких замыканий возникают из-за пробоя или перекрытия изоляции и замыкания токоведущих жил на землю или между собой. Они могут превосходить номинальные токи в десятки и сотни раз и приводить к повреждению всей электроустановки. Тепловые перегрузки, вызывающие благодаря прохождению повышенных токов ускоренное старение и разрушение изоляции, возникают из-за обрыва одной из фаз в цепях трехфазных электродвигателей, длительного повышения напряжения сети, заклинивания механизмов, приводимых электродвигателями, технологических перегрузок, повреждения электроаппаратуры и приборов (витковые замыкания) и т. п.

В системах электропитания приборов и средств автоматизации используются рубильники, пакетные выключатели и переключатели в открытом, защищенном и герметичном исполнении, тумблеры, предо-

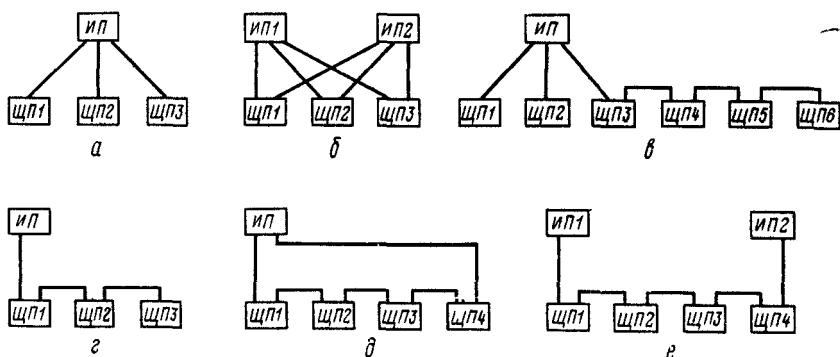


Рис. 2.15. Возможные конфигурации питающей сети:

а - радиальная с односторонним питанием; б - радиальная с двухсторонним питанием; в - радиально-магистральная; г - магистральная с односторонним питанием;

д - магистральная с двухсторонним питанием от одного источника; е - магистральная с двухсторонним питанием от двух источников хранители и автоматы. Рубильники, пакетные выключатели и тумблеры используются в качестве аппаратов управления. Предохранители предназначены для защиты сетей и отдельных электроприемников от коротких замыканий и перегрузок. Они характеризуются номинальными напряжениями, силой тока и номинальной силой тока плавкой вставки /ц в,, (наибольшая сила тока, которую вставка выдерживает неограниченно длительное время). Время расплавления вставки зависит от соотношения силы тока вставки  $4_{н}$  и  $4_{ст} >$  например при  $I_{н} = (5...7)/I_{н.в.}$ , она расплавляется за 1-4 с.

Автоматы сочетают функции аппаратов защиты и управления. Они выпускаются с электромагнитным расцепителем для защиты от коротких замыканий; с тепловым или электромагнитным расцепителем с гидравлическим замедлением для защиты от перегрузки и

комбинированным расцепителем, осуществляющим оба вида защиты. Кроме того, выпускаются автоматы без расцепителей, с расцепителями минимального напряжения и дистанционного отключения. Автоматы характеризуются номинальным напряжением, силой тока, номинальной силой тока расцепителя (наибольшая сила тока, которую расцепитель выдерживает неограниченно длительное время), силой тока уставки электромагнитного расцепителя (или силой тока отсечки - наименьшей силой тока, при которой срабатывает расцепитель) или кратностью силы тока отсечки по отношению к номинальной силе тока расцепителя.

Рубильники с предохранителями дешевле и проще автоматов, однако из-за значительных отклонений времени перегорания разных вставок одного и того же типа предохранителей при одной и той же силе тока вставки возникают неполнофазные отключения, при которых плавкие вставки перегорают не во всех фазах защищаемой сети. При использовании автоматов возможность неполнофазных отключений отсутствует. Кроме того, автоматы удобнее в эксплуатации, безопасны в работе, обладают многократностью действия.

Аппараты защиты и управления в питающих сетях устанавливают в местах присоединения их к источнику питания и на вводах в щиты и сборки питания систем автоматизации в нормально незаземленных фазных проводниках. На вводах в щиты и сборки питания аппараты защиты могут отсутствовать при условии, что аппараты защиты, находящиеся в местах присоединения к источнику питания, обеспечивают надежную защиту всей линии, а все присоединения распределительной сети к указанным щитам и сборкам питания имеют индивидуальную защиту. При магистральной конфигурации схемы аппараты управления и защиты монтируют в питающей сети на каждом вводе и выводе из щитов и сборок питания.

**Выбор характеристик аппаратов защиты и управления.** Необходимые характеристики данных аппаратов определяют с учетом основных требований ПУЭ. Номинальное напряжение и аппаратов защиты и управления должно быть больше или равно номинальному напряжению и, в сети, а номинальная сила тока /, - рубильника, пакетного выключателя, тумблера, автомата и плавкой вставки - больше или равна расчетной (номинальной) силе тока /р в цепи. Для рубильников, пакетных выключателей и тумблеров, кроме того, наибольшая сила . отключаемого тока не должна быть меньше длительной расчетной силы тока в цепи, причем эти аппараты управления должны без повреждений включать и отключать цепи при пусковых токах электроприемников.

При выборе безынерционных предохранителей необходимо учитывать, что плавкая вставка не должна перегорать при кратковременных увеличениях силы тока в цепи, например при пуске электродвигателей исполнительных механизмов и задвижек. В частности, для магистральной линии питания группы электродвигателей исполнительных механизмов или задвижек, часть из которых может запускаться одновременно, номинальная сила тока вставки

$$I_{н.вст} \geq 0,4 I_{кр} = 0,4 (I'_{пуск} + I'_{длит}),$$

где  $I_{кр}$  — максимальная сила кратковременного тока линии;  $i_{пуск}$  - наибольшая сила пускового тока электродвигателя или группы одновременно включаемых электродвигателей;  $i_{длит}$  — сила длительного расчетного тока линии до момента пуска одного или группы электродвигателей, определяемая без учета силы рабочего тока одного или группы пускаемых электродвигателей.

Выбранный предохранитель необходимо проверить на срабатывание при защите сети от токов коротких замыканий. Для этого рассчитывают силу тока  $I_{к.з.}$  протекающего через предохранитель, при • коротком замыкании в конце защищаемого участка. Кратность токов коротких замыканий  $I_{к.з.} / I_{н.вст}$  для предохранителей должна быть не менее 3, а во взрыве- и пожароопасных зонах (за исключением зон классов В-1б и В-1 г) - не менее 4. Если сборки, к которым подключена система электропитания, питаются от мощных трансформаторов, находящихся на небольшом расстоянии от сборок, и правильно выбрано сечение основных и

заземляющих проводников, то без специальных расчетов считают достаточным значение силы токов короткого замыкания.

Для автоматических выключателей наряду с номинальным напряжением и силой тока выбирают также номинальную силу тока расцепителей  $I_{н.расц}$  силу тока уставки электромагнитного расцепителя или электромагнитного элемента комбинированного расцепителя  $I_{уст.эл.магн}$  номинальную силу тока уставки теплового расцепителя или теплового элемента комбинированного расцепителя  $I_{н.уст.тепл}$  Сила тока /н.расц или  $I_{н.уст.тепл}$  принимается большей или равной силе длительного расчетного тока в цепи. Выбор значения /уст.эл.магн зависит от наличия в защищаемых цепях электроприемников, при включении которых возникает кратковременное увеличение силы тока (пусковой ток). Если таких электроприемников нет, силу тока  $I_{уст.эл.магн}$  принимают минимально возможной. При наличии таких электроприемников (например, электродвигателей) сила тока уставки электромагнитного расцепителя

$$I_{уст.эл.магн} \geq 1,25 (\Sigma I_{н.дв} + I'_{пуск}),$$

Σгде  $I_{н.дв}$  - номинальная суммарная сила тока одновременно работающих электродвигателей до момента пуска одного или нескольких из них, дающих наибольший прирост силы пускового тока;  $I_{пуск}$  — сила пускового тока одного или нескольких электродвигателей, дающих наибольший прирост силы пускового тока.

Надежность срабатывания автоматов можно проверять так же, как и надежность перегорания плавких вставок, по значению силы расчетного тока короткого замыкания в конце защищаемого участка, причем отношение  $I_{к.з.} / I_{н.расц}$  Для автоматов, имеющих только электромагнитный расцепитель, должно быть не менее 1,4; для автоматов с комбинированным расцепителем, имеющим обратно зависимую от силы тока характеристику, - не менее 3, а во взрыво- и пожароопасных зонах (за исключением зон классов В-1б и В-1г) - не менее 6.

Питающая и распределительная сети во взрыво- и пожароопасных зонах (за исключением зон классов В-1б и В-1г) относятся к сетям, защищаемым от перегрузки. При этом номинальные силы токов аппаратов защиты выбирают, как и в сетях, защищаемых только от коротких замыканий по расчетным силам токов цепей с учетом кратковременных перегрузок (пусковых токов, токов самозапуска и т. п.). Для взрывоопасных зон классов В-1б и В-1г выбор характеристик аппаратов защиты и управления осуществляют так же, как и для невзрывоопасных помещений.

При выборе аппаратов защиты учитывают условие селективности их работы, т. е. при коротком замыкании вначале должен срабатывать аппарат защиты, непосредственно защищающий данный участок. Для выполнения условия селективности номинальные токи каждого последующего по направлению тока аппарата защиты (предохранитель или тепловой расцепитель) принимают не менее чем на одну ступень ниже предыдущего.

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ**

Проектирование распределительной сети системы электропитания включает в основном те же операции, что и проектирование питающей сети. Однако схема распределительной сети почти всегда имеет радиальную конфигурацию, т. е. каждый электроприемник подключается к шпиту или сборке питания отдельной радиальной линией.

**Выбор напряжения.** При выборе напряжения распределительной сети наряду с положениями, приведенными выше, учитывают некоторые дополнительные требования. Для стационарного освещения монтажной стороны шкафных щитов, в том числе и малогабаритных, применяют ток напряжением не выше 220 В, а для местного стационарного освещения шкафных щитов в

производственных помещениях -напряжением не выше 36 В, панельных щитов в щитовых помещениях - не выше 220 В. Питание электрифицированного инструмента и переносного освещения рекомендуется осуществлять от производственной распределительной электрической сети. Однако допускается использование и распределительной сети системы автоматизации с применением понижающих трансформаторов, не являющихся автотрансформаторами.

Напряжение питания электрифицированного инструмента и переносных ламп в помещениях без повышенной опасности выбирается не выше 220 В, в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных, вне помещений и при производстве работ в шкафных щитах - не выше 36 В. При производстве работ вне помещений и в шкафных щитах с внутренним проходом, а также при наличии особо неблагоприятных условий, связанных с теснотой и неудобным положением работающего, для питания переносных ламп используют напряжение 12 В. Лампы освещения, электрифицированный инструмент и переносные лампы подключают так, что даже при отключении питающего щита они остаются под напряжением.

Питание некоторых типов приборов и регуляторов в соответствии с инструкциями заводов-изготовителей осуществляют через разделительный трансформатор (при наличии сильных электромагнитных полей) или стабилизатор.

**Выбор аппаратуры защиты и управления.** При выборе аппаратуры защиты и управления в распределительных сетях чаще всего отдают предпочтение комплекту пакетный выключатель (рубильник, ключ управления, тумблер) - предохранитель. Автоматы в распределительных сетях применяют в том случае, если они обладают достаточной чувствительностью к токам короткого замыкания, а также если это оправдано экономически и удобно в эксплуатации. В цепях стационарного освещения шкафных щитов и местного стационарного освещения шкафных и панельных щитов во всех случаях используют в качестве аппаратов защиты и управления выключатель с предохранителем, устанавливаемые в фазном проводе.

- В распределительной сети аппараты управления и защиты размещают, как правило, во всех нормально незаземленных фазных проводниках в местах их присоединения на щитах и сборках питания. Аппараты защиты и управления не устанавливают в заземляющих проводниках всех видов. В то же время в распределительных сетях взрывоопасных зон класса В-1 аппараты защиты от токов коротких замыканий могут находиться на фазном и нулевом проводах. В помещениях всех классов аппараты управления могут размещаться в нулевых проводниках (и при использовании их в качестве заземляющих) при условии, что они одновременно отключают все фазные провода.

Аппараты управления или защиты, не устанавливают в цепях электроприемников, имеющих встроенные выключатели или предохранители, если щит питания совмещен со щитом, где находится данный электроприемник, или расположен от него на расстоянии не более 6 м. Общие аппараты управления и защиты могут применяться для группы электроприемников, если последние связаны общим технологическим процессом и не требуют индивидуальной защиты. Это правило является обязательным в цепях питания измерительных или регулирующих комплектов, которые состоят из взаимосвязанных элементов, являющихся электроприемниками. Если же некоторые из этих элементов могут при необходимости отключаться, на соответствующих ответвлениях устанавливают дополнительные индивидуальные выключатели.

В цепях понижающих трансформаторов аппараты управления и защиты всегда размещают со стороны первичного напряжения. Со стороны вторичного напряжения их предусматривают при числе присоединений больше одного и в каждом присоединении при отсутствии в соответствующих электроприемниках встроенных аппаратов управления и защиты. Причем в двухпроводных цепях вторичного напряжения трансформаторов и вторичных цепях выпрямителей, питающихся от систем с глухозаземленной нейтралью, можно ограничиться установкой аппарата защиты только в одном проводе. Учитывая, что при включении



трансформаторов на холостом ходу в цепи первичной обмотки могут возникать толчки неустановившегося тока, в ней применяют автоматы с комбинированным расцепителем.

В цепях питания электроприводов исполнительных устройств в качестве аппаратуры защиты и управления используют либо автомат и магнитный пускатель, либо рубильник, предохранители и магнитный пускатель. Первый вариант предпочтительнее. При междуфазном питании протяженных цепей управления электродвигателями исполнительных устройств для их защиты применяют двухполюсные автоматы.

Выбор характеристик аппаратуры защиты и управления для распределительной сети производят так же, как и для питающей сети. Для определения номинальной (расчетной) силы токов электроприемников при известных их номинальных мощностях могут быть использованы формулы, приведенные в табл. 1. Мощности, потребляемые приборами, регуляторами и исполнительными механизмами, находят с помощью специальных справочников и инструкций заводов-изготовителей.

0,4/пуск, а при выборе силы тока уставки электромагнитного расцепителя автомата I уст.эл.магн ≤ При выборе характеристик аппаратов защиты для электродвигателей необходимо так же, как и в случае выбора характеристик аппаратов защиты для питающей сети, учитывать силу пускового тока электродвигателя  $I_{\text{пуск}} = K_d/n$  (где  $K_d$  - кратность пускового тока). В частности, при выборе предохранителей для защиты электродвигателя  $I_{\text{н.вст}} \geq 1,25/\text{пуск}$ .

В цепях управления и сигнализации плавкие вставки предохранителей выбирают из условия

$$I_{\text{н.вст}} \geq \Sigma I_p + 0,1 \Sigma I'_B,$$

$I_p$  — наибольшая суммарная сила тока, потребляемого при включении катушек одновременно пускаемых аппаратов.  $\Sigma I_p$  - номинальная суммарная сила тока, потребляемого катушками аппаратов, сигнальными лампами и другими элементами схемы при их одновременной работе;  $\Sigma$  где

## 1. Формулы для расчета номинальных токов электроприемников

Электроприемник Электроприемники с мгновен- Электродвигатели ным переходным режимом (трансформаторы, печи и т. п.)

Трехфазный переменного тока	$S_H/u_H \sqrt{3} = P_H/(u_H \sqrt{3} \cos \varphi)$	$P_H/(u_H \sqrt{3} \cos \varphi \eta)$
Однофазный в сети трехфаз-ного тока	$S_H/u_H = P_H/(u_H \cos \varphi)$	$P_H/(u_H \cos \varphi \eta)$
Постоянного тока	$P_H/u_H$	$P_H/(u_H \eta)$

Примечание. В таблице приняты следующие обозначения:  $S_H$  — номинальная полная мощность электроприемника, ВА;  $u_H$  — номинальное напряжение электроприемника (для трехфазных электроприемников — линейное, для однофазных — фазное), В;  $P_H$  — коэффициент мощности;  $\eta$  — КПД электродвигателя.  $P_H$  — номинальная мощность электроприемника, Вт;  $\cos$

При выборе аппаратов защиты для первичных цепей понижающих трансформаторов номинальную силу тока плавкой вставки предохранителя или номинальную силу тока уставки теплового расцепителя автомата определяют из условия

$$I_{\text{н.вст}} \geq k_{\text{одн}} \Sigma I_p / k_{\text{тр}},$$

$I_p$  — номинальная суммарная сила тока электроприемников, включенных  $\Sigma$  где  $K_{одн}$  — коэффициент одновременности включения электроприемников;  $во$  вторичную цепь трансформатора;  $K_{тр}$  — коэффициент трансформации.

Однако во всех случаях для обеспечения селективности действия аппараты защиты в первичной цепи трансформатора выбирают по номинальной силе тока на одну ступень больше по сравнению с аппаратами защиты вторичной цепи с учетом коэффициента трансформации.

## **ВЫПОЛНЕНИЕ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ ПИТАНИЯ**

Принципиальные электрические схемы питания выполняют для питающей и распределительной сетей либо на отдельных листах, либо (при небольшом числе групп питания) совмещают на одном листе. При этом схема питающей сети дается в однолинейном, а схема распределительной сети - в многолинейном изображениях. Принципиальную электрическую схему питающей сети чертят одну для всей системы автоматизации. Она включает схему питающей сети, перечень электроаппаратуры и примечание с перечнем чертежей.

На схеме питающей сети (рис. 2.16) показывают аппараты защиты и управления, устанавливаемые со стороны источника питания и щитов питания системы автоматизации,

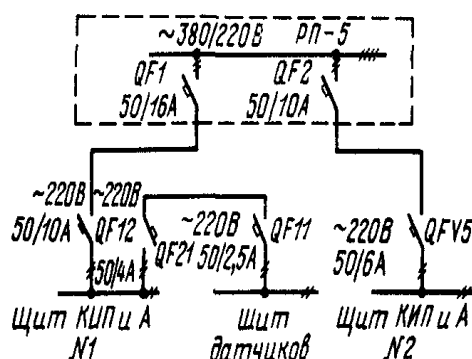


Рис. 2.16. Пример выполнения электрической принципиальной схемы питающей сети

а также электрические связи между ними. Рядом с аппаратами защиты и управления проставляют буквенно-цифровое обозначение, номинальные значения напряжения и силы тока, силу тока плавкой вставки предохранителя или расцепителя автомата. В перечень электроаппаратуры вносят только аппаратуру, монтируемую со стороны источника питания, если ее характеристики выбирают в проекте автоматизации, а не в проекте электроснабжения автоматизируемого объекта.

Принципиальную электрическую схему распределительной сети выполняют для каждого щита или сборки питания отдельно. В нее включают схему распределительной сети, перечень электроаппаратуры и примечание с перечнем относящихся чертежей.

На схеме распределительной сети (рис. 2.17) показывают питающие вводы и отводы, отводы к электроприемникам, аппараты защиты и управления, выпрямители, трансформаторы, стабилизаторы, источники питания, лампы освещения, штепсельные розетки, схемы АВР и линии электрической связи между аппаратами. В нижней части схемы дают таблицу, в которой перечисляют электроприемники, питающиеся от данного щита питания, с указанием их позиций по спецификации, потребляемой мощности, напряжения и места установки. Кроме того, на схеме у изображений приборов и аппаратов приводят их буквенно-цифровые обозначения и следующие данные: для автоматов - номинальную силу тока и силу тока уставки теплового и электромагнитного расцепителей; для рубильников, выключателей и переключателей - номинальную силу тока; для предохранителей - номинальную силу тока патрона предохранителя (в числителе) и силу тока плавкой вставки (в знаменателе); для трансформаторов, выпрямителей

и источников питания - максимальное и минимальное напряжения.

Все цепи на схеме питания маркируют. Допускается не маркировать только участки цепей между выключателями и предохранителями, установленными в пределах одного щита или сборки питания. Условные графические обозначения электроаппаратов, их буквенные обозначения и маркировку цепей осуществляют в соответствии с теми же стандартами и техническими условиями, что и на принципиальных схемах управления и сигнализации.

ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ПНЕВМОПИТАНИЯ

В систему пневмопитания входят источник питания (установка воздухоснабжения с устройствами воздухоподготовки), воздухосорбор

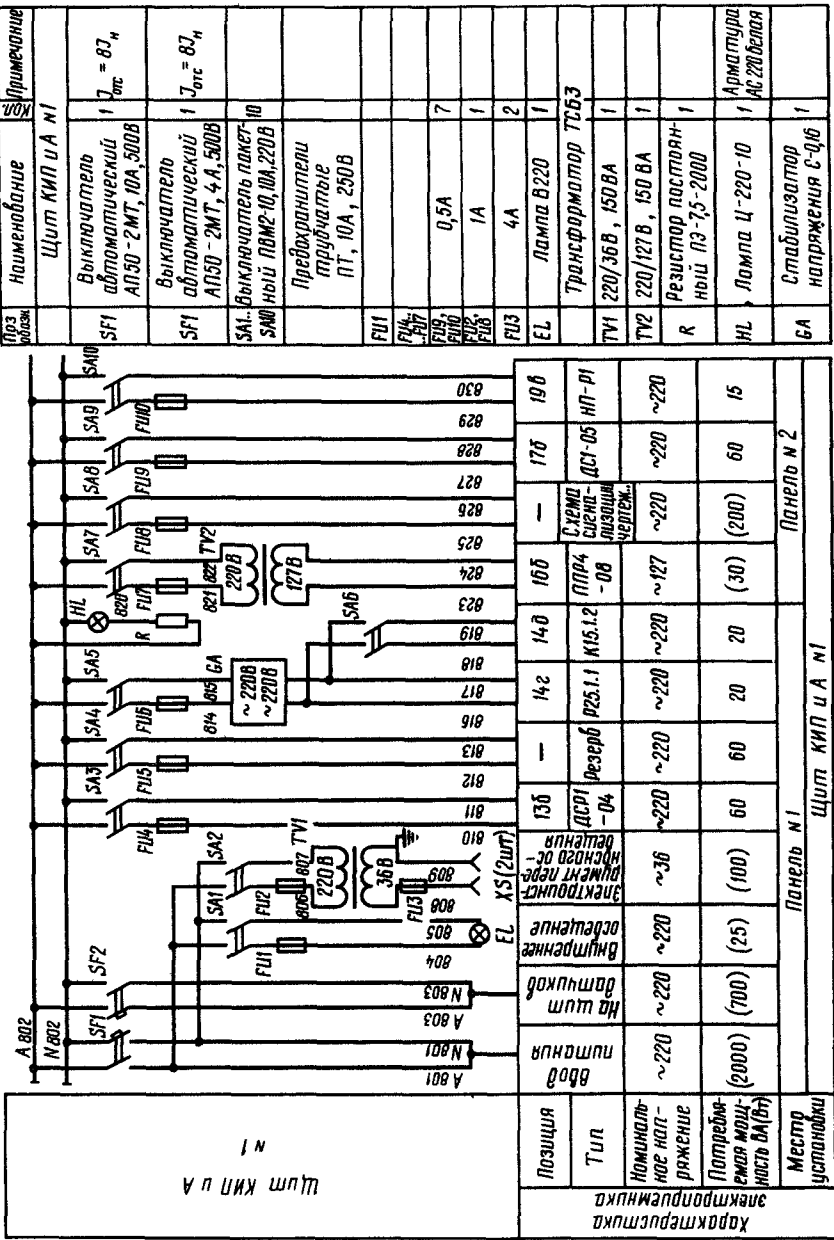


Рис. 2.17. Пример выполнения электрической принципиальной схемы распределительной сети

ники, распределительные коллекторы, воздухопроводы, соединяющие коллекторы и пневмоприемники, редукторы давления и блоки питания, фильтры, манометры, запорная и переключающая арматура резервные и продувочные штуцера.

К системам пневмопитания предъявляются требования, аналогичные требованиям к системам

электропитания: надежность воздухо-снабжения при допустимых отклонениях параметров сжатого воздуха экономичность, удобство и безопасность обслуживания. Надежность и точность работы систем пневмоавтоматики в значительной степени зависят от качества воздуха. Воздух, поступающий в систему пневмоавтоматики, должен быть тщательно осушен и очищен. Содержание минеральных масел в виде паров или тумана в воздухе допускается в размере не более  $15 \text{ мг/м}^3$ , но при этом исключается образование капель масла, воды или льда в системе при любых возможных условиях эксплуатации пневмоавтоматики. Содержание твердых примесей размером не более  $0,05 \text{ мм}$  в воздухе должно быть не более  $5 \text{ мг/м}^3$ , а температура и давление сжатого воздуха в системе пневмопитания не должны превышать допустимые пределы.

Системы пневмопитания проектируются на основании задания на проектирование, схемы автоматизации, принципиальных пневматических схем управления и сигнализации, а также с учетом решений, принятых при разработке общих видов щитов и пультов. Проектирование систем пневмопитания ведут в такой последовательности:

определяют необходимый расход воздуха для питания пневмоприемников, выбирают источник питания и составляют задание на обеспечение установок автоматизации сжатым воздухом, выбирают конфигурацию сети пневмопитания, проектируют распределительную сеть подключения пневмоприемников к коллекторам, выполняют принципиальную схему пневмопитания.

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОГО РАСХОДА ВОЗДУХА ДЛЯ ПИТАНИЯ ПНЕВМОПРИЕМНИКОВ**

Необходимый расход воздуха для питания пневмоприемников (в  $\text{м}^3/\text{ч}$ )

$$Q = (Q_n + Q_p) k_y k_z,$$

где  $Q_n$  — номинальный расход воздуха на приборы и устройства, работающие непрерывно,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  $Q_p$  — номинальный расход воздуха на пневмоприемники, работающие периодически с известным циклом работы или с циклом, который может быть определен приближенно (программные регуляторы, двухпозиционные регуляторы и т. п.),  $\text{м}^3$ ;  $k_y$  — коэффициент утечки воздуха в воздухопроводах, арматуре и пневмоприемниках (принимается равным  $1,15$ );  $k_z$  — коэффициент, учитывающий увеличение расхода воздуха при работе пневмоприемников в переходном режиме, а также кратковременный расход воздуха на устройства защиты и сигнализации (принимается равным  $1,25$ ).

Номинальный расход воздуха (в  $\text{м}^3/\text{ч}$ )

$$Q_n = \sum_{i=1}^I q_i z_i,$$

где  $q$  — номинальный расход воздуха на 1-й пневмоприемник за один рабочий цикл,  $\text{м}^3/\text{цикл}$ ;  $z_i$  — число циклов 1-го пневмоприемника в час,  $\text{цикл}/\text{ч}$ .

Данные по номинальному расходу воздуха на пневмоприемники приводятся в справочниках и инструкциях заводов-изготовителей.

### **ВЫБОР ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ И СОСТАВЛЕНИЕ ЗАДАНИЯ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТАНОВОК АВТОМАТИЗАЦИИ СЖАТЫМ ВОЗДУХОМ**

В качестве источников питания систем пневмоавтоматики могут быть использованы (по степени применимости); специальный воздушный компрессор непоршневого типа или безмасляный

поршневой компрессор, специальный воздушный поршневой компрессор с масляной смазкой, компрессорная станция предприятия, предназначенная для технологических целей. Последний вариант возможен только в случае непрерывной работы станции, имеющей достаточный резерв производительности и автоматический ввод резерва в течение всего периода работы системы пневмоавтоматики. На трубопроводе отбора сжатого воздуха на питание системы пневмоавтоматики в этом случае устанавливают обратный клапан. '

Во всех случаях последовательно с источником питания включают установку воздухоподготовки, которая состоит из воздухоохладителя, холодильника, водомаслоотделителя, масляного фильтра (только в случае применения компрессоров с масляной смазкой), блока осушки воздуха и воздухоохладителя. Проектирование названных устройств ведет, как правило, технологический отдел проектного института на основании технического задания исполнителя проекта автоматизации. В задании указывают наименование потребителей (цех, отделение, помещение), необходимые параметры питающего воздуха (давление, расход), диапазон допустимых температурных изменений, значение точки росы, а также требования по чистоте и осушке воздуха.

Необходимый расход питающего воздуха подсчитывают с помощью приведенных выше формул. Номинальное давление в пневмопроводах выбирают с учетом интервала температур, в которых эксплуатируются пневмолнии и пневмоустройства. В интервале температур от +50 до +5 °С номинальное давление в пневмолниях составляет 0,25 МПа, что соответствует температуре точки росы не выше -10 °С, в интервале температур от +50 до -30 °С - 0,4 МПа при температуре точки росы не выше -40 °С; в интервале температур от +50 до -50 °С - 0,6 МПа при температуре точки росы не выше -60 °С. Выбранное таким образом номинальное давление в пневмолниях определяет допустимые колебания давления сжатого воздуха на выходе из компрессора:

давлению в пневмолниях 0,25; 0,4 и 0,6 МПа соответствует давление на выходе из компрессора 0,4-0,8; 0,6-0,8 и 0,7-0,8 МПа.

Необходимое значение давления сжатого воздуха в пневмопроводах поддерживается регуляторами давления прямого действия, которые устанавливают в начале сети магистральных пневмопроводов и в ответвлениях от них к отдельным технологическим объектам.

Компрессор и установку воздухоподготовки оснащают системой автоматизации, которая обеспечивает автоматическое регулирование производительности; автоматическую остановку при прекращении подачи охлаждающей воды или чрезмерном повышении температуры масла; контроль и сигнализацию давления и температуры сжатого воздуха на каждой ступени компрессора после промежуточного и конечного холодильников, давления и температуры в системе смазки, поступления охлаждающей воды и ее температуры. Для систем производительностью до 250 мУч допускается автоматическое регулирование производительности методом остановки и пуска электродвигателя компрессора. Во избежание аварийного выхода из строя компрессора и установки воздухоподготовки последние должны резервироваться, а ресиверы - создавать достаточный запас сжатого воздуха.

### ***ВЫБОР КОНФИГУРАЦИИ СЕТИ ПНЕВМОПИТАНИЯ***

Конфигурация сети пневмопитания должна обеспечить минимальную протяженность пневмопроводов с минимальным количеством арматуры, удобство эксплуатации системы пневмопитания, возможность продувки сети, отдельных ее участков и их отсоединения для осмотра и ремонта при нормальной эксплуатации оставшейся в действии части. Выбор конфигурации сети пневмопитания зависит от расположения пневмоприемников (одиночных и групповых) и следующих требований резервирования:

радиальные схемы с одно- и двухсторонним питанием применяют в тех случаях, когда

расстояние между группами пневмоприемников превышает расстояние до источника питания. При этом одностороннее питание используют для малоответственных потребителей сжатого воздуха, а двухстороннее - для ответственных потребителей;

магистральные кольцевые или незамкнутые схемы применяют в тех случаях, когда расстояние между группами пневмоприемников меньше, чем до источник<sup>а</sup> питания. Магистральная незамкнутая схема рациональна для питания малоответственных потребителей сжатого

воздуха, а кольцевая - для ответственных потребителей.

## ***ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ПНЕВМОПИТАНИЯ***

При проектировании распределительной сети пневмопитания выбирают способ подключения пневмоприемников к ответвлениям сети магистральных пневмопроводов и аппаратуру для повторной очистки (фильтры) и редуцирования сжатого воздуха (редукторы). Чаще всего подключение пневмоприемников к ответвлениям сети магистральных пневмопроводов осуществляют через групповые распределительные коллекторы, которые размещают у группы рядом расположенных пневматических приборов (например, у установленных на щитах). Отдельные пневмоприемники рекомендуется снабжать воздухом от ближайшего распределительного коллектора.

Различают индивидуальный, групповой и централизованный способы подключения пневмоприемников к распределительным коллекторам. При индивидуальном способе на каждом ответвлении от коллектора к пневмоприемнику последовательно (в направлении подачи воздуха) монтируют запорный орган, воздушный фильтр, редуктор и контрольный манометр. Такой способ применяется при подключении небольшого числа отдельно расположенных пневмоприемников или когда редукторы с фильтрами поставляются комплектно с используемыми пневмоприемниками.

При групповом способе группа пневмоприемника питается через групповые фильтр и редуктор, пропускная способность которых не ниже суммарного потребления воздуха приборами. В этом случае необходимо обеспечить примерно равные сопротивления линий от редуктора к приборам. Групповой способ рекомендуется при питании группы взаимосвязанных пневмоприемников, не комплектуемых редукторами и фильтрами.

Если число рядом расположенных пневмоприемников 30 и более и аппаратура пневмопитания не поставляется с ними комплектно, то возможно применение централизованного узла питания, состоящего из двух фильтров и двух регуляторов давления, через которые осуществляется подвод питания к распределительному коллектору. Во всех случаях фильтр устанавливают на входе редуктора.

Для контроля давления и настройки редукторов используют показывающие манометры. Эти приборы размещают на коллекторах;

выходе редукторов; у одиночных пневмоприемников, редукторы которых установлены у распределительного коллектора, находящегося на значительном расстоянии от пневмоприемника, а в конструкции последнего такой прибор отсутствует; на входе и выходе отдельно установленных групповых фильтров.

Для переключения и отключения пневмоприемников на каждом входе и выходе коллектора предусматривают запорную арматуру. Наряду с этим каждый коллектор снабжают резервным штуцером с запорным органом для продувки коллектора. Для перераспределения давления между распределительными коллекторами может быть установлена дросселирующая арматура.

В качестве аппаратуры, используемой в системах пневмопитания для повторной очистки и редуцирования сжатого воздуха, применяют редукторы или стабилизаторы давления, блоки фильтра с редуктором или стабилизатором давления, фильтры и манометры.

Коллекторы выполняют из стальных оцинкованных водогазопроводных труб, причем внутренний диаметр коллектора должен быть на две ступени выше внутреннего диаметра подводящего воздухопровода  $D$  (в мм), который может быть рассчитан по формуле

$$D = k\sqrt{Q/p},$$

где  $k$  — коэффициент, зависящий от скорости движения воздуха в трубопроводе ( $k = 4$  при 20 м/с и  $k = 6$  при 10 м/с);  $Q$  — расход воздуха в нормальных условиях, м<sup>3</sup>/ч;  $p$  — давление воздуха в трубопроводе. Па.

Давление в воздухопроводах не должно быть ниже тех значений, при которых давление на входе редуктора станет меньше 0,2 МПа. Скорость движения воздуха при таком давлении должна быть не выше 20 м/с до редуктора и не выше 10 м/с после редуктора. Однако во всех случаях внутренний диаметр радиальных и магистральных воздухопроводов должен быть не менее 20 мм, а внутренний диаметр ответвлений от коллектора до редуктора — не менее 10 мм.

### **ВЫПОЛНЕНИЕ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СХЕМ ПИТАНИЯ**

Схема пневмопитания обычно объединяет все пневмоприемники, которые питаются от одного источника питания. Отдельная схема пневмопитания может не выполняться при небольшом числе пневматических приборов. В этом случае элементы системы пневмопитания показывают на соответствующей принципиальной схеме управления или сигнализации. Принципиальная схема пневмопитания включает собственно схему, перечень пневмоаппаратуры, таблицу условных изображений пневмоаппаратуры и трубопроводов, примечание с перечнем чертежей.

На схеме пневмопитания (рис. 2.18) показывают главный, цеховые и групповые распределительные коллекторы с указанием условных давления и диаметра, сеть воздухопроводов от главного коллектора до пневмоприемников с проставлением условных диаметров их, запорную и переключающую аппаратуру, редукторы, фильтры или блоки питания, резервные и продувочные штуцеры, манометры.

Пневмоприемники изображают на схеме условно в виде таблицы, в которой указывают позицию прибора по спецификации, тип, номинальный расход воздуха и место установки. Для изображения редукторов, фильтров и запорной арматуры используют стандарты ЕСКД на изображение трубопроводной арматуры и элементов гидравлических и пневматических сетей. Буквенно-цифровые обозначения этой аппаратуры состоят из букв, соответствующих функциональному назначению аппаратуры, и порядковых номеров, например В1, В2 — вентили; Р1, Р2 — редукторы; Ф1, Ф2 — фильтры и т. д. Маркировку трубы на принципиальной схеме пневмопитания не указывают, ее приводят на схеме внешних соединений. Перечень пневмоаппаратуры приводится в виде таблицы, как и на принципиальной схеме электропитания.

## **2.5. ЩИТЫ И ПУЛЬТЫ**

Щиты и пульты предназначены для размещения приборов и аппаратуры автоматического контроля, управления и сигнализации на

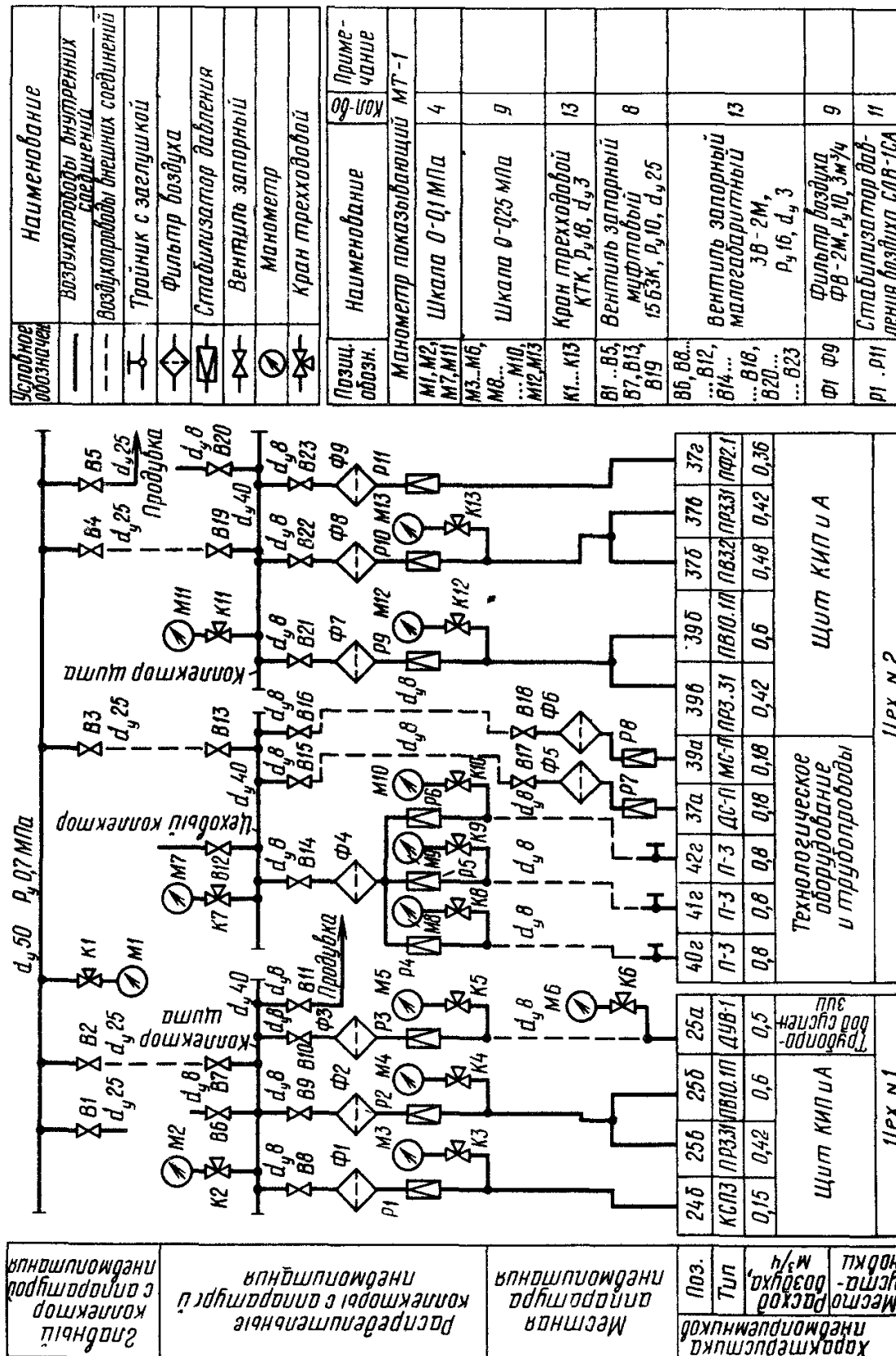


Рис. 2.18. Пример выполнения пневматической принципиальной схемы питания

пунктах управления (ПУ) и состоят из корпуса или каркаса с установленными приборами, аппаратурой, электрической и трубной проводками, подготовленными к подключению внешних цепей. Общая тенденция аппаратурного оснащения ПУ заключается в переходе от щитовых к бесщитовым ПУ, средствами представления информации на которых являются дисплеи, печатающие устройства и экранные мнемосхемы, а непосредственное управление процессами осуществляется с помощью команд, вводимых с клавиатуры дисплея. В настоящее время локальные ПУ (местные и операторские) проектируют как щитовые, а центральные создают



комбинированными, т. е. с аппаратурой, характерной как для щитовых, так и бесщитовых ПУ. Поэтому в данной главе рассмотрим методы проектирования щитовых ПУ.

### **КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЩИТОВ И ПУЛЬТОВ**

В системах автоматизации применяют полно- и малогабаритные шкафные и панельные щиты, пульты и вспомогательные элементы (панели и вставки). Конструкции щитов и пультов, изготавливаемых промышленными предприятиями Минмонтажспецстроя СССР, регламентируются отраслевым стандартом ОСТ 36.13-76, который предусматривает выпуск щитов шкафных, панельных с каркасом и стативов одно-, двух- и трехсекционных. Многосекционные щиты собирают из одиночных щитов и опорных рам соответствующих типов. Щиты и стативы изготовляют в двух исполнениях: I - с двумя панелями, II - с тремя (рис. 2.19).

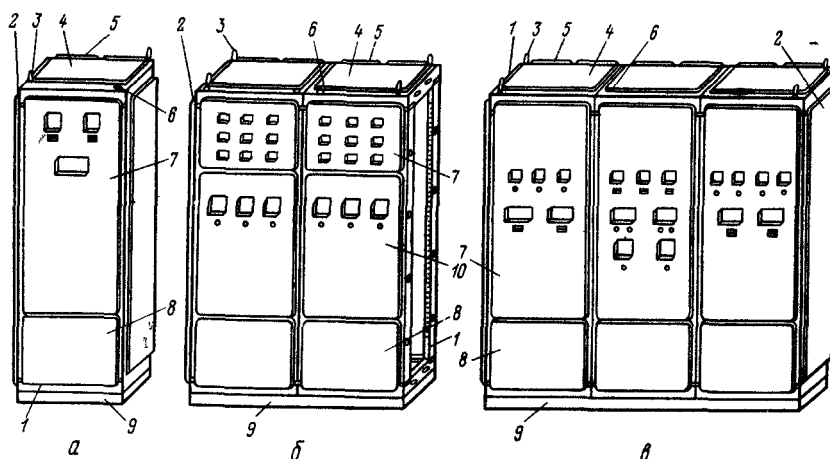


Рис. 2.19. Шкафы с задней дверью:

а - шкаф, исполнение I; б - шкаф двухсекционный, открытый справа, исполнение II;

в - шкаф трехсекционный, открытый слева, исполнение II (1 - каркас; 2 - боковая стенка; 3 - рымболт; 4 - крышка; 5 - дверь; 6 - заглушка; 7, 8, 10 - панели; 9 - опорная рама)

Условные обозначения марок щитовых конструкций включают наименование изделия, число секций, указания об открытых (закрытых) боковых стенках, номер исполнения, типоразмер (для двух- и трехсекционных конструкций указывается также ширина каждой секции), климатическое исполнение, степень защиты, номер (обозначение) основного документа.

Стандартные щиты и пульты систем автоматизации предназначены для установки в закрытых помещениях (производственных цехах или специальных щитовых) при отсутствии в окружающем воздухе агрессивных газов, пара, токопроводящей пыли, в местах, на которые не распространяется действие магнитных полей электроустановок и вибрации. Температура окружающего воздуха в этих помещениях может изменяться от  $-30$  до  $+50$  °С, а относительная влажность составляет не более 80 %.

Основанием для проектирования щитов и пультов являются структурные схемы управления, схемы автоматизации, схемы управления агрегатами, схемы технологической сигнализации, схемы питания электроэнергией и сжатым воздухом и т. д. Проектирование щитов и пультов осуществляется в такой последовательности: выбирают тип и конструкцию щита; размещают на фасадных сторонах щита и пульта, а затем внутри или за щитами приборы и аппаратуру; определяют число и местоположение коммутационных зажимов и переборочных соединителей; выбирают электрическую и трубную проводку и основные ее направления; размещают щиты и пульты в производственных или специальных помещениях; оформляют задание на изготовление щитов и пультов.

## ***ВЫБОР ТИПА И КОНСТРУКЦИИ ЩИТОВ И ПУЛЬТОВ***

Выбор типа и конструкции щитов определяется в первую очередь их эксплуатационным назначением. На стадии выбора конструкции и размеров щитов должны быть известны не только общая структура системы управления, но также объем и характеристики комплекса технических средств, распределение функций между оператором и автоматическим управляющим устройством. В качестве местных щитов для размещения на них местных приборов и вспомогательной аппаратуры часто используют малогабаритные щиты.

Для локальных и центральных ПУ обычно используют полногабаритные щиты, компонованные в многосекционные, причем в производственных помещениях устанавливают только шкафные (защищенные) щиты. Панельные щиты (открытые) применяют при установке их в специальных щитовых помещениях (операторных, аппаратных, диспетчерских и т. п.), в которые имеет доступ лишь обслуживающий персонал. В таких помещениях рекомендуется установка также блочных щитов или секционных мозаичных. Последние состоят из ряда вертикальных, расположенных одна над другой, секций, которые представляют собой наборную решетку с встроенными в нее съемными мозаичными элементами мнемосхем (размер элемента 40 x 40 мм).

Пульты управления применяют при большом количестве пускоре-гулирующей аппаратуры. Приборы-приставки пультов используют для установки показывающих приборов, с помощью которых ведется управление процессом. Приставные пульты применяют при наличии большого числа переключателей к приборам, аппаратуры управления периодического пользования, когда установка аппаратуры на приборных панелях щитов (без пультов) вызвала бы значительное увеличение протяженности щитов по фронту, ухудшение условий обзора и доступа к различной аппаратуре.

Габариты щитов и отдельных панелей сборных щитов выбирают в зависимости от числа и размеров приборов и средств автоматизации, удобства монтажа и обслуживания, размеров помещений и условий окружающей среды, а также правил техники безопасности. Ширина щитов определяется в основном числом и размерами устанавливаемых приборов и аппаратуры. При выборе глубины щитов необходимо учитывать габариты утопленной части приборов, расположенных на фасадной стороне, габариты приборов внутри щитов, конструкцию дверей, наличие открытых токоведущих частей приборов и аппаратов, в том числе сборок зажимов, предохранителей, рубильников и т. д. Выбранная глубина щита должна отвечать Инструкции по проектированию электроустановок систем автоматизации технологических процессов и исключать возможность одновременного прикосновения к заземленному щиту и неизолированной токоведущей части приборов и аппаратов. Это достигается путем выбора соответствующих размеров внутрищитового пространства обслуживания.

При этом щиты, у которых расстояние от двери до противоположной стенки равно или меньше 600 мм, считаются обслуживаемыми извне (щиты с задними дверями типа ПЩ-ЗД глубиной 600 мм и щиты индивидуального монтажа с боковой дверью при ширине лицевой части 600 мм) и поэтому приведенные ниже требования на них не распространяются. При размещении всех остальных щитов, которые рассматриваются как обслуживаемые изнутри, должны выполняться следующие требования:

расстояние между аппаратами и приборами (без открытых токоведущих элементов на наиболее выступающих частях), расположенными на противоположных стенках щита, или расстояние от этих приборов, размещенных на одной стенке щита, до свободной противоположной стенки должно быть не менее 800 мм (в отдельных местах допускается уменьшение расстояния до 600 мм);

расстояние от наиболее выступающих открытых токоведущих частей аппаратов, находящихся на

одной стенке щита, до свободной противоположной стенки или до аппаратов и приборов (без открытых токоведущих элементов на наиболее выступающих частях), установленных на противоположной стенке, должно быть не менее 1000 мм при длине щита до 7 м и 1200 мм при длине щита более 7 м;

расстояние от наиболее выступающих частей открытых токоведущих элементов аппаратов и приборов, смонтированных на противоположных стенках щита, должно быть не менее 1500 мм.

Эти же требования должны выполняться и в случае применения защищенных щитов с боковой дверью без внутреннего прохода, если у последних расстояние от двери до противоположной стенки превышает 600 мм.

Щиты с боковой дверью шириною 800 мм и более и щиты с задней дверью глубиною 800 мм не рекомендуется применять при необходимости установки внутри щитов приборов и электрических аппаратов с открытыми токоведущими частями. Здесь предпочтительнее щиты шкафные типов ШЩ-ЗД и ШЩ-ПЗД (с передней и задней дверьми) глубиною 600 мм, а также щиты с боковой дверью при ширине 600 мм без внутреннего прохода, которые относятся к щитам, обслуживаемым извне. В этих щитах аппараты и приборы с открытыми токоведущими частями могут устанавливаться на всех внутренних стенках.

При проектировании многопанельных щитов с внутренним проходом, когда не удастся выдержать указанные выше требования по размещению приборов и аппаратуры с открытыми токоведущими частями, их применение возможно при ограждении открытых токоведущих частей аппаратов и приборов сетками с размерами ячеек не более 25 x 25 мм (расстояние от открытых токоведущих частей до ограждений не более 100 мм) или сплошном ограждении (при расстоянии не менее 50 мм). Ширина прохода в свету при установке ограждения должна быть не менее 800 мм.

### ***КОМПОНОВКА ПРИБОРОВ И АППАРАТУРЫ НА ЩИТАХ И ПУЛЬТАХ. МНЕМОСХЕМЫ***

Приборы и аппаратуру на щитах и пультах размещают после принятия решения относительно компоновки соответствующих пунктов управления в целом. Так, в зависимости от функций, отводимых оператору, предусматриваются приборы и соответствующие панели или их группы, которые должны находиться в непосредственной близости от оператора, а также панели, не участвующие в оперативном управлении. Такие панели могут размещаться на определенном расстоянии от рабочего места оператора. Для уменьшения протяженности щитов пользуются разными приемами: используют малогабаритные и миниатюрные конструкции приборов; сокращают число выводимых на щит управления приборов контроля параметров относительно малой важности; объединяют аппаратуру контроля, управления и сигнализации; внедряют нелинейные формы компоновки многосекционных щитов.

Если проектом не предусмотрена установка пультов, то на фронтальных плоскостях щитов komponуют измерительные и регулирующие приборы; светосигнальную аппаратуру; мнемосхемы; переключатели к приборам (измерительных цепей и импульсных линий); аппаратуру управления оперативного назначения. На пультах размещают переключатели к измерительным приборам, аппаратуру управления и сигнализации оперативного назначения, мнемосхемы, приборы контроля по вызову, электроизмерительные приборы (амперметры, вольтметры, указатели положения регулирующих органов и т. д.). Последние рекомендуется устанавливать на приборной приставке пульта. Если пульт не имеет приборной приставки, то на нем располагают приборы, допускаемые к установке в наклонном положении.

При проектировании щитов и пультов необходимо использовать такие средства контроля и управления и так размещать их, чтобы обеспечить оператору наилучшие условия восприятия

информации и манипулирования органами управления. Немаловажное значение имеет также и обеспечение наиболее удобной рабочей позы оператора. Так, стрелочные контрольно-измерительные приборы облегчают оператору как считывание показаний, так и сопоставление значений нескольких параметров между собой, поиск их отклонений. Шкалы приборов могут снабжаться разными отметками, характеризующими режим работы оборудования, - норма, отклонение, авария. Предпочтение отдается приборам, шкалы которых оцифрованы только на основных делениях с надписями и цифрами, ориентированными вертикально. Установку приборов с подвижными, выпуклыми и неравномерными шкалами по возможности следует избегать. При необходимости получить информацию о мгновенных значениях параметров без поиска их отклонения и сопоставления значений нескольких параметров рекомендуется применять цифровые приборы.

В практике проектирования щитов и пультов существует несколько приемов размещения аппаратуры контроля и управления. Согласно функциональному принципу аппаратуру размещают по группам, исходя из общности выполняемых задач. Так, можно объединять в группы приборы, относящиеся к одному технологическому агрегату (процессу). Принцип значимости предполагает группирование приборов в зависимости от того, насколько существенны они для выполнения определенной части операций. При этом наиболее важные элементы даже при редком их использовании обычно располагают в центре панели. При соблюдении принципа частоты использования часто применяемые элементы располагают в центре панели, редко используемые - на периферии. Принцип последовательности предполагает размещение приборов на панели строго по схеме их последовательного использования. В соответствии с принципом совмещения стимула и реакции органы контроля и соответствующие им органы управления должны быть максимально сближены или пространственно соотнесены.

Выбор того или иного принципа размещения средств контроля и управления определяется решаемыми задачами. Допустимо также совмещение разных принципов. Так, при проектировании щитов управления процессами пищевой промышленности часто используется функциональный признак при частичном соблюдении принципа совмещения стимула и реакции.

Приборы и аппаратуру на щите необходимо компоновать в соответствии с ходом процесса слева направо, начиная от начальных стадий и кончая завершающими для данной установки или процесса. Если проектируются многосекционные щиты, то каждая секция должна соответствовать какому-либо звену технологической установки, агрегату, определенной стадии процесса либо объединять группу приборов, предназначенных для той или иной операции контроля или управления. Следует избегать совместной установки в пределах одной секции электрических приборов и приборов, к которым подводятся трубки, заполненные жидкостью.

Приборы и аппаратуру в пределах одной секции обычно размещают симметрично (при отсутствии на фронтальной плоскости мнемосхемы). На пультах, где сосредоточена однотипная аппаратура управления, рекомендуется несимметричное расположение с приданием характерных компоновочных признаков, облегчающих запоминание принадлежности аппаратуры к тому или иному управляемому объекту. При этом приборы контроля и органы управления целесообразно располагать в одинаковом порядке.

Применительно к условиям наилучшего восприятия информации оператором и манипулирования органами управления в практике проектирования пультов и щитов выявлены оптимальные зоны размещения разной аппаратуры. Так, для операторов в положении "стоя" оптимальная зона зрительного наблюдения находится на высоте 1300-1650 мм, оптимальная зона для размещения органов управления - 1100-1440 мм, а в положении "сидя" эти величины соответственно равны 835-1300 и 700-835 мм. В горизонтальной плоскости оптимальный угол обзора без поворота головы составляет 30-40', допустимый 60°; в вертикальной плоскости 0-30° вниз от горизонтальной оси зрения, допустимый - 30° вверх и 40° вниз. Рабочее место оператора должно обеспечивать угол обзора в горизонтальной плоскости 50-60° (допустимый 90°), в вертикальной - 30° вверх и 40° вниз от оси зрения.

По высоте щитов принято располагать аппаратуру в несколько рядов, как правило, в два-три ряда. Допускается четыре ряда в диапазоне 700-2100 мм. Из этого диапазона рекомендуемым является 900-1900 мм, а на высоте 1900-2200 мм целесообразно располагать только надпись, определяющую название щита. При наличии приставного пульта аппаратуру на щите монтируют выше уровня пульта (более 1100мм).

Компоновка приборов и аппаратуры на фасадной стороне щитов и пультов должна также обеспечить необходимые условия для коммутации электрических проводок и размещения трубных линий на тыльной стороне щита или пульта и их крепления. Минимальные расстояния между отдельными элементами на фасадной стороне щита составляют 40-80 мм, а между приборами и боковыми стенками щита - 100 мм.

Эти расстояния должны учитывать также необходимость установки рамок для надписей под приборами или справа от них, за исключением встраиваемых в мнемосхему.

Показывающие приборы и сигнальную арматуру монтируют на высоте 800-1900 мм для полногабаритных щитов без пульта. При наличии пульта (только для полногабаритных щитов) этот размер составляет 950-1900 мм. Регистрирующие приборы на оперативных щитах размещают на высоте 900-1800 мм (с пультом 1100-1800 мм), на неоперативных - на высоте 700-1800 мм. Регулирующие приборы при установке их на фасаде щита размещают на высоте 900-1900 мм (с пультом 1100-1700 мм), а оперативную аппаратуру контроля и управления (переключатели, ключи, кнопки управления, панели дистанционного управления) - на высоте 800-1600 мм, индикаторы положения и сигнальные приборы - на высоте 1000-1600 мм. Мнемосхему можно размещать на щитах на высоте 700-1800 мм, при наличии пульта 1000-1900 мм, а также на декоративных панелях, которые располагаются над шкафными или панельными щитами с каркасом. Такое размещение приборов и аппаратуры учитывает важность приборов, необходимость их систематического обслуживания (установка диаграммной бумаги, заправка чернилами) и удобство пользования ими. Надписи в рамках и на сигнальных табло должны быть лаконичными, полностью определяющими назначение элемента и не допускающими неоднозначного толкования. Оперативную аппаратуру снабжают рамками с указанием схемы ее работы либо словами "Включено" - "Выключено", "Меньше" ~ "Больше" и т. д.

Для щитов, выпускаемых в соответствии с ОСТ 36.13-76, разработаны рекомендации по расположению приборов и аппаратуры на фасадных панелях с учетом особенностей их конструкции. Так, фасадную панель щитов шкафных и панельных с каркасом разбивают на два (исполнение I) или три (исполнение II) функциональных поля на основе рационального распределения приборов, органов управления и сигнальной арматуры.

В первую очередь рекомендуется применять щиты исполнения II, так как в этом случае фасадные панели имеют минимальные габариты и наиболее технологичны в изготовлении. Нижняя панель является декоративной, средняя - предназначена для размещения самопишущих и регистрирующих приборов, а также органов управления. Здесь же могут находиться и крупногабаритные показывающие приборы. На верхней панели рекомендуется располагать сигнальную арматуру, малогабаритные показывающие приборы (тягомеры, логометры, приборы системы СТАРТ) и компактные мнемосхемы. Верхнюю панель щита исполнения I используют для компоновки приборов, органов управления и сигнальной арматуры в соответствии с приведенными ранее рекомендациями.

Мнемосхемы служат для облегчения работы оператора и разрабатываются при большом числе аппаратуры управления и сигнализации, наличии органов управления механизмами поточно-транспортных систем и сложной технологической схемы управляемого объекта. При работе оператору фактически приходится иметь дело не с технологическим процессом, а с его моделью,

и для принятия определенных решений он должен воспроизвести в памяти схему процесса, технологическую последовательность отдельных операций, определить в каждый момент времени приоритетность событий, принимаемых решений и выбираемых управляющих воздействий.

Решение названных задач значительно облегчается при наличии на щите мнемосхемы. Она представляет собой упрощенное изображение с помощью специальных символов технологического процесса, поточно-транспортных систем в таком объеме, при котором оператор быстро ориентируется в ходе процесса, легко определяет источник необходимой информации. Для этого в мнемосхему встраивают символы регулирующих органов, световые индикаторы (табло и лампы), а иногда командоаппараты и миниатюрные приборы. Световые индикаторы отражают состояние технологического процесса и оборудования. На мнемосхеме показывают также основные связи между отдельными технологическими агрегатами. В справочных пособиях по проектированию приводятся рекомендации по изображению символов отдельных агрегатов и их цвета, а также линий связи. При отсутствии требуемого символа оборудование можно изображать аналогично существующему по усмотрению проектировщика.

Размещение символов мнемосхем должно обеспечить возможность внесения некоторых изменений при модернизации технологических процессов. Линии технологических потоков (трубопроводов) должны снабжаться стрелками, показывающими направления потоков, и при необходимости иметь поясняющую надпись. Мнемосхемы выполняют одним из следующих способов:

накладкой условных изображений, выполняемых из пластмассы (в том числе цветной) или металла (дюралюминий, декапированная сталь) с последующей окраской;

рисовкой непосредственно на щитах и пультах всех элементов;

накладкой на мозаичные элементы диспетчерских секционных щитов символов из оргстекла с последующей окраской. Цвета окраски элементов мнемосхемы выбирают по ГОСТ 14202-69 с учетом необходимой контрастности по отношению к цвету поля щита.

Мнемосхемы могут строиться по трем принципам: "темная" - лампы загораются в аварийном режиме, в нормальных условиях не горят; "светлая" - лампы горят в нормальном режиме, а в аварийном гаснут; "с мигающим светом" - лампы в нормальном режиме не горят, а в аварийном мигают. Выбор принципа работы мнемосхемы определяется конкретными условиями: видом пунктов управления, на которых устанавливаются мнемосхемы; сложностью технологического оборудования и т. д. Так, на диспетчерских секционных мозаичных щитах мнемосхемы выполняют по принципу "темная".

При выборе символов технологического оборудования учитываются важность отдельных агрегатов, их влияние на весь ход технологического процесса. Наиболее важное оборудование на мнемосхеме выделяют как размерами, так формой и цветом. Для щитов, изготавливаемых по ОСТ 36.13-76, применение рисованных на поверхности панелей мнемосхем не допускается.

### ***РАЗМЕЩЕНИЕ АППАРАТУРЫ НА ВНУТРЕННИХ ПЛОСКОСТЯХ ЩИТОВ***

На внутренних плоскостях щитов размещают вспомогательную неоперативную аппаратуру (реле, трансформаторы, источники питания, панели с выключателями и предохранителями, фильтры, редукторы и г. д.), а также регуляторы и функциональные блоки пневмоавтоматики. На пультах вспомогательную аппаратуру не монтируют. На поворотных рамах в каркасных щитах устанавливают вспомогательную электроаппаратуру. Аппаратуру, требующую подключения трубной проводки, на поворотных рамах не размещают.

На внутренней стороне фасадных панелей щитов монтируют вспомогательную аппаратуру, клеммные сборки, воздушные коллекторы, а также прокладывают внутренние соединительные электрические и трубные линии, составляющие коммутационную систему щита. Для установки вспомогательной аппаратуры и прокладки соединительных линий также используют боковые и задние стенки шкафных щитов. Крепление аппаратуры осуществляют с помощью специальных кронштейнов, скоб, угольников и других конструктивных элементов.

Компоновку электро- и пневмоаппаратуры и установочных изделий внутри щитов и стивов выполняют с учетом конструктивных особенностей этих изделий и обеспечения удобства их монтажа и эксплуатации. При совместной установке электро- и пневмоаппаратуры электроаппаратуру следует располагать в левой части, пневмоаппаратуру - в правой части с монтажной стороны щита.

Размещение приборов, аппаратов и установочных изделий на разных плоскостях щита не должно ухудшать их монтаж и эксплуатацию. Для удобства эксплуатации и соблюдения техники безопасности рекомендуется аппаратуру устанавливать на таких расстояниях (в мм) по высоте от основания (опорной рамы): трансформаторы, источники питания, пускатели, аппаратура освещения щита, звонки громкого боя, ревуны 1700-2000; регуляторы, функциональные блоки, элементы аналоговой и дискретной техники, реле, преобразователи 600-1900;

выключатели, предохранители, розетки, автоматы 700-1700; манометры 700-1600; аппаратура пневмопитания (фильтры, редукторы, запорная арматура) 300-700; сборки коммутационных зажимов 350-1900;

переборочные соединители 300-800, воздушный коллектор 250-500.

Аппараты и приборы рекомендуется группировать по принадлежности к системам измерения, управления, сигнализации и т. д., а внутри групп - по роду тока и значению напряжения, соблюдая при этом основные правила техники безопасности. Пакетные выключатели и предохранители объединяют в щитки питания ЭЩП-2М на два выключателя и четыре предохранителя. Входной пакетный выключатель и предохранители устанавливают на отдельной панели. Так же монтируют пакетный выключатель цепей освещения и две штепсельные розетки для питания переносного светильника и паяльника напряжением 36 или 12 В. Для освещения внутреннего пространства шкафных щитов на потолке в пределах каждого шкафа размещают арматуру для ламп с пластмассовым патроном.

Для контроля за наличием напряжения питания на выходе вводного выключателя рекомендуется устанавливать сигнальную лампу на фронтальной плоскости щита. Входной выключатель отдельно стоящего пульта с приборной панелью может находиться на рабочей плоскости пульта.

Узлы пневмопитания содержат воздушный коллектор, в качестве которого используют оцинкованную водогазопроводную трубу по ГОСТ 3262-75 с условным проходом от 20 до 50 мм в зависимости от числа потребителей. Коллектор располагают вдоль щита с уклоном 1 : 20 и в конце снабжают устройством для выпуска влаги. Рекомендуется также предусмотреть возможность измерения и сигнализации величины давления воздуха в коллекторе.

Конструкция и комплектация узлов пневмопитания приборов и аппаратов зависит от принятого способа их подключения к распределительным коллекторам. Обычно число узлов подготовки воздуха, устанавливаемых в щите, при индивидуальном и индивидуально-групповом способах для щита шириной соответственно 600 мм не должно превышать четырех, для 800 мм - пяти, для 1000 мм - шести.

В панельных щитах с каркасом аппаратуру рекомендуется размещать в первую очередь на боковых плоскостях щита, а при недостатке места - на поворотных рамах. Там же устанавливают выключатели с предохранителями, автоматы, выпрямители, реле и т. д. Допускаемая нагрузка - не более 30 кг.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА И МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ КОММУТАЦИОННЫХ ЗАЖИМОВ И ПЕРЕБОРОЧНЫХ СОЕДИНИТЕЛЕЙ. ВЫБОР ПРОВОДКИ**

Коммутационные зажимы используют для разъёмного соединения внутренней и внешней электрических проводок, а также при наличии электрических связей между приборами и аппаратами, установленными на разных секциях щита или в разных шкафах. Электрические связи между приборами и аппаратами, смонтированными в пределах одной секции или шкафа, обычно выполняют непосредственно между их зажимами без переходов через сборки зажимов. К сборкам зажимов не подводят соединительные линии от термопар к приборам с автоматической компенсацией влияния температуры свободных концов термопар, а также экранированные и коаксиальные кабели, вводный кабель или провод питания и освещения щита, цепи питания к отдельным приборам и аппаратуре от индивидуальных выключателей и предохранителей, установленных в пределах этого же щита. Для подключения проводов и кабелей, идущих от термопар и термопреобразователей сопротивления, применяют специальные коммутационные зажимы с подгонными катушками.

Размещение коммутационных зажимов указывают на чертеже общего вида щита (вид на внутренние плоскости). Число коммутационных зажимов определяют отдельно в каждом конкретном случае по принципиальным электрическим схемам, техническим характеристикам приборов и аппаратов, устанавливаемых в щите. При уточнении числа коммутационных зажимов следует иметь в виду, что подсоединение двух и более жил кабеля или провода к одному винту коммутационного зажима в их сборках нежелательно. Такое подключение осуществляют с помощью переходных зажимов с перемычкой.

Зажимы в сборках устанавливают группами, пользуясь следующими признаками: по агрегатам и аппаратам, по системам измерения, регулирования, управления и сигнализации; по напряжениям коммутируемых цепей (в том числе измерительных цепей термопар и термопреобразователей сопротивления; цепей, требующих экранировки;

прочих цепей постоянного и переменного тока напряжением до 36 В, а также 36-250 В). Группы зажимов на напряжение выше 220 В должны быть выделены, закрыты крышками и снабжены предупредительной надписью с указанием напряжения. Ввод в щиты автоматизации цепей напряжением выше 400 В переменного и 440 В постоянного тока не допускается.

Расположение групп зажимов разных систем на сборках определяется размещением приборов и аппаратуры этих систем в щите. Одну от другой группы зажимов отделяют маркировочной колодкой или свободным зажимом. В каждой группе зажимов рекомендуется предусматривать резервные зажимы: не менее одного при числе зажимов до 6, не менее двух при 7-16, не менее трех при 17-32 зажимах.

Сборки коммутационных зажимов устанавливают горизонтально в один ряд на передней и боковых стенках щита. Допускается также в технически обоснованных случаях установка сборок коммутационных зажимов в два ряда или вертикально. Для соединения внешней и внутренней проводок сборки зажимов располагают обычно горизонтально в нижней части щита на высоте 350-800 мм (с учетом способа разделки кабеля). Вертикальное расположение сборок применяют в щитах с большим числом трубных проводок, причем нижний конец сборки должен быть на высоте не менее 350 мм от основания щита.

В пультах сборки зажимов при установке в один ряд размещают на боковых стенках горизонтально на высоте более 350 мм. При большом числе зажимов в пультах, имеющих двери с обеих сторон, допускается установка сборок между боковыми стенками против дверей на дополнительно монтируемых уголках.



Расстояние между осями клеммных сборок, установленных в два ряда и более, должно быть не менее 200 мм. Сборки зажимов запрещается размещать под воздушными коллекторами, фильтрами и запорной арматурой. При размещении коммутационных зажимов в зависимости от их исполнения учитывают те же требования по отношению к проходам в щитах, что и при размещении аппаратуры с неогражденными токоведущими частями или без них.

Для мнемосхем, выполненных на декоративных панелях, необходимо предусматривать индивидуальные сборки коммутационных зажимов в нижней части декоративной панели. Стойки для крепления кабеля устанавливают на расстоянии 150 мм от основания. Для соединения слаботочных цепей напряжением до 60 В могут применяться вводные гребенки с присоединением пайкой.

Если к щиту или пульту подходят трубные проводки, то устанавливают сборки переборочных соединителей (для пневматических линий - пневмоклеммники), в состав которых входят кронштейны для переборочных соединителей и сами переборочные соединители. Сборки переборочных соединителей рекомендуется размещать горизонтально или вертикально внизу на боковой стенке щита в зависимости от места ввода трубной проводки. После размещения аппаратуры, клеммных сборок и переборочных соединителей внутри щита выбирают электрическую и трубную проводки в зависимости от назначения, условий прокладки и механической прочности.

При выборе электрической проводки учитывают допустимую токовую нагрузку (или сопротивление линии) и тип присоединительных устройств коммутируемой аппаратуры. Обычно для прокладки по щитовым конструкциям используют провод с медной жилой и поливинилхлоридной изоляцией. Наименьшие допустимые сечения проводов, прокладываемых в щитах и пультах, составляют 0,35 мм<sup>2</sup> для многопроволочных (гибких) медных проводов и 0,5 мм<sup>2</sup> для однопроволочных, 1 мм<sup>2</sup> для щитовых помещений взрыве- и пожароопасных установок. Гибкий провод применяют для коммутации аппаратуры со штепсельными разъемами и при установке аппаратуры на подвижных конструкциях (дверцах, крышках и т. п.). Провода с разноцветной поливинилхлоридной изоляцией рекомендуется применять для коммутации аппаратуры с большим числом контактов. Кроме того, выбираемый провод должен соответствовать инструкции завода-изготовителя.

Выбор трубной проводки зависит от ее назначения, химических свойств веществ, заполняющих трубы, размеров присоединительных устройств приборов и номенклатуры нормализованных соединений. В пределах щитов рекомендуется использовать трубы того же типа, что и для внешних проводок. Чаще всего это полиэтиленовые, поливинил-хлоридные, стальные бесшовные, водогазопроводные и медные трубы.

Направления электрической и трубной проводок выбирают при разработке чертежа общего вида щита и показывают на виде на внутренние плоскости. При этом необходимо учитывать, что провода и трубы могут прокладываться как открыто (жгутами или пакетами), так и в коробах. Жгуты проводов прокладывают горизонтально или вертикально по кратчайшим расстояниям с минимальным числом изгибов и перекрещиваний. Короба устанавливают в вертикальном или горизонтальном направлении на расстоянии от стенки короба до контактных зажимов приборов и аппаратов не менее 40 мм. Провода в коробах прокладывают свободно, без натяжения, коэффициент заполнения короба не должен превышать 0,45. При определении длины проводов учитывают резервную длину, обеспечивающую повторное присоединение конца жилы в случае ее обрыва. Радиусы изгиба проводов должны быть не менее трехкратного наружного диаметра провода.

Трубные проводки также прокладывают горизонтально и вертикально по кратчайшим расстояниям с минимальным числом изгибов. Минимальный радиус внутренней кривой изгиба должен быть для полиэтиленовых труб не менее шести наружных диаметров, для стальных -

четырёх, для медных - двух. Металлические трубы располагают, как правило, в один ряд и крепят к конструкциям щитов, стивов и пультов нормализованными крепежными деталями. Прокладка труб допускается в два и более ряда. Полиэтиленовые и поли-винилхлоридные трубы прокладывают открыто пакетами или в один ряд, а также в пластмассовых коробах. Короба для прокладки полиэтиленовых и поливинилхлоридных труб устанавливают так же, как и при прокладке проводов, коэффициент заполнения короба - не более 0,4. Концы полиэтиленовых, поливинилхлоридных и резиновых труб по длине должны иметь запас, обеспечивающий возможность их двукратного возобновления присоединения к аппаратуре.

## **РАЗМЕЩЕНИЕ ЩИТОВ И ПУЛЬТОВ**

На пищевых предприятиях щиты и пульты можно устанавливать в специальных -щитовых и непосредственно в производственных помещениях. Под щитовыми помещениями подразумеваются не только помещения пунктов управления - диспетчерские, операторские и т. д., но и вспомогательные, например аппаратные. Для наружной установки применяют щиты специальных конструкций, например обогреваемые щиты, рассчитанные на определенные условия эксплуатации.

Щиты (пульты) местных пунктов управления размещают вблизи управляемого объекта с таким расчетом, чтобы контроль за его работой выполнялся не только по показаниям приборов, но и путем визуального осмотра оборудования. Щиты операторских пунктов управления располагают таким образом, чтобы со стороны щита можно было обзирать все оборудование, относящееся к данному посту управления. Операторские пункты при необходимости могут также отделяться от производственного помещения стеклянной перегородкой. Для размещения щитов вне производственных помещений, а также в помещениях, где возможно значительное выделение пыли, газов, влаги и т. д., предусматривается отдельное помещение. Щиты диспетчерских пунктов управления размещают в специальном щитовом помещении, расположенном, как правило, в главном корпусе предприятия.

При выборе места для установки щитов (пультов) в производственных помещениях необходимо выполнять ряд основных требований: наименьшая протяженность линий связи между щитом и первичной аппаратурой, а также вспомогательными устройствами, расположенными в пределах технологических объектов; удобство обслуживания щита оператором и хороший обзор управляемых объектов; свободные подходы и проходы к щиту; ширина проходов от открытой на 90° двери или от корпуса щита не менее 800 мм; наличие достаточного освещения приборов на щите; отсутствие в местах установки щитов вибраций, тепловых, магнитных и электрических полей и агрессивных газов; невозможность попадания на них воды, пара, газов, кислот, горюче-смазочных материалов, а также обеспечение защиты от грызунов и биологических вредителей; необходимая безопасность в отношении пожара, защита от механических повреждений. В производственных помещениях, где установлены щиты (пульты), должны поддерживаться температура 20 °С и влажность не более 80 %.

При проектировании щитовых помещений, в том числе диспетчерских, возникает ряд вопросов, обусловленных архитектурными, компоновочными и планировочными решениями, созданием комфортных условий работающим в этих помещениях, инженерно-техническими требованиями и др. Конечной целью решения этих вопросов должно быть создание наиболее благоприятных условий для успешной деятельности оператора, отвечающих следующим требованиям технических норм, а также инженерной психологии и технической эстетики:

размещение щитовых помещений как можно ближе к объекту управления для удобства обзора;

нецелесообразность нахождения щитовых помещений в подвальных и цокольных этажах; над производственными помещениями с избытком теплоты (более 80 кВт/м<sup>3</sup>) или выделениями вредных газов;

над помещениями, где технологический процесс сопровождается выделением влаги и газов; в местах, подверженных вибрации и действию сильных магнитных полей напряженностью более 400 А/м? под производственными помещениями с мокрым технологическим процессом, под душевыми, санузлами, под и над вентиляционными камерами общеобменной вентиляции;

отсутствие у строительных конструкций внутри помещений выступающих частей (ферм, балок), прокладок через помещения | транзитных трубопроводов отопления, водоснабжения, канализации, | вентиляции, технологических трубопроводов, газопроводов и трубо-1 проводов с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями;

подчиненность числа и пространственного расположения отдельных элементов системы управления задачам, которые решает оператор, в разных режимах работы. Для этой цели пространство операторского помещения может быть разделено на функциональные зоны: зона активного оперативного контроля и управления, зона периодического < анализа и выработки обобщенных показателей, зона общей информации с мнемосхемой, зона отдыха и т. д.; минимизация площади помещения, определяемой как сумма необходимых площадей всех функциональных зон, за счет тщательного отбора информации, выводимой на щиты, рационального использования лицевой площади щита, применения более широких панелей с меньшим числом стыков, придания щиту оптимальной конфигурации и т. д. Если панели щита располагают вдоль одной из стен помещения, то рациональным размещением оператора является место в вершине угла не более 120° (в плане), образованного линиями, идущими от крайних точек щита;

размещение рабочего места оператора на расстоянии не более 5 м от щита в зависимости от вида шкалы приборов, наличия мнемосхемы и т. д.; допустимое расстояние определяется по наиболее важным и часто считываемым приборам. Для щитов прямолинейной формы расстояние от оператора до щита / определяется протяженностью щита по фронту  $L$ . При этом, если принять, что постоянное место оператора находится против центра щита, а допустимый угол горизонтального обзора 90°, то  $I = 0,5L$ . Тогда зона эффективной видимости, соответствующая 30°, определяется по формуле  $1-дф = 0,54 L$ . При учете вида считываемой информации рекомендуются следующие расстояния от рабочего места оператора до щита (в м): для приборов с мелкой шкалой и ножевидной стрелкой 1-2; приборов с хорошо видимой шкалой и указателем 2-4; мнемосхемы 4-5.

Выбор расстояния определяется для каждого конкретного случая и зависит от наличия наиболее ответственных приборов и приборов, чьи показания наиболее часто используются. Форма многосекционных щитов (пультов) в плане зависит от их фронтальной длины, характера и частоты использования средств информации и органов управления, установленных на них. Наибольшее распространение получили щиты прямолинейной, многогранной, трапециевидной и П-образной форм (рис. 2.20).

Внутренние стены помещений штукатурят и окрашивают водоэмульсионными красками. Переплеты окон выполняют из анодированного алюминия, покрытого нитролаком. Для окон применяют витражное стекло с обеспечением коэффициента естественной освещенности не менее 100 %, что соответствует площади световых проемов не менее 12-18 % площади пола. Потолок покрывают гипсолитовыми звукопоглощающими плитками, пол - съемными негорючими плитами. Кабели в помещениях прокладывают под полом, в каналах, осветительную проводку выполняют скрытой.

Параметры окружающей среды - состав, температура, влажность, барометрическое давление, освещение, шум, вибрация - должны соответствовать принятым нормам, обеспечивающим поддержание рабочего состояния оператора продолжительное время. Комфортные условия определяются постоянной температурой в пределах 19-22 °С и относительной влажностью 40-

60 %. В щитовых помещениях рекомендуется воздушное отопление, а вентиляция должна обеспечивать

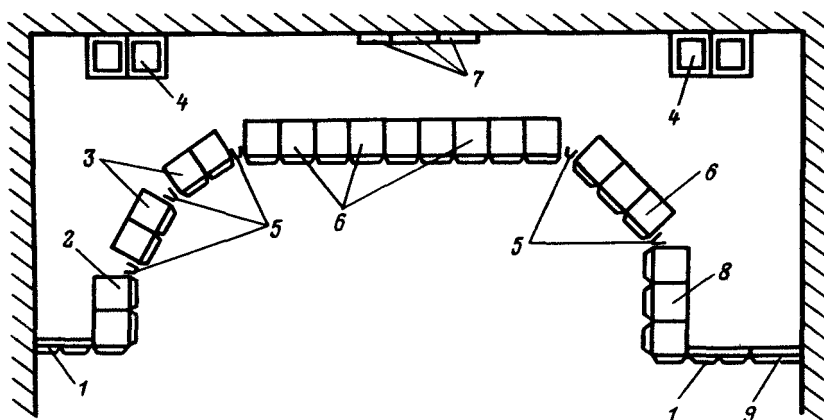


Рис. 2.20. Схема расположения многосекционного щита в щитовом помещении:

1 - панель вспомогательная с дверью ПнВ-Д; 2 - щит панельный с каркасом двухсекционный, закрытый с левой стороны ЩПК-2-ЗЛ; 3 - щиты панельные с каркасом двухсекционные ЩПК-2; 4 - стив двухсекционный С-2; 5 - вставка угловая ВУ-30";

6 - щиты панельные с каркасом трехсекционные ЩПК-3; 7 - стивы плоские СП;

8 - щит панельный с каркасом трехсекционный, закрытый справа ЩПК-3-ЗП; 9 - панель вспомогательная ПнВ

4-5-кратный обмен очищенного воздуха в течение 1 ч при скорости его движения 0,25-0,5 м/с.

Хорошие условия создаются использованием кондиционеров. Шум в помещениях не должен превышать 70 дБ при установке громкоговорителей и 60 дБ при применении голосовых средств связи в помещениях объемом до 140 м<sup>3</sup>. Освещение в помещениях пунктов управления предусматривается естественным, за исключением особых случаев. В качестве источников искусственного освещения используют люминесцентные лампы в светильниках утопленного типа. Освещение должно соответствовать определенному значению (в лк): при считывании показаний приборов 100-500, при осмотре и ремонте 100, в проходе 20-50.

При размещении открытых щитов внутри щитовых помещений необходимо учитывать следующие инженерно-технические требования: свободное пространство и глубина помещения перед фронтом щитов не менее 2,5 м при длине щитового помещения до 3 м, 4 м при длине 6 м и 6 м при длине более 6 м. Отдельно стоящие пульта устанавливают на расстоянии не менее 5,2 м от фасадной панели щита;

невозможность использования проходов перед щитом, между щитами и сзади них в качестве основных или запасных проходов в другие помещения;

наличие у проходов обслуживания за щитами при длине щитов более 7 м двух выходов;

ширина прохода для обслуживания не менее 800 мм в свету. При наличии в проходах открытых токоведущих частей расстояние от них до противоположных стенок щита должно соответствовать размерам, приведенным для защищенных щитов. "

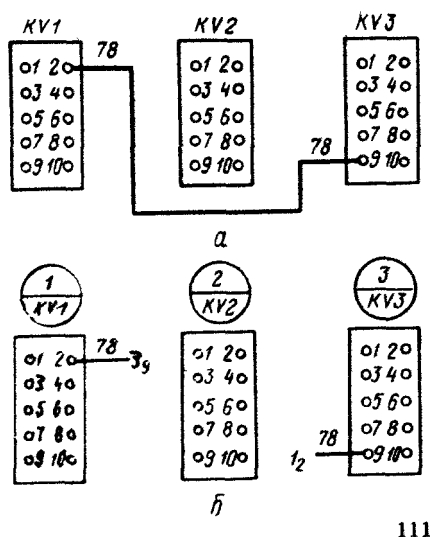
При проектировании центральных щитов, устанавливаемых в специальных помещениях, рекомендуется выполнять повороты фронта щита под углами 15, 30 и 45°, а примыкание

торцевой части к линии фронта - под углом  $90^\circ$ , за исключением отдельных случаев, обусловленных требованиями технической эстетики. Повороты пультов по фронту выполняют под углами  $15$  и  $45^\circ$ . Повороты фронта центрального щита и пультов осуществляют с применением угловых вставок, а торцевую часть присоединяют к линии фронта центрального щита с помощью вспомогательных панелей (см. рис. 2.20). Совместное использование в линии фронта центрального щита панельных щитов с каркасом и секций из них и шкафных щитов не допускается. Запрещается также устанавливать пульты вплотную к панелям центрального щита и стенам щитового помещения.

## ОФОРМЛЕНИЕ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЩИТОВ И ПУЛЬТОВ

Документация на изготовление щитов и пультов оформляется в виде задания и содержит в качестве основных документов виды на фронтальную и внутренние плоскости щита и пульта, а также схемы соединений внутрищитовых проводок. Последние могут быть выполнены одним из трех методов: графическим, адресным или табличным.

Графический метод (рис. 2.21, а) заключается в том, что на схеме соединений непрерывными или прерывистыми линиями показывают соединительную проводку как одиночную, так и объединенную в пакеты или жгуты. В местах ее присоединения к выводам приборов и аппаратов проставляют маркировку цепи, выполненную в соответствии с принципиальными схемами или схемой соединений и подключений внешних проводок.



111

Адресный (встречный) метод состоит в том, что соединительную проводку показывают в виде отрезков непрерывной или прерывистой линии, один конец которой соединен с изображением вывода прибора или аппарата, а на втором проставлен трех- или двух-

Рис. 2.21. Фрагмент схемы соединений внутрищитовых проводок, выполненный графическим (а) и адресным (б) методами

числовой адрес его присоединения. При этом первый включает маркировку цепи, номер (обозначение) прибора или аппарата, номер вывода (рис. 2.21, б), а во втором - отсутствует номер вывода.

Табличный метод характеризуется тем, что вместо схемы составляют таблицу соединений. В эту таблицу по определенной форме записывают адреса внутрищитовых проводок.

В соответствии с основными правилами оформления технической документации на изготовление щитов, стивов и пультов (в дальнейшем для сокращения используется термин "щит") содержит

общие виды щитов и заказную спецификацию щитов и пультов. Чертежи общих видов щитов разрабатывают на единичные и составные щиты. Под единичным щитом понимают щит, станив и пульт по номенклатуре, предусмотренной ОСТ 36.13-76 (кроме вспомогательных элементов). Проектная документация на щиты и пульты включает чертежи общего вида единичного и составного щитов, таблицы для монтажа электрических проводок, спецификации щитов и пультов.

**Чертеж щитов.** В чертеж общего вида единичного щита (рис. 2.22) входят вид спереди на фронтальную плоскость, вид на внутренние плоскости, технические требования, таблица надписей на табло и в рамках, перечень составных частей, основная надпись и дополнительные графы. Кроме этого, при необходимости допускается также помещать на нем другие изображения (виды, разрезы), а также другие таблицы (условных обозначений, символов мнемосхемы и т. д.). Все таблицы на чертеже имеют сквозную нумерацию.

Чертеж общего вида составного щита (рис. 2.23) содержит вид спереди на фронтальную плоскость, перечень составных частей, основную надпись и дополнительные графы. Чертежи общих видов щитов изображают в масштабах 1:10 для единичного и 1:25 для составного. Другие масштабы при необходимости (для вырезов, узлов крепления и т. д.) используют в установленном порядке и проставляют над изображением узла. Все приборы и средства автоматизации показывают упрощенно в виде внешних очертаний. Всем шкафам, стойкам, корпусам пультов, вспомогательным элементам, рамам, приборам и средствам автоматизации, аппаратуре и монтажным изделиям, устанавливаемым на фасадах щитов и внутри них (составным частям щита), присваивают номера позиций, начиная с цифры 1 в порядке записи их в перечень составных частей. Номера позиций наносят на полки линий-выносок.

Вид спереди на фронтальную плоскость содержит изображения (см. рис. 2.22) приборов, средств автоматизации и элементов мнемосхемы с простановкой габаритных размеров щита и размеров, координирующих установку всех приборов и средств автоматизации. Размеры по вертикали проставляют от нижнего края панели (столешницы), принимаемого за базу, по горизонтали - от вертикальной оси симметрии панели или столешницы. Под обозначением позиции приборов и аппаратуры указывают обозначения установочных чертежей (типовых монтажных). При отсутствии их разрабатывают чертеж установки данного прибора.

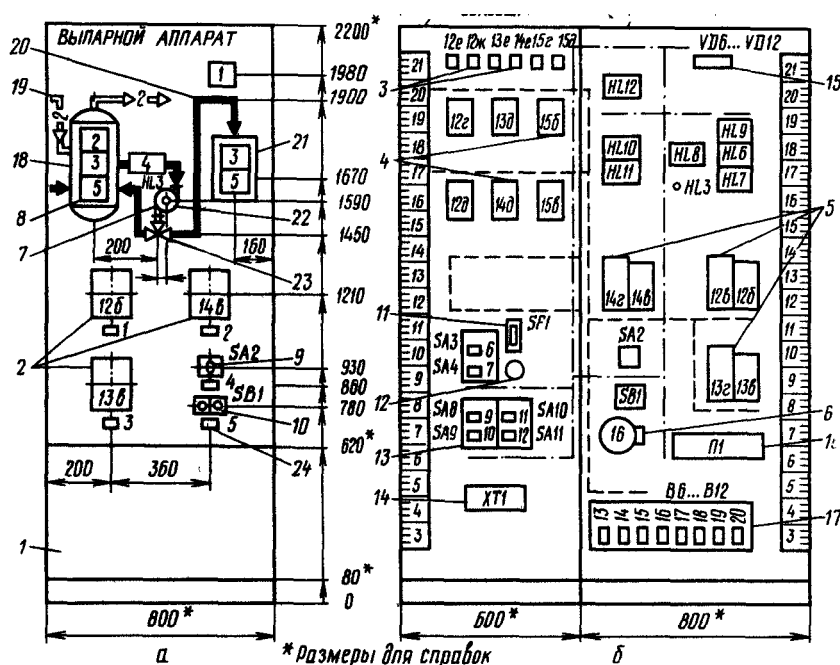


Рис. 2.22. Пример выполнения чертежа единичного щита:  
а - вид спереди; б - вид на внутренние плоскости

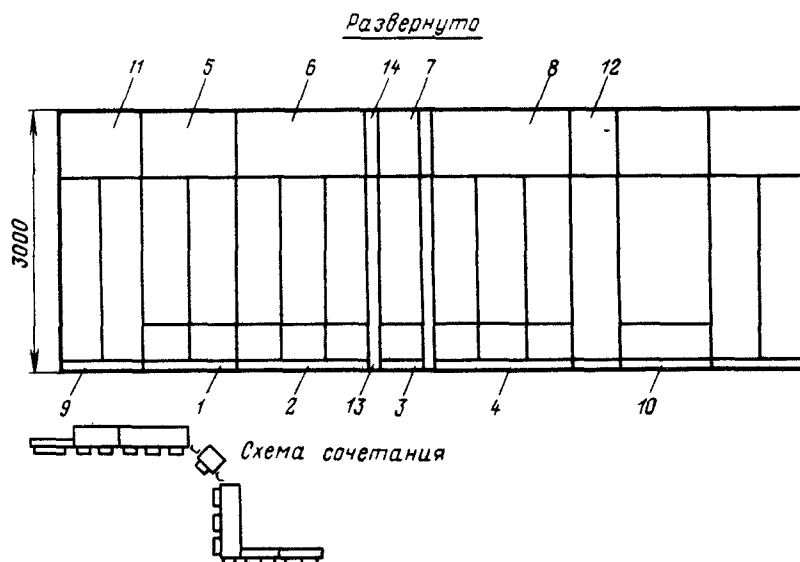


Рис. 2.23. Пример выполнения чертежа составного щита

Если для шкафных щитов предусмотрен ввод проводок сверху, на поле чертежа (вид спереди) размещают вид на крышку щита с указанием необходимых размеров.

На фронтальной плоскости составного щита (см. рис. 2.23) приборы и средства автоматизации не изображают. Вид спереди на составной щит, имеющий сложную (не прямолинейную) схему сочетания, условно показывают в развернутом виде и снабжают надписью "Развернуто". Выполняют также схему сочетания составных частей такого щита. На виде спереди составного щита проставляют общие габаритные размеры; при этом габаритные размеры единичных щитов, входящих в составной, не указывают.

Вид на внутренние плоскости щита (см. рис. 2.22) содержит над изображением щита заголовок "Вид на внутренние плоскости (развернуто)", так как все боковые стенки, поворотные рамы, находящиеся в разных плоскостях, показывают в плоскости чертежа. На передних, боковых стенках, поворотных рамах изображают установленные на них приборы, аппараты, блоки зажимов, рейки для размещения аппаратов, а также потоки электрических и трубных проводок. Вертикальные жгуты, прокладываемые в стойках щитов шкафных, панельных с каркасом и стativом, не показывают. На стойки условно наносят дециметровые шкалы, служащие для координации аппаратуры по вертикали.

Жгуты электропроводок изображают сплошной основной линией, измерительных цепей (при необходимости прокладки их отдельно) - штрихпунктирной линией, потоки трубных проводок - штриховой линией, экранированные кабели - основной линией в окружении штриховкой.

Для приборов и аппаратуры, которые не изображены на фронтальной плоскости, показывают позиции по перечню составных частей, а для всех приборов и аппаратов, блоков зажимов указывают позиционные обозначения, которые наносят на изображение прибора, над ним или справа от него. При этом в качестве позиционного обозначения принимают следующие: для приборов - позиции по спецификации;

для электро- и пневмоаппаратуры - позиции по принципиальным электрическим и пневматическим схемам; для блоков зажимов - обозначение ХТ и порядковый номер, присвоенный блоку на данном чертеже; сборкам переборочных соединителей для командных

трубных проводок - букву П и порядковый номер, присвоенный сборке на данном чертеже. Аппаратуру, устанавливаемую внутри щита, не координируют.

Технические требования помещают над основной надписью на листе с изображением вида спереди и в общем случае содержат размеры для справок, вариант покрытия согласно ОСТ 36.13-76. При необходимости могут указываться и другие данные.

Таблица надписей на табло и в рамках (табл. 2) снабжается тематическим заголовком "Надписи на табло и в рамках".

## 2. Надписи на табло и в рамках

Номер надписи	Надпись	Количество	Номер надписи	Надпись	Количество
	<i>Табло ТСБ</i>		9	-220 В; 10/0,5 А	1
				К прибору 14 в	
1	Давление воздуха ниже 1	10		-220 В; 10/0,5 А	1
	нормы			К прибору 12 б	
2	Разрежение ниже нормы I	11		-220 В; 10/0,5 А	1
3	Уровень выше нормы	2		К прибору 13 в	
4	Плотность низкая	1	12	Резерв	1
5	Уровень ниже нормы	2	13	Контроль давления воз	1
	<i>Рамка S6v36 mm</i>		14	духа в коллекторе 0,14 МПа	1
	Уровень			К	



I	раствора в	1	сигнализаторам 12г и 12д		
	аппарате	15	0,14 МПа	1	
2	Разрежение в аппарате	1	К прибору 12в		
3 4	Плотность раствора Насос для раствора	1 16 - 1	0,14 МПа К сигнализатору 13д	1 1	
	Диет.	Авт.	17	0,14 МПа К прибору 13в	
5	Пуск	Стоп 1 ifi 10	0,14 МПа	1\	
6	-220 В; 10/0,5	А	К сигнализатору 14д		
	Освещение	1 19	0,14 МПа	1	
7	~ 36 В; 10/4 А	1	К прибору 14в		
	Электроинструмент	20	0.14 МПа	1	
8	-220 В; 10 А	1	К сигнализаторам 156 и 15в		

#### Ввод питания

Каждой надписи присваивается номер и проставляется внутри контура табло или рамки слева направо, сверху вниз, вначале на табло, затем в рамках. В таблицу также вначале включают надписи на табло, затем - в рамках, при этом в графе "Надпись" указывают наименование и тип табло или рамки. Надписи должны быть лаконичными с учетом размеров поля табло и рамок и применяемого шрифта.

Перечень составных частей составного щита состоит из разделов "Сборочные единицы" и "Стандартные изделия". Единичные щиты и декоративные панели, имеющие чертежи общих видов, включают в первый раздел, вспомогательные элементы, не имеющие чертежей общего вида, - во второй.

Перечень составных частей единичного щита содержит разделы:

"Детали", "Стандартные изделия", "Прочие изделия", "Материалы". В раздел "Детали" включают нетиповые детали для установки приборов и аппаратуры внутри щитов (рейка, плата и т. д.); в раздел "Стандартные изделия" - щитовые конструкции (шкаф, панель с каркасом, стойка и т. д.), другие стандартные изделия (приборы, электроаппаратура). Раздел "Прочие изделия" содержит Приборы, аппаратуру и монтажные изделия по группам:

приборы и средства автоматизации — в порядке включения их в заказные спецификации (по возрастанию номеров позиций);

электроаппаратура по функциональным группам - аппаратура управления (ключи, переключатели, кнопки), сигнальная арматура, реле, аппаратура питания (трансформаторы, выпрямители, автоматы, выключатели);

монтажные изделия - изделия для электромонтажа (щитки питания, блоки зажимов, упоры, перемычки), изделия для монтажа трубных проводок (щитки пневмопитания, трубопроводная арматура, соединители переходные, переборочные, тройниковые для подключения к приборам и т. д.), рамки для надписей. Элементы для оконцевания и маркировки проводок в перечень составных частей не включают, а выбираются заводом-изготовителем самостоятельно.

Пример перечня частей для составного щита дан в виде табл. 3, а для единичного - в табл. 4.

При заполнении графы "Наименование" технические характеристики приборов и средств автоматизации не указывают, однако обязательно приводят тип, модификацию и обозначение исполнений прибора. В графе "Примечание" для всех приборов, электроаппаратуры, щитков пневмопитания, трубопроводной арматуры указывают обозначение установочного чертежа (типовых монтажных чертежей) или чертежей, разработанных в данном проекте.

### 3. Перечень составных частей для составного щита

Позиция	Обозначение	Наименование	Коли- чество	Примечание
		Сборочные единицы	1	
1	XXX-XXX-A-027	Щит 1		
2	XXX-XXX-A-028	Щит 2	1	
3	XXX-XXX-A-029	Щит 3	1	
4	XXX-XXX-A-030	Щит 4	1	

5 XXX-XXX-A-031 Мнемосхема 1 1

6 XXX-XXX-A-032 Мнемосхема 2 1

7 XXX-XXX-A-033 Мнемосхема 3 1

8 XXX-XXX-A-034 Мнемосхема 4 1

Стандартные  
изделия

Панели Пн ОСТ 3613-76:

9 ПнВ-Д У4 2

10 ПнВ-1000 У4 1

11 ПнД-ЩПК-1000 У4 3

12 ПнТД-ЩПК У4 1

Вставки ВУ ОСТ 3613-76:

13 ВУ-45 У4 2

14 ВУ-Д-ЩПК-45 У4 2

4.перечень составных частей для единичного щита

Позиция*	Обозначение	Наименование	Коли- чество	Примеча ние
----------	-------------	--------------	-----------------	----------------

Стандартные изделия

1		Щит шкафной с задней дверью	1 •
		ЩЩ-ЗД-1800х600 мм ОСТ 36.13-76	
		Прочие изделия	
2	126, 136, 146	Пневматический самопишущий	3
		прибор контроля ПВ10.1Э	
3	12е, 12ж, 13е,	Пневмоэлектропреобразователь б	
	Ме, 15г, 15д	П1ПР.4	
4	12г, 12д, 13д,	Регулятор пневматический	6
	14д, 156, 15е	позиционный ПР1.5	
5	12е, 13г, 14г	Регулятор пневматический про	3
		порционально-интегральный	
		ПР3.31	
6	16	Манометр электроконтактный	1
		ЭКМ-1У-1,6	
7	HL3	Арматура сигнальной лампы	1
		АСКМ	
8		Табло световое ТСБ	6

9	SA2	Переключатель ПМОФ45-222222/11	1
10	SBI	Кнопка КБ 011	2
11	SFI	Автоматический выключатель А63	1
12		Розетка штепсельная РШ-Ц-2-0	1
13		Щиток электропитания ЭЩП-2М	3
14		Блок коммутационных зажимов Б324	2
15		Диод германиевый ДЗ11	7
16		Соединитель переборочной переходной ПСП 8х6	7
17		Запорный диафрагмовый пластмассовый вентиль	8
18	НАБО.709.001	Символ выпарного аппарата АК-170х290-ЗТС	1
19		Символ паропровода	0,5м
20		Символ трубопровода раствора	1,2м

21	НАБО.709.027 Символ сборника ЕМ-170х180-2ТС 1	
22	НАБО.709.048 Символ насоса Н-82х120-АСКМ	1
23	НАБО.709.015 Символ трехходового вентиля ВТ 1	
24	Рамка 66х26 мм Материалы	20
25 26	Провод ПВ1х1,0 Труба 8х1,6 ПНП	55м 30м

\* Позиции 1-24 см. на рис. 2.22.

Основную надпись располагают на первом листе перечня составных частей щита. Наименование чертежа для составных щитов, а также для единичных, не входящих в состав составных, начинают со слова "Щит", а далее указывают функциональное наименование щита либо обслуживаемой технологической установки (например, "Щит диспетчера водоснабжения. Общий вид", "Щит насосной установки. Общий вид"). Для единичных щитов, входящих в составной, указывают номер щита, присвоенный по чертежу общего вида составного щита (например, "Щит 1. Общий вид").

**Таблицы для монтажа электрических проводок.** Данные таблицы составляют взамен разрабатываемых ранее монтажных схем щитов. Монтаж электрических трубных проводок выполняют на основе таблиц соединения и подключения проводок, в которых приводят сведения о проводках, а также адреса их присоединения.

Таблицы снабжают тематическими заголовками "Соединение проводок" и "Подключение проводок". Каждую таблицу начинают с нового листа. Таблица "Соединение проводок" обязательна, таблица "Подключение проводок" может не разрабатываться при незначительных потоках электрических и трубных проводок. Для двух- или трехсекционных щитов таблицы выполняют для каждой секции с нового листа.

При заполнении таблиц соединений может быть использован или метод непрерывности цепи или метод возрастания номеров маркировки цепей. Вначале указывают проводки, прокладываемые по передней стенке, затем последовательно - по левой и правой боковым стенкам. Для каждой плоскости при использовании метода непрерывности цепи записывают проводки в порядке, соответствующем расположению приборов и аппаратуры (на виде с внутренней стороны) слева направо и сверху вниз. Первыми записывают проводки общих цепей (фазные и нулевые провода и т. д.), затем - остальные, кроме перемычек, выполняемых непосредственно на аппаратах, далее - проводники, используемые для заземления приборов, и последними - перемычки на аппаратах. Для боковых стенок после указанных проводок записывают проводки, идущие на переднюю стенку, затем - на другую боковую. При использовании метода возрастания номеров маркировки цепей в таблицу записывают проводки, руководствуясь только номером маркировки цепей по принципиальным схемам. Перемычки между секциями записывают с нового листа под заголовком "Перемычки между секциями".

Графы таблицы "Соединение проводок" (табл. 5) заполняют, соблюдая следующие правила. В графе "Проводник" указывают маркировку проводки (по принципиальной схеме, схеме

соединений внешних проводок). Адрес (направление) проводки заносят в графы "Откуда идет", "Куда поступает" в виде дроби, в числителе которой приводят позиционное обозначение прибора или аппарата, в знаменателе - номер контакта (штуцера) прибора или аппарата. Для общих

цепей в графе "Откуда идет" допускается заполнять только первый адрес. В графе "Данные провода" указывают марку провода, сечение, а при необходимости и цвет. Дробная черта в адрес проводки в соответствии с ГОСТ 2.710-81 может быть заменена двоеточием.

Номера контактов (штуцеров) приборов приводят в соответствии с технической документацией завода-изготовителя, а при отсутствии у аппарата (например, реле) заводской нумерации контактов им присваивают условную маркировку с пояснением на развернутой внутренней схеме аппарата, которую помещают на листе с изображением вида на внутренние плоскости или на последующих листах. Если прибор имеет несколько клеммных колодок, то в адрес включают номер колодки следующим образом: 18в - К2:5 (вывод 5 на колодке К2 прибора позиции 18в).

Все трубные проводки, прокладываемые в щитах, изображают графическим методом на чертеже общего вида единичного щита как фрагмент вида на внутренние плоскости. Таблицы соединений для этих проводок не выполняют.

Таблицу подключений выполняют, занося в нее приборы и аппараты, имеющие большое число подключаемых проводов в зависимости от их расположения на внутренней стороне щита: слева направо, сверху вниз, последовательно по стенкам - левая, передняя, правая. Таблица подключений (табл. 6) состоит из пяти колонок. В колонке "Вид контакта" для каждого прибора или аппарата проставляют и подчеркивают его позиционное обозначение.

#### 6. Таблица подключений

Проводник	Вывод	Вид контакта	Вывод	Проводник
401^ 402 407. 402	1 2п 4 3п	К1	6	801*
	2п 4 4 3п	3 3 3	7 п9 п8	403
405*		к К2	7 9 10 8	802*
409		3		802*
405		3		404 801 408 406
		Р		
		к		

Для приборов при необходимости дополнительно указывают номер клеммой колодки или штепсельного разъема. Для реле в эту колонку заносят последовательно обозначения видов контактов (р - размыкающий, з - замыкающий) и катушек реле (к). В колонках "Вывод" перечисляются номера выводов соответствующих приборов и аппаратов с добавлением буквы П при наличии перемычек в пределах этого же прибора или аппарата. В колонках "Проводник" против соответствующих номеров выводов указывают маркировку подключаемых к ним проводов. Если к одному выводу подключается два провода, то около обозначения маркировки провода ставят звездочку.

**Спецификация щитов и пультов.** Она состоит из двух разделов:

"Щиты и пульты" и "Аппаратура и приборы, поставляемые комплектно со щитами и пультами".

## **2.6. ВНЕШНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ТРУБНЫЕ ПРОВОДКИ**

### ***ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДОВ***

Электропроводка в соответствии с Правилами устройств электроустановок (ПУЭ) представляет собой совокупность проводов и кабелей с относящимися к ним креплениями, поддерживающими и защитными конструкциями. В системах автоматизации различают внутреннюю и внешнюю как электрическую, так и трубную проводки. Причем под первой понимают внутрищитовые, а под второй - внешние связи, т. е. связи щита с внешними приборами, аппаратурой, источниками питания, а также между секциями одного щита.

Проектирование внешних электрических и трубных проводок осуществляют при разработке схем и чертежей этих проводок, которая ведется на основании схем автоматизации, принципиальных схем, схем питания, а также в соответствии с ПУЭ и руководящими материалами ведущих проектных организаций. Разработке схем и чертежей должно предшествовать определение мест установки отборных устройств, регулирующих органов, местных приборов, щитов и пультов.

При проектировании электропроводок систем автоматизации последовательно выбирают способ выполнения их, техническую характеристику провода или кабеля (марка, площадь сечения и число жил кабеля или проводов в одном защитном устройстве), защитные и поддерживающие конструкции. В электропроводках систем автоматизации используют установочные изолированные и термоэлектродные провода, силовые, контрольные и термоэлектродные кабели.

Установочные изолированные провода состоят из двух конструктивных элементов: токоведущей жилы (алюминиевой, алюмомедной или медной) и изоляции (поливинилхлоридной или резиновой). Термоэлектродные (компенсационные) провода применяют для отвода свободных концов термопары в зону с известной постоянной температурой или для непосредственного присоединения свободных концов термопары к зажимам потенциометра или милливольтметра. Термоэлектродные провода могут быть изготовлены из тех же материалов, что и термоэлектроды термопары, а в случае высокой стоимости последних - из материалов, имеющих в диапазоне температур 0-100 °С термоэлектрическую характеристику, аналогичную характеристике термопары.

Кабели состоят из следующих конструктивных элементов: токоведущих жил, их изоляции, оболочки и защитного покрова. Токоведущие жилы кабелей изготавливают из алюминия или меди. В марках кабелей с алюминиевыми жилами на первом месте стоит буква А, в марках кабелей с медными жилами эта буква отсутствует. Вторая буква марки кабеля соответствует назначению кабеля: наличие буквы К означает, что кабель контрольный, отсутствие буквы - что кабель силовой.

Изоляция жил кабеля может быть поливинилхлоридной (В), полиэтиленовой (П), резиновой (Р), бумажной, а также из самозатухающего полиэтилена (Пс). Буквы, приведенные в скобках, в марке кабеля проставляют так, что соответствующая прописная буква является третьей прописной буквой. В качестве бумажной изоляции используют кабельную бумагу толщиной 0,12 мм, которой обматывают токоведущую жилу и затем пропитывают маслосканифольным составом. Остальные изоляционные материалы накладывают на токопроводящие жилы сплошным слоем.

Оболочки кабелей предназначены для защиты изоляции жил от воздействия влаги, света, разрушающих химических веществ, а также для предохранения ее от механических



повреждений. Чаще всего оболочки изготавливают в виде сплошной трубы из поливинилхлоридного пластика (В), негорючей шланговой резины (Н), свинца (С) или алюминия (А), накладываемой на кабель. Кабели могут быть также без защитной оболочки и со стальной гофрированной оболочкой (Ст). В скобках приведены буквы, которые в марке кабеля соответствуют определенному типу оболочки, причем соответствующая прописная буква является четвертой в марке кабеля. Для защиты от наводок контрольный кабель может иметь под оболочкой экран из медной или алюминиевой фольги. В этом случае марка кабеля заканчивается буквой Э.

Весьма разнообразные по конструктивным особенностям защитные покровы предохраняют оболочки кабелей от механических повреждений и коррозии. Они состоят из подушки, брони и наружного покрова. Подушку, защищающую оболочку от повреждения лентами брони и от химической и электролитической коррозии, выполняют из последовательно наложенных слоев битума, битумного состава или пропитанных ими кабельной бумаги или пряжи. Броню, предохраняющую кабель от механических повреждений, изготавливают из стальных лент, плоских или круглых стальных оцинкованных проволок. Основное назначение наружного покрова - защита оболочки и брони от коррозии. Наружный покров часто выполняют из тех же материалов, что и подушку.

Наиболее распространены следующие типы защитных покровов:

без брони (голый) Г, без брони, но с общим экраном ГЭ, с броней из двух стальных лент с наружным покровом Б, с броней из двух стальных лент с противокоррозионным покрытием БГ, с броней из двух оцинкованных стальных лент без противокоррозионного покрытия БГц, с броней из одной профилированной стальной оцинкованной ленты без подушки и наружного покрова ББГ, с броней из круглых оцинкованных стальных проволок с наружным покровом К, с броней из плоских оцинкованных проволок со шлангом из поливинилхлоридного пластика без подушки ПБШв. Приведенные буквенные обозначения защитных покровов в марке кабеля проставляются последними.

Контрольные кабели могут иметь от 4 до 61 жилы сечением от 0,75 до 6 мм<sup>2</sup> для медных и от 2 до 10 мм<sup>2</sup> для алюминиевых и предназначены для работы в цепях напряжением до 660 В переменного или до 1000 В постоянного тока. Силовые кабели используются в цепях, имеющих значительно большее напряжение и силу тока, однако в системах автоматизации, даже в силовых цепях, обычно не применяются напряжения выше 660 В. Силовые кабели выпускаются с одной, двумя или тремя основными жилами, а также могут иметь дополнительную заземляющую или зануляющую жилу меньшего сечения. Для напряжения до 500 В переменного тока частотой до 400 Гц или до 750 В постоянного тока применяются монтажные многожильные кабели с оболочкой из поливинилхлорида и изоляцией из поливинилхлорида (марка МКШ) или полиэтилена (МПКШ) без экрана и экранированные (МКЭШ и МПКЭШ). Эти кабели имеют 2, 3, 5, 7, 10 и 14 жил сечением 0,35; 0,5 и 0,75 мм<sup>2</sup>. Термоэлектродные кабели имеют то же назначение, что и термоэлектродные провода.

В АСУ ТП в качестве физической среды для передачи данных используют телефонные и радиочастотные кабели с витыми парами, коаксиальные и волоконно-оптические кабели.

### ***ВЫБОР СПОСОБА ВЫПОЛНЕНИЯ И ПРОКЛАДКИ ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ***

Существует несколько признаков, с помощью которых можно классифицировать электропроводки. В зависимости от места прокладки их разделяют на наружные, проложенные по наружным стенам зданий, сооружений и между ними, и внутренние, монтируемые в закрытых помещениях.

По способу выполнения они могут быть открытыми (стационарными, передвижными и переносными), прокладываемыми по поверхности строительных конструкций, и скрытыми - при

прокладке внутри конструктивных элементов зданий и сооружений, а также кабелем в земле. Открытая электропроводка может быть как незащищенного, так и защищенного исполнения, причем последнее может быть нормальным (защита только от механических повреждений) или взрывобезопасным.

По способу прокладки различают проводки в защитных трубах, лотках, коробах, по кабельным конструкциям или мостам, на подвесках, в каналах, туннелях или кабелем в земле. Способ выполнения и прокладки электропроводки систем автоматизации выбирают в зависимости от вида используемой кабельной продукции, назначения и категории помещений и наружных установок, их архитектурного оформления, особенностей строительных конструкций, расположения оборудования, экономических факторов и удобства эксплуатации. При прочих равных условиях предпочтение отдают наиболее экономичному способу. В этом отношении в системах автоматизации лучше применять те же виды электропроводок, что и в установках электроснабжения и силового электрооборудования, так как использование существующих или проектируемых кабельных сооружений и конструкций (если это допустимо по условиям совместной прокладки цепей разного назначения) снижает стоимость монтажных работ.

В системах автоматизации, как правило, применяют открытые способы прокладки электропроводок. Скрытые электропроводки допускаются в случаях, когда это связано с требованиями архитектурного оформления помещений или при подходе к оборудованию, установленному вдали от стен или других подобных строительных конструкций. Однако в последнем случае возможна прокладка и в кабельных каналах.

Изолированные и термоэлектродные провода чаще всего прокладывают в трубах (открыто и скрыто), лотках (кроме пыльных помещений), коробах (открыто и скрыто), металлических рукавах, однако возможна прокладка и в глухих или закрываемых каналах из негорючих строительных конструкций. В сухих, сырых и жарких помещениях можно применять любой из перечисленных способов прокладки, однако преимущество имеют более экономичные способы прокладки потоков проводов в лотках и коробах, защитные же трубы используют только для одиночной прокладки проводов. В особо сырых, пыльных и пожароопасных помещениях осуществляют в основном прокладку в трубах и глухих каналах. В помещениях с химически активной средой не рекомендуется использовать проводки в металлических рукавах и лотках. Во взрывоопасных зонах всех классов, кроме В-1г, применяют прокладку проводов в стальных водогазопроводных защитных трубах. В пожароопасных зонах наряду со стальными могут быть использованы и пластмассовые защитные трубы.

Способы прокладки кабелей более разнообразны. Наиболее часто в производственных помещениях применяют прокладку кабелей на кабельных конструкциях, в стальных лотках (кроме пыльных помещений), коробах и каналах. В наружных установках наряду с перечисленными способами применяют прокладку кабелей в траншеях в земле, однако этот способ рекомендуется избегать.

Таким образом, выбор способа прокладки электропроводок осуществляют для вполне определенного вида кабельной продукции (проводов или кабелей), выбор ее должен предшествовать выбору способа прокладки. Иногда стремятся взять за основу тот вид кабельной продукции, который применяется в установках электроснабжения и силового, электрооборудования, так как только в этом случае возможно применение тех же способов прокладки. Однако наиболее рационально применение магистральных многожильных кабелей, связывающих щит с соединительными коробками, к которым подключаются внешние проводки от приборов и средств автоматизации, расположенных на технологическом оборудовании или около него.

## **ВЫБОР КАБЕЛЕЙ И ПРОВОДОВ**

При проектировании электропроводок систем автоматизации выбор кабеля и проводов часто разделяют на выбор материала токоведущей жилы, изоляции жил проводов, кабелей и их оболочки, защитного покрова кабеля, площади сечения токоведущих жил, числа жил кабеля и проводов в одном защитном устройстве.

**Выбор материала токоведущей жилы.** Определение марки кабеля или провода начинают с выбора материала токоведущей жилы. В целях экономии меди для электропроводок систем автоматизации рекомендуется использовать кабели и провода с алюминиевыми жилами. В цепях термопреобразователей сопротивления и термоэлектрических преобразователей; в цепях измерения, управления, питания и сигнализации (в том числе в цепях телемеханических устройств) напряжением до 60 В при площади сечения жил проводов и кабеля до 0,75 мм<sup>2</sup> (диаметр до 1 мм); во взрывоопасных (в зонах классов В-I и В-1а) и передвижных установках, для питания переносного электрооборудования и в установках, подверженных вибрации; в электропроводках систем автоматизации электростанций с генераторами мощностью более 100 МВт (за исключением химводоочистки, очистных, инженерно-бытовых и вспомогательных сооружений, а также пусковых котельных); в электропроводках систем автоматизации зрелищных предприятий, студий радио- и телевизионных центров, прокладываемых на сцене, в технических аппаратных, чердачных помещениях, пространстве над потолком (включая подвесной потолок зрительного зала), зрительных залах на 800 мест и более; в электропроводках систем автоматизации в музеях, картинных галереях, библиотеках, архивах и других хранилищах союзного значения; в открытых электропроводках в чердачных помещениях со сгораемыми конструкциями применяют кабели и провода с медными жилами. Для достижения повышенной гибкости электропроводки (например, передвижных установок и т. п.) используют провода с гибкими жилами. Все отклонения от указанных требований, в том числе и возможность применения в измерительных цепях приборов и средств автоматизации кабелей и проводов с алюминиевыми и алюмомедными жилами (при необходимости), допустимы только при условии согласования их с заводами-изготовителями приборов и средств автоматизации.

**Выбор изоляции жил проводов, кабелей и их оболочки.** Этот выбор проводят, учитывая прежде всего способ прокладки электропроводки и характеристику окружающей среды, связанную с температурными условиями эксплуатации электропроводок и влиянием химически активных веществ, содержащихся в воздухе помещения, на электротехнические материалы изоляции и оболочки.

Для электропроводок систем автоматизации при всех установленных способах прокладки применяют незащищенные (не имеющие оболочки поверх электрической изоляции) изолированные провода с поливинилхлоридной изоляцией. Допускается также применение защищенных проводов с резиновой изоляцией в оболочке из резины, не распространяющей горение, и незащищенных проводов с резиновой изоляцией при условии прокладки последних в стальных защитных трубах. При использовании этих проводов в помещениях с химически активной средой необходимо учитывать характер стойкости электротехнического материала изоляции по отношению к конкретной химической среде (табл. 7).

Материал	Кислота			
	соляная	азотная	серная	уксусная
			Хлор Едкий	Аммиак
			натр	

I

Медь Д	Д	Д	СД Д Н Д
Алюминий Д	ДОК	ДОК	ДНК Н Д Д
Сталь Д	Д	Д	Д Д Н ДОС
Олово СД	ДОС	СД	Н Н СД Н
Свинец СД	Д	Н	СД СД СД Н
Ткани хлопчато-Д	Д	Д	Д Д Д Н
бумажные			
Резина вулканизированная	Д	Д	ДОС Д Н Н
Поливинилхлорид СД		СД	СД СД Н Н
Фарфор Н	Н	Н	Н ДИ Н Н

Примечание. В таблице приняты следующие обозначения: Д — сильно действует;

СД - слабо действует; Н - не действует; ДОК — сильно действует при определенных концентрациях; ДНК — сильно действует при низкой концентрации; ДОС — сильно действует при особых условиях; ДИ — действуют испарения.

Допускаемый температурный интервал применения проводов с резиновой изоляцией составляет -40- +50 °С, а проводов с поливинилхлоридной изоляцией -40 - +40 °С. Поэтому первые имеют некоторое преимущество перед вторыми при использовании их в жарких помещениях. В то же время провода с поливинилхлоридной изоляцией как более влагостойкие следует прокладывать в сырых и особо сырых помещениях.

Термоэлектродные провода обычно эксплуатируют в неблагоприятных температурных условиях, поэтому их конструктивные особенности позволяют применять их при высоких температурах. Провода с поливинилхлоридной изоляцией могут работать при температуре от

-40 до +70 °С и относительной влажности до 98 % (при температуре +40 °С), провода с изоляцией из полиэтилентерефталатной пленки с обмоткой стекловолокном или шелком лавсан - при температуре от

-60 до +120 °С и относительной влажности не более 80 % (при температуре +30 °С), провода с изоляцией из фторопласта-4 в общей оплетке из стеклонитки - при температуре от -60 до +250 °С и не более 3 ч - до 400 °С при однократном использовании, провода с изоляцией из фторопласта-40Ш - при температуре от -40 до +150 °С.

Кабели электропроводок систем автоматизации при всех принятых способах прокладки должны иметь изоляцию жил типа В или Р и оболочку типов В, Н, С или А. Не допускается применение кабелей с горючей полиэтиленовой изоляцией и оболочкой. При этом следует учитывать, что кабели с резиновой изоляцией жил применяют при температуре окружающей среды не выше 50 °С и температуре жил не выше 65 °С. В помещениях с агрессивной средой применяют кабели с химически стойкой и трудновоспламеняемой оболочкой, чаще всего поливинилхлоридной.

**Выбор защитного покрова кабеля.** Этот выбор полностью зависит от условий прокладки кабеля. В производственных помещениях для прокладки на кабельных конструкциях и лотках при отсутствии опасности механических повреждений применяют небронированные кабели. При этом кабельные конструкции и лотки прокладывают на высоте не менее 2 м, а на меньшей высоте применение небронированных кабелей допускается при условии защиты их от механических повреждений угловой сталью, коробами, трубами и т. п. Использование таких кабелей во взрывоопасных зонах любых классов возможно при прокладке их в стальных защитных трубах, на кабельных конструкциях (зоны классов В-Іб, В-Іа, В-Іг), на лотках (В-Іб, В-Іг), в стальных коробах с открываемыми крышками (В-Іа, В-Іб, В-Іг). При наличии опасности механических повреждений и невозможности выполнения надежной механической защиты небронированных кабелей для прокладки на кабельных конструкциях и лотках в производственных помещениях применяют бронированные кабели без горючих защитных покровов.

Аналогично выбирается защитный покров и при прокладке кабеля в наружных установках с учетом того, что в этом случае кабель должен иметь негорючий защитный покров и защиту от прямого воздействия солнечных лучей. В кабельных сооружениях-эстакадах, каналах, туннелях, коллекторах, блоках, кабельных этажах, двойных полах проектируют кабельные электропроводки систем автоматизации, применяя небронированные кабели без горючих защитных покровов. В земле применяют бронированные кабели с наружными покровами (например, типа Б), за исключением тех случаев, когда кабель будет монтироваться при наличии значительных растягивающих усилий. Здесь следует использовать кабели, бронированные не стальными лентами, а плоскими оцинкованными проволоками. Для прокладки в воде броню

выполняют из круглых стальных проволок (покров типа К).

**Выбор площади сечения токоведущих жил.** Этот выбор осуществляется по максимально допустимой токовой нагрузке и механической прочности с проверкой при необходимости по потере напряжения или допустимому сопротивлению измерительных цепей.

Минимально допустимые площади сечения жил кабелей и проводов по условиям механической прочности составляют:

в цепях напряжением до 60 В - не менее 0,2 мм<sup>2</sup> (диаметр 0,5 мм) для медных жил;

в цепях напряжением выше 60 В - не менее 0,35 мм<sup>2</sup> для многопроволочных медных; 0,5 мм<sup>2</sup> для однопроволочных медных; 2 мм<sup>2</sup> для алюминиевых; 1,5 мм<sup>2</sup> для алюмомедных жил;

для прокладки в пластмассовых и стальных защитных трубах (в металлических рукавах) - не менее 1 мм<sup>2</sup> для медных и 2 мм<sup>2</sup> для алюминиевых; во взрыво- и пожароопасных зонах - не менее 1 мм<sup>2</sup> для медных и 2,5 мм<sup>2</sup> для алюминиевых жил (алюмомедные жилы не используются).

Площадь сечения жил гибких питающих кабелей должна быть не менее 0,75 мм<sup>2</sup>. Выбранная по максимально допустимой токовой нагрузке площадь сечения жил должна обеспечивать выполнение следующих условий:

$$\begin{aligned} I_{\text{длит.доп}} &\geq I_{\text{расч}}; \\ I_{\text{длит.доп}} &\geq k_3 I_n, \end{aligned} \quad (2.1; 2.2)$$

$I_{\text{длит.доп}}$  - сила допустимого длительного тока в проводе или кабеле при нормальных условиях прокладки, определяемая по табл. 8;

$I_{\text{расч.}}$  — расчетная сила длительного тока в линии;

$I_n$  — номинальная сила тока или сила тока срабатывания защитного аппарата;

$k_3$  - кратность отношения силы допустимого длительного тока в проводе или кабеле к номинальной силе тока или силе тока срабатывания защитного аппарата.

Для выбора площади сечения жил электропроводок систем автоматизации пользуются формулой (2.1). При проектировании электропроводок системы электропитания выбранную таким образом площадь сечения проверяют по формуле (2.2). При этом коэффициент  $k_g$  находят по табл. 9, учитывая, что питающая и распределительная сети системы автоматизации относятся, как правило, к сетям, защищаемым от коротких замыканий, и не требуют защиты от перегрузок, за исключением взрывоопасных зон (кроме зон класса В-Іб и класса В-Іг) и пожароопасных помещений.

## 8. Длительно допустимые токовые нагрузки (в А)

Площадь Провода  
сечения

проводни проло    пролс    эженные дной    ри числе ОДОВ  
в о    трубе п пров

ков, мм <sup>2</sup>	женные	два	три	четыре	один	один
	открыто	одно-	одно-	од-	двух-	трехжильный
		жильных	жильных	ножиль	жильный	

ных

Провода С резиновой или поливинилхлоридно изоляцией и медными жилами

0,5	11		-	-	-
-----	----	--	---	---	---

0.75	15				
------	----	--	--	--	--

1	17	16	15	14	15	14
---	----	----	----	----	----	----

1,5	23	19	17	16	18	15
-----	----	----	----	----	----	----

2,5	30	27	25	25	25	21
-----	----	----	----	----	----	----

4	41	38	35	30	31	27
---	----	----	----	----	----	----

6	50	46	42	40	42	34
---	----	----	----	----	----	----

Провода с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией и алюминиевыми жилами

2	21	19	18	15	17	14
---	----	----	----	----	----	----

2,5	24	20	19	19	19	16
-----	----	----	----	----	----	----

4	32	28	28	23	25	21
---	----	----	----	----	----	----

6	39	36	32	30	31	26
---	----	----	----	----	----	----

10 55 50	47	39	42	38
----------	----	----	----	----

*Продолжение*

Площадь сечения проводников, мм <sup>2</sup>	Провода проложенные в воздухе		проложенные в земле	
	одно- жильные	двух- жильные	трехжильные	двух- жильные

Провода с медными жилами и резиновой изоляцией в металлических защитных оболочках, кабели с медными жилами и резиновой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной, наиритовой или резиновой оболочках, бронированные и небронированные

1,5 23	19	19	33	27
2,5 30	27	25	44	38
4 41	38	35	55	49
6 50	50	42	70	60

Кабели с алюминиевыми жилами и резиновой или поливинилхлоридной изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной и резиновой оболочках, бронированные и небронированные

2,5 23	21	19	34	29
4 31	29	27	42	38
6 38	38	32	55	46
10 60	55	42	80	70



Примечание. Допустимые длительные токовые нагрузки на провода и кабели, проложенные в коробах и на лотках, принимают как для проводников, проложенных в трубах. Несмотря на то что ПУЭ предусматривают введение снижающих коэффициентов на <sup>^</sup>допустимую токовую нагрузку при числе проводов, проложенных в трубах, более четырех, <sup>^</sup>однако для проводников цепей измерения, управления, сигнализации и питания систем <sup>^</sup>автоматизации этого в основном не требуется, так как они часто нагружены ниже допустимых значений.

Выбранную площадь сечения по потере напряжения проверяют главным образом при наличии длинных малонагруженных линий. Что касается большинства линий, длина которых сравнительно невелика и проводка выполнена кабелями или проводами в защитных трубах, то <sup>^</sup>площади сечения, выбранные по условиям нагревания электроток, как правило, обеспечивают допустимую потерю напряжения. Последняя должна быть такой, чтобы напряжение на зажимах электроприемника отклонялась от номинального не больше допустимого. После выбора площади сечения жил для измерительных цепей подсчитывают их сопротивление. Оно должно быть меньше или равно его паспортному значению.

Выбор числа жил кабеля и проводов в одном защитном устройстве. При выборе учитывают преобладающую роль экономических факторов и допустимость совместной прокладки цепей разного назначения. В целях экономии стремятся объединять в одном многожильном кабеле или прокладывать проводами в одном защитном устройстве

#### 9. Значения коэффициента $k$ ,

Ток защитного аппарата	Сети, обязательно защищаемые от перегрузки			Сети, защищаемые только от коротких замыканий
	проводники с резиновой или аналогичной по тепловым характеристикам изоляцией	кабели с бумажной изоляцией	кабели с резиновой или аналогичной по тепловым характеристикам изоляцией	
	взрыво- и пожароопасные помещения и т. п.	остальные помещения		
Номинальный ток плавкой вставки предохранителей	1,25	1,0	1,0	0,33
Ток срабатывания (уставки) автоматического выключателя, имеющего только электромагнитный расцепитель (максимально)	1,25	1,0	1,0	0,22

мгновенно  
действующий)

Номинальный ток расцепителя	1,0	1,0	1,0	1,0
(теплового или комбинированного)	1,0	1,0	0,8	0,66
автоматического выключателя				
с нерегулируемой обратно зависимой				
от тока характеристикой (независимо				
от наличия или отсутствия отсечки)				
Ток срабатывания (тогания) рас- 1,0 1,0 0,8 0,66				
целителя автоматического				
выключателя с регулируемой				
обратно зависимой от тока характеристикой				
(при наличии на автоматическом				
выключателе отсечки кратность тока не ограничивается				

ве проводки разного назначения, включая цепи управления, измерения, сигнализации

постоянного и переменного тока, а также цепи питания электроприемников небольшой мощности. Исключение составляют измерительные цепи пирометрических и других приборов автоматического контроля, в которых помехи от влияния цепей другого назначения превосходят допустимые значения или которые по требованию заводов-изготовителей прокладывают отдельно. Не объединяют также взаиморезервируемые цепи питания и управления, ответственные цепи систем автоматизации установок пожаротушения и стационарно прокладываемые цепи освещения шкафов напряжением до 42 В.

Если в инструкциях заводов-изготовителей отсутствуют указания на возможность совместной прокладки цепей разного назначения, то следует учитывать помехи, возникающие при совместной прокладке цепей разного назначения, которые увеличиваются с ростом длины проложенных линий. Наиболее сильные помехи создают приборы с ферродинамической и дифференциально-трансформаторной системами передач. Линии, идущие от термопар и термометров сопротивления, практически не имеют взаимного влияния.

При прокладке проводов в защитных трубах, коробах или пучками на лотках рекомендуется предусматривать резервные провода в размере 10 % числа рабочих жил, но не менее одного. Сечение запасных и рабочих проводов должно быть одинаковым. Число резервных жил контрольных кабелей выбирают следующим образом: для медных кабелей - одна резервная жила при числе рабочих 8-26; две при 27-59; три при 60-105; для алюминиевых и алюмомедных кабелей - одна при 4-10; две при 14-37; три при 52 и 61.

При прокладке группы кабелей, относящихся к одной системе автоматизации, в одном направлении рекомендуется число резервных жил определять по суммарному числу жил этих кабелей. Для соединения и разветвления кабелей в целях увеличить число жил в многожильных кабелях используют соединительные коробки с установленными внутри них клеммными зажимами, а для разветвления и протяжки проводов и кабелей, прокладываемых в стальных трубах, - электрофитинги, протяжные и ответвительные коробки.

### ***ВЫБОР ЗАЩИТНЫХ И ПОДДЕРЖИВАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ***

Лотки и мосты. Для прокладки проводов в сухих помещениях, где исключено механическое повреждение их и отсутствуют газы, воздействующие на их изоляцию, в основном применяют лотки и мосты. Для открытой прокладки кабелей используют сборные кабельные конст-

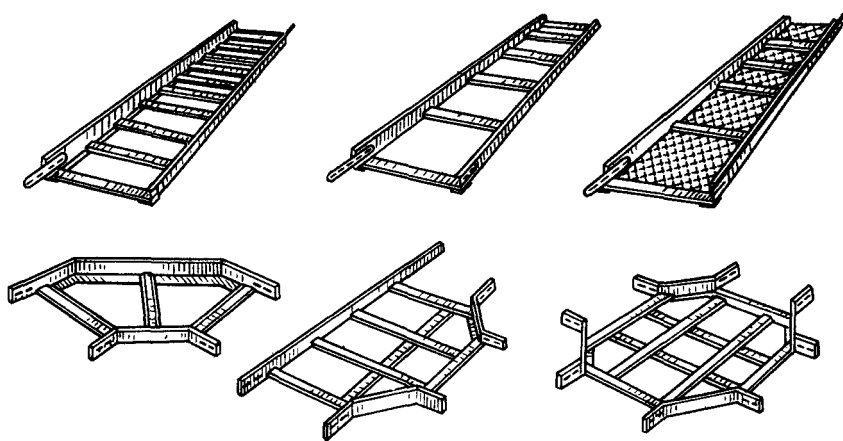


Рис. 2.24. Элементы кабельных мостов

рукции, однако возможна совместная открытая прокладка кабелей и проводов на лотках и мостах (рис. 2.24).

У лотков (сварных мостов) поперечины крепятся к тетиве сваркой, у шарнирных мостов - с помощью шарнира. Лоток типа К422 имеет ширину 200, а лоток типа К42Д и шарнирный мост МШ-400 - 400 мм. Выбор конструктивных размеров мостов и лотков зависит от типов.

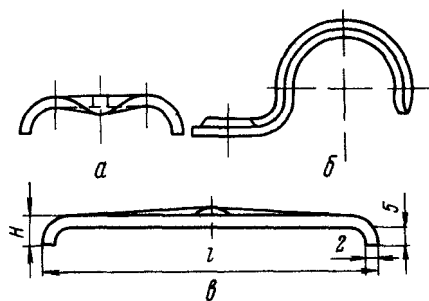


Рис. 2.25. Скобы для крепления применяемых для крепления скоб и наружных размеров пучков проводов, кабелей, пластмассовых и металлических труб.

Безлапковая скоба типа БС; (рис. 2.25, а) применяется для крепления двух труб или кабелей с наружным диаметром 6, 8, 10, 14, 22, 27, 34, 48 и 60 мм, а однолапковая скоба типа СО (рис. 2.25,б) - одной трубы или кабеля с такими же наружными диаметрами. При использовании указанных скоб необходимая ширина моста или лотка (в м)

$$L = n(d+5)+5,$$

где  $n$  — число пучков проводов, труб, электро- и пневмокабелей;  $d$  — их наружный диаметр\*, мм.

Если провода, трубы и кабели имеют наружный диаметр до 10 мм, то для их крепления могут быть использованы безлапковые пакетные скобы типа БСП (рис. 2.25, в). Выбрав с помощью табл. 10 размер (, соответствующий цифре при обозначении скобы, необходимую ширину лотка или моста определяют как сумму размеров  $l$  скоб, которые предполагается установить для крепления труб, кабелей и проводов к одной поперечине лотка. 10. Число труб, проводов и кабелей, закрепляемых одной скобой

#### Наружный

диаметр труб,прово- дов и кабе	БСП-46	БСП-62	БСП-78	БСП-94	БСП-113	БСП-129	БСП-145
--------------------------------------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	---------

лей, мм

6	6	8	8	12	16	18	22
8	4	6	8	10	12	14	16
10		4	6	8	10	10	12

Наружные диаметры установочных изолированных проводов, термоэлектродных проводов и кабелей приведены в справочниках по проектированию систем автоматизации.

Сборные кабельные конструкции. Для открытой кабельной проводки в производственных

помещениях, туннелях, каналах и т. д. применяют сборные кабельные конструкции. Они также могут использоваться в качестве поддерживающих конструкций для лотков и мостов. По кабельным конструкциям не прокладывают небронированные кабели малых сечений (до 16 мм<sup>2</sup>). Сборные кабельные конструкции комплектуют из стоек, полок (рис. 2.26) и ряда вспомогательных элементов. Стойка типа К1150 имеет  $b = 400$ , типов К1151 - 600 К1152- 800, К1153 - 1200, К1154 - 1800 мм. У полок в зависимости от типа варьирует размер  $l$ . Для полки типа К1160  $l = 177$ , типов К1161 -267, К1162 - 367, К1163 - 467 мм. Сочленение полки со стойкой производится на месте монтажа без сварки. В сырых помещениях и наружных установках применяют оцинкованные стойки и полки, к обозначению которых добавляется буква Ц (например, К1151Ц).

Выбор полок при прокладке по ним кабелей осуществляют по формуле  $I = nd$  (где  $n$  - число прокладываемых кабелей;  $d$  - наружный диаметр кабеля, мм). Если на полке предполагается укладывать разные кабели, то в формулу подставляют значение усредненного диаметра (в мм)

$$d_{cp} = (d_1 n_1 + d_2 n_2 + \dots + d_k n_k) / (n_1 + n_2 + \dots + n_k),$$

где  $d_1, d_2, \dots, d_k$  - наружные диаметры кабелей;  $n_1, n_2, \dots, n_k$  - число одинаковых кабелей.

**Короба.** Для прокладки больших потоков проводов, когда применение электропроводок в защитных трубах нецелесообразно из-за высокой стоимости или большого объема работ, а применение электропроводок на лотках, мостах или других подобных конструкциях невозможно из-за опасности механических повреждений или по другим причинам, используют короба. Для скрытых проводок применяют глухие короба, для открытых - короба со снимаемыми крышками. Вертикальные короба (рис. 2.27,б) в отличие от горизонтальных (рис. 2.27, а) имеют дополнительные штыри для крепления "змейкой" вертикальных потоков проводов. Горизонтальные короба выпускаются следующих типов: ПГ100 (площадь поперечного сечения 10000 мм<sup>2</sup>), ПГ150 (22500 мм<sup>2</sup>), ПГ200 (40000 мм<sup>2</sup>), вертикальные - типов ПВ100, ПВ150, ПВ200. Число в обозначении соответствует размеру стороны<sup>7</sup> квадратного сечения короба в миллиметрах. Для комплектования сплошной линии короба служат угольники УГ100, УГ150 и УГ200 (рис. 2.27, в) и тройники ТГ 100, ТГ 150 и ТГ200 (рис. 2.27,г).

Площадь поперечного сечения короба должна удовлетворять условию

$$S \geq nd^2/k, \text{ или } S \geq nd_{cp}^2 / k$$

где  $k$  - коэффициент заполнения короба проводами; принимается равным 0,3...0,5 в зависимости от сложности трассы и конкретных типов проводов и кабелей.

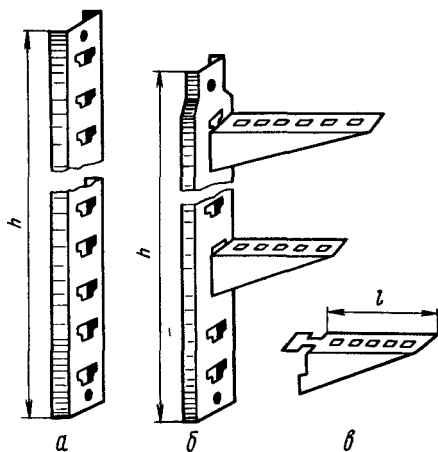


Рис. 2.26. Сборные кабельные конструкции: а - стойка; б - стойка с полкой; в - полка

Защитные трубы. Для прокладки одиночных проводов, а также в тех случаях, когда требуется пылевлагонепроницаемое или взрывобезопасное исполнение, применяют защитные трубы. В настоящее время в качестве защитных используют следующие трубы: стальные водогазопроводные неоцинкованные и оцинкованные, обыкновенные и легкие; стальные электросварные; напорные из полиэтилена низкой и высокой плотности; из непластифицированного поливинилхлорида (винипласта).

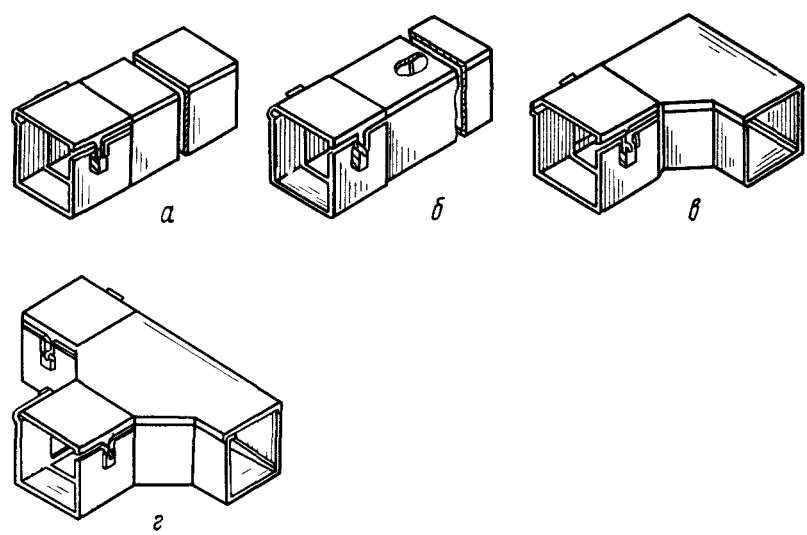


Рис. 2.27. Короба со снимаемыми крышками

Пластмассовые трубы применяют для открытой (по несгораемым и трудносгораемым конструкциям) и скрытой проводки в сухих, влажных, сырых, особо сырых и пыльных помещениях, в помещениях с химически активной средой, по отношению к которой винипласт или полиэтилен стоек, а также на наружных установках. Причем средние и тяжелые полиэтиленовые трубы используют для прокладки в агрессивных грунтах или бетонных фундаментах. На предприятиях пищевой промышленности пластмассовые трубы запрещается прокладывать в жарких, взрыве- и пожароопасных помещениях и при наружных установках. Стальные трубы для электропроводок систем автоматизации применяют в виде исключения, когда не допускается прокладка проводов и кабелей без защитных труб, а применение пластмассовых труб запрещено.

На выбор внутреннего диаметра защитной трубы влияют наружные диаметры проводников, подлежащих затяжке (для плоских проводников принимают их больший размер), и категория сложности протяжки проводов. Последняя определяется по табл. 11 в зависимости от конфигурации и длины защитного трубопровода между двумя протяжными устройствами (протяжными коробками или электрофитингами). Устанавливая дополнительные протяжные устройства, можно перейти к менее сложной категории.

11. Допустимая длина трубных проводок (в м) в зависимости от категории сложности прятки

Число изгибов на участке	А	Б	В
1 2 3	100	75	50
	75	50	30

50	30	20
40	25	15

При известной категории сложности протяжки внутренний диаметр защитной трубы  $D$  определяют по формулам табл. 12. Если в трубу предполагается затягивать проводники разных диаметров, то с помощью формул табл. 12 вначале определяют внутренние диаметры защитной трубы для проводников одного наружного диаметра  $d_1, d_2, \dots, d_n$ , затем по формуле  $D = \sqrt{D_1^2 + D_2^2 + \dots + D_n^2}$  - действительный внутренний диаметр защитной трубы (в мм).

#### 14. Формулы для расчета внутреннего диаметра защитных труб

Число прокладываемых проводников	Категория сложности протяжки		
	А	Б	В

1,25d ≥ 1,4d D ≥ 1,65d D ≥ 1 D

2,4d ≥ 2,5d D ≥ 2,7d D ≥ 2 D

3 и более  $D^2 \geq nd^2 / 0,32$   $D^2 \geq nd^2 / 0,4$   $D^2 \geq nd^2 / 0,45$

### **ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРУБНЫХ ПРОВОДОВ**

Трубная проводка системы автоматизации представляет собой совокупность труб и трубных кабелей с относящимися к ним соединительными и присоединительными устройствами, креплениями, поддерживающими и защитными конструкциями. Трубные проводки классифицируют в зависимости от места прокладки на наружные и внутренние. По назначению они делятся на импульсные, передающие импульсы от отборных к чувствительным элементам приборов и средств автоматизации (например, от приборов отбора давления к манометру);

командные, передающие командные импульсы от передающих к приемным элементам приборов и средств автоматизации (например, пневмолиния от регулятора к исполнительному механизму); питающие, подводящие жидкости или газ для питания приборов и средств автоматизации (например, коллекторы сжатого воздуха); выбросные или сливные, отводящие отработанные жидкости или газы; обогревающие и охлаждающие, подводящие и отводящие теплоноситель или охлаждающую среду для обогрева или охлаждения элементов и устройств систем автоматизации; продувочные, подводящие инертные вещества к импульсным проводкам. При проектировании трубных проводок вначале выбирают вид труб, а затем способ их прокладки.

### **ВЫБОР ТРУБ**

Трубы для трубных проводок систем автоматизации выбирают в зависимости от назначения трубопровода, давления, температуры и химических свойств вещества, заполняющего трубопровод, а также условий окружающей среды. Наиболее часто в системах автоматизации используют стальные водогазопроводные и бесшовные, медные, алюминиевые, полиэтиленовые и поливинилхлоридные трубы, а также пневматические кабели. Трубные проводки всех

назначений, за исключением командных линий пневмоавтоматики, обычно выполняют из углеродистых сталей. Причем стальные бесшовные трубы не применяют в установках, где могут быть использованы водогазопроводные трубы. Последние предпочтительнее для внутренних и наружных проводок всех назначений при условном давлении до 1,6 МПа и температуре до 175 °С (для оцинкованных до 100 °С). Для более высоких давлений и температур используют бесшовные трубы из углеродистых легированных сталей.

Допустимое рабочее давление и температуру определяют в зависимости от марки стали и конструктивных размеров трубы. В тех случаях, когда трубы из углеродистых и легированных сталей не могут быть применены ввиду агрессивности сред или необходимости сохранения чистоты продукта, трубные проводки выполняют бесшовными трубами из коррозионностойкой стали, трубами из цветных металлов или пластмассы.

В качестве командных линий пневмоавтоматики обычно применяют пластмассовые трубы, пневматические и пневмоэлектрические кабели.

13. Химическая стойкость пластмассовых труб к агрессивным средам

Среда	Концентрация, %	Поливинилхлоридные трубы	Полиэтиленовые трубы	Среда	Концентрация, %	Поливинилхлоридные трубы	Полиэтиленовые трубы
Азотная кислота	До 60	С	С	Мочевина	До 33	С	—
То же	60–98	НС	НС	Серная кислота	До 50	С	С
Аммиак:				То же	50–80	УС	УС
газ	Любая	С	С	”	80–96	НС	НС
водный раствор	Насыщен	С	С	”	100	НС	НС
жидкий	100	УС	С	Соляная кислота	Любая	С	С
Анилин	100	НС	НС	Уксусная кислота	До 10	С	С
Ацетон	100	НС	УС	То же	10–50	С	УС
Ацетилен	100	УС	УС	”	50–100	УС	—
Бензин	100	УС	УС	”	Любая	—	НС
Бутилацетат	100	НС	НС	Фосфорная кислота	До 25	С	С
Бутиловый спирт	100	С	С	То же	25–50	УС	УС
Вода техническая	—	С	С	Хлорбензол	100	НС	НС
Глицерин	100	С	С	Хлорид водорода	Любая	С	С
Дихлорэтан	100	НС	—	Этиловый спирт	Любая	—	УС
Кислород	100	С	—				
Метиловый спирт	100	С	УС				

Примечание. В таблице использованы следующие обозначения: С — стойкий, УС — условно-стойкий, НС — нестойкий.



ют пластмассовые трубы, пневматические и пневмоэлектрические кабели. Пластмассовые трубы и пневмокабели могут использоваться и для трубных проводок другого назначения в допустимых интервалах температуры и давления при условии стойкости пластмассовых труб к соответствующим средам (табл. 13).

При температуре окружающей среды  $-10...+60\text{ }^{\circ}\text{C}$  можно применять поливинилхлоридные трубы, при  $-40...+60$  - пневмокабели, при  $-60...+50\text{ }^{\circ}\text{C}$  - полиэтиленовые трубы. Однако с повышением температуры механические характеристики пластмассовых труб резко снижаются (табл. 14).

Другие ограничения в применении пластмассовых труб связаны с такими недостатками их, как невысокая механическая прочность, горючесть, особенно полиэтиленовых труб, большой коэффициент линейного расширения, подверженность порче грызунами, нестойкость к нефти, нефтепродуктам и прямому солнечному свету. Поэтому пластмассовые трубы и пневмокабели не применяют в жарких помещениях и условиях тропического климата, системах автоматического и дистанционного управления аппаратами пожаротушения и пожарной сигнализации, устройствах аварийной вентиляции и пере-крывных задвижек, пожаро- и взрывоопасных помещениях и на наружных установках. В остальных случаях использование пластмассовых труб по сравнению с металлическими обеспечивает ряд преимуществ: коррозиестойкость и, следовательно, отсутствие необходимости окраски и загрязнения воздуха пневмолиний продуктами коррозии;

малый коэффициент теплопроводности, стойкость к вибрациям, сотрясениям и действию агрессивных сред; малая масса; большая строительная длина; простота выполнения монтажных работ. Упрощению технологии и снижению стоимости монтажных работ способствует также применение пневмокабелей вместо пластмассовых труб.

Для предотвращения старения под действием солнечного света

14. Зависимость рабочего давления полиэтиленовых труб от транспортируемой среды и ее температуры

Среда	Температура, $^{\circ}\text{C}$	Максимальное
-------	---------------------------------	--------------

рабочее давле

ние, МПа

Неопасная, к которой полиэтилен 20 0,6

стоек 30 0,5

40 0,3

50 0,2

60 0,1

Опасная, к которой полиэтилен 20 0,5

стоек 30 0,3

40 0,1

Неопасная, к которой полиэтилен 20 0,3

условно стойк 30 0,2

40 0,1

полиэтиленовые трубы окрашивают газовой сажей в черный цвет. Поливинилхлоридные трубы могут быть окрашены в 12 цветов. Выбор защитных покровов пневмокабелей аналогичен таковому для электрических кабелей.

Трубные проводки из цветных металлов применяют только в крайнем случае, когда использование любых других труб невозможно. Медные трубы служат для импульсных и командных проводок при условном давлении до 6,4 МПа и температуре среды до 250 °С (в частности, их используют для командных линий пневмоавтоматики). Резиновые трубы применяют для подключения к приборам, измеряющим разрежения и малые давления. Алюминиевые трубы используют для трубных проводок при наличии сред, по отношению к которым алюминий наиболее стойк при следующих параметрах:

Диаметр трубы, мм	8	10	12
-------------------	---	----	----

Рабочее давление при

температуре, МПа

до 30 °С	33	25	20
----------	----	----	----

С°до 160	17	13	10
----------	----	----	----

## **ВЫБОР СПОСОБА ПРОКЛАДКИ ТРУБ**

Трубные проводки, как правило, прокладывают открыто, однако возможна и скрытая прокладка пластмассовых труб и небронированных пневмокабелей при условии, если в них не содержатся токсичные, взрывоопасные и легковоспламеняющиеся среды. При скрытой прокладке металлических труб дополнительно должна быть обеспечена возможность осмотра и ремонта трубных проводок без нарушения строительных частей зданий и сооружений. Такие же требования предъявляются к трубам, содержащим перечисленные вещества даже при открытой их прокладке.

Различают одиночные и групповые трубные проводки, причем последние чаще всего выполняются готовыми каркасными или бескаркасными блоками. Одиночные трубные проводки прокладывают открыто на стойках, опорных кронштейнах, подвесках или непосредственно по стальным, бетонным и кирпичным основаниям, за исключением труб из коррозионностойкой стали, алюминиевых сплавов и пластика. Групповые проводки (каркасные на мостах или бескаркасные) прокладывают открыто на опорных металлических конструкциях или тросах. Пластмассовые трубы прокладывают в коробах или путем подвески на тросах. Пневмокабели прокладывают теми же способами, что и электрокабели, а также подвешивают их на тросах.

Трубные проводки, как правило, прокладывают отдельно от электрических. Исключение составляют только металлические и пластмассовые трубные проводки, заполненные негорючими жидкостями, парами, инертными газами при температуре 0...120 °С и давлении до 0,6 МПа, которые можно прокладывать с электропроводками искробезопасных цепей.

## ***ВЫПОЛНЕНИЕ СХЕМ СОЕДИНЕНИЙ И ПОДКЛЮЧЕНИЙ ВНЕШНИХ ПРОВОДОВ***

Соединение и подключение внешних проводок в проектной документации могут быть выполнены графическим (в виде схем соединения и подключения) или табличным методами. Табличные формы документации из-за возможности перехода к автоматизированному проектированию с помощью ЭВМ предпочтительны, однако менее информативны.

Таблица соединений включает следующие колонки: кабель, жгут, труба; направление (откуда, куда); направление по чертежам расположения; кабель, провод (марка, число жил, сечение, длина); труба (марка, диаметр, длина); чертеж установки. Таблица подключения внешних проводок содержит такие колонки: кабель, жгут; проводник; вывод; адрес связи.

Схема соединений внешних проводок (рис. 2.28) представляет собой комбинированную схему, на которой показаны электрические и трудные связи между приборами и средствами автоматизации, установленными на технологическом оборудовании вне щитов и на щитах, а также подключение проводок к приборам и щитам. Схему подключения внешних проводок выполняют отдельным документом только при наличии единичных многосекционных или составных щитов, большого числа соединительных коробок, групповых стоек приборов, когда подключение к ним затрудняет чтение схемы соединения. Допускается не выполнять схему подключения в том случае, если подключения могут быть показаны на схеме соединения внешних проводок.

Схема соединения внешних проводок выполняется без масштаба и является чисто монтажной. Она содержит собственно схему, перечень монтажных материалов и изделий, примечание с перечнем относящихся чертежей.

В верхней и нижней частях схемы у поясняющих таблиц в принятом условном изображении, применяемом при выполнении СА, показывают отборные устройства, чувствительные элементы, исполнительные механизмы и другие элементы систем автоматизации, которые на СА наносят

непосредственно на коммуникации или оборудование технологической схемы (см. рис. 2.7). В поясняющих таблицах, расположенных над или под изображением перечисленных элементов, указывают наименование технологического агрегата или аппарата, контролируемого или регулируемого параметра, среды, а также место установки, номер установочного чертежа и позицию по спецификации или обозначение по схемам приборов и средств автоматизации.

В средней части схемы в виде прямоугольника изображают щиты и пульты с указанием их наименования. Если щит многопанельный, то прямоугольник щита разделяют по вертикали на ряд меньших прямоугольников, каждый из которых относится к одной панели щита. В тех случаях, когда элементы систем автоматизации, встраиваемые в оборудование и трубопроводы или механически связанные с уже встроенными элементами, показывают только в верхней части схемы, прямоугольники щитов помещают в ее нижней части. Между изображениями щитов и отборных устройств, чувствительных элементов, исполнительных механизмов и т. п. помещают изображение соединительных коробок, датчиков, вторичных приборов и других элементов систем автоматизации, устанавливаемых по месту. На СА им соответствуют приборы и средства автоматизации, расположенные в прямоугольнике "Приборы по месту".

Электрические и трубные проводки между перечисленными приборами и устройствами систем автоматизации чертят на схеме сплошными линиями (толщиной 0,4-1 мм). Около каждой линии соответствующей электрической проводки указывают марку кабеля (провода), число жил, их сечение и, кроме того, длину кабеля или провода в метрах. Если кабель или провод прокладывают в защитной трубе, то указывают тип трубопровода, его диаметр (если приводят наружный диаметр, то дают и толщину стенки) и длину. Такие же данные проставляют у линий соответствующей трубной проводки. Перечисленные данные располагают по линии, изображающей проводку.

Короба для прокладки проводов, пластмассовых труб, пневмо- и электрокабелей показывают двумя тонкими сплошными линиями, которые наносят перпендикулярно изображению соответствующих проводок, причем линии, изображающие эти проводки, прерывают в месте изображения короба.

Электрическую проводку на схеме маркируют порядковыми номерами (1, 2, 3, ..., 101, 102, 103, ...) слева направо и сверху вниз. Причем кабелю или проводу, идущему от соединительной коробки или местного прибора к щиту, присваивают номер, следующий за последним номером кабеля или провода от датчика к соединительной коробке или местному прибору. Трубные проводки маркируют порядковым номером с нулем впереди (01, 02, 03, ..., 011, 012, 013, ...). Защитные трубы отдельно не маркируют, а короба обозначают буквенно-цифровой маркировкой (1К, 2К, 3К, ...). Номер короба, электрической или трубной проводки проставляют в кружке диаметром 8-10 мм в разрыве соответствующей линии.

Самостоятельную систему нумерации электрических и трубных проводок (начиная с 1 или 01) выполняют, как правило, в пределах цеха или системы взаимосвязанных щитов. При наличии нескольких аналогичных участков или агрегатов маркировка имеет двойное цифровое обозначение, первая часть которого соответствует номеру агрегата или участка (1-37, 3-068). В тех случаях, когда схемы соединения внешних проводок разных панелей аналогичны, приводят схему только одной из них, о чем делают соответствующую запись в примечаниях.

Около изображений приборов средств автоматизации проставляют номер их позиции по спецификации или по принципиальной схеме, а соединительным и протяжным коробкам присваивают порядковые номера, которые указывают вместе с типом коробки. На изображении жил электрических и пневматических кабелей, проводов и пневмо-труб, присоединенных к соединительным коробкам, электроприемникам и пневмоприемникам вне щитов, указывают маркировку цепей, взятую из принципиальных электрических и пневматических схем и монтажных схем щитов и пультов. Кроме того, должна быть показана заводская маркировка зажимов указанных электро- и пневмоприемников.

[illegible]

**Рис. 2.28. Пример выполнения схемы соединений внешних проводов**

117

## **ЧЕРТЕЖИ РАСПОЛОЖЕНИЙ ПРОВОДОК И ОБОРУДОВАНИЯ**

Монтажные чертежи внешних электрических и трубных провидок представляют собой поэтажные планы, выполненные в соответствующем масштабе с необходимыми разрезами. На них указывают места монтажа электрических и трубных проводов, местных приборов и средств автоматизации, щитов и пультов. Особенно важное значение приобретает этот чертеж при промышленных методах ведения монтажных работ, необходимым условием которых является изготовление в монтажно-заготовительной мастерской вне строительной площадки максимально возможного числа монтажных блоков.

Наряду с электрическими и трубными проводками на этих чертежах показывают приемные и отборные устройства, исполнительные механизмы и регулирующие органы, устанавливаемые на технологическом оборудовании и трубопроводах, соединительные и протяжные коробки, приборы и средства автоматизации, размещаемые по месту щиты и пульты. Все эти элементы, в том числе и потоки электрических и трубных проводов, координируют. Исключение составляют только отборные устройства и первичные приборы, встраиваемые в технологическое оборудование и трубопроводы. Их координация проводится на соответствующих чертежах генерального проектировщика.

Приемные и отборные устройства, исполнительные механизмы и регулирующие органы на этом чертеже должны иметь номер позиции по спецификации. Это же касается внешнетоварных приборов. У соединительных и протяжных коробок проставляют нумерацию, совпадающую с нумерацией их на схеме внешних соединений.

На свободном поле чертежа около изображений потоков электрических и трубных проводов в виде таблицы приводят номера кабелей, проводов в защитных трубах и трубных проводов по схеме внешних соединений, а также номера блока или кабельной конструкции и чертежа крепления.

В спецификацию монтажных изделий и материалов, которая приводится на чертеже и имеет графы: обозначения, наименование, количество, примечание, вносят трубные блоки, короба, мосты, лотки, кабельные конструкции, швеллеры, уголки, листы, полосы, элементы конструкций для прохода трубных и электрических проводов через проемы в стенках и перекрытиях. Чертежи расположения проводов и оборудования согласовывают с генеральным проектировщиком.

## **Глава 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ**

### **3.1. ОРГАНИЗАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Организационное обеспечение (00) включает описание АСУ ТП (функциональной, технической и организационной структур) и инструкции оперативному персоналу, необходимые и достаточные для его функционирования в составе АТК. Взаимодействие АСУ ТП с вышестоящими уровнями управления определяется наличием на промышленном предприятии автоматизированной системы управления предприятием (АСУП) и автоматизированных систем оперативно-диспетчерского I управления (АСОДУ), а также систем автоматизированного проектирования технологии (САПРтехнология) для объектов с дискретным характером производства.

Названные системы в совокупности образуют интегрированную систему управления. АСУ ТП в этом случае получает от соответствующих водсистем АСУП или служб управления предприятием непосредственно или через АСОДУ задания и ограничения (номенклатуру подлежащих выпуску продуктов или изделий, объем производства, технико-экономические показатели, характеризующие качество функционирования АТК, сведения о наличии ресурсов) и обеспечивает подготовку и передачу этим системам необходимой для их работы технико-экономической информации. К последней, в частности, относятся результаты работы АТК,

основные показатели выпускаемой продукции, оперативная потребность в ресурсах, состояние АТК, т. е. состояние оборудования, ход технологического процесса, его технико-экономические показатели и т. п. В общем случае на пищевом предприятии может быть создана как одна АСУ ТП, управляющая всем производством в целом, так и несколько, управляющих определенными технологическими агрегатами, линиями и участками. В этом случае важное значение приобретают вопросы совместимости этих систем на функциональном, техническом, информационном, программном и организационном уровнях.

На функциональном уровне решаются вопросы совместимости целей всех систем управления, создаваемых на предприятии. Вопросы совместимости на техническом, информационном и программном уровнях решаются при выборе типа технических средств, операционных систем, систем управления базами данных и др. Организационная совместимость систем обеспечивается путем совершенствования существующей организационной структуры предприятия, определения роли и места в ней каждой системы управления, а также характера межсистемного взаимодействия.

### **ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СТРУКТУРА АСУ ТП**

На большинстве пищевых предприятий при создании АСУ ТП организуют специальное подразделение - службу АСУ, возглавляемую заместителем главного инженера - начальником службы, который непосредственно подчиняется главному инженеру предприятия. Служба АСУ обычно состоит из информационно-вычислительного центра и метрологической службы предприятия.

Информационно-вычислительный центр возглавляет начальник

ИВЦ. В ИВЦ входят группы эксплуатации и наладки средств вычислительной техники и оборудования диспетчерского пункта, а также сектор программистов и постановщиков задач. Основные функции сектора программистов и постановщиков задач состоят в отладке и эксплуатации средств программного обеспечения, переданных/ заводом-изготовителем УВК и разработчиками системы; исследовании производственных процессов и развитии работ по оптимизации отдельных стадий и всего производственного процесса в целом, включая разработку математических моделей, алгоритмов и программ для решения новых задач управления.

С внедрением АСУ ТП к традиционным функциям метрологической службы добавляются функции обслуживания периферийных устройств связи с объектом: датчиков технологических параметров и состояния оборудования, линий связи, преобразователей Сигналов разного типа. АСУ ТП могут нормально функционировать, если все каналы, передающие информацию в УВК и выводящие ее/из него, обеспечивают определенную достоверность этой информации. Выполнение указанного условия требует систематической работы на предприятии по метрологическому контролю и аттестации каналов и отдельных устройств АСУ ТП, что обеспечивается метрологической службой.

Организационная структура службы АСУ (состав подразделений отдела и их численность) зависит от функциональной и технической структур каждой системы, объема и характера перерабатываемой информации в отдельных звеньях. Численность службы АСУ определяют расчетным путем по существующему положению, при этом численность ИТР может достигать 50 % полной численности отдела.

Значительное изменение организационной структуры предприятия при внедрении АСУ ТП происходит в связи с введением управляющего звена в лице диспетчера-технолога со следующими функциями:

- внешняя координация работы участков производства, заключающаяся в синхронизации их работы в целях стабилизации материального потока;

- внутренняя координация работы отделений и участков производства, заключающаяся в обеспечении ритмичности работы установок, принятии решений о переключении отдельных аппаратов, выборе рациональных режимов их работы и своевременной выдаче этих решений операторам;

- контроль выполнения оперативных планов выпуска продукции, выявление причин отклонений и своевременное принятие мер по их устранению;

прогнозирование производственных ситуаций в целях заблаговременного принятия решений по устранению узких мест и диспропорций в производительности участков;

принятие мер по предупреждению, локализации и ликвидации аварийных-ситуаций и т. д.

В составе АСУ ТП обычно организуют пункты контроля и управления основными производственными участками. Пункты расположены на территории этих участков и обслуживаются операторами путем совмещения функций без увеличения численности персонала. Операторы всех участков оперативно связаны с диспетчером-технологом.

## **ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СТРУКТУРА АСУ ТП**

Под функциональной структурой АСУ ТП принято понимать совокупность функций, выполняемых системой, и связей между ними, определяющих порядок реализации этих функций. В некоторых случаях оказывается удобным использовать в качестве связей между функциями соответствующие информационные потоки.

Функциональная структура является основополагающей, определяет состав и содержание остальных компонентов АСУ ТП, а также эффективность системы в целом. Поэтому принятие целесообразного состава функций АСУ ТП является одной из важнейших задач, которые необходимо решить на начальных стадиях разработки системы. Важное значение в этом случае имеет определение самой функции. В настоящее время под функцией АСУ ТП принято понимать совокупность действий этой системы управления, направленных на достижение частной цели управления и реализуемых непрерывно во времени. Действия АСУ ТП являются результатом решения определенных задач, которые можно классифицировать следующим образом:

задачи прямого счета (арифметические задачи), когда отображение входной информации в выходную производится однозначно в рамках фиксированной последовательности арифметических действий;

логические задачи, когда отображение входной информации в выходную осуществляется в зависимости от выполнения некоторого логического условия;

задачи обработки информации, когда обработка (сортировка, выборка, слияние и т. д.) массивов входной информации ведется по определенному признаку;

задачи принятия решений, когда входная информация отображается в одну из возможных совокупностей выходной информации посредством принятия решения в неопределенной ситуации в соответствии с заданным критерием (или совокупностью их) принятия решения.

Необходимость определения состава функций АСУ ТП, обеспечивающих выполнение поставленной перед системой цели с учетом специфики конкретного предприятия, базируется на соответствующих методах анализа объектов управления. Характерной особенностью начального этапа проектирования является ограниченность информации о будущей системе. В таких условиях вполне естественно стремление получить максимум возможного из этих минимальных сведений, что заставляет в первую очередь обратиться к структурно-функциональной схеме объекта и содержащейся в ней информации. Основным и общим во всех работах, связанных со структурными исследованиями, является стремление очистить объект исследования от всего вторичного, рассмотреть лишь его наиболее характерные признаки. Такое направление характерно для работ в области структурного анализа.

Исходным объектом структурного анализа является современное пищевое предприятие, имеющее четко выраженные границы в системе народного хозяйства. Выбор именно такого исходного объекта для структурного анализа (а не производства или технологического процесса) объясняется тем, что границы этих объектов на предприятии размыты и определяются в каждом конкретном случае в зависимости от заданной цели управления,

Структурная схема объекта управления может быть получена при декомпозиции его как сложной системы по трем направлениям. Результат декомпозиции сложной системы в этом случае определяется выражением

$$S_{i,m,jk}^{s,l,e} = S_i^s \cap S_m^l \cap S_{jk}^e,$$

где  $S_i^s$  — совокупность элементов 1-й функциональной сферы предприятия (страта);  $S_m^l$  — совокупность элементов контура управления, обеспечивающего  $m$ -й уровень (слой) сложности



принимаемых решений;  $S_{jk}^e$  — совокупность элементов организационной структуры  $k$ -го подразделения  $j$ -го уровня управления (эшелон);  $s, l, e$  (верхние индексы) — соответственно страта, слой, эшелон.

Благодаря процедурам декомпозиции (3.1) в трехмерном пространстве можно выделить определенные структурные элементы, определить их участие в реализации заданной цели управления, сформулировать функции управления. При этом важную роль играет формулировка целевой функции, так как она определяет масштаб будущей системы управления. Например, если целевая функция системы состоит в максимизации прибыли предприятия, то реализация указанного подхода приводит к синтезу интегрированной АСУ, так как система управления должна охватить все структурные элементы объекта, участвующие в образовании прибыли предприятия.

По этой причине для АСУ ТП характерны следующие целевые функции: минимизация цеховой себестоимости или потерь в производстве, максимизация выпуска определенных видов продукции, минимизация расхода определенных видов энергоносителей и т. д.

**Стратификация объекта управления (декомпозиция по функциональным сферам).** При желании получить полное детальное описание объекта возникают трудности, которые объясняются природой сложных систем. Эта задача обычно решается путем нахождения компромисса между простотой описания и необходимостью учета многочисленных характеристик поведения сложной системы. Решение этой проблемы можно достичь путем использования иерархических описаний сложной системы. Система в этом случае задается семейством моделей, каждая из которых описывает поведение системы с точки зрения разных уровней абстрагирования. Для каждого уровня описания (страты) существует ряд характерных особенностей и переменных, законов и принципов. Желательным требованием при стратификации\* системы является необходимость обеспечить максимально возможную независимость отдельных страт друг от друга. При анализе стратифицированной модели понимание системы возрастает при последовательном переходе от одной страты к другой: чем ниже опускаемся по иерархии, тем более детальным становится раскрытие системы; чем выше поднимаемся, тем яснее становится смысл и значение всей системы.

Реализуя условие устойчивой стратификации системы, можно выделить в составе пищевого предприятия следующие основные функциональные сферы (страты): 1) технико-экономическое планирование  $S_1^S$ ; 2) кадры  $S_2^S$ ; 3) труд и заработная плата  $S_3^S$ ; 4) финансы  $S_4^S$ ;

5) материально-техническое снабжение  $S_5^S$ ; 6) сбыт продукции  $S_6^S$ ;

7) реконструкция  $S_7^S$ ; 8) производство  $S_8^S$ .

В каждой функциональной сфере  $S_i^S$  реализуется некоторый процесс, который может быть представлен совокупностью операторов определенного типа и ориентированных связей между ними. В случае функциональной сферы производства ( $S_8^S$ ) этот процесс реализуется технологической системой, представляющей собой совокупность технологических элементов определенного типа и связывающих их технологических и энергетических потоков.

**Декомпозиция объекта по уровням сложности принимаемых решений.** В процессе принятия решения при управлении сложной системой возникает основная проблема, связанная, с одной стороны, с необходимостью оперативного вмешательства в процесс в реальном времени, а с другой - со значительным временем анализа ситуации ввиду ее сложности и выработки стратегии поведения. Решение этой дилеммы состоит в использовании многослойной иерархии системы принятия решений при управлении сложными системами. При таком подходе сложная проблема принятия решений разбивается на семейство последовательно расположенных более простых подпроблем. Автоматизированное управление реальным технологическим объектом при непрерывном изменении экономических, технологических условий не может быть сведено к раз и навсегда выбранным конкретным действиям.

Схема многослойной иерархии системы принятия решений на пищевом предприятии включает следующие уровни принятия решений при управлении объектом:

регулирование, контроль и управление ( $S_i^l$ ) отдельными технологическими агрегатами

(нижний уровень в иерархии управления), под которыми понимают сбор, первичную обработку, формирование массивов информации о состоянии объекта управления, преобразование этих массивов информации по определенному алгоритму в совокупность управляющих воздействий на объект для достижения каждой подсистемой некоторой локальной цели управления;

координация первого уровня ( $S_2^l$ ) под которой понимают целенаправленное действие вышестоящей подсистемы на согласование локальных целей управления элементарными операторами некоторого процесса в пределах технологической подсистемы (технологической линии, технологического комплекса и т. п.);

координация второго уровня ( $S_3^l$ ), под которой понимают целенаправленное действие вышестоящей подсистемы на согласование локальных целей управления некоторыми процессами, выделенными в пределах нескольких (или одного) организационных подразделений и образующих узел (станцию) управления производством;

координация третьего уровня ( $S_4^l$ ), под которой понимают целенаправленное действие вышестоящей подсистемы на согласование локальных целей узлов направления при управлении производством в целом.

Каждый уровень управления может функционировать в общем случае по нескольким алгоритмам, обеспечивающим как рациональный, так и оптимальный вариант управления. Выбор или модификация алгоритма функционирования осуществляется по командам подсистем вышерасположенных по иерархии принятия решения.

Рассмотренное число уровней принятия решений при управлении технологическим объектом в пищевой промышленности является максимально возможным. Первые АСУ ТП, созданные в отрасли, имеют два-три уровня принятия решений.

**Декомпозиция объекта по организационному признаку.** Каждый объект управления к моменту создания АСУ ТП имеет сложившуюся организационную структуру, между элементами которой распределены все протекающие в функциональных сферах (стратах) процессы. С учетом имеющейся схемы принятия решений для каждой страты может быть составлена многоуровневая (многоэшелонная) организационная структурная схема, имеющая также иерархическую природу. Очевидно, что каждой страте будет соответствовать свое число уровней принятия решений и свое число эшелонов.

Число подсистем в первом эшелоне ( $S_{1k}^e$ ) определяется результатами декомпозиции процесса на элементарные самостоятельные операторы типа выход - вход. Обычно это приводит к выделению на локальном уровне большого числа подсистем контроля и управления. Число подсистем на следующем уровне управления ( $S_{2k}^e$ ) зависит от топологии объекта, параметричности связей между технологическими установками и его организационной структуры. Число подсистем в третьем ( $S_{3k}^e$ ) эшелоне зависит в основном от организационной структуры ТОО.

Многоэшелонная организационная иерархия при управлении технологическим объектом представляет собой исходную схему для выявления функций, выполняемых АСУ ТП в соответствии с заданной целью управления. В этом случае проверяют выполнение следующего условия:

если для элемента существует задача управления, реализующая частную цель О-в противном случае

$$S_{i,m,jk}^{s,l,e} \left\{ \right.$$

Передача АСУ ТП всех функций управления технологическим объектом, обеспечивающих реализацию поставленной цели, является целесообразной, но трудно выполнимой задачей из-за сложности формализации некоторых функций управления объектами, реализуемых людьми, и из-за отсутствия необходимых технических средств для сопряжения объекта с системой управления. Поэтому реальные АСУ ТП реализуют значительно меньше функций, чем требуется для обеспечения заданной цели управления, и степень охвата объекта системой

(отношение числа фактически реализуемых системой функций к числу функций, необходимых для обеспечения заданной цели) можно рассматривать как показатель функционального совершенства АСУ ТП. На рис. 3.1 показана функциональная структурная схема АСУ ТП свеклосахарного производства.

Процесс принятия решений при разработке функциональной структуры плохо поддается формализации. Если исходить из того, что АСУ ТП реализует  $m$  функций контроля, управления и координации в соответствии с критерием оптимальности  $5t$ , тогда ТОУ нужно рассматривать как совокупность технологических агрегатов и связей между ними, участвующих в реализации названного критерия.

Получению однозначных решений при выборе функциональной структуры АСУ ТП способствует использование графовых моделей. Так, для автоматизированного технологического комплекса (АТК), состоящего из ТОУ и АСУ ТП, которые имеют внутреннюю структуру, образованную множествами функциональных элементов определенного типа ( $M, V$ ) и связей между ними ( $A, B$ ), ориентированный граф (орграф) структуры АТК может быть описан следующим образом:

(3.2)

$$\begin{aligned} O(I, Q) &= \Gamma(M, A) \cup G(V, B), \\ \Gamma(M, A) \cap G(V, B) &= \emptyset; M, V \subset I; A, B \subset Q, \end{aligned}$$

где  $I$  — множество функциональных элементов АТК;  $Q$  — множество связей между элементами;  $\Gamma(M, A)$  — орграф, описывающий структуру ТОУ;  $G(V, B)$  — орграф, описывающий техническую структуру АСУ ТП.

Обозначив через  $F$  множество функций, реализуемых системой управления, а через  $E$  — множество оценок качества структуры АТК, задачу синтеза оптимальной структуры АСУ ТП можно свести к определению совокупности множеств  $(M, A, V, B, F, E)$  и поиску единственного решения в многомерном пространстве, показатели выбора которого не могут быть улучшены при существующих условиях. Сформулированная задача относится к классу задач векторной (многоцелевой) оптимизации с дискретными переменными.

Оптимальная структура АТК получается в том случае, когда определены оптимальные структуры ТОУ и АСУ ТП. Одним из подходов к формированию оптимальной структуры ТОУ является проведение топологического анализа технологической схемы путем использования процедур декомпозиции на основе критерия минимума технологических связей между подсистемами, обеспечивающего максимальную автономность полученных подсистем. Данную процедуру выполняют с помощью алгоритма, суть которого состоит в следующем. Вычисляют матрицы связности систем:

полной

(3.3)

$$N = \bar{R} + \bar{R}^*;$$

$$\bar{R} = (\bar{A} + \bar{E})^{n*};$$

сокращенной

(3.4)

$$D = (\bar{A}_+ + \bar{A}_+^* + \bar{E}_+)^{\delta*},$$

где  $*$  — символ, показывающий, что в выражении выполняется логическое сложение;  $+$  — индекс сокращенной матрицы;  $K$  — матрица смежности графовой модели технологической структуры объекта;  $I$  — единичная матрица;  $n$  — размерность матрицы.

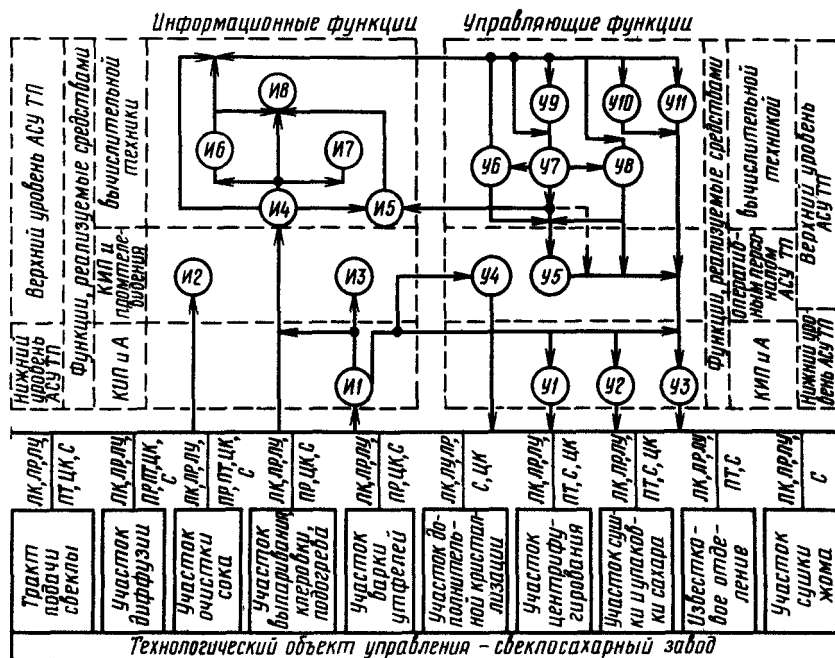


Рис. 3.1. Функциональная структура АСУ ТП свеклосахарного производства:

И1 - локальный контроль технологических параметров и показателей состояния оборудования; И2 - промышленное телевидение и связь; И3 - непрерывный контроль, регистрация и сигнализация; И4 - централизованный контроль технологических параметров и состояния оборудования; И5 - анализ состояния процессов;

И6 - расчет ТЭП и косвенные измерения (вычисления) параметров; И7 - анализ состояния оборудования и выявление "узкого" места в технологической схеме;

И8 - представление информации оперативному персоналу; У1 - локальное регулирование технологических параметров; У2 - локальное управление операциями и аппаратами; У3 - локальное регулирование параметров с коррекцией заданий от УВК; У4 - управление процессами дефекосатурации и выпаривания; У5 - коррекция заданий системам регулирования по совету УВК; У6 - оптимальное управление процессом диффузии; У7 - расчет оптимального режима переработки свеклы;

УВ - оптимальное управление процессом очистки сока; У9 - корректировка коэффициентов математической модели; У10 - оптимальное управление процессом выпаривания; У11 - управление производительностью основных технологических участков; С - связь (И2); ЦК - централизованный контроль (И4); ПТ - промышленное телевидение (И2); ЛР - локальное регулирование с коррекцией задания от УВК (У3);

ЛУ - локальное управление (У2); ЛР - локальное регулирование (У1); ЛК - локальный контроль (И1)

По матрицам  $N$  и  $D$  в системе определяют сильносвязные (охваченные обратными связями) и слабосвязные подсистемы. Рассматривая последовательно все структурные элементы объекта (производства, линии, агрегаты) и анализируя их роль в реализации поставленной цели, можно определить структуру ТОУ, описываемую орграфом  $\Gamma(M, A)$ , и функциональную структуру, описываемую орграфом  $W(F, U)$ . В результате этого становятся известны следующие множества: технологических агрегатов ( $M$ ), образующих ТОУ, и технологических связей между ними ( $A$ ), функций управления ( $F$ ), необходимых для нормального функционирования ТОУ; информационных потоков  $\{U\}$ , связывающих функции между собой и с ТОУ; точек контроля и управления ( $\Phi$ ).

При разработке функциональной структуры выделяют функции, реализуемые на объекте и в АСУ ТО. Выполнение некоторых функций не удастся автоматизировать либо из-за отсутствия необходимых технических средств, либо из-за сложности формализации функций в конкретной ситуации. Целесообразность включения функций в систему определяют на основе ранга функции, оценивающего ее важность. Таким образом, формальную процедуру структуры АСУ ТП можно выразить в виде реализации последовательных стадий:

$$\Gamma(M, A) \rightarrow W(F, U) \rightarrow G(V, B).$$

В общем случае задача синтеза структуры АСУ ТП характеризуется большой размерностью, и найти решение задачи в общем виде не удастся. К тому же задача поиска оптимальной структуры АСУ ТП обычно решается на начальных стадиях создания системы в условиях неопределенности и нечеткости используемых критериев.

При известных множествах точек контроля  $\Phi$ , орграфовых моделях  $\Gamma(M, A)$  и  $V/(F, U)$  и области допустимых значений критериев  $K$ , задачу синтеза оптимальной структуры решают путем выполнения следующих стадий:

определение типа наиболее подходящей управляющей вычислительной техники;

определение наилучшей структуры функциональных подсистем АСУ ТП, т. е. совокупности модулей и связей между ними для реализации каждой из  $m$  функций;

определение наилучшей структуры АСУ ТП в целом из известного набора функциональных подсистем, в том числе определение оптимального числа станций управления и распределения между ними функций контроля и управления.

Сформулированную задачу решают путем последовательного выполнения стадий с использованием итеративных процедур, когда отсутствие решения на любой стадии вызывает переход к началу задачи и повторение всех этапов решения с меньшим числом вариантов. При выборе типа цифровой техники по модели  $W(F, U)$  определяют число уровней принятия решений в создаваемой АСУ ТП и доступных пользователю комплексов технических средств. Предпочтительный вариант состава и типа управляющей вычислительной техники оценивают с помощью частных критериев  $K$  и критерия принятия решения  $C(K)$  для каждого из возможных наборов КТС. К частным критериям относятся: качество общесистемного программного обеспечения, качество методического обеспечения, удобство заказа технических средств; разнообразие номенклатуры технических средств, опыт проектирования АСУ ТП на данной технике, качество сервиса; удобство эксплуатации.

Структуру функциональных подсистем АСУ ТП определяют на основе графовых моделей и получаемых матриц смежности и связи. Каждая из функций системы представляется отображением по  $h$  маршрутам  $\{u_i(x, y) = 1, \dots, h\}$  показателей информации  $x$ , входящей в показатели выходящей информации  $y$ . В таком случае модель структуры функциональной подсистемы АСУ ТП может быть представлена в виде

(3.6)

$$G_j(V_j, B_j) = \bigcup_h m_i(x, y);$$

Наиболее предпочтительный вариант структуры каждой из подсистем определяется на основе частных критериев: надежности, времени реакции, помехоустойчивости, точности управления. Графовые модели (3.6) используют при автоматизированном проектировании АСУ ТП с помощью ЭВМ,

когда указывают координаты начальной и конечной точек каждого маршрута  $m_i(x, y)$  и по ним находят возможные реализации рассматриваемого канала.

При определении структуры системы в целом простейшим решением является объединение структур функциональных подсистем:

(3.7)

$$\begin{aligned}
G(V, B) &= \bigcup_m G_j(V_j, B_j) = \bigcup_m \bigcup_h m_{ji}(x, y); \\
\cap G_j(V_j, B_j) &= \bigcap_m \bigcap_h m_{ji}(x, y) \neq \emptyset; \\
V &= \bigcup_m V_j, B = \bigcup_m B_j, i = 1, \dots, h; j = 1, \dots, m.
\end{aligned}$$

Модель (3.7) соответствует широко используемым до последнего времени централизованным системам, которым присущи очевидные недостатки: низкая живучесть, высокая стоимость, большой расход кабельной продукции, низкая помехоустойчивость. Пришедшие им на смену распределенные микропроцессорные АСУ ТП, реализуемые на базе микро-ЭВМ, персональных ЭВМ и микроконтроллеров, требуют решения принципиально новых задач, среди которых можно выделить определение оптимального числа станций управления в системе; обеспечение оптимального распределения функций между станциями управления.

Критерий и алгоритм решения задачи декомпозиции модели структуры централизованной системы аналогичны таковым для задачи линейного назначения:

$$\begin{aligned}
\min L &= \min \sum_{i,j \in I} l(i, j); \\
S^T &\leq S^T_{\text{доп}}; l(i, j) \leq l(i, j)_{\text{доп}}; v \geq v_{\text{доп}}; R_g \leq R_g^{\max},
\end{aligned}$$

где  $l(i, j)$  — длина линии связи между элементами системы  $ij$ ;  $S^T$  — стоимость технических средств;  $v$  — структурная живучесть системы;  $R_g$  — загрузка  $g$ -го элемента системы.

При обычной постановке задача (3.8) сводится к назначению  $\omega$  объектов на  $\omega$  мест, и число возможных вариантов решения составляет  $\omega!$ . Для сокращения размерности задачи и удобства решения существуют алгоритмы и программы, позволяющие на основе задачи (3.8) решить ряд вспомогательных задач:

- минимизировать длину линий связи в системе и добиться экономии кабельной продукции;
- приблизить станции управления к объекту и повысить качество непосредственного цифрового управления;
- определить места размещения станций управления;
- повысить помехоустойчивость системы.

## **ФУНКЦИИ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА АСУ ТП**

Диспетчер-технолог АТК является составной частью системы, Функции диспетчера-технолога существенно зависят от целей и задач, стоящих перед АСУ ТП, и определяются должностной инструкцией, являющейся составной частью эксплуатационной документации на систему.

Должностная инструкция диспетчера-технолога отражает следующие вопросы: его подчиненность в системе; состав лиц, которым он имеет право давать распоряжения; состав документов, которыми он обязан руководствоваться в своей работе; профессиональные требования и порядок назначения на должность; детализированные функции с учетом особенностей технологического процесса и АСУ ТП; права и обязанности; порядок приема и сдачи смены, работы в течение смены и пр. Обычно в состав организационного обеспечения АСУ ТП включается следующее:

- инструкция оператору УВК по вводу оперативной производственной информации;
- инструкция оператору лаборатории химико-технологического контроля по вводу в УВК результатов анализа качественных характеристик сырья и полупродуктов;
- должностная инструкция начальника машины (начальника УВК) отдела АСУ ТО;
- должностная инструкция сменного инженера группы технического обслуживания УВК отдела АСУ ТП;
- инструкция на действия начальника смены (сменного инженера) при возникновении аварийной ситуации и т. д.

## **ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИОННОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ**

Документация по 00 предназначена для описания организационной структуры управления объектом, связанным с созданием АСУ ТП (схема организационной структуры, описание организационной структуры); описания действий персонала по обеспечению функционирования АСУ ТП (технологическая инструкция, инструкция по эксплуатации); установления функций, прав и обязанностей должностных лиц по обеспечению функционирования АСУ ТП (должностная инструкция).

На схеме организационной структуры (рис. 3.2) показывают подразделения или должностные лица, обеспечивающие функционирование АСУ ТП либо использующие при принятии решений информацию, полученную от нее; связи между подразделениями и отдельными должностными лицами, указанными на схеме, и их соподчиненность.

При описании организационной структуры отражают проектные решения по изменению структуры управления объектом в связи с внедрением АСУ ТП и соответствующим обоснованием и изменения во взаимосвязях между подразделениями. При создании новых подразделений для обеспечения функционирования АСУ ТО описывают их организационную структуру и функции, а также регламент работ и перечень категорий работников с указанием числа штатных единиц. При реорганизации существующих подразделений управления отражают изменения в связи с созданием АСУ ТО в части организационной структуры, в функциях подразделений, регламенте работы и составе их персонала. Соответствующие разделы проекта имеют названия:

"Изменение в организационной структуре", "Организация подразделений", "Реорганизация существующих подразделений управления".





В технологическую инструкцию включают сведения о порядке и последовательности выполнения операций технологического процесса обработки данных, а также перечень должностей, на которые она распространяется. При необходимости может указываться также порядок регистрации выполненной операции.

Инструкция по эксплуатации содержит сведения о назначении, функциях, регламенте и режиме работы АСУ ТП, указания по технике безопасности, порядке работы персонала, проверке правильности функционирования технических средств, правилах технической эксплуатации, действиях при аварийном отключении технических средств, предаварийном и аварийном состояниях объекта, пусковом и остановочном режимах. Данную инструкцию составляют на каждый вид оборудования для каждого исполнителя или группы исполнителей при выполнении ими одинаковых функций. В инструкции приводят описание работ и последовательность их выполнения, сведения о составе и квалификации персонала, порядке проверки его знаний и допуска к работе, а также перечисляют производственное оборудование и средства АСУ ТП, закрепленные за исполнителем. Сведения, имеющиеся в эксплуатационной документации завода-изготовителя КТС, как правило, не приводятся.

Должностная инструкция определяет права и обязанности должностного лица по обеспечению функционирования АСУ ТП, а также действия его при возможных нарушениях. Инструкция по эксплуатации состоит из нескольких разделов. В разделе "Общие положения" указывается, что "Инструкция" дополняет существующие документы, регламентирующие действия оператора в условиях АСУ ТП, содержит сведения о назначении, функциях и режимах работы, характере решаемых задач, определяет права, обязанности и ответственность оператора. После опытной эксплуатации "Инструкция" может дополняться.

Раздел "Краткое описание" содержит следующие сведения. Согласно организационной структуре оператор свеклоперерабатывающего отделения административно подчинен сменному технолог, осуществляет с ним оперативную двухстороннюю диспетчерскую связь и выполняет его указания по ведению процесса. В свою очередь оператору свеклоперерабатывающего отделения подчинены операторы тракта подачи свеклы и сушки жома, с которыми осуществляется громкоговорящая связь.

В операторском пункте свеклоперерабатывающего отделения устанавливают щит преобразователей, щит регистрирующих приборов, регулирующий микропроцессорный контроллер Ремиконт Р-112, пульт управления и кондиционер. Оператор участвует в осуществлении информационных и управляющих функций АСУ ТП. К информационным функциям относятся прием и анализ полученных данных, контроль и анализ состояния объекта. В "Инструкции" перечисляются автоматически измеряемые параметры, например температура по зонам диффузионного аппарата, расход стружки, диффузионного сока, жомопрессовой и сульфитированной воды, содержание сухих веществ в соке и т. д. К управляющим функциям относятся передача командной информации об изменении режима работы; изменение режима работы диффузионной установки, в том числе по указанию диспетчера; изменение режима работы в предаварийной и аварийной ситуациях.

В ручном режиме оператор осуществляет управление с помощью органов дистанционного управления на основании информации о состоянии технологических параметров. Оператору предоставляется также информация о неисправностях Ремиконта. Ручной режим является вспомогательным и используется, как правило, при пусках и остановках оборудования, в предаварийной и аварийной ситуациях.

В автоматическом режиме выработку и реализацию управляющих воздействий осуществляют с помощью комплекса технических средств (прямое цифровое или косвенное управление). При использовании советующего режима оператору представляют рекомендации по управлению процессом, полученные от УВК на основе обработки оперативной информации.

В разделе "Сведения о решаемых задачах" перечисляются задачи в соответствии со специальным программным обеспечением, приводятся необходимая информация и соответствующие пояснения. Например, при решении задачи "Оптимальное управление процессом сушки жома" используется следующая информация: расходы мазута, воздуха на охлаждение, прессованного жома; содержание сухих веществ в прессованном и сухом жоме; температуры на входе в сушильный барабан и на выходе из него; расход сухого жома. УВК в

результате решения задачи оптимизации рассчитывает значения заданий локальным регуляторам температуры на входе и выходе сушильного барабана. В советующем режиме формируется сообщение "Оптимальный режим сушки жома" с указанием температур на входе и выходе сушильного барабана. Изменение заданий с помощью локального регулятора производит оператор сушильного отделения по указанию оператора свеклоперерабатывающего отделения. В режиме косвенного управления рассчитанные значения температур автоматически поступают в качестве заданий на локальные регуляторы. Задача включается по временному признаку или по инициативе оператора сушильного отделения.

В разделе "Обязанности оператора" приводится перечень действий оператора, обязательных к исполнению, например ведение процесса строго в соответствии с заданием, изменение технологического режима только по распоряжению диспетчера и лиц, предусмотренных инструкцией, соблюдение правил техники безопасности, поддержание оперативной связи с диспетчером и т. д.

В разделе "Оператор имеет право" приводится перечень его действий: останавливать установку в предаварийной или аварийной ситуациях, осуществлять ее пуск после указанных ситуаций, требовать создания безопасных условий труда и т. д.

Инструкция заканчивается разделом "Оператор несет ответственность" за нарушение технологического режима, несвоевременную и неточную информацию, передаваемую по системам диспетчерской связи, и т. д.

### 3А. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

В состав технического обеспечения АСУ ТП наряду с комплексом технических средств и каналов связи между ними входят также конструкторская и эксплуатационная документация и проектные решения, предназначенные для поддержания системы в работоспособном состоянии. Совокупность вычислительных и управляющих уст-

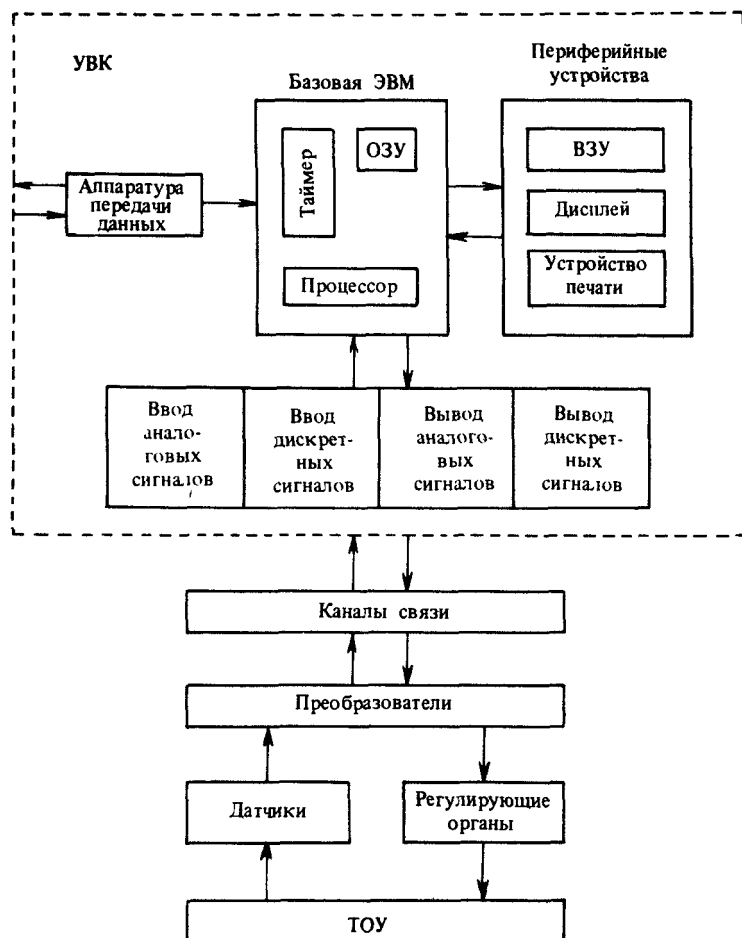


Рис. 3.3. Техническая структура АСУ ТП 160

роЙств, средств преобразования, отображения и регистрации сигналов, устройств передачи и обработки сигналов и данных, а также исполнительных устройств образуют комплекс технических средств (КТС) АСУ ТП.

## СОСТАВ И ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ПОДСИСТЕМ ТС АСУ ТП

В схеме передачи данных на расстояние между некоторыми устройствами (рис. 3.4) МИРПС представляет собой модуль согласования интерфейса И41 микроЭВМ СМ 1800 с интерфейсом ИРПС (интерфейс радиально-последовательной связи), МСМ - модуль, согласовывающий интерфейс И41 со стандартным стыком.

**Подсистема ввода дискретных сигналов.** Дискретные сигналы делятся на три группы: позиционные, инициативные и число-импульсные. Позиционные и инициативные сигналы характеризуют состояние оборудования, положение определенных органов, результаты различных измерений в двоичном и двоично-десятичном параллельном коде и т. д. В подсистеме ввода дискретных сигналов обычно производится гальваническая развязка входных цепей и цепей УВК, нормализация сигналов (доведение их до напряжения 5 или 10 В) и запоминание их в соответствующих регистрах. Ввод инициативных сигналов в ОЗУ производится немедленно после их поступления в подсистему (соот-

Рис. 3.4. Схема передачи данных в АСУ ТП

Каналы ввода число-импульсных сигналов выполняют аналогичные функции. Только вместо запоминания производится суммирование всех поступающих импульсов, а считывание

информации с сумматора осуществляется процессором либо с заданной периодичностью, либо по сигналам самого модуля ввода число-импульсных сигналов (при достижении определенного заполнения сумматора).

**Подсистема вывода аналоговых сигналов.** Эта подсистема предназначена для вывода из системы аналоговых сигналов силы тока (обычно от 0 до 5 МА) и напряжения (обычно от 0 до 10 В), используемых для изменения уставок регуляторов, индикации значений аналоговых сигналов на приборах, речевого вывода информации и т. д. Подсистема выполняет функции запоминания сигнала, его декодирования, гальванической развязки аналоговых и цифровых цепей, собственно цифро-аналогового преобразования сигнала, поступающего с процессора. В тех случаях, когда число каналов вывода аналоговой информации значительно (многие десятки), осуществляется коммутация выходных сигналов.

**Подсистема вывода дискретных сигналов.** Данная подсистема предназначена для вывода из системы дискретных сигналов разного напряжения и силы тока. В связи с тем что в последнее время стали создаваться системы НЦУ, промышленность осваивает выпуск бесконтактных модулей вывода дискретных сигналов повышенной мощности (с переменным напряжением 220 В и силой тока выше 5 А). Подсистема выполняет функции запоминания сигнала, гальванической развязки, внутренних и внешних цепей УВК, декодирования и преобразования дискретного сигнала в необходимые параметры, передачи его потребителю.

### ***УПРАВЛЯЮЩИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В АСУ ТП***

В результате интенсивного совершенствования элементной базы за последние 10 лет произошла смена нескольких поколений управляющей вычислительной техники. Одновременно это сопровождалось расширением номенклатуры устройств УВК и их функциональных возможностей, а также совершенствованием организации вычислительного процесса: появлением все более совершенных операционных систем, пакетов прикладных программ, алгоритмических языков. Благодаря этому область применения УВК значительно расширилась, что сделало их доступными для специалистов, не имеющих специальной подготовки.

Первые УВК, которые получили широкое распространение в разных областях народного хозяйства, относились к агрегатирован-ным средствам вычислительной техники, построенным на микроэлектронной базе (АСВТ-М): М-6000, М-400, М-4030, М-40, М-60, М-7000. В АСУ ТП нашли применение только УВК серии М-6000. Процессор в них имел быстроедействие до 200 тыс. операций типа сложения в секунду;

канал прямого доступа в память для ввода в ОЗУ больших массивов информации от быстродействующих устройств (типа устройств внешней памяти, АЦПУ и т. д.); дисплеи для ввода - вывода алфавитно-цифровой информации в УВК как непосредственно из машинного зала, так и с расстояния до 1 км; устройства печати с широким диапазоном скорости печати и шириной бумаги до 420 мм; оперативную память до 32 К слов ( $K = 210 \cdot 16$  бит); внешнюю память на магнитных дисках и лентах, в основном удовлетворяющих потребность АСУ ТП пищевых производств по емкости и времени доступа к информации.

Особые преимущества УВК М-6000 имел перед другими УВК АСВТ-М благодаря широкой номенклатуре модулей УСО, позволяющих сопрягать УВК с большинством объектов управления. Поставка УВК М-6000 на объекты в основном производилась типовыми комплексами. Большое распространение в отрасли получил типовой комплекс М-6000-8, который содержал в основном все необходимые технические средства для создания АСУ технологическими процессами пищевых производств.

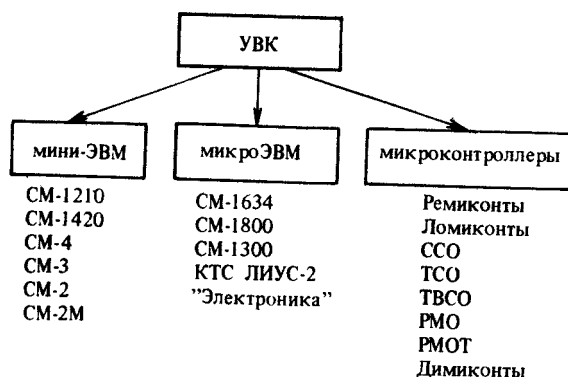


Рис.3.5. Современный комплекс вычислительной машины

На смену УВК М-6000 и М-400 пришли соответственно УВК СМ-1, СМ-2, СМ-3 и СМ-4, а затем были созданы их модифицированные варианты - СМ-1М (СМ-634), СМ-2М, СМ-3М (СМ-1300). Появление микропроцессорных наборов дало возможность создавать новые классы устройств - микроЭВМ и микроконтроллеры, позволяющие разработать распределенные системы управления. Классификация современной управляющей вычислительной техники приведена на рис. 3.5.

## ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ АСУ ТП

Основные проектные решения по ТО отражают в следующих документах: описание комплекса технических средств; структурная схема комплекса технических средств; план расположения; перечень заявок на разработку новых технических средств; перечень заданий заказчику АСУ (генпроектировщику) на проектирование в смежных частях проекта объекта, связанное с созданием АСУ; ведомость оборудования и материалов; технические требования к технологическому объекту управления; проектная оценка надежности комплекса технических средств; схема автоматизации; принципиальная схема; чертеж общего вида; таблица соединений и подключений; схема соединения внешних проводок; схема подключения внешних проводок ; спецификация оборудования; чертеж установки технических средств; ведомость потребности в материалах.

При разработке отдельной подсистемы перечень документов ограничивают. Приведем краткую характеристику перечисленных документов.

### Описание комплекса технических средств.

*Этот документ должен включать следующие разделы: общие положения, структура комплекса технических средств, вычислительный комплекс, абонентские пункты, аппаратура передачи данных. "Общие положения" содержат исходные данные, используемые при проектировании технического обеспечения. Раздел "Структура комплекса технических средств" включает обоснование выбора комплекса технических средств (КТС), в том числе технических решений по обмену данными с объектом управления и другими системами, ссылки на документы, подтверждающие поставку КТС. В данном разделе приводятся данные о функционировании КТС в разных режимах, в том числе в пусковых и аварийных, о размещении КТС на объектах управления и производственных площадях с соблюдением требований техники безопасности и технических условий эксплуатации. Здесь же необходимо дать обоснование применения несерийных средств и методов защиты КТС от разных воздействий (механических, тепловых, электромагнитных), а также защиты данных, в том числе от несанкционированного доступа и обеспечения достоверности данных в процессе функционирования КТС. Раздел завершается проектной оценкой надежности КТС.*

Раздел "Вычислительный комплекс" содержит обоснование выбора типа ЭВМ, описание структуры технических средств, размещенных в вычислительном центре, характеристику периферийных технических средств, результаты расчета числа технических средств и потребности в машинных носителях данных. В этом разделе необходимо привести данные: о требуемой численности персонала, обеспечивающего функционирование вычислительного центра в пусковом, нормативном и аварийном режимах; принятой технологии подготовки машинных носителей данных и их контролю при вводе в ЭВМ и в процессе хранения.

Раздел "Абонентские пункты" включает основные решения по выбору технических средств абонентских пунктов (АП), периферийных технических средств АП (получение, контроль, подготовка, сбор, регистрация, передача, отображение информации и воздействия на объект управления), а также другие данные: расчет числа технических средств АП, потребность в машинных носителях данных, сведения о численности персонала АП, технические решения по оснащению рабочих мест оперативного персонала АП, описание особенностей функционирования АП в разных режимах (пусковом, нормальном и аварийном).

Раздел "Аппаратура передачи данных" содержит обоснование решений по выбору средств обработки и передачи данных, каналов связи, технических средств, обеспечивающих сопряжение с каналами связи, требования к арендуемым каналам связи, сведения о размещении абонентов, Показателях надежности, достоверности и других технических характеристиках средств обработки и передачи данных.

**Структурная схема комплекса технических средств.** На данной схеме показывается состав ТС и связи между отдельными устройствами или группой средств, объединенных по определенным логическим признакам. На схеме допускается указывать основные характеристики технических средств. Структурная схема при необходимости может состоять из нескольких схем. Структурную схему допускается включать отдельным разделом в документ "Описание КТС".

**План расположения КТС.** На плане определяется размещение пунктов управления и средств технического обеспечения, требующих специальных помещений или отдельных площадей. Этот документ также допускается совмещать с документом "Описание КТС". План расположения КТС выполняют при разработке рабочего и техно-рабочего проектов. На нем показывают планы и разрезы помещений. На последних указывают датчики с отборными устройствами, исполнительные механизмы, устройства телемеханики и связи, средства вычислительной техники, кабельные и трубные проводки и т. д. На чертеже проставляют установочные размеры, необходимые для монтажа технических средств.

**Перечень заявок на разработку новых технических средств.** Этот документ включает сведения о назначении разработки, предполагаемых организациях-разработчиках, ориентировочную стоимость, объем разработки и сроки выполнения работ.

**Ведомость оборудования и материалов.** Документ включает все сведения, необходимые для составления смет на приобретение и монтаж средств технического обеспечения системы, и соответствует требованиям по составлению заказных спецификаций и ведомостей к проектам АСУ.

**Технические требования к технологическому объекту управления.** Документ содержит требования к изменению, доработке и модернизации технологических агрегатов и установок, связанных с установкой регулирующих органов, отборных устройств, датчиков и т. д., и сведения, необходимые для проведения этих работ.

**Задания на проектирование.** При проектировании АСУ ТП при необходимости разрабатывают задание на проектирование в смежной части проекта, связанное с созданием системы. Необходимость такой разработки определяется особенностями объекта управления и принятыми техническими решениями по системе. Задание содержит общие сведения о заказчике и разработчике смежной части проекта, об организации работ по выполнению задания. Установлены следующие виды заданий: на проектирование помещений, кабельных сооружений, проемов и закладных конструкций; на размещение элементов автоматизации на

технологическом оборудовании и трубопроводах; обеспечение АСУ энергоносителями; проектирование средств связи и сигнализации для АСУ; на систему передачи данных для АСУ. В этих заданиях формулируются исходные данные, а также конкретные требования по отдельным разделам. Например, в разделе "Задание на проектирование помещений, кабельных сооружений, проемов и закладных конструкций" содержатся перечень помещений с указанием их параметров (площадь<sup>1</sup>, нагрузка на пол, допускаемый уровень звукового давления и др.); планы помещений с указанием назначения каждого из них, размещением проемов, каналов, закладных конструкций для установ\* ки щитов и пультов; эскизы и чертежи кабельных каналов, монтажных проемов закладных конструкций; требования к помещениям по строительной и санитарно-технической частям, водоснабжению, канализации, кондиционированию и т. д.; сведения о потребляемой мощности устанавливаемых технических средств, режиме работы персонала и т. д.

"Задание на обеспечение АСУ энергоносителями" должно содержать требования к обеспечению КТС электроэнергией, сжатым воздухом, гидроэнергией, теплоносителем, хладагентом необходимого качества; перечень потребителей энергоносителей и исходные данные для проектирования энергоснабжения, строительные чертежи с указанием размещения потребителей энергоносителей.

В разделе "Задания на проектирование средств связи и сигнализации для АСУ" приводятся общие требования по размещению необходимых средств, требования к линиям связи (параметры кабельных линий, число каналов связи для каждого пункта сбора информации), перечень помещений (пунктов сбора информации) с указанием устанавливаемых средств связи, передачи данных, сигнализации, радиофикации и др.

"Задание на систему передачи данных для АСУ" должно содержать сведения о размещении абонентов и объемно-временных характеристик передаваемой информации, требования к каналам связи и сопряжения с ними, которые используются техническим средством, надежности и т. д. Могут разрабатываться также и другие задания в зависимости от специфики и характеристик АСУ ТП.

**Проектная оценка надежности КТС\*.** В документ входят исходные данные (паспортные данные по интенсивности отказов и восстановлений, временные графики загрузки) и результаты расчета, т. е. оценки показателей надежности (среднее время наработки на отказ, среднее время восстановления, коэффициент готовности) для группы технических средств, участвующих в выполнении функций по преобразованию данных, и КТС АСУ ТП в целом.

В техническом проекте раздела "Общесистемные вопросы" приводятся сведения о метрологическом обеспечении системы: методика (алгоритм) выполнения измерений, содержащая сведения об условиях измерения; структурные схемы измерительных каналов системы;

перечень и метрологические (точностные) характеристики технических и программных средств, используемых в измерительных каналах;

оценки точности измерительной информации (расчетные).

В комплект рабочей документации АСУ ТП в раздел "Общесистемные вопросы" включают сведения о метрологических характеристиках системы, которые представляют собой при необходимости уточненные и дополненные данные технического проекта, способы подтверждения соответствия метрологических характеристик принятым ранее, методы, условия и режимы испытаний АСУ ТП на получение фактических метрологических характеристик, а также правила технической эксплуатации, обеспечивающие заданные показатели точности. Все эти сведения и данные приводят со ссылками на проекты программы метрологической аттестации измерительных каналов и методики их проверки.

## **МЕТОДИКА ВЫБОРА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ**

Задачи определения оптимального состава технических средств относятся к многовариантным, решение которых зависит от множества факторов и существенных неопределенностей. Для каждой из групп технических средств в зависимости от функционального назначения (датчики, преобразователи, вторичные приборы, регуляторы и т. д.) существуют определяющие факторы, от которых зависят последовательность процедур

решения поставленной задачи и соответствующая им методика. Меньше всего рассмотрены и практически не формализованы процедуры выбора управляющей вычислительной техники.

При выборе управляющих вычислительных комплексов используют следующие исходные данные: характеристики решаемых задач с точки зрения объема входной и выходной информации, сложность обработки данных, определяемая набором коэффициентов, учитывающих увеличение числа машинных операций за счет использования процедур контроля, вспомогательных операций, общесистемных средств автоматизации и т. д.; требования по времени решения и надежности работы ЭВМ; номенклатура серийно выпускаемых ЭВМ, их технические и эксплуатационные характеристики.

Качество разных типов вычислительной техники можно охарактеризовать набором показателей, к числу которых относятся: качество общесистемного программного обеспечения, качество методического обеспечения, удобство заказа и доступность технических средств, состав комплекса, качество сервиса, существующий опыт проектирования на базе определенного типа управляющей техники, удобство эксплуатации, надежность, время реакции, помехоустойчивость, точность управления и т. д.

Тип управляющей вычислительной техники определяют с помощью итеративных процедур, ориентированных на использование программ систем автоматизированного проектирования. В настоящее время в фондах алгоритмов и программ имеются соответствующие средства, которые можно использовать при работе на персональных ЭВМ в интерактивном (диалоговом) режиме.

Методика выбора ЭВМ в укрупненных показателях заключается в выполнении следующих этапов: подготовка исходных данных для выбора ЭВМ (как правило, это заполнение соответствующей таблицы);

подготовка исходных данных для выбора устройств связи с объектом;

определение числа ЭВМ; выбор устройств связи с объектом; проверка требований надежности, проверка эффективности ЭВМ.

Пример расчета необходимого числа ЭВМ. Вначале определяем продолжительность работы устройств ввода данных

(3.9)

$$T_{ввi} = \sum_{j=1}^{n_{ij}} Q_{ввj} / (V_{ввji} K_{ввji} N_{ввji}), \text{ где } Q_{ввj} \text{ — объем данных при использовании устройств } j\text{-ГО типа, определяемый в разделе ИО ТП; } V_{ввji} \text{ — скорость устройства } j\text{-ГО}$$

типа при использовании ЭВМ 1-й модели;  $K_{ввji}$  — коэффициент, учитывающий производительность устройства j-ГО типа при использовании ЭВМ 1-й модели при вводе с канала связи (0,9), перфоленты (0,7) и перфокарт (0,5);  $N_{ввji}$  число параллельно работающих устройств j-го типа при использовании ЭВМ 1-й модели.

Затем находим среднее быстродействие ЭВМ i-й модели:

$$V_{ЭВМi} = 1 / \sum_k P_k t_{ki} \quad (3.10)$$

где  $P_k$  — частота появления k-й операции при решении задач рассматриваемых классов, %;

$t_{ki}$  — продолжительность k-й машинной операции при использовании ЭВМ i-й модели.

Зная  $V_{ЭВМi}$ , определим продолжительность выполнения операции первичной обработки

(3.11)

$$T_{поi} = \frac{Q_{ввj} N_{по} K_{поi}}{V_{ЭВМi}}, \text{ где } N_{по} \text{ — число машинных операций, необходимых для первичной обработки}$$

одного входного показателя;  $K_{поi}$  — коэффициент, учитывающий сложность входных данных при первичной обработке (1...2).

Далее находим продолжительность вычисления и формирования выходных данных:

(3.12)

$$T_{прi} = \frac{Q_{ввj} N_{пр} K_{прi}}{K_{бдi} V_{ЭВМi}}, \text{ где } N_{пр} \text{ — число машинных операций на обработку одного входного показателя при решении простейших задач; } K_{прi} \text{ — коэффициент,}$$



учитывающий увеличение числа машинных операций за счет использования общесистемных средств автоматизации (1,2...2,4);

$K_{бдi}$  – коэффициент, учитывающий понижение быстродействия  $i$ -й модели ЭВМ за счет обмена информацией между ОЗУ и внешними запоминающими устройствами (1...1,6).

После этого вычисляем продолжительность работы устройств вывода данных

$$T_{\text{выв}i} = \sum_{j=1}^{n_{ij}} \frac{Q_{\text{выв}j}}{V_{\text{выв}j} K_{\text{выв}ji} N_{\text{выв}ji}}, \quad (3.13)$$

где  $K_{\text{выв}ji}$  – коэффициент, учитывающий производительность устройств  $j$ -ГО типа при использовании ЭВМ  $i$ -й модели (0,8...0,9).

Смысл остальных величин аналогичен таковым в выражении (3.12). Теперь определим среднее время решения задач на одной ЭВМ:

$$T_{\text{ЭВМ}i} = [T_{\text{вв}}(1 - K_{\text{свв}i}) + T_{\text{по}i} + T_{\text{пр}i} + T_{\text{выв}}(1 - K_{\text{свыв}i})]/K_{\text{г}i}, \quad (3.14)$$

где  $K_{\text{свв}}, K_{\text{свыв}i}$  – средневзвешенные коэффициенты совмещения работы процессора с работой устройств ввода-вывода (0,4...0,8);

$K_{\text{г}i}$  — коэффициент готовности ЭВМ  $i$ -й модели.

Наконец, рассчитываем число ЭВМ  $i$ -й модели:

$$N_{\text{ЭВМ}i} = T_{\text{ЭВМ}i} / T_{\text{эд}}, \quad (3.15)$$

где  $T_{\text{эд}}$  — заданное допустимое машинное время решения задачи.

### 3.3. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Программное обеспечение (ПО) включает совокупность программ и эксплуатационной программной документации, необходимой для реализации функций системы и заданного режима функционирования комплекса технических средств. Программное обеспечение АСУ ТП подразделяется на общее (общесистемное) программное обеспечение (ОПО) и специальное (СПО).

Общее программное обеспечение включает ту часть программного обеспечения, которая поставляется в комплекте со средствами вычислительной техники или приобретается готовой в специализированных фондах алгоритмов и программ. Так, в состав ОПО АСУ ТП входят программы, используемые для обеспечения функционирования вычислительного комплекса вне зависимости от особенностей данной системы, служебные и стандартные программы. Общее программное обеспечение АСУ ТП изготавливается и поставляется в виде продукции производственно-технического назначения заводом-изготовителем средств вычислительной техники (операционная система, трансляторы и др.).

Специальное программное обеспечение включает ту часть ПО, которая ориентирована на конкретную систему и содержит программы для реализации основных (управляющих и информационных) и вспомогательных (обеспечение заданного функционирования комплекса технических средств, проверка правильности ввода информации, контроль за работой технических средств и т. д.) функций. Специальное программное обеспечение АСУ ТП разрабатывается на базе и с использованием программ ОПО.

В процессе проектирования АСУ ТП разрабатывают также математическое и лингвистическое обеспечения, которые в явном виде не входят в состав функционирующей системы. Под математическим обеспечением понимают совокупность методов, моделей и алгоритмов, используемых в системе. Иногда в литературе говорится об алгоритмическом обеспечении, хотя в руководящих материалах и ГОСТах такая составная часть системы не выделяется. Математическое обеспечение разрабатывается на стадии "Технический проект".

Лингвистическое обеспечение АСУ ТП представляет собой совокупность языковых средств для общения оперативного персонала АСУ ТП со средствами вычислительной техники. Описание языковых средств включается в состав эксплуатационной документации организационного и программного обеспечения системы, а разработка лингвистического обеспечения осуществляется на стадиях "Технический проект" и "Рабочая документация".

Программное обеспечение АСУ ТП должно обеспечивать реализацию всех функций системы, перечисленных в техническом задании, и допускать возможность модернизации и развития системы. Кроме того, программное обеспечение должно максимально использовать средства общепрограммного обеспечения.

Задание на разработку программных средств разрабатывают на стадии "Технический проект". На этой стадии приводят описания алгоритмов, а также при необходимости общее описание программного обеспечения.

В общем виде взаимодействие основных элементов ПО АСУ ТП показано на рис. 3.6. В основе ПО лежат данные и необходимые программы, поэтому одна часть ПО предназначена для управления программами, а другая - для управления данными. Система управления базой данных (СУБД) организует хранение данных в устройствах

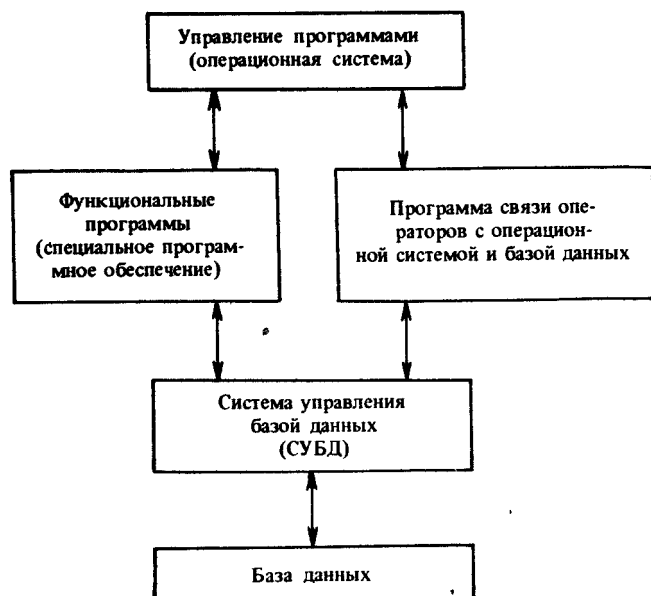


Рис. 3.6. Взаимодействие основных элементов ПО АСУ ТП

памяти и выдачу функциональным программам данных в той форме, в какой они нужны для обработки. Более подробно СУБД рассматриваются при описании порядка проектирования информационного обеспечения.

### **ВЫБОР ОБЩЕГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

Общее программное обеспечение включает описание языков программирования с соответствующими компилирующими системами, операционную систему, осуществляющую организацию обработки информации и связь ЭВМ с ТОУ и операторами системы, обслуживающую систему для отладки, контроля и диагностики неисправностей в ходе работы ЭВМ. Общее программное обеспечение обычно ориентировано на конкретную ЭВМ и может иметь определенную структуру:

пакеты программных модулей, реализующих следующие функции- логико-математическую обработку данных; сбор и предварительную обработку данных (линеаризацию, сглаживание, фильтрацию и т. п.); передачу данных по линиям связи; отображение информации; управление и обслуживание периферийных устройств; контроль и диагностику технических средств; организацию и управление вычислительным процессом; организацию связи человека с системой управления и создание максимальных удобств в работе пользователя и т. п.;

системы программирования, набор трансляторов, текстовый редактор, сервисные программы; используются программные модули первого уровня;

операционные системы. Обычно каждая ЭВМ имеет определенный набор операционных систем разного назначения: системы, обеспечивающие решение одной задачи; системы, обеспечивающие пакетную обработку в режиме последовательного решения нескольких задач; системы, обеспечивающие пакетную обработку в режиме мультипрограммирования (в каждый момент времени параллельно решается несколько задач); системы, работающие в режиме разделения времени (одновременного доступа нескольких пользователей непосредственно к ЭВМ); системы, работающие в реальном масштабе времени.

Операционные системы представляют собой набор программ для конкретной ЭВМ, содержащий некоторую главную программу (супервизор, монитор), и программы, действующие под ее контролем и управлением. Поскольку одни и те же ЭВМ могут использоваться в разной конфигурации (с разным числом каналов, внешних устройств, блоков оперативной памяти и т. п.), а также для разных целей (работа в реальном масштабе времени, в режиме разделения времени и т. д.), целесообразно при генерировании операционной системы выбирать программные модули, которые наилучшим образом отвечают конкретным требованиям. Пользователю операционные системы передаются как в сгенерированном, так и в несгенерированном виде, но в последнем случае обязательно поставляются средства генерации

операционных систем под заданные применения и конфигурации технических средств; базовые пакеты прикладных программ (ППП), предназначенные для решения определенных совокупностей процедурно-ориентированных (ППП численного анализа, методов оптимизации, математической статистики и т. д.) и проблемно-ориентированных (ППП имитационного моделирования, автоматизации лабораторных экспериментов и т. д.) задач;

набор инструментальных средств для разработки и отладки системного программного обеспечения и выпуска программной документации.

## **ОПЕРАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ**

В АСУ ТП пищевых производств получили распространение следующие операционные системы:

дисксовая операционная система реального времени (ДОС РВ) на УВК М-6000, СМ-1, СМ-2;

дисксовая операционная система агрегатной системы программного обеспечения (ДОС АСПО) на УВК СМ-2, СМ-2М, СМ-1;

операционная система реального времени (ОС РВ) на ЭВМ СМ-4, СМ-1420, СМ-1600, СМ-1300, некоторых ЭВМ типа "Электроника";

мультипрограммная операционная система реального времени (МОС РВ) на УВК СМ-1800;

дисксовая операционная система реального времени (ОС РВ) на УВК СМ-4;

операционная система РАФОС (Разделения Функций Операционная Система) для распределенных микропроцессорных систем;

операционная система ФОДОС (Фоновая Основная Дисксовая Операционная Система) для вычислительных комплексов, реализуемых на базе микроЭВМ типа "Электроника".

**Операционная система ДОС РВ.** Эта система получила наибольшее распространение. Она обеспечивает приоритетное обслуживание запросов, эффективную организацию данных на магнитных дисках, сравнительно простую организацию работы, эффективное использование оперативной памяти и т. д. Супервизор реального времени ДОС РВ включает программные модули; супервизор программ, диспетчер задач, супервизор ввода-вывода, а также драйверы ввода-вывода и системные таблицы.

В ДОС РВ обеспечивается возможность выполнения задач пользователя четырех типов: задачи реального времени, резидентные в оперативной памяти (это высокоприоритетные задачи с быстрой реакцией на изменившиеся условия реального времени); диск-резидентные задачи реального времени (задачи этого типа хранятся на диске и перед выполнением передаются в зарезервированную во время генерации область ОЗУ); фоновые задачи, резидентные в ОЗУ, фоновые диск-резидентные задачи.

**Операционная система ДОС АСПО.** Система имеет значительно более высокую, чем у ДОС РВ, реактивность, так как все системные и пользовательские задачи располагаются в ОЗУ. В тех случаях, когда программы и данные превышают 256 Кбайт, возникает необходимость организовать использование дисков. В этом случае значительно усложняется (по сравнению с ДОС РВ) алгоритм совместной работы ОЗУ и дисков, что снижает надежность системы и повышает затраты труда программистов при отладке программ. В настоящее время ведутся работы по усовершенствованию ДОС АСПО.

**Операционная система ОС РВ.** Она является более совершенной, обеспечивает решение широкого круга задач управления в реальном масштабе времени. Время действия операционной системы генерируется в зависимости от применения системы: от небольших систем для лабораторных исследований до больших многопользовательских систем для обработки данных и управления. Система ориентирована на многотерминальную работу, имеет высокую реактивность запуска задач, широкие возможности при использовании файловой системы на дисках разных типов и магнитных лентах и т. д.

**Операционная система МОС РВ.** Система представляет собой одну из первых отечественных систем широкого применения, ориентированную на использование в микроЭВМ, реализующую мультипрограммный режим работы. МОС РВ имеет широкие возможности по сравнению с предшествующей ей операционной системой БРС РВ. Она может одновременно обслуживать несколько периферийных устройств, в ее

состав введен отладчик реального времени, расширены возможности файловой системы, созданы средства для межмашинного обмена.

Широкое применение микроЭВМ в АСУ ТП делает актуальными вопросы рационального использования ресурсов этих ЭВМ (микроЭВМ обычно имеют меньшее быстродействие и объем ОЗУ по сравнению с мини-ЭВМ). В целях решения этой проблемы для СМ-1800 создана дисковая операционная система (ДОС), которая -обеспечивает инструментальную поддержку МОС РВ. С помощью этой операционной системы ведется отладка программы на языках высокого уровня (Макроассемблер, ПЛ/М, Фортран, Бейсик) и отлаженные программные модули загружаются в объективную СМ-1800 в машинных кодах. Благодаря этому удается исключить из состава МОС РВ многие программные средства (трансляторы и т. п.), обязательно присутствующие в составе операционных систем мини-ЭВМ.

**Операционная система РАФОС.** Система позволяет рационально использовать технологические возможности малых ЭВМ, создавать на их основе мультимодульные системы, в которых отдельные модули выполняют определенные функции. В качестве модулей используются специализированные процессоры, универсальные микропроцессоры, интеллектуальные терминалы. С помощью системы РАФОС организуется вычислительный процесс в магистрально-модульных комплексах СМ ЭВМ с ориентацией на АСУ ТП реального времени, автоматизацию научных исследований, решение информационных и управленческих задач в системах коллективного пользования и др. Эта система эффективно используется в микроЭВМ и персональных компьютерах.

В структуре РАФОС выделяют драйверы внешних устройств, мониторы, файловую систему, системные программы и библиотеки. Применяя языки высокого уровня (Фортран, Бейсик, Паскаль), пользователь может создать прикладные программы, пакеты и библиотеки.

Драйверы внешних устройств обеспечивают доступ на физическом уровне ко всем периферийным устройствам и внешней памяти со стороны мониторов РАФОС, системных и прикладных программ и представляют собой специальные программы операционной системы. С помощью системы могут включаться новые драйверы для дополнительных внешних устройств, не предусмотренных РАФОС.

### ***ПАКЕТЫ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ***

В АСУ ТП пищевых производств используются разные ППП. Наибольшее распространение получили ППП сбора и первичной обработки информации от датчиков аналоговых и число-импульсных сигналов в УВК М-6000; сбора и обработки информации (СОИ) в УВК СМ-1/СМ-2;

унифицированного расчета ТЭП; мультитерминальной отладки для мини-ЭВМ (СМТО).

В основе большинства функций, выполняемых АСУ ТП, лежит информация о состоянии технологического процесса, получаемая с помощью датчиков с аналоговыми выходными сигналами. ППП сбора и первичной обработки информации от датчиков аналоговых и число-импульсных сигналов ориентирован на взаимодействие с операционной системой ДОС РВ и осуществляет организацию опроса датчиков, дублирующий опрос и контроль достоверности датчиков, первичную обработку значений технологических параметров в реальном масштабе времени (в свою очередь первичная обработка может состоять из следующих операций: масштабирования кодов, принятых от АЦП;

корректировки показаний расходомеров по параметрам среды; фильтрации сигналов; контроля нарушений режимных и регламентных границ; усреднения и интегрирования значений параметров по времени); запоминание предыстории изменения параметров; вывод результатов обработки в базу данных системы. Драйвер модуля ввода число-импульсных сигналов аналогичен драйверу АЦП, что и обеспечивает идентичность работы пакета с аналоговыми и число-импульсными датчиками.

Использование в составе АСУ ТП УВК СМ-4 позволило значительно расширить

возможности этих систем за счет использования в составе ПО данного УВК следующих ППП: пакета программ методов численного анализа (ЧАП); пакета программ обработки данных методами математической статистики (ПАСТ); пакета программ методов оптимизации (ОПТИМУМ); пакета прикладных программ методов сетевого планирования (ПАСЕП); пакета программ имитационного моделирования непрерывных, непрерывно-дискретных и дискретных процессов (СИМФОР); пакета программ для экономических расчетов (ПЭКО); пакета программ для научно-технических расчетов (НТР) и т. д.

### ***РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛЬНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ***

Специальное программное обеспечение разрабатывают на основе функциональной структуры АСУ ТП с ориентацией на конкретный тип управляющей вычислительной техники. Разработка алгоритма взаимодействия подсистем специального программного обеспечения АСУ ТП обычно является весьма трудной задачей. Это объясняется необходимостью учета многих факторов: взаимодействия вызываемых программ разного приоритета с вызывающими программами; организации обмена данными, осуществляемого разными программами через дисковые файлы; организации работы программ с одними и теми же устройствами ввода-вывода УВК; рациональной постановки на выполнение программ по времени и т. д.

При организации взаимодействия этих подсистем были использованы следующие принципы:

- приоритеты задач и время их постановки на выполнение являются регулируемыми воздействиями при синтезе АСУ ТП;

- задачи, собирающие либо создающие некую информацию, более важны, нежели задачи, ее обрабатывающие;

- чем выше дискретность задачи, тем ниже ее приоритет;

- при претендовании ряда задач на один и тот же ресурс задачи с более высоким приоритетом ставятся на выполнение несколько раньше, что однозначно определяет порядок их доступа к ресурсу;

- диалоговые программы обладают менее высоким приоритетом, чем работающие в автоматическом режиме;

- вся выводимая на печать информация, кроме оперативной, накапливается в буферных файлах и выводится в конце смены (суток), причем задача вывода имеет самый низкий приоритет в системе;

- вся информация, используемая более чем одним пакетом программ, хранится в дисковых файлах, общих для баз данных всех упомянутых пакетов;

- универсальность доступа к базе данных обеспечивается применением унифицированных пакетов прямого и последовательного доступа к дисковым файлам по ключу.

Практическая проверка принятых решений и эксплуатация АСУ ТП с указанной структурой специального программного обеспечения показала ее работоспособность и возможность своевременного и полного выполнения всех функций АСУ ТП. Аналогичным образом строится специальное ПО и для других АСУ ТП.

### ***ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ***

Таким образом, ПО АСУ ТП пищевых производств представляет собой сложный комплекс, состоящий из определенной операционной системы, пакетов прикладных программ, отдельных программных модулей и т. п. При формировании структуры ПО могут использоваться разные принципы, определяющие характер взаимодействия между подсистемами и модулями ПО. В разработке средств ПО АСУ ТП принимают участие специалисты разных организаций. Естественно, что в этом случае для одних и тех же АСУ ТП возможно создание нескольких вариантов ПО. Выбор в этом случае наилучшего варианта ПО может быть отнесен к классу задач принятия решения в условиях неопределенности, для чего используются специальные программы. Проблема состоит в определении совокупности частных критериев (количественных и качественных), с помощью которых можно прогнозировать получение наиболее существенных показателей ПО на всех стадиях жизненного цикла АСУ ТП пищевых производств.

Представляет интерес определение основных показателей качества ПО сложных систем

управления на разных этапах его разработки. Пренебрежение в этих случаях оценками качества ПО приводит к разного рода ошибкам и необходимости устранять их в процессе использования ПО. При этом затраты на доработку ПО достигают 75 % общей суммы эксплуатационных расходов на систему. Оценку качества ПО (или отдельных программ) на стадии его разработки целесообразно проводить по следующим показателям.

Понятность ПО определяется возможностями пользователей понять назначение программных средств. ПО будет понятно лишь в том случае, если оно создавалось с учетом нужд конкретного пользователя, описано ясным и простым языком, свободным от жаргона и неадекватно определенных терминов или символов, и содержит необходимые ссылки на легкодоступные документы, позволяя пользователю разобраться в сложных или новых элементах. Содержание документации ПО должно давать возможность пользователю без привлечения специалистов со стороны проникнуть в смысл отдельных документов и принципов функционирования ПО, равно как и понять его взаимосвязи с другими программными средствами.

Завершенность ПО определяется присутствием в его составе всех необходимых компонент и степенью их проработки. ПО является незавершенным, если имеют место неразрешенные внешние- ссылки, отсутствуют в документации на базу данных описания хранящихся сведений и средств защиты от потери информации и т. п.

Осмысленность ПО определяется наличием в составе документации и самих программах избыточной информации (лишних фраз, повторов, затемняющих основную мысль и не позволяющих сосредоточить внимание на важных подробностях), а также неудобной структурой документации и программ для восприятия пользователем.

Мобильность ПО характеризуется его способностью быть эффективно использованным на ЭВМ иных типов, чем та, для которой оно предназначено.

Удобство эксплуатации ПО определяет возможность его обновления в соответствии с новыми требованиями, возникающими в процессе функционирования и развития системы. Это во многом определяется простотой внесения изменений в целях устранения обнаруженных дефектов, добавления новых возможностей или приспособления программ к работе на другой ЭВМ.

Надежность ПО определяется его способностью удовлетворительно выполнять необходимые функции в заданном временном интервале. Применительно к отдельным программам надежность их проявляется в точности трансляции, загрузки и выполнения, в правильности работы при исходных данных, существенно отличающихся от тестовых. Считается, что программа работает ненадежно, если она не содержит какой-либо подпрограммы, к которой предусмотрено обращение; для нее недостаточно имеющегося объема памяти; она выдает неточные результаты; в процессе эксплуатации продолжают обнаруживаться все новые ошибки или дефекты и т. д.

Эффективность ПО определяется его способностью выполнять требуемые функции без излишних затрат ресурсов (оперативной памяти, внешней памяти, пропускной способности канала и т. п.). В литературе приведены и другие оценки качества ПО.

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

Проектирование ПО основывается на детальном изучении ТОО и составлении необходимых математических моделей как результата

обобщения теоретических и экспериментальных данных о протекающих процессах и установления причинно-следственных связей. Разработчикам АСУ ТП приходится проектировать специальное программное обеспечение, стадии создания которого совпадают с стадиями создания АСУ ТП. Рекомендуемый состав проектной документации на ПО АСУ ТП приведен в табл. 15.

Техническое задание на СПО разрабатывается на стадии технического проекта и является обязательным исходным документом. Разработка технических заданий допускается для отдельных технологических подсистем. Техническое задание на СПО должно дать полное и однозначное представление о цели работы, содержании, порядке ее проведения и приема-

сдачи по окончании разработки.

В общем случае техническое задание включает следующие разделы: наименование и область применения; основание для проведения работы; цель и назначение работы; исходные данные для проведения работы; технические требования; программа проведения работы; порядок приемки работы; приложения. При разработке конкретных систем наименования и содержание разделов могут уточняться, могут вводиться новые и объединяться отдельные из них.

## 15. Рекомендуемый состав проектной документации ПО

Вид документа	Вид программы		
	программные системы*	компоненты	комплексы
Техническое задание на разработку программы	0	0	0
Спецификация	0	0	+
Описание программы	+	0	+
Текст программы	+	+	0
Описание контрольного примера "Формуляр"	0	0	0
Описание	0	0	0
применения**	+	0	0

Примечание. + означает, что документ обязательный; — документ не разрабатывается; 0 — необходимость разработки определяется исполнителем.

Наименование и область применения должны отражать область применения с необходимыми комментариями относительно свойств объекта. Основанием для проведения работ могут служить законодательные документы, постановления партии и правительства, целевые комплексные программы и т. д. В качестве исходных данных для проведения работы используются характеристики объекта, оценка уровня автоматизации, анализ существующих систем-аналогов, функциональная структура системы, результаты НИР и заимствованные из фонда алгоритмы и программы и т. д.

Технические требования определяют название, состав и содержание подлежащих разработке документов; методы и алгоритмы решения функциональных задач; организацию информационного обеспечения; выбор операционной системы; выбор режимов функционирования системы. В программе проведения работ приводятся перечень основных этапов, названия организаций-исполнителей, формы отчетности, сроки выполнения этапов, перечень разрабатываемых документов.

Порядок приемки работы определяет не только порядок контроля выполнения этапов и условия приемки, но и организации, с которыми необходимо согласовать документацию. В приложении приводятся материалы обследования ТОО, отчеты по законченным НИР, документы технического проекта других частей системы, материалы по системам-аналогам, характеристики технических средств, справочные и другие материалы.

Перед разработкой алгоритмов необходимо выполнить анализ постановок задач в целях выделения алгоритмов, которые могут быть заимствованы из государственных (отраслевых) фондов алгоритмов и программ. Разработка алгоритмов должна отвечать требованиям полноты, т. е. алгоритмы, реализуемые средствами вычислительной техники, должны охватывать все функции АСУ ТП. В то же время должно исключаться дублирование их общих частей, обеспечиваться минимизация необходимых вычислительных ресурсов и определяться требования к организации внутримашинной информационной базы системы.

На стадии выполнения технического проекта определяются общая структура ПО, операционная система и другие компоненты ОПО, система управления базой данных, а также требования к специальному ПО и технологии его разработки и изготовления. Документация программного



обеспечения, достаточная для изготовления программ СПО на машинных носителях и их применения, разрабатывается на стадии "Рабочий проект". Результаты работы представляются в виде носителей данных, содержащих макеты программ и информацию, необходимую для их функционирования, и документацию, содержащую сведения для эксплуатации, изготовления и сопровождения этих программ.

Программное обеспечение АСУ ТП должно представлять собой единое программное средство, отвечающее всем требованиям технического задания, изготовленное по утвержденной технологии и включающее всю эксплуатационную документацию, необходимую для его использования. Эксплуатационная документация и документация сопровождения разрабатываются в соответствии со стандартами ЕСПД с учетом специфики объекта.

Работы по проектированию программного обеспечения образуют три группы, выполняемые последовательно. В первую группу входят работы, выполняемые основным исполнителем и соисполнителем -программирующей организацией. Совокупность алгоритмов системы и структура ПО анализируются для выработки требований к программным интерфейсам и организации информационной базы, решения, принятые на стадии "Технический проект", уточняются. При этом необходимо оценить возможность заимствования готовых программ из фондов алгоритмов и программ и их изготовления с помощью средств автоматизированного проектирования. Технология проектирования выбирается с учетом специфики объекта, при этом формулируются окончательные требования к организации внутримашинной информационной базы. Работоспособность элементов ПО проверяют на контрольных примерах нарастающей сложности.

Вторая группа работ включает разработку программ в соответствии с выбранной технологией. Если программа заимствована в соответствующем фонде, то постановка программы выполняется на комплексе средств вычислительной техники. При этом получают дубликаты и изготавливают программную документацию в необходимом количестве. Если же программа получена с использованием средств автоматизации проектирования, осуществляют генерацию программ специального программного обеспечения, разработку и изготовление необходимой программной документации. Разработка оригинальных программ включает составление их на соответствующем языке программирования, отладку, тестирование и изготовление всей необходимой документации. Работы заканчивают комплексной отладкой ПО по подготовленным контрольным примерам, доработкой программ и корректировкой программной документации.

Третью группу работ выполняют при участии заказчика. Сюда входят подготовка и запись на машинный носитель информации для первичной загрузки внутримашинной информационной базы.

Программное обеспечение АСУ ТП поставляется как продукция производственно-технического назначения в составе комплекса технических средств и документируется как единый объект. В составе ПО могут выделяться самостоятельные объекты документирования, в качестве которых могут рассматриваться, например, части ПО, загружаемые в отдельные ЭВМ для многомашинных комплексов, ПО самостоятельных подсистем или функций, отдельные файлы и т. д.

Все программы подразделяются на компоненты и комплексы в зависимости от того, включают они в свой состав другие компоненты или комплексы. В качестве программ-компонентов обычно рассматриваются следующие программы: полностью реализующие алгоритм контроля или управления технологическим объектом; используемые для решения достаточно сложной математической задачи, имеющей собственный законченный функциональный список при реализации алгоритмов контроля или управления; реализующие процедуру общения с внутримашинной информационной базой. Сюда относятся также самостоятельные программы, обеспечивающие управление вычислительным процессом (монитор, диспетчер и др.), а также любая часть программного обеспечения, выделенная как неделимая на другие программы из соображений удобства программирования и использования. Необходимо учесть, что в компонент специального программного обеспечения могут входить стандартные программы общего программного-обеспечения. Программа-компонент не может входить в состав другой программы-компонента.

В качестве программ-комплексов рассматриваются специальное программное обеспечение;

совокупность программ, реализующих отдельную функцию системы; пакет прикладных программ; совокупность программ ведения информационной базы; любая совокупность программ, выделенная разработчиками из соображений удобства программирования и использования.

При проектировании ПО исходят из того, что программная документация должна содержать все сведения, необходимые для понимания функционирования всех программ СПО АСУ ТП и ПО системы в целом, внесения изменений в программы и модернизации ПО или его составных частей. В эксплуатационную программную документацию должны входить все сведения, необходимые персоналу АСУ ТП для первоначальной загрузки (генерации) СПО и информации внутримашинной информационной базы, запуска программной системы, проверки ее функционирования с помощью соответствующих тестов и использования СПО в процессе функционирования АСУ ТП.

В описание программы должны входить сведения о способах общения с внутримашинной информационной базой, средствах автоматизации программирования, использовании программой вычислительных ресурсов во всех режимах ее работы и дополнительные сведения, например, о "нестандартных" ситуациях. При описании программы-комплекса отражают связи между ее элементами, порядок их функционирования, а также приводят сведения о степени использования вычислительных ресурсов во время работы комплекса. Описание программы должно содержать ее схему, комментарии по схеме и машинной распечатке (листингу), характеристику входных, промежуточных и выходных информационных массивов, общих для нескольких программ, с указанием элементов используемых массивов.

Описание каждой программы рекомендуется оформлять в виде раздела программного документа, который содержит следующие сведения: наименование программы; область применения; ссылку на рисунок с программой (алгоритмом); язык программирования; описание конфигурации вычислительного комплекса с указанием используемых программой устройств (модулей); тип операционной системы; способ включения программы (обращение к программе); условия настройки и запуска программы; время выполнения программы; объем памяти, занимаемый программой; структуру массивов, используемых программой; входные, выходные и промежуточные параметры; формы выходных документов и сообщений, если они формируются программой, и др. Степень детализации схем программы должна полно и однозначно отображать все функции (операции), последовательность их выполнения, быть достаточной для понимания способа реализации алгоритма программным путем,

Текст программы для небольших по объему и простых по структуре программ-компонентов может быть единственным документом, если он содержит достаточно подробные комментарии. В описании и тексте программы обозначения переменных должны совпадать. Текст программы содержит распечатки (листинги) на алгоритмическом или машинно-ориентированном языке, которые использовались при разработке программ системы. Листинги программ, входящих в состав общего программного обеспечения вычислительных комплексов, не используемых в системе, не включают в разрабатываемые документы. При использовании программ, разработанных для других систем, приводят их машинные распечатки (листинги) и ссылки на описания.

На программное обеспечение системы или отдельной функции, если она сдается в промышленную эксплуатацию самостоятельно, выпускают формуляр, в котором приводят рекомендации по использованию программ на ТОУ; наименование и обозначение программной документации по спецификации; области применения на данном и других объектах; сведения о внедрении и организации-разработчике; данные, необходимые при эксплуатации комплекса программ (тип операционной системы, конфигурация средств вычислительного комплекса); комплектность поставки; свидетельство о приемке; гарантийные обязательства и др.

Руководство для системного программиста призвано обеспечить возможность включения отдельно разработанной программы, размещенной на машинных носителях, в программную систему, ее настройку на условия конкретного применения с обязательным описанием способа

представления программы. В руководстве содержатся также сведения о создании среды функционирования и способе первоначальной загрузки, описание средств и способов перенастройки программ при изменении конфигурации средств вычислительного комплекса и т. д. В руководстве описаны способы обращения к программе, организация входной информации для нее и результаты, получаемые в процессе функционирования программы. Этот документ выпускается для программы или частей их, которые могут быть использованы при написании других программ в процессе развития или модернизации системы.

Руководство для оператора содержит столько отдельных документов, сколько имеется мест для операторов вычислительной техники в системе. В них описаны все регламентированные действия оператора на данном рабочем месте и содержатся общие указания о действиях оператора в нестандартных ситуациях, в том числе в случаях отключения им рестарта программы.

Описание контрольного примера разрабатывается для программ, реализующих особо ответственные функции системы, в том числе прямого цифрового управления, если не предусмотрено диагностирование состояния технических и программных средств. В этом случае подбирают такие исходные данные, чтобы можно было проверить различные ситуации, возникающие в работе системы.

### ***ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ АСУ ТП***

Постоянный рост числа АСУ ТП и их функций делает актуальной проблему совершенствования технологии разработки ПО, обеспечивающей решение таких основных задач, как повышение качества программных средств и увеличение производительности труда разработчиков. Технология разработки при этом должна создавать предпосылки для эффективного сопровождения ПО в период эксплуатации, так как основные свойства программ формируются в процессе их составления, а не изготовления. Под сопровождением понимается деятельность по постоянной поддержке программ в актуальном состоянии, модернизации и развитию в период после завершения разработки (устранение возникающих при функционировании программ ошибок, модификация и расширение функций ПО в связи с изменением требований среды применения). Таким образом, технология создания ПО должна быть ориентирована на решение еще одной важной задачи - минимизацию совокупных затрат на разработку и применение ПО.

Технология разработки ПО АСУ ТП в общем случае должна обеспечивать выполнение следующих требований:

- сокращение стоимости и сроков разработки, улучшение качества, обеспечение корректности и устойчивости программных средств;

- использование методологии, базирующейся на системном подходе, что обуславливает комплексное рассмотрение всех этапов создания программных средств, использование развитых средств управления разработкой и контроля качества ПО;

- разработка эффективных языковых входов для обеспечения легкости изучения и использования всех главных инструментальных

- средств; получение достоверной документации на создаваемую систему на всех этапах ее развития;

- применение структурного программирования, базирующегося на модульном подходе;

- открытость ПО, т. е. возможность постоянного развития и эволюции за счет использования средств поддержания технологии на собственной базе применительно к требованиям разработки.

Важнейшим направлением совершенствования технологии разработки ПО является создание автоматизированных систем проектирования, описание которых приведено в главе 4. В литературе имеются сведения о создании автоматизированных систем проектирования программ реального времени (АСПРВ). Технология АСПРВ представляет собой совокупность принципов, методов и инструментов для решения научных и технических задач, возникающих при создании ПО АСУ ТП с заданными свойствами. В состав технологии АСПРВ входят следующие части:

- алгоритмы проектирования, определяющие проектные процедуры и операции, их

логическую и хронометрическую взаимосвязи;

язык проектирования, задающий форму представления исходных данных и результатов разработки;

методы проектирования, определяющие правила выполнения проектных работ;

методы контроля качества работ, задающие показатели качества программ и методы их определения в процессе разработки;

комплекс пакетов прикладных программ (ППП) проектирования для автоматизации отдельных процедур и операций;

комплект технической документации, регламентирующей применение технологии. Технология АСПРВ ориентирована на разработку АСУ ТП со сложными временными, информационными и логическими связями между функциями, выполняемыми в реальном времени в условиях интенсивного диалога оператор-система. Опыт автоматизированного проектирования ПО показал, что в процессе работы приходится периодически корректировать ранее принятые решения, т. е. процедуры имеют итерационный характер с несколькими вложенными один в другой циклами.

Технология АСПРВ основывается на общих закономерностях разработки ПО, но в то же время следует учитывать, что каждая АСУ ТП имеет свои специфические особенности, определяемые свойствами объекта. Таким образом, технологические схемы необходимо адаптировать к каждому проекту с учетом квалификации коллектива разработчиков, т. е. разрабатывается технологическая оснастка и осуществляется привязка в рамках процедуры проектирования функций. При этом устанавливаются требования к качеству ПО;

фактический состав проектных процедур и операций, сроки их выполнения; перечень ППП проектирования, подлежащих применению;

перечень готовых проектных решений для использования их в качестве прототипов или готовых компонентов; состав исполнителей, ресурсы и т. п. Так, при использовании готовых параметрически настраиваемых программно-технических комплексов начальные процедуры могут быть опущены и разработка ПО практически сводится к формированию базы данных АСУ ТП и последующим испытаниям.

#### **Автоматизированное проектирование функциональной структуры (ФС) АСУ ТП.**

Данную процедуру можно рассматривать как набор функций, определяющих цель системы. При этом составляется описание ФС, определяющей, что должна делать система, условия выполнения действий и необходимые требования. Основными элементами ФС являются операции (в частном случае, функции), глобальные массивы данных, статические (долговременные) события, динамические события (исходы выполнения операций). Операции могут сообщаться между собой связями трех типов: информационными (через массивы), параметрическими (через статические события) и управляющими (через динамические события). Элементы дополняются отношениями, задающими для каждой операции подмножества входных и выходных событий и данных и отношениями, задающими для каждого события и массива операцию, которая их порождает, функциональная структура конкретной АСУ ТП задается в форме описания всех элементов и отношений на входном языке проектирования. Описание может быть представлено в виде графической схемы, таблиц (спецификации операций, массивов, временных и технологических событий) и текста, формально описывающего сведения, приведенные в графической схеме или спецификациях.

**Составление описания общего алгоритма функционирования АСУ ТП в реальном времени.** Общий алгоритм функционирования АСУ ТП задает все возможные процессы реализации функций, т. е. определяет порядок выполнения функций в зависимости от команд оператора, хода технологического процесса и процесса обработки данных. При этом должны решаться вопросы синхронизации процессов обработки данных, протекающих в АСУ ТП, с технологическими процессами в объекте управления, а также вопросы помехоустойчивости АСУ ТП. Язык описания общего алгоритма функционирования определяется концепцией структуры процессов, принятой в технологии. Основные понятия структуры - позиция, операция, переход, условие и т. д. Графически общий алгоритм функционирования изображают в виде сети, узлами которой являются позиции, в которых выполняются операции. Переход с позиции на позицию осуществляется под влиянием событий, в том числе и временных. Для изображения могут использоваться также табличная и символьная версии

языка; сценарий диалога оператор-система управления также должен описываться.

В рамках проектирования процессов генерируется программа имитационного моделирования, позволяющая отработать диалог оператор-система и исследовать поведение разрабатываемого программного комплекса в реальном времени. Проектирование компонентов ПО подразумевает декомпозицию алгоритмов реализации функций на операции ввода, накопления, преобразования, передачи, вывода и отображения сигналов. Язык описания алгоритмов базируется на структурограммах.

При выполнении процедуры реализации получают тексты программ, а также объединение программ и аппаратуры в программно-аппаратурный комплекс, реализующий общий алгоритм функционирования и алгоритм реализации функций. Описания программ составляют на специальном языке, в основе которого лежит структура кодов. Процедура формирования базы данных предназначена для настройки программно-аппаратурного комплекса на условия конкретного применения путем расчета и ввода значений параметров настройки программ.

*Языком проектирования* ПО называют совокупность изобразительных средств и правил описания исходных данных (входной язык) и результатов выполнения (выходной язык) проектных процедур. В качестве входного языка используются три версии: табличная (опросные листы), графическая (схемы) и символьная (тексты). В свою очередь входной язык делится на частные языки, ориентированные на отдельные процедуры. Обязательным является только символьный язык, остальные используются по усмотрению проектировщика.

Выходной язык проектирования предусматривает две формы представления результатов: проектные и технологические документы. Состав, комплектность и содержание проектной документации регламентированы, а технологическая документация отражает ход, качество и трудоемкость выполнения проектных работ и регламентируется требованиями только технологии. В технологии АСПРВ предусматривается три типа технологических документов: листы диагностики проекта, содержащие результаты формального анализа корректности проектных решений, оценки объема, сложности и трудоемкости проекта; модифицированные спецификации проекта, которые имеют формат и содержание, аналогичные исходным опросным листам, и характеризуются тем, что некорректные данные заменены вопросительными знаками в соответствии с результатами диагностирования; протоколы процедур проектирования, содержащие существенные для управления ходом работ сведения, в частности состав исходных описаний проекта, оценку качества (полноты, корректности, избыточности) описаний, рекомендации по дальнейшим вопросам.

**Модульный подход к созданию ПО АСУ ТО.** Суть его заключается в том, что специальное программное обеспечение создаваемой АСУ ТП представляется в виде совокупности алгоритмических и программных модулей, связанных между собой входными и выходными переменными и решающих задачу оптимального управления технологическим объектом. Каждый из модулей представляется в унифицированном виде, что позволяет использовать его автономно при решении частных задач. Кроме того, алгоритмические и программные модули должны обеспечивать определенность функционального назначения, гибкость и возможность совместного функционирования в составе макромодулей или пакетов модулей, представление в виде, позволяющем применять модули в условиях различной программной реализации.

Для АСУ ТП сахарного завода разработан пакет алгоритмических модулей (ПAM) "Управление свеклоперерабатывающим отделением сахарного завода, структура которого показана на рис. 3.7.

Автоматизированное оптимальное управление предусматривает решение задачи оптимизации с использованием адаптивной математической модели. Результатом решения задачи является расчет оптимальных управляющих воздействий или выдача заданий регуляторам режимных параметров.



Рис. 3.7, Структура пакета алгоритмических модулей

**Отдельные аспекты проектирования ПО АСУ ТП.** Так, для Ракитнянского сахарного завода выполнен рабочий проект, составной частью которого является программное обеспечение, ориентированное на дисковые версии операционных систем, которые входят в агрегатную систему программного обеспечения (АСПО). Совместно с УВК поставляется общее ПО в виде программных модулей на носителях и руководства по их использованию и настройке.

Специальное ПО разработано в составе рабочей документации и представляет собой текстовые материалы и программные изделия на носителях. Программное обеспечение разработано с ориентацией на функционирование АСУ ТП в реальном масштабе времени. Основным организующим средством является дисковая операционная система (ДОС) АСПО. Средства ДОС применяются при подготовке, наладке и работе системы. На всех этапах используется также система управления файлами (СУФ) АСПО, обеспечивающая хранение (в виде файлов) информации на магнитных дисках, ввод и вывод этой информации.

Сбор и обработка информации, необходимой для управления, обеспечиваются средствами дискового пакета программных модулей генерации задач сбора и обработки информации. ПО позволяет создавать информационные массивы, накапливать и преобразовывать информацию и с помощью межзадачного обмена обеспечивать взаимодействие информационной базы с задачами пользователя и их функционирование. В качестве дополнения к операционной системе предусмотрен запуск на вычисление всех диск-резидентных задач АСУ ТП под управлением диспетчера загрузочных модулей реального времени, а обмен информацией между задачами - под управлением организатора информационного обмена.

Программное обеспечение содержит систему организации информационного обмена в виде задачи-организатора обмена для исключения ошибок межпрограммного взаимодействия. Для некоторых задач разработаны дополнительные программы-переходники, включающие их в общую информационную связь. Другие задачи, например часть системы обработки информации, могут взаимодействовать без участия организатора обмена.

Организатор обмена выполняет обмены информацией в последовательности, предписываемой дисковыми файлами описателей актов обмена. На магнитном диске находится также описание обмениваемых данных, т. е. сведения, необходимые для поиска в базах данных. Названный организатор обмена управляет отдельными этапами работы задач, а работой в целом управляет диспетчер загрузочных модулей, который в заданные моменты времени

загружает в память и запускает на выполнение определенные задачи, а также инициирует обработку организатором файлов описателей, характеризующих необходимые этим задачам данные.

Расписание обработки заданий, выполняемое диспетчером загрузочных модулей, и файлы, обрабатываемые организатором обмена, в совокупности управляют работой всех задач управления и формируют таким образом общий алгоритм функционирования. Файлы, содержащие описание обмена информацией для задач контроля и управления, составляются отдельно для каждой задачи в целях обеспечения независимой работы их.

База данных АСУ ТП состоит из базы пакетов обработки информации, базы констант и базы данных в виде файлов с выпрямленным доступом и участвует в обмене в качестве рядовых задач пользователя, подчиненных организатору обмена. При этом база дискового пакета программных модулей генерации задач, сбора и обработки информации хранит в основном данные, полученные как от датчиков на объекте, так и вводимые вручную, и результаты их обработки. База констант хранит нормативно-справочную информацию, а база выпрямленного доступа - только промежуточные результаты выполняемых расчетов.

Все задачи, обменивающиеся информацией с помощью организатора обмена, получают и выдают данные не по своей инициативе, а по запросам организатора и связываются в процессе обмена не одна с другой, а с организатором. Передача каждого данного (числа или массива), идентифицируемого одним обозначением, представляет собой отдельный акт обмена, инициируемый отдельным описателем в управляющем файле.

Разные пакеты программных модулей задач сбора и обработки информации имеют свои особенности. Единая процедура обработки для всех аналоговых датчиков, т. е. контроль значений возможных границ, технологических ограничений и скорости изменения параметров, позволяет контролировать достоверность полученной информации. При отсутствии технологических ограничений параметра диапазон изменения его выбирают равным пределам измерения соответствующего прибора, что исключает выход параметров за допустимые пределы.

В описываемом ПО АСУ ТП используется ряд пакетов программных модулей (ППМ). Так, "Диспетчер загрузочных модулей реального времени" обеспечивает запуск на выполнение программ, оформленных в виде отдельных загрузочных модулей с размещением их в оперативной памяти УВК только на время выполнения, а не на все время работы АСУ ТП в отличие от стандартных средств. Этот же ППМ инициирует обработку задач, способных работать с разными дисковыми файлами, требующимися в данный момент.

ППМ "Унифицированная система организации информационного обмена в программных комплексах" выполняет обмен данными между задачами АСУ ТП в соответствии с фиксированным ритмом по заданиям, оформленным в виде файлов описателей актов обмена. При этом обеспечивается работа с данными, получаемыми из любых источников и для всех потребителей, а также работа с разными наборами данных-

ППМ "Организация базы данных в виде файлов с выпрямленным доступом" и "Передача организатору обмена постоянной информации" расширяют возможности стандартных средств хранения информации в АСУ ТП, обеспечивая быстрый доступ к ней в форматах, требуемых организатором обмена. ППМ "Формирование документов по пакетам" обеспечивает выдачу на внешние устройства формируемых на основе текстов-образцов документов с числовой информацией.

В рабочем проекте каждого ППМ содержатся также материалы по поставке и эксплуатации ПО (подготовка к работе, запуск на выполнение, аварийные ситуации), по операционной системе и разным задачам, приведены пакеты прикладных программ и программных модулей, описание файлов и т. д. В соответствии с существующими нормативными документами каждый из ППМ содержит текст программы с аннотацией описания программы и определением ее функционального назначения, описанием логической структуры и блок-схемы программы, сведения об используемых технических средствах, описание процедур вызова и загрузки, входных и выходных данных, описание применения, руководство программиста, включающее руководство системного программиста и руководство оператора.

### **3.4. ИНФОРМАЦИОННОЕ И МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Информационное обеспечение (ИО) определяет способы и конкретные формы информационного отображения состояния ТООУ как в виде данных в ЭВМ, так и в виде документов, графиков, сигналов для их представления специалистам, участвующим в управлении технологическим процессом. В технической литературе часто вопросы информационного обеспечения рассматривались совместно с программным обеспечением. Однако в последней редакции ОРММ информационное обеспечение выделено в качестве одной из составных частей, в связи с чем есть смысл рассматривать его отдельно.

Информационное обеспечение АСУ ТП включает: перечень и характеристики сигналов, характеризующих состояние АТК; описание принципов (правил) классификации и кодирования информации и перечень классификационных группировок; описания массивов информации, форм документов и видеокадров, используемых в системе; нормативно-справочную (условно-постоянную) информацию, используемую при работе системы.

В разделе проектов АСУ ТП пищевых производств "Информационное обеспечение" обычно решаются следующие вопросы:

- формулировка основных требований к организации информационного обеспечения;
- определение технологии обработки информации в системе и обоснование выбора баз данных;
- распределение используемых видов информации между базами данных;
- определение процедуры доступа к информации и ее корректировка;
- определение системы кодирования-и классификации данных;
- формирование альбома форм документов и макетов представления информации, выводимых на печать;
- составление макетов представления разных видов информации на алфавитно-цифровом и графическом дисплеях и т. п.

При дальнейшем изложении используются следующие понятия и термины. Совокупность данных, составленная по определенному принципу, образует запись. Запись является для программы пользователя единицей обработки информации. Совокупность записей, логически связанных между собой по обработке, образует массив, или файл. Наборы структуризованных и взаимосвязанных массивов (файлов) информации образуют базу данных системы.

#### ***СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БАЗАМИ ДАННЫХ***

К. информационному обеспечению относят часть ОС, которая содержит систему управления файлами (СУФ) для организации данных на дисках и других устройствах ввода-вывода (перфолентах, магнитных дисках и лентах) в виде файлов и обеспечивает к ним Стандарт-190ный доступ по имени и номеру. Обычно СУФ реализует следующие операции: создание, расширение, модификация, переименование, уничтожение файлов, копирование их с одного устройства ввода-вывода на другое и т. д. Технология этих операций и ограничения на их выполнение подробно рассматриваются в описаниях СУФ.

При обращении двух и более программ к одному файлу могут возникать конфликтные ситуации. Для их предотвращения вводится возможность монопольного управления файлом, задаваемая при открытии файла и снимаемая при его закрытии, которая разрешает только одной программе обращаться к файлу в данный момент. Для предохранения информации в файлах от искажений применяются разные виды защиты. В СУФ ДООС РВ используют два вида защиты:

файловый и системный, в основе которых лежат соответствующие коды защиты. В зависимости от используемых кодов СУФ обеспечивает считывание файла при запрете на запись, запрет на открытие файла, разрешение любой программе открывать файл и вводить (выводить) информацию.

В АСУ ТП пищевых производств (при использовании ДООС РВ) получили распространение следующие типы организации файлов:

- последовательный упорядоченный по ключу, отличающийся от последовательного тем, что



каждая запись имеет уникальный идентификатор-ключ, по которому организуется доступ к записи (при просто последовательной организации файла доступ к записи возможен только после перебора всех предыдущих записей);

прямой, когда каждая запись имеет ключ и физическая последовательность записей не совпадает с логической, а зависит от некоторой функции расстановки, осуществляющей отображение логической последовательности в физическую.

Прямая организация файлов используется при необходимости быстрого доступа к данным и для хранения нормативно-справочной информации. Файлы последовательного доступа организуются из записей фиксированной длины с ключами, файлы прямого доступа - посредством прямого вычисления адреса по ключевым полям.

В многофайловых задачах используется принцип совместной обработки файлов, когда один из файлов (называемый ведущим) организуется, как правило, последовательно и содержит ключи для доступа к другим файлам (справочным). Последние могут быть как прямого, так и последовательного доступа.

Информация, получаемая от датчиков технологических процессов, вводимая с устройств ручного ввода, а также являющаяся результатом расчетов ТЭП, хранится в основном файле системы, представляющем собой файл прямого доступа.

## **ПРОГРАММЫ СВЯЗИ ОПЕРАТОРА С АСУ ТП**

Одной из основных функций АСУ ТП как человеко-машинной системы является организация обмена информацией управляющего вычислительного комплекса с производственным персоналом. Поставляемые с УВК дисплеи (алфавитно-цифровые и графические, черно-белые и цветные) имеют существенные преимущества перед традиционными пультами управления и мнемосхемами:

мнемосхемы предоставляют оператору информацию обо всем процессе, что в определенных ситуациях (при авариях) может приводить к перегрузке оператора и потере информации о процессе;

позволяют представлять информацию о процессе в более наглядной форме с разнообразным содержанием, которое может меняться (уточняться) по желанию оператора;

универсальны по своим возможностям и позволяют использовать одно и то же устройство как для отображения информации, так и для ввода ее в систему;

используются в АСУ ТП обычно с устройствами печати, которые позволяют документировать отображаемую на экранах информацию.

Характерной чертой современных систем отображения информации является наличие развитого диалога оператора с вычислительным комплексом. Учитывая особенности АСУ ТП пищевых производств и технические возможности дисплеев, можно сформулировать следующие основные требования к системе отображения информации:

достаточно простая структура диалога, не требующая специальных знаний;

наиболее предпочтителен режим работы операторов - ввод кратких директив для выполнения запросов на обмен информацией;

необходимость предложения оператору набора возможных решений для принятия одного нужного;

необходимость обеспечения возможности работы нескольких операторов одновременно и независимо один от другого;

обмен информацией между оператором и базой данных АСУ ТП, хранящейся в УВК;

отсутствие жестких требований ко времени ответа системы на запрос оператора, так как технологические процессы пищевых производств, как правило, не требуют немедленной реакции персонала на возникающие в ходе процесса отклонения;

возможность документирования отображаемой на экранах информации.

Указанные требования реализуются системой отображения информации (СОТИ). Основным принципом, лежащим в основе пакета, является выбор в качестве единицы обмена информацией такой информации, которая может быть за один прием выведена на экран дисплея (объемом до 2000 символов). Это может быть таблица или агрегатированная картина, изображающая участок технологического процесса. Выбор такой единицы обмена позволяет

значительно упростить диалог. Если единица обмена информацией превышает возможности экрана, СОТИ обеспечивает вывод многостраничных форм.

Освоение промышленностью производства цветных дисплеев значительно расширило возможности АСУ ТП по представлению информации оператору. Стало возможным по командам оператора или системы изображать в цвете с высокой степенью наглядности на экране дисплея (с размером экрана до 61 см по диагонали) мнемосхемы целых производств и отдельных участков процесса; динамику процессов, протекающих в производстве (заполнение технологических емкостей, состояние оборудования, движение материальных и энергетических потоков и т. п.); графики, гистограммы и др. за заданный период времени, отражающие тенденции в изменении различных параметров технологического процесса и т. д.

В нашей стране первый цветной дисплей (терминал графический цветной, ЦГТ) для использования в АСУ ТП был создан в системе УВК М-6000, СМ-1/СМ-2. Процесс формирования и выдачи изображений на ЦГТ сводится к формированию и записи набора точек элементов изображения с определенными признаками по цвету и мерцанию в соответствующие ячейки буферной памяти ЦГТ. Для формирования точечного представления изображения используются программные генераторы символов и векторов.

Библиотечные подпрограммы ЦГТ позволяют формировать следующие графические элементы: алфавитно-цифровые символы, псевдографические символы, точку, вектор, заштрихованную площадку. Каждый графический элемент определяется на экране абсолютными или относительными координатами и содержит ряд признаков (цвет, мерцание, тип линии), определяющих вид изображаемого элемента. Началом отсчета абсолютных координат является нижний левый угол рабочего поля экрана. Относительные координаты определяются относительно предыдущей точки.

### ***ВИДЫ ИНФОРМАЦИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В АСУ ТП***

Информация о значениях технологических параметров процесса и состоянии оборудования, которая используется при решении поставленных задач контроля и управления, в основном вводится в УВК автоматически через соответствующие комплексы технических средств, связанных между собой линиями связи и частично вручную через клавиатуру дисплеев. Массив автоматически вводимой информации включает информацию от датчиков аналоговых сигналов, информацию от датчиков число-импульсных сигналов, информацию от дискретных датчиков.

Информация, вводимая в УВК вручную, разделяется на результаты Лабораторных анализов качественных характеристик сырья, полупро-Яуктов и готовой продукции, которые вводятся операторами лабораторий химико-технологического контроля, и на оперативную производственную информацию, которая вводится в УВК операторами цехов (участков) и оператором системы.

При разработке документации на систему обычно составляются библиотеки обработки информации, в которых для аналоговых и число-импульсных сигналов кодируются информационные потоки и датчики, определяются размерность измеряемой величины, пределы ее измерения, границы достоверности, технологический процесс обработки данных и др.; для дискретных сигналов также кодируются информационные потоки и датчики и присваиваются положениями датчика (0 и 1) определенная информация о состоянии контролируемого объекта (включено—отключено, выше нижнего уровня - при достижении нижнего уровня и т. д.).

Информация, выводимая из УВК, может представляться в виде сигналов управления (дискретных и аналоговых) с разными техническими характеристиками, рассчитанными на восприятие их определенными исполнительными устройствами (задатчиками, электрическими клапанами, задвижками, элементами индикации и др.);

в виде алфавитно-цифровых показателей, представляемых на экранах дисплеев, печатающих устройствах, табло и др., в составе разного рода документов (режимных листов, карт отклонений, сменных и суточных рапортов и т. д.); в мнемоническом и графическом видах

на мнемосхемах и экранах цветных и черно-белых дисплеев (мнемосхемы, графики и др.).

В таблицах обработки выходных показателей указывают технические средства, с помощью которых они представляются операторам, и документы, в состав которых эти показатели входят. Аналогичная таблица для ТЭП содержит код ТЭП, коды параметров, используемых при вычислении ТЭП, расчетные формулы для каждого ТЭП и др. При выборе методов и средств отображения информации в АСУ ТО стремятся обеспечить ассоциативную связь представляемой информации с технологическим процессом и минимизацию времени на ее декодирование; адаптивность информации к изменяющимся внешним требованиям и характеру использования; высокую надежность обработки информации путем использования соответствующих технических и программных средств и их дублирования.

Обычно в составе АСУ ТП пищевых производств присутствуют мнемосхемы с мнемосхемой технологического процесса; информационные табло (панели), устанавливаемые как в центральном диспетчерском пункте, так и непосредственно в производственных цехах и служащие для индикации информации типа "план-факт", сигналов аварии, счета готовой продукции по видам упаковки и т. п.; дисплейные модули типов МИД-1000, ДМ-2000, ВГА-2000 и др.; цветной графический терминал (ЦГТ); устройство последовательной печати на базе различных механизмов, использующих знакосинтезирующий принцип печати.

На последние три типа устройств информация выводится в виде макетов представления информации. Макеты на экраны дисплеев или печать выводят через клавиатуру дисплея. Для этого используют функциональные клавиши дисплея. Каждому макету соответствует определенная клавиша. Цифровая информация на макетах обновляется с циклом опроса параметров в системе.

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

Проектная документация на ИО включает следующие документы:

описание информационного обеспечения; перечень входных сигналов и данных; перечень выходных сигналов (документов); описание массива информации; чертеж формы документа (видеограммы); описание системы классификации и кодирования; описание организации информационной базы; описание технологического процесса обработки данных.

При описании ИО рассматриваются вопросы организации его, сбора и передачи информации, построения системы классификации и кодирования, организации внутри- и внешнемашинной информационных баз. Рассматривая принципы организации ИО, в проектных документах отражают состав, структуру и основные подходы к общей организации ИО, обосновывают выбор носителей данных и принципы распределения информации по типам носителей, описывают принятые виды и методы контроля в маршрутах обработки данных при создании и функционировании информационных баз, решения, обеспечивающие информационную совместимость проектируемой системы с другими по источникам и потребителям информации, сопряжению применяемых классификаторов (при необходимости) и использованию унифицированных систем документации.

Перечень входных сигналов и данных включает наименование измеряемой величины, единицы ее измерения, диапазон изменения, требования к точности и периодичности измерения, тип сигнала. Для дискретных сигналов указывают разрядность, для сигналов типа "да-нет" наличие или отсутствие некоторого события - источник формирования.

Перечень выходных сигналов содержит их наименование, назначение, единицы измерения и диапазоны изменения, способы представления, наименование пользователей информации. В перечне выходных документов приводят их наименование, кодовые обозначения, пользователи информации.

Описание массива информации содержит его наименование, обозначение, наименование носителя информации, перечень реквизитов в порядке их следования в записях массива с указанием по каждому реквизиту обозначения алфавита, длины в знаках, диапазона изменения (при необходимости), логических и семантических связей с другими реквизитами данной записи и другими записями массива. Кроме этого приводятся также оценка объема массива и

другие характеристики (при необходимости). Если массив состоит из записей разных типов, то для записи каждого из них приводят все характеристики, перечисленные выше.

Чертеж формы документа (видеокадра) включает необходимые изображения в соответствии с требованиями стандартов, а также требуемые пояснения. Описание системы классификации и кодирования содержит по каждому классифицируемому объекту описание метода кодирования, структуру и длину кода, указания о системе классификации и другие сведения (по усмотрению разработчика). Описание информационной базы включает сведения об организации файлов и взаимодействии между ними.

Рассмотрим на примере проектные решения по ИО АСУ ТП свеклосахарного завода (свеклоперерабатывающее отделение). В основу организации ИО положены следующие принципы: централизованная обработка информации; подчиненность способов обработки информации и ее движения задачам управления; однократность ввода и многократность использования информации; обеспеченность схемой движения информации выдачи дифференцированных данных для разных уровней и задач, решаемых системой.

В АСУ ТП предусматривается следующая организация обеспечения и хранения информации: все числовые данные, независимо от их источников и потребителей, хранятся в базе данных системы сбора и обработки информации от объекта, каждому из данных присваивается уникальное имя; хранение нечисловой информации обеспечивается, как правило, на магнитных дисках с помощью системы управления файлами ДАСПО.

Для упорядочения данных, входящих в информационную базу системы, и удобства работы с данными на стадии рабочего проекта принята кодовая система классификации данных. При этом используется принцип взаимного исключения кодов, т. е. признаки, используемые в одних кодах, не должны повторяться в других. Объекты должны классифицироваться только по существенным признакам, данные информационной базы группируются параллельно и независимо, классификационные группировки организуются по ряду признаков в соответствии с необходимыми при решении конкретных задач требованиями (сбор, обработка, представление информации, управление).

Система классификации не связывается с общесоюзными классификаторами Единой Системы Классификации и Кодирования, т. е. классифицируемые данные используются только внутри предприятия, для которого разрабатывается АСУ ТП.

**Разработка системы кодирования.** Каждому параметру присваивается имя, содержащее от 3 до 5 символов, называемое шифром, по которому осуществляется адресация к данным с генерированной системы сбора и обработки информации. Структура шифра может состоять из букв и цифр, например СП Т 01 (свеклоперерабатывающее отделение, температура, номер параметра на установке).

**Перечень сигналов и данных.** Входные и выходные сигналы и данные представляются обычно в виде таблицы (табл. 16, 17), где приняты следующие коды и наименование функций:

И1 - контроль технологических параметров и показателей состояния оборудования;

И2 - обнаружение, оперативное отображение, регистрация и сигнализация отклонений значений технологических параметров и показателей состояния оборудования от установленных границ;

ИЗ - оперативное отображение и регистрация значений технологических параметров и показателей состояния оборудования;

И4 - оперативное отображение и регистрация результатов математических и логических операций;

## 16. Перечень входных сигналов и данных

Наименование входного	Количество	Кодовое обозначение	Источник (платчик преобразователя)	Позиционное обозначение	Обозначение функции
-----------------------	------------	---------------------	------------------------------------	-------------------------	---------------------

		па		формы вания	участв ланный
Расход диффузион- ного сока, м <sup>3</sup> /ч Температура	2 2		Расходомер ИР-61 Термопреоб- разователь сопротивлен	нала	сигнал И1, И2, И3, И4, У1, У2 И1, И2,

*Продолжение*

Кодовое значени	Диап измен	Преде измер	Тип и вень	Перио ность	Допус мое	Допу мая	Прим чани
ходных налов, мируем использ нием данно го	ния ряемо велич	ний чика	код, ность цифров сигнала	рения ло ний в ницу мени)	мя ботки сигна с	решн измер ния,	

0—180 0—200 Аналоговый 1/мин 20с ±2 ,  
0-5 мА

20-80 0-100 Тоже 1/мин 20с ±2

## 17. Перечень выходных сигналов

Наименование и измерения сигнала	Колич во тичны раметр ов	Кодово обозна ние ции ного сиг- нала	Обозн ание ции	Кодовое начение няемых ных сигналов и данных	Диапа измене параме
--	--------------------------------------	--	----------------------	---	---------------------------

рН сульфитированной 2 И1, И2, воды, ед. / 4-9  
рН У1, У2 Расчетное значение темпе- 2 0-80  
У1, У2 ратуры в третьей зоне диф-  
фузионного аппарата, °С

*Продолжение*

Тип и выводим ого либо коммути руемого сиг	Способ ставлен ия информ ации	Периодич представл ения информац ии	Устройс вывода ин формац ии (кодово е	Позици обознач ение устройс тва вывода	Пользова информац ии
нала Аналогов ый 0-5 мА Тоже	Автомат	1/ми н По вызову, в	обознач ение) ВТА,У ПД		Опера тор Оператор, ремиконт

Примечание. Числовой код сигнала должен быть четырехзначным.

И5 - ручной ввод информации;

У1 - определение рационального ведения технологических процессов;

У2 - режим непосредственного цифрового управления.

**Описание внутримашинной информационной базы.** Применительно к задачам управления свеклоперерабатывающего отделения сахарного завода и особенностям программного обеспечения используемые данные делятся на классы:

- 1 - информация, направляемая от объекта управления с помощью автоматических датчиков;
- 2 - информация, подаваемая от объекта управления с использованием процедур ручного ввода (результаты лабораторных анализов, плановые задания и т. д.);
- 3 - информация, поступающая на объект управления от автоматических регуляторов;
- 4 - информация, поступающая на объект от оперативного персонала;
- 5 - промежуточные результаты работы задач АСУ ТП;
- 6 - обзорная информация о работе объекта;
- 7 - нормативно-справочная и настроечная информация для задач АСУ ТП.

Данные классов 1-3 хранятся в базе данных системы сбора и первичной обработки информации от объекта (СОП), здесь же хранятся и результаты их первичной обработки. Данные классов 4-6 могут храниться как в базе данных СОП, так и в специализированной базе данных, обслуживаемой ППП "Организация унифицированных информационно-вычислительных процессов" (ИВП). Отнесение конкретных данных к той или иной базе определяется удобством рабочего проектирования. Данные класса 7 хранятся в базе данных ИВП, если их изменение в ходе работы АСУ ТП невозможно, и в базе данных СОП - в противном случае.

Все данные получают уникальные в пределах АСУ ТП обозначения по которым к ним организуется доступ. Некоторые данные, например класса 7, могут группироваться отдельно для каждой задачи АСУ ТО. Доступ к данным такой группы, имеющей уникальное обозначение<sup>^</sup> обеспечивается средствами системы ИВП и задачи, использующей эту группу данных. Отдельные задачи АСУ ТП могут использовать собственные специфические средства хранения и поиска информации (например, дисковые файлы).

**Описание немашинной информационной базы.** Под немашинной информационной базой понимают систему классификации и кодирования, комплекс видеограмм и систему ведения, хранения и внесения изменений в документацию. Комплекс видеограмм, закодированных под каталожными номерами, включает контролируемые параметры и параметры ручного ввода, технологические режимы и регулируемые параметры. На видеограммах в табличной форме приводятся коды, наименования и размерности контролируемых и регулируемых параметров, их текущие, расчетные и заданные значения, верхние и нижние технологические границы, а также значения положений исполнительных механизмов. На видеограммах также приводятся мнемосхемы с изображением основного технологического и вспомогательного оборудования.

Немашинная информационная база включает также сообщения, сформированные в результате решения различных задач, например "Оптимальное управление процессом" и др. Информация, выдаваемая во немашинную базу, частично хранится в теле программы, частично - в виде отдельных файлов. При необходимости корректировка данных фактически сводится к изменению программ и файлов по правилам, предусмотренным для программного обеспечения.

Вывод информации производится по инициативе либо самого программного обеспечения (сообщения от задач контроля и управления), либо оператора АСУ ТП (видеограмм и др.).

## **МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АСУ ТП**

Метрологическое обеспечение представляет собой совокупность работ, проектных решений, технических и программных средств, обеспечивающих заданные точностные характеристики функций системы, реализованные на основе измерительной информации. Перечень основных работ по метрологическому обеспечению системы приводится в техническом задании, а основные проектные решения отражаются в проектной и рабочей документации технического, программного и организационного обеспечения системы. Перед приемочными испытаниями системы выполняется метрологическая аттестация измерительных каналов.

Независимо от типа системы и ее назначения должны выполняться некоторые основные требования в смысле обеспечения необходимой точности измеряемых величин, а также единообразия выражения результатов измерений для возможной их сопоставимости. В отличие от отдельных технических средств АСУ ТП в целом не проходят стадий макетирования, лабораторной проверки, периодических и типовых испытаний, а после проектной разработки комплектуются и монтируются непосредственно на ТОО. При этом следует учитывать, что отдельные технические устройства (датчики, преобразователи, каналы связи, регуляторы, исполнительные механизмы, управляющие вычислительные комплексы и др.) удалены один от другого, находятся в разных условиях эксплуатации и подвержены влиянию разнообразных факторов. Часть метрологических характеристик может быть определена экспериментально, другая - только расчетным путем, так как условия эксплуатации разных технических устройств отличаются от нормальных. Кроме того, каналы АСУ ТП неравноценны по функциональному назначению и должны обеспечить не только безопасные для обслуживающего персонала условия эксплуатации и безаварийное течение технологического процесса, но и получение измерительной информации для выработки на ее основе требуемых управляющих воздействий.

Некоторые общие принципы организации работ по метрологическому обеспечению АСУ ТП независимо от ее типа и назначения сводятся к следующему. Так, метрологическое обеспечение АСУ ТП должно охватывать все виды преобразования информации и сигналов в системе, что можно обеспечить лишь при тщательном обследовании объекта и использовании аттестованных методик выполнения измерений. Следует иметь в виду, что вопросы метрологического обеспечения устройств вычислительной техники в настоящее время окончательно не решены и только сейчас создается необходимая нормативная база.

Метрологическое обеспечение АСУ ТП должно содержать единый комплекс нормированных метрологических характеристик и показателей точности как для отдельных элементов и устройств, так и для системы в целом. При этом должен учитываться случайный характер погрешностей, возникающих в АСУ ТП, и обеспечиваться возможность обоснованной оценки расчетным путем метрологических характеристик.

Метрологическое обеспечение обычно содержит три составляющие части: методика проведения работ, технические средства, структура организации работ, что особенно важно при метрологической аттестации системы. Организация работ по метрологическому обеспечению АСУ ТП должна быть также ориентирована на конкретные свойства системы и особенности ее проектирования и эксплуатации. Так, для обеспечения единого подхода к проблеме нормирования метрологических характеристик разных технических средств системы необходимо максимально использовать серийно выпускаемые агрегатированные комплексы с унифицированными характеристиками и номенклатурой. Работы по уточнению методик измерений и их аттестации необходимо проводить на стадии разработки технического задания и технического проекта. Если применить методики расчета метрологических характеристик измерительных каналов в целом невозможно, то определяют характеристики их отдельных частей с последующей стыковкой. При отсутствии возможности проведения необходимых расчетов метрологические характеристики определяют экспериментально.

Все методики испытаний и проверки измерительных каналов должны быть ориентированы на использование выпускаемых образцовых средств измерения. Недостающие средства должны разрабатываться и аттестовываться до начала испытаний. Вся нормативно-техническая документация по метрологическому обеспечению АСУ ТП (по порядку проведения испытаний, метрологической экспертизе и метрологическому надзору в процессе эксплуатации) должна быть разработана, как минимум, на уровне стандарта предприятия.

На стадии "Техническое задание" осуществляют предварительный выбор измеряемых величин и оценку их метрологических характеристик, определяют динамические и статические характеристики объекта, выбирают исследовательскую аппаратуру. Кроме того, выбирают используемые в дальнейшем методы измерений и способы аттестации измерительной части АСУ ТП, составляют в предварительной редакции справку по метрологическому обеспечению, выбирают нормируемые метрологические характеристики и проводят метрологическую экспертизу технического задания.

На стадии "Технический проект" уточняют нормируемые метрологические характеристики информационно-измерительной части АСУ ТП, выполняют предварительный расчет метрологических характеристик измерительных каналов и метрологическую экспертизу заданий организациям-соисполнителям. На этой же стадии рассчитывают метрологические характеристики и исследуют макеты наиболее важных измерительных каналов, окончательно уточняют структуру измерительно-информационной части АСУ ТП, проводят метрологическую экспертизу основных конструкторских текстовых документов (технических условий, пояснительной записки), подготавливают проект программы и методику метрологической аттестации информационно-измерительной части АСУ ТП, а также программы и методики испытаний АСУ ТП в целом. Здесь же окончательно редактируют справку по метрологическому обеспечению и метрологической экспертизе АСУ ТП.

При выполнении рабочей документации проводят метрологическую экспертизу подготовленных материалов, разрабатывают программы и методики испытаний и метрологической аттестации (государственной, ведомственной, межведомственной), измерительно-информационной части АСУ ТП. На стадиях внедрения проверяют метрологическое обеспечение процессов изготовления, сборки и наладки, проводят испытания опытных образцов и измерительно-информационной части АСУ ТП в производственных условиях либо на полигоне. После внесения необходимых исправлений и изменений на основе полученных статистических данных проводят испытания системы в целом и сдачу ее комиссии (государственной, межведомственной, внутриведомственной или двухсторонней).

На стадии "Анализ функционирования" наряду с текущими проверками системы исследуют метрологическую надежность системы и формулируют рекомендации по совершенствованию метрологического обеспечения.

### **3.1. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО СОЗДАНИЮ АСУ ТП, ВХОДЯЩЕЙ В СОСТАВ ПОСТАВЛЯЕМОГО АТК**

Научно-технический прогресс в разных отраслях промышленности, в том числе и пищевой, неразрывно связан со все более широким внедрением автоматизированных технологических комплексов. Действующие в рамках АТК совместно ТОУ и АСУ ТП в равной степени воздействуют на конечные показатели производства, поэтому совместное проектирование ТОУ и АСУ ТП с учетом единой конечной цели дает наибольший эффект.

Создание высокоэффективных АТК требует решения ряда сложных проблем: постановка задач оптимизации, разработка математических моделей, отражающих основные стороны функционирования ТОУ и АТК в целом, выбор методов решения оптимизационных задач, разработка и реализация эффективных алгоритмов управления на базе соответствующих технических средств.

Процессы производства протекают в сложных химико-технологических системах (ХТС) или технологических комплексах (ТК), которые значительно различаются по организации, масштабам, условиям физико-химических превращений веществ, машинно-аппаратурным схемам. В то же время ТК имеют ряд общих свойств: являются структурно сложными, состоящими из отдельных частей, перерабатывают энергию, вещество, информацию, связаны с другими производствами. Кроме того, технологические комплексы пищевой промышленности характеризуются следующими признаками:

- наличие совокупности подсистем, управление которыми осуществляют по разным критериям, и сложных многочисленных связей между подсистемами;

- большая размерность векторов выходных переменных, возмущений и управлений, причем число выходных переменных ниже числа управлений;

- возможность описания свойств ТК с помощью математических моделей;

- необходимость управления в реальном масштабе времени в условиях многочисленных ограничений, т. е. необходимость решения задач оперативной оптимизации;

- наличие в составе АТК агрегатов большой единичной мощности, обладающих с точки зрения задач управления неблагоприятными свойствами: многомерностью, нелинейностями, распределенностью параметров, высоким уровнем производственных шумов и др.;



существование специфических свойств перерабатываемого сырья, что приводит к необходимости учета изменений качественных показателей и кинетических зависимостей, возникающих при хранении сельскохозяйственного сырья. Все это должно найти отражение в математических моделях;

возможность постановки задач квазистатической оптимизации при допущении малой продолжительности переходных процессов по сравнению с периодом изменения возмущений, в первую очередь по качеству сырья.

При разработке иерархических систем управления ТК необходимо решать широкий круг проблем, основными из которых являются следующие:

формализация процесса функционирования многоуровневых иерархических систем управления как основа для исследования наиболее общих их свойств и закономерностей, синтеза математического обеспечения системы управления;

разработка методов и алгоритмов решения типовых подзадач, в том числе подзадач координации, с учетом дефицита мощности ЭВМ и времени решения задачи;

синтез структуры иерархической системы (структуры подзадач), оптимальной по критериям эффективности, которые учитывают наиболее существенные аспекты функционирования и проектирования системы управления.

Общая схема организации разработки АСУ ТП, входящей в состав-поставляемого АТК, иллюстрируется рис. 3.8 (в соответствии с ОРММ).

В качестве основных участников работ по созданию АСУ ТП выступают заказчик - промышленное предприятие или дирекция строящегося предприятия; основной исполнитель - научно-исследовательский институт или научно-производственное объединение системного профиля - разработчик АСУ ТП и комплекса средств автоматизации;

изготовитель комплекса средств автоматизации АСУ ТП; генпроектная организация ведомства заказчика; организация - проектировщик АСУ ТП; разработчик АТК (основного технологического оборудования) - конструкторское бюро машиностроительного ведомства; поставщик АТК (основного технологического оборудования) - головное предприятие (НПО) машиностроительного ведомства.

На стадии разработки технико-экономического обоснования для строящегося объекта генпроектная организация с участием головного технологического института и головной организации по АСУ ТП в отрасли подготавливает и обосновывает с позиций заказчика исходные технические требования к создаваемому АТК, т. е. основному технологическому оборудованию и АСУ ТП. После утверждения технико-экономического обоснования и принятия решения о создании АТК эти требования в форме заявки на разработку направляются разработчику основного технологического оборудования с приложением материалов, необходимых для разработки ТЗ на АТК.

Требования к АСУ ТП формулирует организация-разработчик АТК на основании исходных требований к АТК. Сформулированные требования оформляют в виде заявки и передают с сопровождающей документацией организации - предполагаемому разработчику АСУ ТП. Для включения работ по созданию АСУ ТП в плане организаций-участников должны быть утверждены заявки на АТК и АСУ ТП. В рассматриваемом случае разработка технических заданий на создание АТК и АСУ ТП производится одновременно, причем техническое задание на создание АСУ ТП может включаться в качестве раздела в состав технического задания на создание АТК. Последнее согласовывается с генпроектной организацией, головным технологическим институтом, основным исполнителем работ по созданию АСУ ТП и его ведомством. Утвержденное техническое задание на создание АТК является основанием для начала разработки и проектирования АТК, АСУ ТП и строительного проектирования объекта.

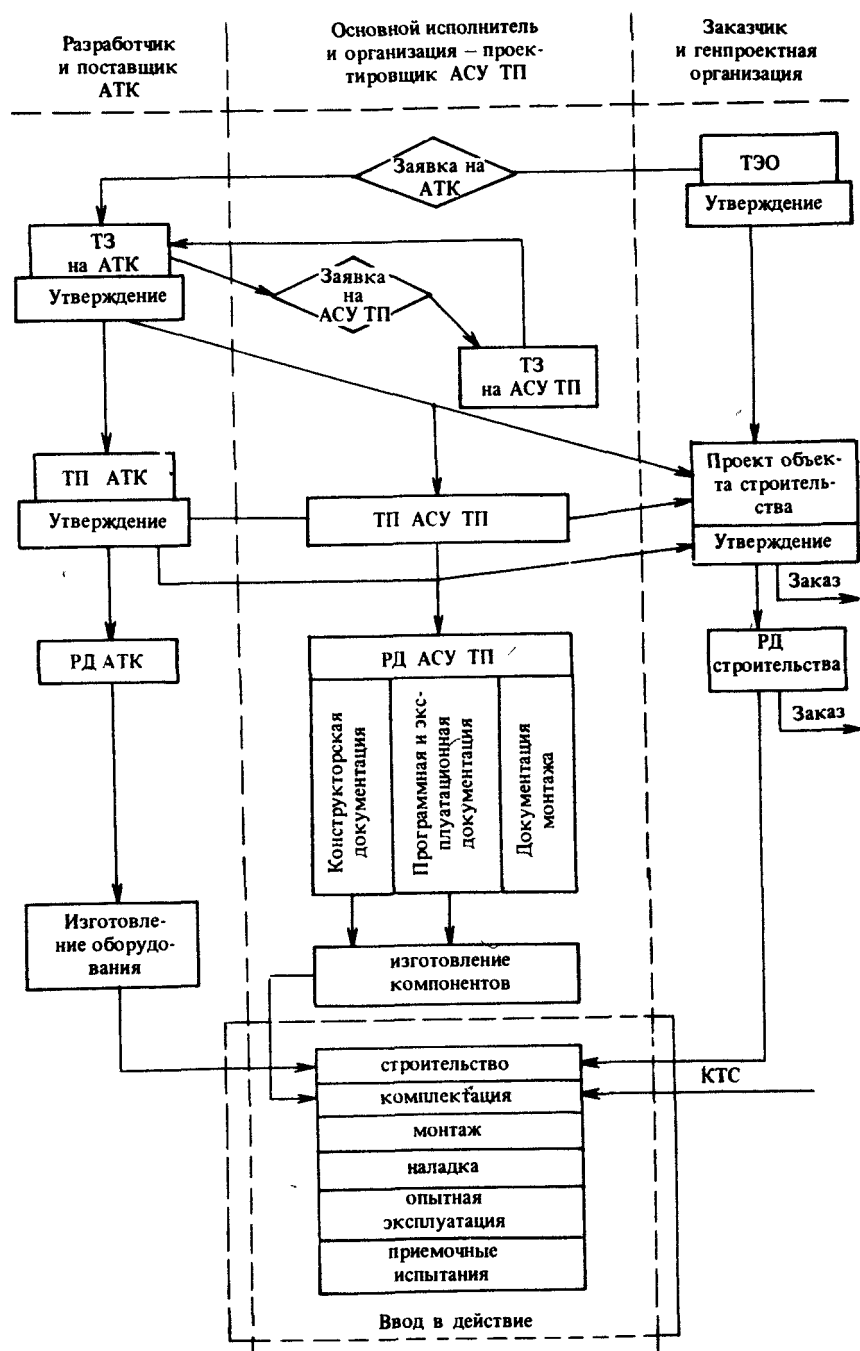


Рис. 3.8. Схема организации разработки АСУ ТП, входящей в состав поставляемого ATK  
ОТК организации-изготовителя на основании результатов проверки и испытаний на соответствие ТЗ. На стадии "Ввод в действие" все работы организуются и проводятся заказчиком, который при необходимости привлекает и другие организации.

На стадии "Технический проект" основной исполнитель и привлекаемые или специализированные организации должны обеспечить разработку технических решений по характеристикам и местам монтажа датчиков и регулирующих органов, необходимых для проектирования основного технологического оборудования. Технические решения оформляют и передают в виде технических требований и заданий разработчику ATK для реализации при разработке и включения в технический проект ATK. Названные материалы самостоятельно не утверждаются, а лишь предварительно согласовываются с разработчиком ATK. Технический проект утверждается в целом во всеми включенными в него материалами.

Решения технического проекта АСУ ТП по математическому, информационному и организационному обеспечению АСУ ТП разрабатываются в сроки, согласованные с разработчиками ATK, оформляются в виде технического проекта специального

математического и информационного обеспечения АСУ ТП, согласовываются с заказчиком и утверждаются руководством организации основного исполнителя. После утверждения технических проектов АТК и строительства приступают к разработке рабочей документации на АТК и АСУ ТП.

Стадия "Рабочая документация" АСУ ТП характеризуется участием основного исполнителя и соисполнителей в выпуске рабочих чертежей на АТК (совместно с разработчиком АТК), разработке рабочей документации на комплекс средств автоматизации, программы и программные средства и документацию на систему. Проектная и конструкторская документация, выпускаемая на этой стадии, утверждению не подлежит и передается для реализации по мере выпуска.

Технические средства АСУ ТП и документы специального программного обеспечения АСУ ТП перед поставкой заказчику принимаются

## **Глава 4. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

### **4.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Системы автоматизированного проектирования (САПР) - это новое перспективное направление применения современной вычислительной техники. Эти системы призваны обеспечить автоматический расчет типовых проектных решений и автоматическую (или автоматизированную) подготовку технической документации. Указанные задачи могут быть формализованы, благодаря чему специалист-проектировщик (в дальнейшем пользователь) освобождается от трудоемких работ, не требующих творческого подхода. Наряду с этим в последнее время все • большее распространение получают диалоговые системы проектирования. При этом в процессе взаимодействия пользователя и ЭВМ реализуется творческий потенциал проектировщика при выборе принципиальных моментов решения задачи, а на ЭВМ возлагаются функции проверки ограничений и числовая оценка параметров предлагаемого варианта. При подготовке документации с помощью технических средств реализуется автоматическое вычерчивание отдельных инвариантных для данной задачи схем и их типовых элементов. Дальнейшим развитием САПР является применение элементов искусственного интеллекта с помощью базы знаний, заложенной в память ЭВМ, которая создается на основе обобщения опыта работы квалифицированных проектировщиков. (Эти вопросы в данной главе не рассматриваются.)

Для удобства описания принято условно подразделять САПР на разного вида обеспечения: методологическое, техническое, информационное, математическое, программное, организационное, юридическое (или правовое). В данной главе рассмотрены первые пять.

Организационное обеспечение, т. е. вопросы организации работы системы, составляет совокупность документов, устанавливающих состав проектной организации и ее подразделений, порядок их взаимодействия, форму представления результатов автоматизированного проектирования, процедуру рассмотрения и утверждения проектных документов. Создание и порядок использования САПР определяются и регламентируются отраслевыми и государственными стандартами.

Под юридическим обеспечением подразумевается распределение ответственности за ошибочные или мало эффективные проектные решения, которые принимаются по вине проектировщика или из-за несовершенства других видов обеспечения (иногда просто из-за сбоев в работе ЭВМ). Этот вид обеспечения по причине его слабой разработки в реальных системах не рассматривается вообще.

Под методологическим обеспечением понимается четкая и обоснованная постановка задач при создании САПР. Прежде чем создавать относительно сложную систему, на что требуются длительное время и большие затраты, необходимо оценить целесообразность ее создания: экономический и социальный эффекты, виды решаемых задач, распределение функций между

пользователем и техническими средствами системы.

## АКТУАЛЬНОСТЬ САПР

Необходимость создания САПР определяется значительно возросшим за последние годы уровнем производства. Во-первых, усложнились сами изделия и особенно процесс согласования отдельных технических решений. Число требований к отдельным элементам изделий и подсистемам возросло, и проверка полноты и непротиворечивости требований вручную стала практически неосуществимой. Поэтому продолжительность проектирования возросла в десятки раз и стала соизмеримой со временем морального и физического старения изделия. Совершенствование ручных методов проектирования уже не успевает за усложнением объектов проектирования. В реальных задачах число факторов, которое должно учитываться в проектировании, т. е. размерность задачи  $n$ , очень велико. При этом число возможных вариантов решения пропорционально не полиномиальной зависимости  $n^o$  (где  $o$  - некоторая константа), а экспоненциальной  $a^n$ . И если, при зависимости типа  $n^o$  еще возможен поиск наилучшего решения с помощью ЭВМ, то зависимость типа  $a^n$  не позволяет реализовать поиск решения даже на самых быстросрабатывающих современных ЭВМ.

Во-вторых, благодаря научно-техническому прогрессу ускорились сменяемость элементной базы создаваемых изделий, материалов и технологий изготовления продукции. Так, в производстве ЭВМ за 25 лет элементы на лампах сменились полупроводниковыми элементами, которые в свою очередь были вытеснены микросхемами со все большей концентрацией элементов в одном кристалле. В производствах легкой промышленности появляются все новые и новые искусственные материалы. Современные производства пищевых продуктов характеризуются непрерывным совершенствованием и обновлением технологических процессов.

В-третьих, использование новых научных идей и технологических принципов приводит к неопределенности результатов проектирования, что вызывает необходимость вносить многочисленные изменения на разных стадиях проектирования.

В-четвертых, причинами актуальности САПР являются высокая стоимость изделий и требования к их качеству, обуславливающие потребность в оптимизации проектных решений. При ручном проектировании обычно разрабатываются один-два варианта проектов. САПР позволяет просматривать значительно большее число вариантов и отбирать наиболее удачный.

Таким образом, в настоящее время при создании объектов новой техники сложилась ситуация, когда при достаточно высоких научных достижениях и большом потенциале инженерных идей основными сдерживающими факторами в ускорении создания новой техники являются неудовлетворительные сроки и качество проектирования. Образовался значительный разрыв между ростом производительности труда в сфере непосредственного производства и в сфере проектирования.

Значительная часть проектных задач в настоящее время не может быть формализована, поэтому взаимодействие "человек-ЭВМ" в самом процессе проектирования является одним из необходимых условий успешного функционирования САПР. Реализация этого взаимодействия стала возможной благодаря современному уровню развития вычислительной и периферийной (дополнительной) техники. Особое значение здесь приобретает ввод в систему информации с помощью устройств ввода графической информации (УВГИ), устройств вывода графической информации в виде чертежа - графопостроителей, устройств изображения и редактирования графической информации - графических дисплеев (ГД). Взаимодействие указанных устройств (рис. 4.1) и общение пользователя с центральной ЭВМ осуществляется с помощью алфавитно-цифрового дисплея (АЦД).

Реализация взаимодействия пользователь-ЭВМ создает так называемый диалоговый режим проектирования, который позволяет сочетать потенциальные творческие возможности человека и возможности ЭВМ по хранению огромного объема информации и быстрой количественной оценке предлагаемых проектировщиком решений. Диалоговый режим облегчает реализацию итерационного характера проектирования. Из-за сложности решаемых задач проектировщик не

всегда имеет возможность определить наилучший вариант. После оценки системой предложения использования ЭВМ значительно облегчает труд проектировщика по подготовке исходной числовой и текстовой документации, по разработке выходных проектных документов и главным образом графической информации.

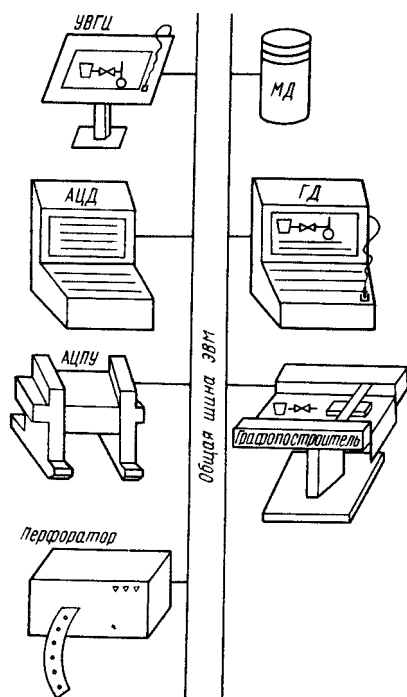


Рис. 4.1. Схема взаимодействия технических средств САПР:

АЦПУ - алфавитно-цифровое печатающее устройство; МД - запоминающее устройство на магнитном диске. Возврат к ранее пройденным этапам проектирования и путем такого последовательного (итерационного) подхода удается достигнуть наилучших результатов.

Использование графических технических средств благодаря их наглядности облегчает восприятие информации и позволяет получать техническую документацию, в частности чертежи, без применения ручного труда. При этом следует иметь в виду, что техническая документация на 30-40 %, а иногда и на 70-80 % состоит из графической информации.

## ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ САПР

САПР, так же как и АСУ "ТО", является человеко-машинной системой, но для ее построения требуются еще в большей степени современные вычислительные и вспомогательные устройства. По характеру решаемых задач САПР разного назначения ближе одна к другой, чем к АСУ ТО того же производства, поскольку в разных отраслях возникают аналогичные задачи, например компоновка, размещение, трассировка (см. п. 4.4).

САПР условно можно разделить на четыре уровня:

уникальные САПР, которые создаются в одном-двух экземплярах и используются для разработки узкоспециализированных проектов;

универсальные САПР, которые используются в определенной отрасли, например единая система автоматизированного проектирования современных ЭВМ;

специализированные САПР, которые создаются для определенной проектной организации. Такие системы предназначены для решения более узкого класса задач, чем универсальные, но так же как и универсальные, могут тиражироваться, т. е. быть размножены и использоваться в нескольких проектных организациях аналогичного профиля;

индивидуальные САПР, которые применяются при выполнении отдельных видов

инженерной работы, например для расчета настроек регуляторов, выбора "определенного вида аппаратуры, типа щитов и пультов.

В соответствии с ГОСТ 23501.8-80 САПР можно классифицировать

и по другим признакам. По числу выпускаемых проектных документов в год (в формате А1) САПР подразделяются на системы малой (до  $10^3$ ), средней ( $10^3$ - $10^6$ ) и высокой (свыше  $10^6$ ) производительности. По уровню автоматизации проектирования различают САПР с числом автоматизированных процедур менее 25 % (низкий уровень), от 25 до 50 % (средний уровень) и свыше 50 % (высокий уровень). По сложности объекта проектирования САПР подразделяются на простые с числом составных частей до 102, средней сложности ( $10^3$ - $10^4$ ), сложные ( $10^4$ - $10^6$ ) и очень сложные ( $10^6$ - $10^8$ ). По числу уровней в структуре технического обеспечения могут быть САПР одно-, двух- и трехуровневые.

При работе с САПР пользователь должен знать: особенности решения проектных задач, включая формализуемые и неформализуемые, которые встречаются при традиционном (ручном) проектировании, т. е. пользователь должен быть специалистом по проектированию; методологию проектирования, которая существенно отличается от ручного проектирования и требует знания возможностей системы и умения обращаться к ее алгоритмам; математические модели проектируемых систем автоматизации, чтобы обоснованно выбирать те или иные методы (алгоритмы) управления технологическими процессами и соответствующие параметры управления; методы использования ЭВМ и соответствующих периферийных устройств на уровне пользователя.

### **ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ МЕТОДОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

Важнейшим этапом создания САПР является анализ методологических вопросов. Их обоснованное решение обеспечивает эффективность как процесса разработки, так и эксплуатации САПР. Методологическое обеспечение (или системный анализ) ориентировочно составляет 60 % трудоемкости по созданию САПР, около 30 % приходится на программное обеспечение и только 10 % на проектирование комплекса технических средств (выбор и адаптацию в системе).

Применение ЭВМ для автоматизации проектно-конструкторских работ имеет свою специфику, обусловленную в основном тем, что в ряде случаев задачи проектирования существенно отличаются от задач вычисления. Эти отличия в основном заключаются в том, что в ряде случаев постановка задач носит неформальный характер, а информация, выводимая из ЭВМ, не является числовой. К числу неформальных задач, например, можно отнести задачи компоновки приборов на щите

или пульте, компоновки микроэлектронной аппаратуры на печатных платах.

Наличие неформализованных задач предопределяется несколькими причинами. Одной из них является многокритериальность. Так, в задаче размещения приборов и трассировки связей между ними часто необходимо учитывать целый ряд условий: минимизацию суммарной длины связей, минимизацию суммарной взвешенной длины связей, минимизацию числа данных связей, максимизацию числа связей с возможно более простой конфигурацией и др. Решение данной задачи должно удовлетворять ряду ограничений: на взаимное расположение приборов, на расположение приборов относительно края щита (или пульта), на максимально допустимую длину связей и т. п.

Другая причина состоит в том, что проектирование сложных объектов производится в условиях неполной или неточной информации об объектах проектирования при недостаточной определенности целей проектирования. Проектировщик способен принимать решения при наличии многокритериальное<sup>TM</sup> (задача векторной оптимизации) и неопределенности условий проектирования на основе своего опыта и интуиции. Формализовать же такие задачи для автоматического (машинного) решения затруднительно. Поэтому для автоматизированного проектирования характерно систематическое использование ЭВМ при рациональном распределении функций между человеком и ЭВМ.

Основной целью методологического обеспечения является определение задач, решение

которых следует оставить за человеком; задач, решаемых автоматически на ЭВМ; задач, наиболее эффективное решение которых может быть достигнуто в диалоговом режиме. При этом опыт и интуиция человека сочетаются с памятью ЭВМ, способной хранить, обновлять и представлять в удобной форме информацию, а также с ее высоким быстродействием в проведении разного вида расчетов.

Основными критериями проектирования являются качество проектных решений (оптимальность технических решений), стоимость проектирования, сроки разработки, численность занятых специалистов-проектировщиков. Обычно инженеры в своей деятельности используют в разумном сочетании расчетные, экспериментальные и интуитивно-эвристические методы. Последние прежде всего необходимы при решении задач синтеза структуры большинства технических объектов. Для определения же значений параметров объекта проектирования обычно используют расчетные и экспериментальные методы.

Автоматизированные методы расчета могут дать только ориентировочные значения параметров системы, так как их применение возможно только для значительно упрощенного описания объекта. При этом реальные процессы, описанные системами уравнений высокого порядка и обычно нелинейными, линеаризуют, понижая в несколько раз их порядок. В результате гарантировать работоспособность объекта при таком расчете нельзя. Поэтому при традиционном (без применения ЭВМ) подходе неизбежно использование экспериментальных методов. При этом на макете - физической модели объекта определяются условия работоспособности, изменяются параметры, частично изменяется структура объекта моделирования.

При автоматизированных методах расчета на основе ЭВМ дорогостоящее и продолжительное физическое моделирование заменяется математическим, под которым понимается исследование поведения системы уравнений, описывающих объект (или процесс) на ЭВМ и отражающих интересующие исследователя свойства объекта. Поскольку в этом случае нет необходимости в существенном упрощении математической модели, то точность решения вполне достаточна для реального проектирования. В некоторых случаях точность математической модели соизмерима и даже выше точности, которую обеспечивает физическое моделирование.

Важнейшим методологическим вопросом является оценка целесообразности создания САПР для проектирования того или иного типа объекта. В данном случае основной оценкой является экономическая целесообразность. Эффективность САПР определяется как повышением производительности труда проектировщиков, так и особенно повышением качества проекта. Производительность можно рассчитать как разность затрат на проектирование ручным ( $C_p$ ) и автоматизированным ( $C_a$ ) методами. Прямая годовая экономия при этом

$$\mathcal{E} = (C_p - C_a)n, \quad (4.1)$$

где  $n$  — число проектов, выполняемых за год. В свою очередь

$$C_p = S_m T_m + S_d T_d; \quad (4.2)$$

$$C_a = S_a \sum_{i=1}^n T_{и} + S_{ув} T_{ув} + S_{ЭВМ} T_{ЭВМ} + S_{гп} T_{гп}, \quad (4.3)$$

где  $S_m$  и  $S_d$  — себестоимость одного часа работы инженера при ручном проектировании соответственно для расчета на микрокалькуляторах и выполнения других работ;  $T_m$  и  $T_d$  — общие затраты времени на расчеты и другие работы;  $S_a$  — себестоимость одного часа при автоматизированном проектировании;  $T_{и}$  — составляющие времени, затрачиваемые на подготовку информации, ее кодирование, передачу в вычислительный центр и т. п.;  $S_{ув}$ ,  $S_{ЭВМ}$ ,  $S_{гп}$  — соответственно стоимость одного часа работы устройства ввода информации, ЭВМ, графопостроителя;  $T_{ув}$ ,  $T_{ЭВМ}$ ,  $T_{гп}$  — продолжительность работы соответствующих технических средств.

Целесообразность автоматизации проектирования можно дополнительно оценить по следующей эмпирической формуле:

$$Ц = Э / Am, \quad (4.4)$$

где  $A$  — процент автоматизированных проектных работ;  $m$  — число проектировщиков.

Суть формулы (4.4) состоит в том, что при возрастании  $A$  должно уменьшаться  $m$ . Значение  $Ц$  может использоваться при выборе тех проектных работ, которые следует автоматизировать в первую очередь. Представленные выше выражения являются приближенными оценками, поскольку не всегда удается точно определить исходные данные для расчета эффективности, например такие, как  $\Gamma_{\text{в}}$ ,  $\Gamma_{\text{д}}$ ,  $\Gamma_{\text{ц}}$ .

### **ОСОБЕННОСТИ САПР СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ**

Задачи, которые решаются на современном уровне развития САПР, можно подразделить на три основные группы: типовые расчеты, выбор аппаратуры, оформление технической документации. Расчетные задачи ближе всего к традиционному использованию ЭВМ вне рамок САПР. Это в основном вычисление параметров системы при фиксированной структуре и заданных исходных условиях. При этом используются апробированные методы, расчет по которым должен сводиться к вводу исходных данных и получению результатов. В основном такие задачи решаются в автоматическом режиме, но может быть использован и диалоговый режим, когда происходит останов при достижении промежуточного результата.

Дальнейший расчет продолжается после выбора пользователем варианта решения или ввода дополнительной информации. Особенности решения таких задач в рамках САПР являются унификация процедуры расчета и наличие единого массива базовых исходных данных, изменять которые при решении очередной конкретной задачи не требуется. Подготовка алгоритмов таких задач нуждается в большом предварительном исследовании в целях обеспечения правильности получения результата.

Выбор аппаратуры для измерения переменных технологических процессов и управления ими также поддается автоматизации. Причем эта задача сводится к созданию информационно-поисковой системы (ИПС), где поиск может осуществляться как по требуемым характеристикам аппаратуры, так и по другим показателям (см. п. 4.3). Основным затруднением в решении данной задачи является очень большой объем информации по существующей аппаратуре совместно с ее характеристиками. Объем информации может быть сокращен, если создавать ИПС для проектирования определенного типа процессов, а не всех существующих в отрасли. Это снижает универсальность ИПС, но позволяет реализовать ее на ЭВМ средней и относительно малой мощности. Принципиальным методологическим вопросом здесь является выбор структуры хранения информации об аппаратуре, от которой зависит организация методов доступа и время поиска информации.

Наиболее существенный эффект от применения САПР достигается при подготовке технической документации, если возможно использовать типовые проектные решения (ТПР). Сам процесс создания графического изображения с помощью технических средств САПР (графический дисплей, графопостроитель) не дает существенного выигрыша по сравнению с ручным вычерчиванием. Эффект достигается благодаря тому, что вновь проектируемые процессы и системы их автоматизации, как правило, незначительно отличаются от уже созданных. Изменения возникают при модернизации технологии, появлении новых приборов, внедрении усовершенствованных методов управления. При этом можно использовать ранее разработанную документацию (проекты-аналоги), которая хранится в памяти ЭВМ и может быть вызвана на экран графического дисплея. После небольших изменений (обычно не более 5 %) скорректированная документация (и схемы и тексты) принимается за новое проектное решение и выводится из системы в требуемой форме. При этом проектировщик избавляется от трудоемкой рутинной работы по подготовке однотипных схем и текстовых описаний. Применение САПР при разработке документации систем автоматизации принципиально новых технологических процессов не столь эффективно, как при использовании ТПР.



Основными техническими документами являются схемы автоматизации технологических процессов; принципиальные электрические и пневматические схемы; схемы компоновки, размещения и трассировки. Задачи компоновки и размещения аппаратуры на щитах и пультах, а также трассировка соединений между ними взаимосвязаны. От того, насколько удачно будет распределена вся аппаратура по щитам и пультам, зависят их размещение и трассировка соединений. Последняя, в свою очередь, зависит также и от размещения. В совокупности - это сложная комбинаторная задача большой размерности (число размещаемой аппаратуры составляет десятки). В настоящее время методов ее аналитического решения не существует. Эта задача обычно разбивается на три: компоновка, размещение, трассировка. Каждая из них решается независимо по своему критерию и несмотря на такую декомпозицию все равно оптимального аналитического решения каждой из задач в общем случае не существует. Поэтому здесь наиболее эффективно использовать диалог с применением итерационного подхода. Опыт проектировщика сочетается с возможностями ЭВМ. Организация такого режима решения задачи является одним из важнейших методологических вопросов создания подсистемы подготовки технической документации.

## **4.2. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА**

Необходимым условием создания САПР, как и любой системы автоматизации, является наличие соответствующих технических средств (ТС). Проектирование относится к интеллектуальной сфере деятельности человека, и его автоматизация стала возможной именно благодаря развитию основного типа ТС - современной вычислительной техники, иногда создание САПР отождествляют с приобретением соответствующего оборудования. Но это не так. Ни по сложности задач, ни по временным и трудовым затратам ТС не занимают центрального места при разработке эффективной системы. Но, естественно, при их отсутствии разговор о разработке САПР вообще теряет смысл.

Главным элементом в составе ТС является ЭВМ, "которая должна быть сопряжена с устройствами, позволяющими выполнять проектные процедуры, не сводящиеся к чистым вычислениям. Отличительными признаками использования ТС в автоматизированном проектировании являются автоматизированные действия с числовыми и символьными данными, автоматизированная работа с графической информацией, возможность работы в режиме диалога с ЭВМ.

## ***ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ТИПОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ***

В зависимости от характера решаемых задач в САПР могут использоваться разные по мощности ЭВМ. Оценку возможности использования той или иной ЭВМ осуществляют по совокупности разных показателей. Основными из них являются производительность (быстродействие), емкость оперативного запоминающего устройства (ОЗУ), пропускная способность подсистемы ввода-вывода информации, надежность функционирования и др. Условно все ЭВМ можно разделить на ЭВМ большой, средней и малой мощности. К ЭВМ большой мощности относят, например, ЕС-1045, ЕС-1060. БЭСМ-6, "Эльбрус". Примерами ЭВМ средней мощности являются мини-ЭВМ серий СМ (СМ-1420, СМ-4, СМ-2М, СМ-3М), "Электроника-79" и "Электроника 100-25".

Поскольку за последние годы значительно выросли показатели микроЭВМ (ЭВМ малой мощности), то и на их базе стали создавать специализированные САПР для решения относительно узкого класса задач.

## ***ПЕРИФЕРИЙНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА***

Для успешного функционирования САПР должны быть оснащены рядом вспомогательных устройств, основными из которых и специфическими для САПР являются алфавитно-цифровые (АЦД) и графические (ГД) дисплеи, устройства ввода графической информации (УВГИ), графопостроители (ГП).

Алфавитно-цифровые дисплеи используются для отображения информации, представленной в виде последовательности алфавитно-цифровых символов. Графические дисплеи могут выводить как графическую, так и алфавитно-цифровую информацию. И те и

другие дисплеи предназначены для оперативной связи инженера-проектировщика с ЭВМ. С помощью АЦД пользователь ведет диалог с ЭВМ, обмениваясь фразами. В составе дисплея имеется клавиатура, аналогичная клавиатуре пишущей машинки. Пользователь набирает на клавиатуре требуемую команду, ее текст для контроля высвечивается на экране электронно-лучевой трубки. Такой контроль позволяет значительно сократить ошибки при вводе управляющих команд. В ответ на команду ЭВМ может запрашивать необходимые исходные данные, подсказывать, что пользователь должен делать далее. Эти возможности значительно облегчают проектирование.

Графические дисплеи предназначены для отображения информации в виде схем, чертежей, диаграмм, математических зависимостей и т. п. Основными параметрами дисплеев являются: объем отображаемой информации; размеры рабочей части экрана; число символов, отображаемых на экране; скорость смены изображения; качество отображения информации; способ выделения произвольных информационных зон на экране.

Объем представляемой информации для АЦД оценивается максимальным числом символов выводимого на экран текста и подсчитывается как произведение максимального числа символов в строке на максимальное число строк на экране дисплея. Для ГД объем информации характеризуется числом адресуемых точек на экране. Существенным показателем дисплеев является также максимально допустимое удаление дисплея от ЭВМ. В табл. 18 приведены технические данные некоторых типов дисплеев. Для ГД стандартный набор символов (число разных символов) может быть расширен дополнительными символами, которые используются для изображения конкретных

18. Технические характеристики дисплеев

Параметры дисплеев	Алфавитно-цифровые				Графические	
	ЕС 7927	15НЭ-10-013	ВТА-2000	ТС7063	ЭП СМ	ЕС 7065
Число символов	96	160	96	160	128	96
Максимальное число символов на экране	24 × 80 = 1920	24 × 80 = 1920	24 × 80 = 1920	25 × 80 = 2000	-	2100
Число адресуемых точек на экране	-	-	-	-	1024 × 1024	1024 × 1024
Максимальное удаление от ЭВМ	1200	15	15	2000	15	500

графических элементов, необходимых для данной области проектирования.

Эффективное использование графопостроителя предполагает, что в памяти ЭВМ в определенной форме хранятся графические схемы и их элементы, которые могут быть использованы при компоновке и вычерчивании графической технической документации. Создание всех элементов графической документации с помощью ГД очень трудоемко, ГД обычно применяется для корректировки некоторых базовых схем. Поэтому обязательным устройством комплекса ТС САПР является устройство ввода графической информации.

Преобразование графической информации, представленной в виде схем, чертежей или их элементов, в цифровую форму (задача УВГИ) состоит из считывания и кодирования. При считывании осуществляются распознавание графических элементов (точка, линия, дуга и т. п.) и определение их координат. Кодирование представляет собой преобразование считанной информации в цифровой код по установленным правилам.

Устройства ввода графической информации подразделяют на автоматические и полуавтоматические в зависимости от степени участия человека в процессе ввода. В автоматических УВГИ применяется следящий или сканирующий метод преобразования. При следящем методе рабочий орган УВГИ отслеживает границу вводимой кривой, перемещаясь с постоянной скоростью вдоль оси абсцисс. При этом преобразуемая кривая представляется в виде последовательности числовых значений отклонений рабочего органа по оси ординат. При сканирующем методе рабочий орган перемещается по оси абсцисс с некоторым шагом. Для каждого очередного шага фиксируются ординаты точек пересечения заданной кривой сканирующим лучом.

Автоматические УВГИ могут применяться только для кодирования несложных изображений, например однозначных функций одного аргумента. При вводе сложного изображения возникают значительные трудности при распознавании элементов изображения. Полуавтоматические устройства применяют для ввода сложных графических элементов, например машиностроительных чертежей. В данном случае информация считывается оператором с помощью щупа или визира. При этом оператор указывает тип элемента (линия, дуга и т. п.) и, совмещая щуп с характерными точками этого элемента, вводит их координаты в ЭВМ. УВГИ (табл. 19) имеет рабочее поле - планшет, на котором помещается документ с изображением, а также алфавитно-цифровую и функциональную клавиатуру для ввода алфавитно-цифровой информации и указания функциональных действий оператора. (Более подробно процедура работы с полуавтоматическим УВГИ описана в п. 4.4).

Документ с графопостроителей получают на листе бумаги размером до 1,5 X 2 м, который закрепляется на планшете или подается в рулоне. Поэтому различают планшетные или рулонные графопостроители. Органами, регистрирующими информацию, являются специальные игольчатые перья или фломастеры. Различные перья используются для получения линий разной толщины или изображения из линий разного цвета. В планшетных графопостроителях бумага крепится вакуумным способом к столу-планшету, над которым в двух взаимно перпендикулярных направлениях движется пишущий автомат. Эти графопостроители можно использовать и для простых, и для сложных изображений. В рулонных графопостроителях регистрирующий орган перемещается только в направлении, перпендикулярном движению бумаги. Однако качество чертежей здесь ниже, так как точность отработки координаты в продольном направлении ограничивается погрешностью транспортирования бумаги. Графопостроители (табл. 20) могут работать при непосредственном подключении к ЭВМ (режим on-line) и автономно (режим off-line).

### 19. Технические характеристики устройств ввода графической информации

Параметры УВГИ	ЭМ-709	"Гарни-2"	ЭМ-719Б	ЭМ-729А
Размер рабочего поля, мм	900 × 1200	1030 × 740	1500 × 1100	300 × 300
Погрешность выдачи координат, мм	± 0,2	± 0,5	± 0,125	± 0,0248
Производительность, тыс. точек/ч	1	4	2	4,5
Метод считывания	Опτικο-механический	Индукционный	Индукционный	Индукционный

### 20. Технические характеристики графопостроителей

Параметры ГП	ЕС 7051 (планшет)	ЕС 7052 (рулон)	ЕС 7053 (рулон)	АП-7251 (планшет)	АП-7252 (рулон)	ЭМ-7022 (планшет)	ЭМ-732 (планшет)
Максимальная скорость вычерчивания, мм/с	50	200	150	100	250	250	800
Минимальный шаг, мм	0,05	0,1	0,05	0,05	0,05	0,1	0,025
Размер рабочего поля, мм	1000 × 1200	380 × 600	730 × 1600	1189 × 841	594 × 420	1200 × 1600	1200 × 1600
Число пишущих устройств	3	3	3	3	3	1	4

Использование графопостроителей позволяет избавить инженера от вычерчивания часто повторяющихся стандартных изображений. Применяя графопостроители в автоматизированном проектировании, необходимо учитывать следующие факторы:

разрешающую возможность графопостроителей, т. е. возможность различать или вычерчивать две близко расположенные линии, не сливая их в одну;

возможность построения условных графических обозначений на основе уже существующих обозначений с учетом стандартов ЕСКД;

графическую сложность изображений;

простоту и конкретность с точки зрения программирования.

Для вычерчивания изображений на графопостроителе каждое из них должно быть предварительно описано в коде графопостроителя и введено в память ЭВМ. Проектирование с помощью графопостроителей может быть значительно облегчено, если провести укрупнение исходной информации: хранить в библиотеке графических модулей объектов (элементов чертежей) не только отдельные модули, но и построенные на их основе комплексы. Анализ уже выпущенных чертежей показывает, что в любой группе аналогичных чертежей можно

выделить как общие, так и различные свойства. Например, одинаковыми являются размеры панелей щита управления, габариты однотипных приборов, способы монтажа этих приборов и т. п. Разными являются комбинации приборов на разных панелях, способы монтажа разнотипных приборов, надписи в рамках над приборами и т. п. Таким образом, существует ряд объективных условий, которые позволяют сузить задачу с тем, чтобы полностью унифицировать неизменные от проекта к проекту целые части чертежей, изменяемые же части сохранить на уровне исходной детализации. При этом часть чертежа, состоящая из нескольких исходных блоков, может быть представлена как один блок со своим номером в библиотеке. При периодическом размещении некоторых устройств изображение однотипных модулей можно не кодировать, а указать только их число и шаг повторения на схеме вдоль оси Хили У. Укрупнение информации и использование периодичности в размещении устройств значительно сокращают объем работы при подготовке информации для графопостроителя.

Графические дисплеи по сравнению с графопостроителями представляют собой значительно более мощные средства машинной графики. При этом под *машинной графикой* понимают не только представление графических объектов, но и обработку их, манипулирование ими. Если графопостроители предназначены только для вывода графической информации и не содержат средств прямого взаимодействия между системой и пользователем, то интерактивные дисплейные системы снабжены такими средствами, с помощью которых можно создавать графические объекты и видоизменять их в ходе проектирования. В этих системах объекты изображаются на экране графического дисплея. По точности воспроизведения эти системы уступают графопостроителю, но работают они гораздо быстрее. Таким образом, применяя графический дисплей, проигрываем в точности ради выигрыша в скорости. Однако основное преимущество дисплея состоит в том, что с его помощью особенно удобно вести диалог с ЭВМ. Графические дисплеи находят самое широкое распространение. Так, при проектировании систем автоматизации с применением графических дисплеев можно исследовать зависимость местоположения полюсов и нулей передаточных функций от изменения параметров системы.

Графические дисплейные системы бывают разных типов. В системах на запоминающих электронных трубках изображение самостоятельно сохраняется в течение произвольного промежутка времени. Поскольку нет необходимости генерировать изображение в реальном времени, аппаратура генерации графических примитивов (векторы, литеры и т. п.) может быть медленнодействующей, а следовательно, и дешевой. Однако эти системы непригодны для интерактивной обработки информации. Дисплейные системы с генерацией изображения, если они к тому же обладают буферной памятью и аппаратурой для преобразования информации, могут успешно применяться для диалога. Высокопроизводительные дисплейные системы позволяют генерировать динамические изображения в реальном времени.

Для успешной работы с дисплеями в интерактивном режиме необходимо их высокое быстродействие. Если пользователь вынужден секундами ждать ответа системы на каждое действие, то он "теряет терпение" и его внимание рассеивается. Поэтому реакция системы должна быть практически мгновенной.

## **АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО**

Практика использования ТС показала на необходимость приближения ЭВМ к рабочему месту проектировщика; оснащения этого рабочего места удобными, надежными и по возможности привычными средствами машинной графики; реализации итерационного цикла проектирования с участием проектировщика; устранения рутинных операций, связанных с выпуском технической документации; обеспечения легкого доступа к ЭВМ в любое время и быстрой реакции системы на запрос проектировщика; возможности прерывания работы с сохранением полученных решений.

Для обеспечения указанных условий успешного функционирования САПР были разработаны специализированные проблемно-ориентированные вычислительные комплексы - автоматизированные рабочие места (АРМ). Вначале они были созданы на базе мини-ЭВМ М-400, затем на базе ЭВМ СМ-3 и "Электроника 100-25". Предполагалось, что проектировщик будет использовать эти средства монополично. Однако экономическая эффективность такого подхода оказалась низкой из-за высокой стоимости АРМ. Поэтому прогресс в развитии мини- и

микроЭВМ, а также стремление повысить среднюю загрузку АРМ привели к созданию многопультных (многотерминальных) АРМ второго поколения. Эти АРМ создавались на базе мини-ЭВМ СМ-4, СМ-1420, "Электроника 79". Они предназначены для обслуживания проектировщиков в мультипрограммном режиме, когда одновременно могут работать несколько пользователей. Предельная сложность задач, которые могут решаться на комплексах АРМ, определяется характеристиками базовых ЭВМ и составом технических средств (табл. 21). Развитие комплексов АРМ продолжается.

Разработка АРМ проводится не по всем отраслям с учетом их специфики (например, специализированных АРМ для пищевой и легкой промышленности пока нет). Однако большие функциональные возможности существующих АРМ позволяют приспособить их для использования в других отраслях. Рассмотрим комплекс АРМ-М, на базе которого был осуществлен процесс подготовки технической документации.

Из табл. 21 видно, что в состав комплекса входят разные периферийные устройства, которые позволяют вводить исходные данные, преобразовывать информацию в другую форму, выполнять арифметические и логические операции, хранить различную информацию, отображать результаты решения в цифровой, текстовой или графической форме, осуществлять интерактивное общение проектировщика с системой. Базовая 'мини-ЭВМ СМ-1407 имеет быстродействие 800 тыс. операций/с, объем памяти ОЗУ 256 Кбайт, разрядность машинного слова 16.

Для вывода графической информации используется планшетный графопостроитель АП-7251 (см. табл. 20). Он может работать совместно с машиной (режим on-line) и автономно (режим off-line); в последнем случае информация вводится с перфоленты. Таким образом, в качестве промежуточного носителя информации служит перфолента. Для считывания информации с перфоленты и вывода информации на перфоленту используется перфоленточная станция СМ-6204: скорость считывания с перфоленты 300 знаков/с; скорость перфорации 50 знаков/с.

**В качестве печатающего устройства применяется матричное алфавитно-цифровое печатающее устройство (АЦПУ) "DZM-180":**

21. Комплексы отечественных АРМ

Тип комплекса технических средств	Базовая ЭВМ	Тип графопостроителя	АЦПУ	АПЦ	ГЦ	Назначение комплекса
15 УТ-4-017 ("Кулон-1")	"Электроника 100-25"	Планшетный	1	2	2	Проектирование изделий электронной техники и машиностроения
15 УТ-1-037	"Электроника 60М"	Планшетный	-	1	1	Проектирование изделий электронной техники
15 УТ-1-061	"Электроника 60М"	Планшетный	-	1	1	Проектирование изделий электронной техники, радиоэлектронной аппаратуры и изделий машиностроения
АРМ-Р	СМ-3, СМ-4	Рулонный	1	1	1	Разработка радиоэлектронной аппаратуры
АРМ-М	СМ-1407	Планшетный	1	1	1	Разработка изделий машиностроения
АРМ-2-01	СМ-1402	Планшетный	1	2	4	Разработка радиоэлектронной аппаратуры и изделий машиностроения
		Рулонный				

максимальное число символов в одной строке 132; средняя скорость печати 50 строк/мин; способ печати матричный; размерность матрицы для одного символа 4X7. Алфавитно-цифровым дисплеем является дисплей ВТА-2000.

Для интерактивной работы с машиной используется графический дисплей "Графит" (АС-7060). Он имеет собственную встроенную микроЭВМ "Электроника-60" и может работать автономно в качестве интеллектуального дисплея в режиме off-line, а также в режиме on-line. Информация вводится с помощью функциональной клавиатуры, планшетного кодировщика и светового пера. С помощью дисплея "Графит" можно создавать новые графические объекты, выводить их на графопостроитель, а также редактировать уже имеющиеся изображения.

Для ввода сложных графических изображений используется полуавтомат кодирования графической информации оптический (ПКГИО) (рис. 4.2). Полуавтомат позволяет кодировать элементы чертежа с указанием типа линий, символы трех алфавитов числом 256 и произвольные кривые. Считывание координат осуществляется оператором вручную, а коды координат формируются электронным блоком автоматически.

Чертеж, который требуется ввести в систему, закрепляется на рабочем поле 3. Для считывания координат опорных точек чертежа на рабочем поле используется магнитный "карандаш" 1.

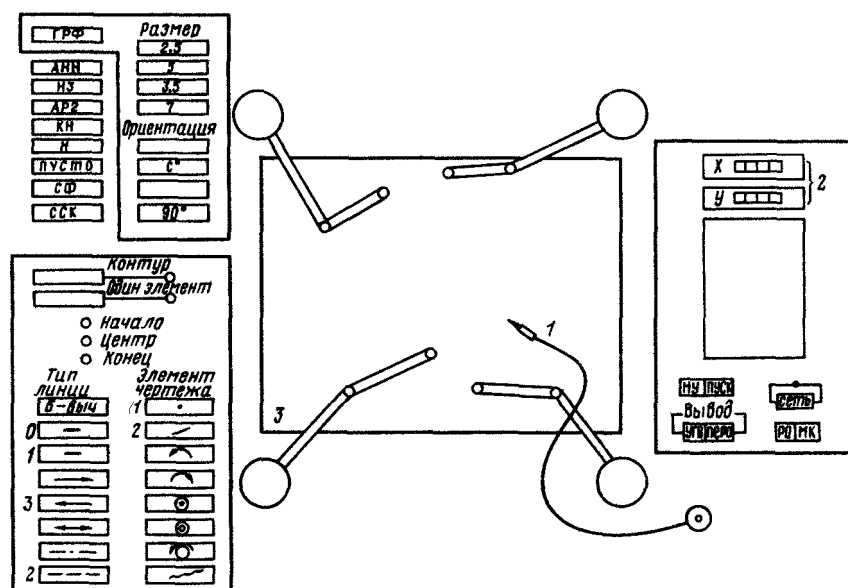


Рис. 4.2. Полуавтомат кодирования графической информации оптический координаты X и Y высвечиваются на световом табло 2. При работе с устройством необходимо учитывать следующие особенности:

ось X расположена горизонтально, ось Y — вертикально;

начало системы координат соответствует нижнему левому углу поля ПКГИО;

координаты опорных точек выражаются в миллиметрах в формате XXX.X (три знака до запятой, один после);

о правильном принятии координат ПКГИО сообщает коротким звонком; при сбое оборудования или неправильном обращении сигнал не прекращается. В этом случае следует нажать клавиши "НУ", "ПУСК" и продолжить работу, начиная с элемента, при котором произошел сбой. С помощью специальной функциональной клавиатуры можно кодировать точки, отрезки, замкнутые контуры, окружности, дуги и текст. При этом можно задавать типы линий: сплошные, пунктирные, тонкие, толстые.

Действия оператора при кодировании элементов чертежа в автономном режиме осуществляют в определенном порядке:

при кодировании точки - нажать клавишу "." (точка), указать "карандашом" на кодируемую точку;

при кодировании линии - нажать клавишу "/" (линия), нажать клавишу "тип линии" (см. рис. 4.2), указать "карандашом" на начало и конец кодируемой линии;

при кодировании окружности - нажать клавишу "О" (окружность), указать "карандашом" на произвольную точку окружности, указать "карандашом" на центр окружности;

при кодировании графических символов - указать "карандашом" на точку начала строки, нажать клавишу "ГРФ" и соответствующие клавиши "размер" и "ориентация", набрать символы на клавиатуре, нажать клавишу "пусто". По окончании работы следует нажать клавишу "КН". Это означает, что ввод данной схемы закончен.

Все графические устройства действуют по принципу работы ЭВМ, при котором любая информация, включая команды, исходные и входные данные, на любом этапе обработки представляется в память ЭВМ в цифровой форме. Следовательно, когда речь идет о графическом устройстве, работающем в составе ЭВМ, имеется в виду техническое средство, с помощью которого геометрический образ преобразуется в цифровой код или, наоборот, цифровой материал представляется в графическом виде.

В графопостроителе аппаратно реализуется только возможность перемещать перо (поднятое или опущенное) по прямой линии от текущего положения пишущей головки. Вычерчивание символов, дуг и др. обеспечивается программным путем. Поэтому устройства вывода должны быть снабжены дополнительным программным обеспечением, иначе составление программ управления устройством было бы слишком обременительным для пользователя.

В качестве графического языка АРМа используется Графор, имеющий синтаксис Фортрана.

### 4.3. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

При автоматизированном проектировании перерабатывается большое количество информации. *Информационное обеспечение* (ИО) представляет собой совокупность данных, используемых и появляющихся в процессе проектирования. Сюда входят описание и объектов проектирования, и их составляющих, и технических решений, принимаемых в процессе проектирования. ИО является одной из основных составляющих САПР, оно выступает как подсистема на базе современных информационно-поисковых систем (ИПС) и банков данных, осуществляющая накопление, хранение, поиск и выдачу в соответствующей форме (в том числе и в форме чертежа или схемы) необходимой информации. Наличие этой подсистемы обеспечивает единую информационную базу для всех функциональных подсистем и позволяет существенно упростить информационные связи между ними и тем самым повысить эффективность САПР в целом.

Рассмотрим на конкретном примере реализацию ИПС аппаратуры автоматизации на базе микроЭВМ. Вопросы представления и хранения графической информации изложены в п. 4.4 совместно с решением тех задач, для которых она предназначена, что удобно с точки зрения изложения материала в целом.

Необходимой составной частью САПР систем автоматизации является информационная база данных по техническим средствам (ТС) автоматизации. Эти ТС состоят из приборов для измерения и регулирования температуры, давления, расхода и количества жидкостей и газов, уровня жидкостей, состава жидкостей и твердых веществ, вторичных приборов, щитов и пультов и др. По каждому из приборов требуется хранить несколько характеристик. Общий объем данных по ориентировочным оценкам составляет 0,5 тыс. кбайт. Однако он может быть реализован на мини-ЭВМ типа СМ-4 и в ограниченном объеме на микроЭВМ. (Полный перечень аппаратуры и ее показателей здесь не приводится из-за большого объема, но характер представляемой информации будет показан на отдельных примерах).

Рассмотрим информационно-поисковую систему выбора ТС и генерации заказных спецификаций при ее реализации на микроЭВМ "Искра-226". Данная ЭВМ выбрана для примера, так как ее программное обеспечение (ПО) удобно для изложения основных идей построения ИПС. Очевидно, что реализация рассмотренной ИПС возможна на любых других более перспективных типах ЭВМ. Изучение же ИПС без привязки к конкретному ПО не позволяет раскрыть суть задачи и показать ее особенности.

Для освоения системы требуются некоторые знания по программированию. Однако и при неполном знании специфики рассмотренной версии языка Бейсик можно получить достаточное представление о характере работы системы. ИПС основана на программе текстового редактора "Адаптируемая система обработки текстов". Набранные с клавиатуры микроЭВМ тексты



записываются на магнитный диск, в диалоговом режиме может осуществляться корректировка информации, допускаются поиск по контексту, увеличение или уменьшение объема базы текстов. Данные для расчетов или генерации заказных спецификаций хранятся в стандартных позициях экранной страницы.

## НЕКОТОРЫЕ СПЕЦИФИЧЕСКИЕ *ОПЕРАТОРЫ* ЯЗЫКА БЕЙСИК

При написании программ, связанных с обработкой текстов и хранением информации, используется ряд специфических операторов языка Бейсик для работы с символьными данными и внешними запоминающими устройствами. Например, функция STR предназначена для выделения из символьной переменной ряда символов и может быть использована в операторах присваивания как справа, так и слева от знака равенства. Функция STR может входить в любое выражение, используемое в операторах условного перехода. Формат функции STR ((символьная переменная), (номер символа), (число символов)), где , < номер символа) - порядковый номер символа, с которого начинается выбор символов; < число символов) - число выбираемых символов). Например, после выполнения оператора STR (А Д , 7,3) = STR (В Я , 1,3), если начальное значение десятиразрядной переменной А Й было "ЗНАКОМЕСТО", а начальное значение пятиразрядной переменной ВО было "СТВОЛ", переменная АД будет содержать слово "ЗНАКОМСТВО".

Оператор CONVERT предназначен для преобразования символьных переменных в цифровые и наоборот. Он используется, если необходимо произвести арифметические расчеты с числом, которое было представлено в виде совокупности символов. Например, символьная переменная А И содержит в себе изображение числа 2004 (АД = "2004"). Для вычислений необходимо представить это число в разрядной сетке машины как целое, а не как совокупность символов. Для этого служит оператор CONVERT АД ТО А %, где А % - переменная целого типа, которой после выполнения оператора присваивается число 2004. Обратное преобразование из числовой формы в символьную требует записи формата преобразования в операторе. Например, CONVERT В % ТО В Д , (^#,^ ) - четыре символа до запятой и два после запятой.

Оператор INIT служит для присвоения начального значения переменным. При его использовании с символьными переменными удобно задавать символьные константы. Например, если в начале программы был введен оператор INIT ("#####") СП и в дальнейшем пятиразрядная символьная переменная Сд не изменяет своего значения, то каждый раз при выполнении оператора PRINT СД будут распечатываться пять звездочек.

Любой символ, имеющийся на клавиатуре, может быть представлен шестнадцатиричным кодом (HEX-кодом). Кроме того, HEX-кодами представляются управляющие символы. Так, выполнение оператора PRINT HEX (11) приводит к появлению негативного изображения на экране, HEX (12) - позитивного изображения, по оператору PRINT HEX(03) происходит гашение экрана, по HEX(0A) - пропуск строки, по HEX(0D) - перевод курсора в начало строки. Рассмотренные операторы используются при реализации подпрограммы генерации спецификации.

## ПОИСК ИНФОРМАЦИИ

, При работе справочной системы по техническим средствам автоматизации необходимо хранить информацию о них в символьном виде во внешней памяти микроЭВМ. Для этого на магнитном диске создана единая база текстов, отдельные тексты соответствуют разным типам приборов. Каждый текст состоит из ряда страниц, причем каждая страница соответствует отдельному прибору. Информация, требующаяся для расчетов или генерации заказной спецификации, записана в стандартных позициях экранной страницы. После запуска программы на экране дисплея последовательно появляются надписи: УКАЖИТЕ ТЕКУЩУЮ ДАТУ (ЧЧ.ММ.ГГГГ) и УКАЖИТЕ ВРЕМЯ (ЧАС, МИН). После ввода требуемой информации на экране дисплея отображается список режимов работы системы, начиная с "шапки":

АДАПТИРУЕМАЯ СИСТЕМА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ DATA BASE (ДЛЯ ВОЗВРАТА К СПИСКУ РЕЖИМОВ НЕОБХОДИМО ОДНОВРЕМЕННО НАЖАТЬ КЛАВИШУ 'SHIFT

LOCK" и КЛАВИШУ 25)

1. ВЫБОР БАЗЫ ТЕКСТОВ
2. ПРОСМОТР КАТАЛОГА, ЗАДАНИЕ НОВОГО ТЕКСТА
3. ПРОСМОТР И РЕДАКТИРОВАНИЕ ТЕКСТА
4. ПЕЧАТЬ ТЕКСТА ПО ПРОИЗВОЛЬНОМУ ФОРМАТУ
5. ОПЕРАЦИИ С ТЕКСТОМ И КАТАЛОГОМ
6. ПЕРЕНОС ТЕКСТА ИЗ ОДНОЙ БАЗЫ В ДРУГУЮ
7. СОЗДАНИЕ НОВОЙ БАЗЫ ТЕКСТОВ
8. КОНЕЦ РАБОТЫ С РЕДАКТОРОМ ТЕКСТОВ
9. ВНЕСЕНИЕ ПРИБОРА В СПЕЦИФИКАЦИЮ

УКАЖИТЕ НОМЕР НУЖНОГО РЕЖИМА?

Для работы с системой необходимо указать название базы текстов, набрав на клавиатуре 1. На запрос "УКАЖИТЕ НАЗВАНИЕ БАЗЫ ТЕКСТОВ" следует набрать название базы текстов, например ПРИБОРЫ. Если система используется в качестве справочной, то поиск и выбор технических средств осуществляются при просмотре базы текстов на экране дисплея. При работе в информационно-поисковом режиме вводится разыскиваемый контекст. В любом случае обращение идет к одному из текстов, хранящихся в базе. Следовательно, для поиска необходимо определить название текстов. Для этого служит режим 2, по которому на экран выводится содержание базы текстов. Названия текстов соответствуют типам технических средств, например ТСМ, ТХК, ВТ.ПРИБ.и т.д.

При вызове режима 3 появляются надписи: БАЗА ТЕКСТОВ -\* ПРИБОРЫ; УКАЖИТЕ НАЗВАНИЕ ТЕКСТА. После ввода названия, например ТСМ, возникает сообщение:

ТЕКСТ ТСМ

0 - РЕДАКТИРОВАНИЕ, 1 - ПОИСК ПО КОНТЕКСТУ

При работе с системой как со справочником необходимо ввести 0. В этом случае на экране появляется вопрос: "ПЕРВАЯ ЭКРАННАЯ СТРАНИЦА?". При вводе 1 или символа возврата каретки (<CR/LF) происходит считывание первой экранной страницы с диска, да экран дисплея возникает полная информация о первом записанном в данный текст приборе. Для обращения к следующему прибору достаточно нажать клавишу LIST, для возврата к предыдущему - ту же клавишу, но в нижнем регистре, т. е. одновременно с клавишей (SHIFT LOCK).

Для возврата к списку режимов, т. е. для выхода из режима просмотра текста, необходимо нажать одновременно клавишу спецфункции 25 и клавишу (SHIFT LOCK). Этот прием используется и в том случае, когда выбранный прибор удовлетворяет пользователя и должен быть внесен в заказную спецификацию. Информация о соответствующем приборе должна быть представлена на экране дисплея в момент нажатия клавиши спецфункции 25. Тогда при переходе от списка режимов работы системы к девятой функции, т. е. генерации заказной спецификации, информация из соответствующих полей экранной страницы будет автоматически внесена в форму заказной спецификации.

Для работы в режиме ИПС нужно избрать поиск по контексту (ввести 1). Появляется вопрос. "1 КОНТЕКСТ:" В ответ необходимо набрать, например, 30 с (секунд). Появляется вопрос "2 КОНТЕКСТ", в ответ на который можно ввести, например, -50...200 ГР (градусов). Запросы о контексте будут появляться до тех пор, пока не будет введен просто символ возврата каретки. После этого появится вопрос:

0 - ЗАГЛАВНЫЕ БУКВЫ, 1 - СТРОЧНЫЕ БУКВЫ, 2 - ЗАГЛАВНЫЕ И СТРОЧНЫЕ БУКВЫ. Поскольку информация в базе данных записана строчными буквами, вводим 1. В результате поиска на экране высветится страница с информацией о приборе, в которой содержатся все введенные контексты. Если прибор удовлетворяет проектировщика, необходимо осуществить выход из режима путем нажатия клавиши спецфункции 25 и перейти к режиму 9, который будет рассмотрен далее.

## **МОДИФИКАЦИЯ ИНФОРМАЦИИ**

С течением времени некоторые типы приборов снимаются с производства, начинается выпуск новых, возникает необходимость ввода в базу данных новых разделов (например, средств вычислительной техники, микропроцессоров).

Для модификации базы данных используют режимы работы 2, 3, 5, 6 и 7. При вводе нового типа приборов необходимо создать новый текст на диске с соответствующим названием. Это действие выполняется в режиме 2. После распечатки содержания базы текстов на экране появляется информация: "ЕСЛИ ХОТИТЕ ЗАДАТЬ НОВЫЙ ТЕКСТ, ВВЕДИТЕ НАЗВАНИЕ ТЕКСТА, ЕСЛИ НЕТ - НАЖМИТЕ (CR/LF)". Если пользователь ошибочно вводит название, уже существующее в базе данных, система выдает сообщение: "ТАКОЙ ТЕКСТ УЖЕ ЕСТЬ". В том случае, если название текста введено правильно и на диске достаточно свободного места, на экране появляется вопрос: "ЗАРЕЗЕРВИРОВАТЬ 5 ЭКРАННЫХ СТРАНИЦ?". Если в действительности требуется 5 страниц, нужно нажать (CR/LF), в противном случае указать нужное число страниц. После указания числа страниц, равного числу приборов данного типа, на дисплее высвечивается каталог с внесенным названием и зарезервированным числом страниц.

Основная работа при внесении новых текстов и модификации старых производится в режиме 3. После обращения к нужной странице посредством клавиши (LIST) при помощи клавиш управления маркер устанавливается на требуемую позицию и затем производится набор видоизмененного или нового текста. После полной модификации страницы для записи ее на диск необходимо нажать клавишу (LIST).

В режиме 4 распечатывается информация из базы данных на АЦПУ. Ниже представлен пример описания приборов.

КОД ОКП	4211411119
НАИМВНОВАНИЕ	ТЕРМОПРИБОРАЗОВАТЕЛЬ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПЛАТИНОВЫЙ
ТИП, МОДЕЛЬ	ТСП-1079 (ВЗАМЕН ТСП-8012)
ИЗГОТОВИТЕЛЬ	ЛУЦКИЙ ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД
ЦЕНА	5.60
НАЗНАЧЕНИЕ	ИЗМЕРЕНИЕ Т-РЫ ВОЗДУХА ПОМЕЩЕНИЙ
ПРЕД. ИЗМБР.	О ... +50
ГРАДУИРОВКА	100П
ИНЕРЦИОННОСТЬ	НЕ БОЛЕЕ 240 с
КРЕПЛЕНИЕ	ВИНТЫ МЗ
ЗАЩИЩ. ОТ	ВОДЫ: ОБЫКН. ПО ГОСТ 6651-78, НЕГЕРМЕТ. ПО ГОСТ 6651-78; ВИБРАЦИИ 1 ПО ГОСТ 17167-71
МАТ. ЗАЩ. АР-РЫ	ЛАТУНЬ Л96
ИСПОЛНЕНИЕ	О., Э., Т
ТУ ИЛИ ГОСТ	ТУ 25.02.792288-80.
КЛ. ТОЧНОСТИ	К-11

Режим работы 5 включает шесть подрежимов: изменение названия текста, полное стирание текста, печать каталога базы данных на АЦПУ, сжатие текста, очистка оглавления и выход из режима.

Режимы 6 и 7 предназначены для создания новой базы текстов и переноса части текстов из одной базы в другую. Режимы 5-7 обычно при работе со сформированной базой данных не применяются.

## **ФОРМАТ ЗАПИСЕЙ В БАЗЕ ДАННЫХ**

Информация о приборе в базе данных должна храниться в определенном порядке, поскольку она в дальнейшем используется при генерации заказной спецификации. В связи с этим при внесении прибора в базу данных необходимо соблюдать ряд требований к формату

записи. Для удобства чтения базы данных в левой части экранной страницы даны названия характеристик, а в правой, с 15-й позиции - сама характеристика.

При внесении информации в базу данных необходимо придерживаться следующего формата: с нулевой по 14-ю позиции в каждой строке помещают комментарии, с 15-й по 64-ю - информацию; первая строка с 15-й по 27-ю позиции содержит код общесоюзного классификатора промышленной продукции; вторая и третья строки с 15-й по 64-ю позиции - наименование прибора и его характеристику; четвертая строка с 15-й по 64-ю позиции - тип, модель; пятая строка с 15-й по 64-ю позиции - наименование завода-изготовителя; шестая строка с 15-й по 25-ю позиции - цену прибора в числовой форме (в том случае, если цена не установлена, в этих позициях необходимо записать 0, а в следующих позициях могут быть записаны комментарии типа "не установлена" и т. п.). Остальные строки экранной страницы могут иметь произвольный формат, поскольку информация из них в заказную спецификацию не вносится.

### **АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ФОРМИРОВАНИЕ СПЕЦИФИКАЦИЙ**

Подпрограмма генерации заказных спецификаций предназначена для внесения информации о выбранном приборе в поля заказной спецификации. После выбора технического средства в режиме 3 и перехода через список режимов работы к режиму 9 на экране появляется список подрежимов:

ШАПКА СПЕЦИФИКАЦИИ	1
ОЧЕРЕДНОЙ ПРИБОР	2
КОНЕЦ ЛИСТА	3
ВЫХОД	4

Если выбран первый прибор и шапка спецификации еще не распечатана на АЦПУ, выбирают режим 1, работа в котором заключается в наборе с клавиатуры ответов на ряд вопросов (табл. 22): "НАИМЕНОВАНИЕ ПРОЕКТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ (НЕ БОЛЕЕ 36 СИМВОЛОВ)",

"НАИМЕНОВАНИЕ ОБЪЕКТА И ПРОЕКТА (НЕ БОЛЕЕ 46 СИМВОЛОВ)", "ОБОЗНАЧЕНИЕ (НЕ БОЛЕЕ 20 СИМВОЛОВ)", "НОМЕР ПРОЕКТА", "СТАДИЯ ПРОЕКТА", "ВСЕГО ЛИСТОВ", "НОМЕР ЛИСТА", "НОМЕР ПРОЕКТА", "СТАДИЯ ПРОЕКТА", "ВСЕГО ЛИСТОВ", "НОМЕР ЛИСТА", "КОЛИЧЕСТВО АГРЕГАТОВ". По окончании ввода на АЦПУ печатается шапка спецификации с внесенной информацией.

Для записи информации о выбранном приборе в спецификацию выбирается подрежим 2. При этом на экране дисплея высвечивается следующий диалог:

ЗАПЯТАЯ НЕ МОЖЕТ БЫТЬ РАЗДЕЛИТЕЛЕМ! ПОЛЬЗУЙТЕСЬ ДРУГИМИ ЗНАКАМИ!  
НОМЕР ПОЗИЦИИ (НЕ БОЛЕЕ 6 СИМВОЛОВ)?

НАИМЕНОВАНИЕ ПАРАМЕТРА, СРЕДА И МЕСТО ОТБОРА ИМПУЛЬСА (НЕ БОЛЕЕ 66 СИМВОЛОВ)?

ПРЕДЕЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПАРАМЕТРА (НЕ БОЛЕЕ 10 СИМВОЛОВ)?

МЕСТО УСТАНОВКИ (НЕ БОЛЕЕ 36 СИМВОЛОВ)?

КОЛИЧЕСТВО ПО ПРОЕКТУ НА ОДИН АГРЕГАТ?

22. Пример фрагмента заказной спецификации, полученной с помощью программы "DATA BASE"

Наименование проектной организации ГПИ-2	Наименование объекта и проекта АСУ ТП Ивановского завода ИК	Обозначение	Каландровая линия
		№ проекта 11	
		Стадия проекта ТРП	
		Лист 1	Листов 2

Заказная спецификация (заявочная ведомость) приборов и средств автоматизации

Позиция	Общесоюзный шифр	Наименование параметра, места и место отбора импульса	Предельное значение параметра	Место установки	Наименование и характеристика	Тип, модель
1а	421143005	Температура, вода, трубопровод	85ГР.С	Трубопровод	Термопреобразователь сопротивления медный	TSM-6 097
2а	421113005	Температура, газ, сушилка	150ГР.С	Сушилка	Термометр манометрический самопишущий газовый	TSG-7 11

Продолжение

Количество по проекту		Фактически требуется изделий (заполняется строкой)	Завод-изготовитель	Стоимость по смете, руб.		Примечание
на один агрегат	на все агрегаты			единицы оборудования	общая	
3	0009	Девять	Луцкий приборостроительный	4.10	0036.90	Установка в начале и конце сушилки
2	0006	Шесть	Казанский "Теплоконтроль"	70.00	0420.00	

После этого на экране появляется цифра, являющаяся результатом вычисления числа приборов, приходящихся на все агрегаты и, поскольку в заказной спецификации эта позиция заполняется строкой, появляется вопрос: ФАКТИЧЕСКИ ТРЕБУЕТСЯ ИЗДЕЛИЙ (НЕ БОЛЕЕ 66 СИМВОЛОВ)? Последний вопрос, задаваемый перед распечаткой спецификации, относится к примечаниям: ПРИМЕЧАНИЕ? Такие сведения, как общесоюзный шифр изделия, наименование и характеристика, тип, модель, завод-изготовитель и стоимость единицы по смете, вносятся в таблицу спецификации непосредственно из базы данных, а общая стоимость и количество, приходящееся на все агрегаты, получают посредством вычислений.

После окончания печати информации по очередному прибору система возвращается к списку подрежимов. Для внесения в спецификацию следующего прибора необходимо выйти из режима 9 в режим 3 через список режимов работы, выбрать очередной прибор, вернуться в режим 9 и повторить описанные выше действия. Подрежим 3 служит для подчеркивания очередного листа спецификации, т. е. для перехода к следующему листу.

#### 4.4. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Некоторые задачи имеют наиболее существенное значение при проектировании систем автоматизации, поскольку в них предполагается более или менее активное участие проектировщика. Сейчас и в будущем главным действующим лицом при проектировании остается человек, а не ЭВМ, так как почти все реальные задачи очень сложны и полная их формализация в большинстве случаев невозможна. Основной формой участия проектировщика в проектировании является диалоговый режим работы, который рассмотрим на конкретных примерах, особенно при решении графических задач.

##### **ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

В общем случае математическое обеспечение включает решение широкого круга задач, при котором используются методы оптимизации, теория конечных автоматов, методы преобразования графической информации и различные инженерные методы расчета параметров систем. Такого типа задачи являются наиболее традиционными при использовании ЭВМ в проектировании и широко описаны в литературе. Поэтому основное внимание уделим задачам, формализация которых достаточно очевидна и решение которых сводится к алгоритмизации и программированию. При построении алгоритмов, т. е. последовательности детерминированных действий над исходными данными, необходимо соблюдать три основных условия корректности по Адамару:

существование решения  $Y$  для любых исходных данных, т. е. для  $\forall x \in X \exists y \in Y$ ;

решение должно быть единственным, т. е. для  $\forall x \in X$  существует единственное значение  $y$ ;

процесс решения задачи должен быть устойчивым при некоторой выбранной норме для  $y$  ( $\|y\|$ ). Это означает, что если при  $x_1$  получаем  $y_1$ , а при  $x_2 - y_2$ , то при  $\|x_1 - x_2\| \rightarrow 0$ , т. е. малые ошибки в исходных данных должны оказывать незначительное влияние на результат. Условия корректности в основном обеспечиваются выбранным математическим методом, однако они могут быть нарушены при алгоритмизации. Например, следует предусмотреть отсутствие возможности деления на разность близких чисел.

Программы реализации алгоритмов составляются на языках высокого уровня, для которых предусмотрены трансляторы используемого типа ЭВМ. В отдельных случаях возможно применение и непосредственно машинных кодов команд. При этом во всех случаях стремятся соблюдать следующие принципы: реализация алгоритма возможно меньшим числом операторов; использование всех функциональных возможностей общего программного обеспечения ЭВМ;

применение стандартных и специально разработанных программ для часто применяемых операций.

Поскольку в проектной документации большой объем составляют графические изображения, то особое значение для разработки эффективных программ, занимающих минимально возможный объем памяти ЭВМ и минимальное время реализации, приобретает применение специального графического обеспечения, которым снабжается большинство современных ЭВМ, ориентированных на подготовку технической документации. Наличие графического языка обработки данных позволяет значительно облегчить процесс программирования, хотя многие задачи могут быть решены и с помощью стандартных операторов языков высокого уровня.

В связи с тем, что в современной литературе по САПР относительно мало отражены вопросы автоматизированной подготовки графической документации по сравнению с традиционными и расчетными задачами, рассмотрим эти вопросы более подробно, особенно методики программирования графических задач на микроЭВМ (в качестве примера выбрана микроЭВМ "Искра-226").

## РЕАЛИЗАЦИЯ ГРАФИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ НА МИКРОЭВМ

Получение графических изображений возможно на графическом дисплее или графопостроителе. Для этого необходимо пользоваться специальными графическими операторами.

ЭВМ "Искра-226" имеет блок отображения символьно-графической информации для вывода графической информации независимо от символьной, т. е. имеется два независимых канала. Символьный канал обеспечивает вывод текстовой информации на экран в объеме 24 строки по 80 символов, графический канал отображает информацию на экране в объеме 560 x 255 точек диаметром 0,4 мм. Графическая информация выводится не на всю площадь экрана, а на поле размером 224 x 102 мм. Она реализуется при помощи различных операторов языка "Бейсик". Простейший из графических операторов

**PLOT** [ $\langle X, Y, C \rangle$ , [ $\langle X, Y, C \rangle$  ],  $\langle X, Y, \left\{ D_{\text{СИМВ.ПЕРЕМ}}^U, \text{СИМВ.КОНСТ.} \right\} \rangle$ , [ $\langle K, R \rangle$  ]

строит изображение по приращениям координат. Параметры  $C$  и  $S$  используются при графическом изображении символьной информации. Значения  $x$  и  $Y$  при параметре  $C$  определяют размер символа. При этом пишется только один параметр на месте  $X$ , который и задает высоту символа. Ширина определенным отношением связана с высотой.

Пример 1. Написать слово "ТЕКСТ" в точке (15,15) высотой 5 (рис. 4.3. а):

$A \heartsuit \text{"ТЕКСТ"}$

$\text{PLOT} \langle 5, C, \langle 15, 15, A \heartsuit \rangle \rangle$ .

Параметр  $S$  используется при задании интервала между символами по осям  $x$  и  $Y$ . В примере 1, где  $S$  не указан, интервал получается стандартным.

Пример 2. Написать слово "ТЕКСТ" в точке (10,10) высотой 5 с интервалом по осям  $X$  и  $Y$  соответственно 10 и 5 (рис. 4.3, б):

$A \heartsuit \text{"ТЕКСТ" PLOT} \langle 5, C \rangle, \langle 10, 5, S \rangle, \langle 10, 10, A \heartsuit \rangle$ .

При изображении символов все числовые параметры в операторе имеют абсолютные значения. При изображении отрезков параметр  $U$  означает, что графический курсор, перемещаясь, не рисует ( $U_p$  - перо поднято, "по умолчанию" его можно не писать). Параметр  $D$  означает, что графический курсор рисует DOWN, т. е. перо опущено. Параметр  $R$  указывает, что графический курсор должен переместиться в начале координат (левый нижний угол экрана) без рисования.

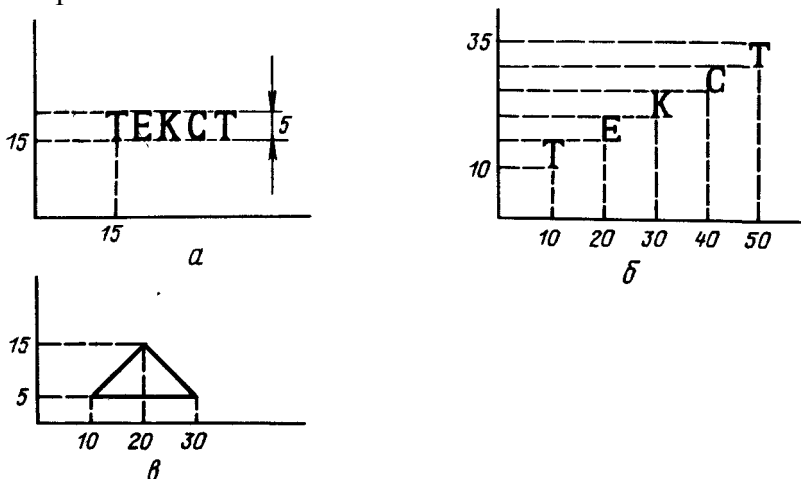


Рис. 4.3. Примеры использования оператора PLOT

Пример 3. Нарисовать равнобедренный треугольник с основанием 20 и высотой 10 относительно точки (10,5) (рис. 4.3, в):

$\text{PLOT} \langle 10, 5 \rangle, \langle 10, 10, D \rangle, \langle 10, -10, D \rangle, \langle -20, D \rangle, \langle \_, R \rangle$ .

Ниже описаны операторы, позволяющие рассматривать изображение как графический объект, координаты которого сохраняются в памяти. Все операторы разделяются по принципу рисования на векторные и точечные, а также на рисующие по абсолютным координатам или приращениям. В программе этим операторам обязательно должны предшествовать другие операторы:

1) DIM {ид} ♥(n,m)L - оператор, резервирующий двумерный символьный массив под графическую информацию. В качестве идентификатора (ид) применяется одно из обозначений, например А. Если длина L символьной переменной не указана, то "по умолчанию" она принимается равной 16, т. е. А♥(n,m)16. В символьном массиве в данном случае хранятся  $p \times m$  двухбайтных символьных переменных. В одной переменной будут одновременно записаны две координаты для X и Y;

2) ♥ OPEN {ид} ♥ ( ) - оператор, "открывающий" графический объект.

Все рисующие операторы показаны в табл. 23. В качестве числовых параметров X,Y ( $\Delta X, \Delta Y$ ) могут служить числовые константы, переменные или арифметические выражения. Другая группа графических операторов позволяет производить операции над графическими объектами (табл. 24, рис. 4.4-4.9).

Если после программы, представленной на рис. 4.4, записать оператор NDOT А ♥ ( ), 10,10, то точка с координатами X = 10, Y = 10 будет стерта. Для рис. 4.6 при включении оператора NDRAW А ♥ ( ), 20,10 стирается горизонтальный участок. Рис. 4.8 иллюстрирует действие оператора NPLOT А ♥ ( ), X, Y; аналогичную функцию выполняет оператор DNPLOT А ♥ ( ),  $\Delta X, \Delta Y$ .

В оператор SCALE в качестве числовых параметров X и Y записывают масштабные коэффициенты:

X = размер изображения на экране по X в шагах курсора  
диапазон изменения значений по оси X

Y = размер изображения на экране по Y в шагах курсора  
диапазон изменения значений по оси Y

значение шага курсора при этом соответствует 0,4 мм на экране дисплея.

## 23. Рисующие операторы

Точечные графические		Векторные графические	
по абсолютным координатам	по приращениям	по абсолютным координатам	по приращениям
DOT А♥(),X,Y DOT А♥(),X,Y	DOT А♥(), $\Delta X, \Delta Y$	DRAW А♥()X,Y NRAW А♥()X,Y NPLOT А♥()X,Y	DRAW А♥() $\Delta X, \Delta Y$ DNPLOT А♥() $\Delta X, \Delta Y$



## 24. Операторы для преобразования графических объектов

Оператор	Функция оператора
1 ORIGIN A♥(),X,Y	Задаёт новую точку отсчёта координат. "По умолчанию" начало координат в нижнем левом углу экрана
2 SCALE A♥(),X,Y	Задаёт новую цену деления графического курсора по осям X и Y. "По умолчанию" цена деления при X = 1 и Y = 1 — 0,4 мм
3♥COPY A♥(),X,Y	Воссоздаёт изображение в заданной точке экрана после предшествующего рисования
4 ♥ LET A♥()+ B♥()	Суммирование нескольких графических объектов в памяти
5 ♥ LET A♥() = 0	Стирание графического объекта
6♥MOVE A♥(),X,Y	Сдвиг объекта вдоль осей X и Y
7♥ TURN A♥(),X,Y,F	Поворот графического объекта вокруг точки с координатами X и Y на угол F против часовой стрелки

Пример. Построить оси координат **и в них** график функции  $Y = \sin X$ . Зададим оси графика с началом координат в точке (280,127). Выберем масштаб графика, исходя из того, что диапазон значений Y равен  $\pm 1$ , а диапазон значений X  $\pm 2\pi$ . Диапазон значений на экране для X  $\pm 120$ , для Y  $\pm 120$ . Таким образом, график рисуется в поле 240X240 шагов курсора (96X96 мм). На рис. 4.9 представлены распечатка программы и результаты ее работы. Точечный оператор 90 позволяет выйти на первую рассчитываемую точку без рисования. В операторе 80 осуществляется проверка, является ли очередная точка первой.

1 Ø DIM A ♥ (2,2)  
 2 Ø ♥ OPEN A ♥ ( )  
 3 Ø DOT A ♥ ( ), 1 Ø, 1 Ø  
 4 Ø DOT A ♥ ( ), 2 Ø, 1 Ø  
 5 Ø STOP

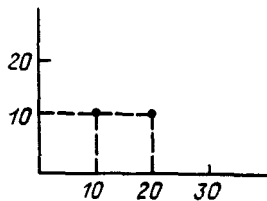


Рис. 4.4. Пример использования оператора DOT

1 Ø DIM A ♥ (2,2)  
 2 Ø ♥ OPEN A ♥ ( )  
 3 Ø DDOT A ♥ ( ), 1 Ø, 1 Ø  
 4 Ø DDOT A ♥ ( ), 2 Ø, 1 Ø  
 5 Ø STOP

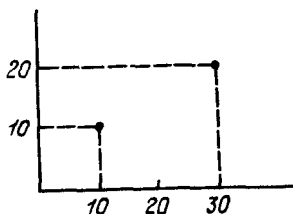


Рис. 4.5. Пример использования оператора DDOT

1 Ø DIM A ♥ (2,2)  
 2 Ø ♥ OPEN A ♥ ( )  
 3 Ø DRAW A ♥ ( ), 1 Ø, 1 Ø  
 4 Ø DRAW A ♥ ( ), 2 Ø, 1 Ø  
 5 Ø STOP

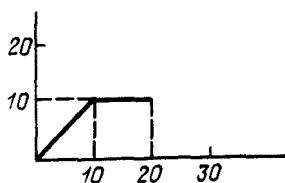


Рис. 4.6. Пример использования оператора DRAW

1 Ø DIM A ♥ (2,2)  
 2 Ø ♥ OPEN A ♥ ( )  
 3 Ø DDRAW A ♥ ( ), 1 Ø, 1 Ø  
 4 Ø DDRAW A ♥ ( ), 2 Ø, 1 Ø  
 5 Ø STOP

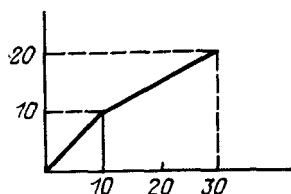


Рис. 4.7. Пример использования оператора DDRAW

1 Ø DIM A ♥ (2,2)  
 2 Ø ♥ OPEN A ♥ ( )  
 3 Ø DRAW A ♥ ( ), 1 Ø, 1 Ø  
 4 Ø NPLLOT A ♥ ( ), 2 Ø, 1 Ø  
 5 Ø DRAW A ♥ ( ), 3 Ø, Ø  
 6 Ø STOP

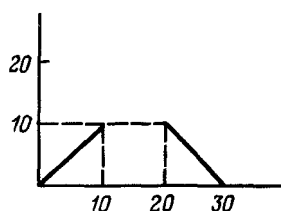


Рис. 4.8. Пример использования оператора NPLOT

```

1 Ø DIM A ♥(10,10)                                j
2 Ø OPEN A ♥( )
3 Ø PLOT <160,127><240,D>,<-120,-120>,<,+240D>,<,,R>
4 Ø ORIGIN A ♥( ), 280, 127                          •
5 Ø SCALE A ♥( ), 240/(4*#PI), 240/2
6 Ø J%=1
7 Ø FOR X=-2*#PI TO 2*#PI STEP #PI/18
8 Ø ON J% GOTO 9 Ø, GOTO 10 Ø
9 Ø DOT A ♥( ), X, SIN(X) J%=2: GOTO 11 Ø
10 Ø DRAW A ♥( ), X, SIN(X)
11 Ø NEXT X
12 Ø STOP .

```

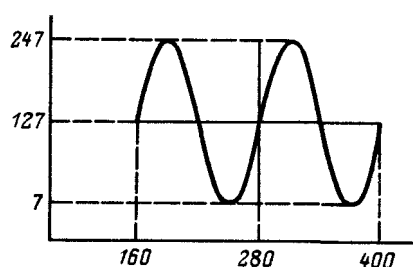


Рис. 4.9. Программа вычерчивания синусоиды и ее гоайик

Чтобы пояснить применение графической информации к решению конкретных задач проектирования систем автоматизации, рассмотрим в качестве примера расчетно-графическую задачу определения устойчивости системы по критериям Михайлова и Найквиста. Если обозначить передаточную функцию замкнутой автоматической системы регулирования (АСР) через  $W(p) = K(p)/D(p)$ , то характеристическое уравнение системы имеет вид

$$D(p) = a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_{n-1} p + a_n.$$

По критерию Михайлова для устойчивости АСР необходимо и достаточно, чтобы годограф характеристического вектора  $D(j\omega)$ , начинаясь при  $\omega = 0$  на положительной действительной оси, с ростом  $\omega$  от 0 до  $\infty$  обходил последовательно против часовой стрелки  $n$  квадрантов. Для определения устойчивости АСР необходимо выделить реальную (RE) и мнимую (IM) части  $D(j\omega)$ . Рассмотрим программу для ЭВМ "Искра-226", которая вычисляет вектор  $D(j\omega)$  и графически отображает его на экране в координатах IM, RE при изменении частоты  $\omega$  от 0 до  $\infty$ . Эта же программа используется для определения устойчивости АСР по критерию Найквиста при вводе реальной и мнимой частей передаточной функции разомкнутой АСР.

Порядок работы с программой для расчета устойчивости по критерию Найквиста такой же, как при расчете устойчивости по критерию Михайлова. Текст программы и пример выдачи результатов приведены ниже. Порядок работы с программой следующий:

1) загрузка с диска по команде LOAD DCF "NKWST" (CR/LF);

2) нажать клавиши RUN, CR/LF;

3) на экране загорятся надписи: "КРИТЕРИЙ НАЙКВИСТА, МИХАЙЛОВА". В ОПЕРАТОРАХ 70 & 80 ВВЕДИТЕ IM & RE, ЗАТЕМ RUN 4(1 < CR/LF >). В операторы 70 и 80 вносятся выражения для мнимой и реальной частей характеристического уравнения в следующем виде (взяты примеры для критерия Михайлова):

$$D(p) = p^3 + 4.5p^2 + 5p + 1.5;$$

$$70 \text{ IM(N\%)} = -w \wedge 3 + 5 * w;$$

$$80 \text{ RE(N\%)} = -4.5 * w \wedge 2 + 1.5,$$

где  $w$  — текущее значение частоты (см. также пример после распечатки программы "NKWST");

4) набирается на клавиатуре RUN 40 <CR/LF>;

5) на экране возникает надпись: "ВВЕДИТЕ НАЧАЛЬНУЮ ЧАСТОТУ  $w$  (0) КОНЕЧНУЮ  $w$  (K) и ШАГ". Через запятую набираем три соответствующих значения. За начальное значение частоты берется 0. Если выражения RE и IM дробные (для критерия Найквиста), то, чтобы не допустить деление на 0, начальное значение частоты берется близким к 0, например  $1E-10$ . Конечное значение частоты берется достаточно большим, например  $1E+5$ . Расчет целесообразно вести по этапам, разбивая частотный диапазон на несколько диапазонов. Это необходимо потому, что абсолютные значения IM и RE при прохождении первых квадрантов на несколько порядков меньше соответствующих значений для последних квадрантов. В итоге графическое изображение годографа вырождается в линию, по которой нельзя оценить его характер в начальных квадрантах (3-й диапазон на рис. 4.10). Шаг частоты выбирают так, чтобы получалось не более 50-100 точек для каждого диапазона;

6) на экране рисуются оси координат и через несколько секунд - часть годографа для первого из заданных диапазонов частоты, затем для следующего диапазона и т. д. (см. рис. 4.10). При этом не получается непрерывного изображения годографа, зато для каждого участка автоматически путем подбора масштаба обеспечивается хорошая наглядность даже при большой разнице в значениях мнимой и реальной частей. В дополнение к годографу по оси  $D4$  указывается максимальное абсолютное значение мнимой части, которое получилось на заданном диапазоне, а по оси  $RE$  - абсолютное максимальное значение реальной части;

7) на экране возникает вопрос: "РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫВЕСТИ НА АЦПУ, ДА - 1, НЕТ - 0". Если нужна распечатка, набираем 1 <CR/LF>. Печатается следующий вопрос: "КРАТНОСТЬ ПЕЧАТИ?". Задаем такое число, которое будет обозначать, через сколько значений IM и RE, хранящих-

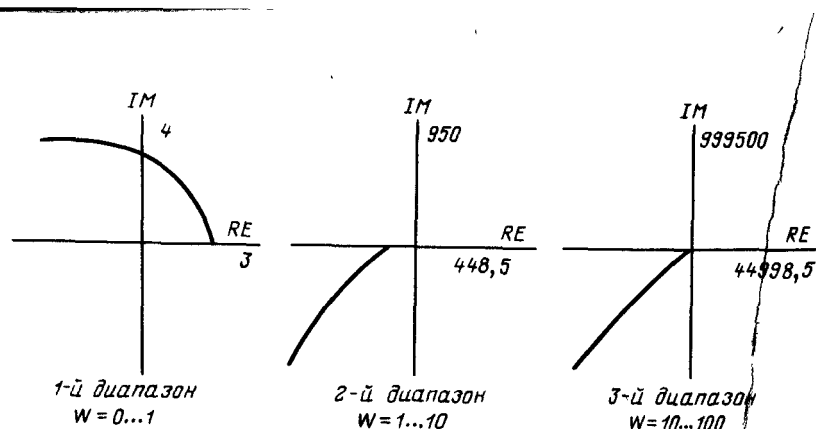


Рис. 4.10. Пример построения годографа для критерия Михайлова

ся в памяти, осуществлять вывод на печать. Например, задана кратность 8. Печатаются из памяти 1-е, 9-е, 25-е и т. д. значения RE, IM и  $w$ . Такая возможность предусмотрена для экономии бумаги. После завершения печати результатов по одному диапазону на экране возникает надпись: "STOP RUN 40". Для перехода на следующий диапазон набираем RUN 40 (CR/LF). Расчет повторяется с п. 5. При этом значения начальной частоты, конечной частоты и шага выбираются в соответствии со следующим диапазоном.

Поясним структуру программы. В операторе 10 задаются массивы: АД (20,20) - для графических операторов, I (500), R (500) - для хранения значений мнимой и реальной частей. В операторе 40 вводятся параметры частотных диапазонов. В операторе 50 открывается графический объект, для графического курсора назначается начало координат в точке (280,125), рисуются оси координат оператором PLOT. Цикл расчета значений IM и RE охватывает операторы с 60 по 120. N% - номер индекса запоминаемых значений IM и RE, 19 - максимальное значение IM, R9 - максимальное значение RE. В операторах 90 и 100 идет поиск этих максимальных значений. В операторе 120 на осях координат печатаются максимальные значения IM и RE.

Оператором SCALE по найденным максимальным значениям 19 и R9 устанавливаются масштабы по осям RE и IM для графического курсора, который должен сделать по 120 шагов

вдоль осей. В операторах 130...150 содержится цикл рисования годографа. Параметром цикла является номер хранящихся значений IM и RE, которые подставляются в качестве переменных в оператор рисования DRAW. На первое значение IM и RE графический курсор "выходит" без рисования с помощью оператора DOT. Оператор 190 печатает "шапку" для результатов. В операторах 200...240 содержится цикл печати результатов на АЦПУ.

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ СХЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ**

Схемы автоматизации и принципиальные схемы являются основной графической документацией проектов автоматизации. При этом в использовании САПР для построения этих схем нет принципиальных отличий. И те и другие содержат типовые графические элементы/не требуется жесткого соблюдения масштабов, отсутствуют специфические особенности машиностроительных чертежей (штриховка) указание размеров, показатели чистоты обработки поверхности и т. п.].

**Построение схем автоматизации с помощью АРМ-М на основе базы данных "БДАР".** База данных автоматизированного раскрытия материалов "БДАР", разработанная ВНИПИАСУ легпрома, оказалась приемлемой для построения графических схем автоматизации. Она реализована на мини-ЭВМ СМ-4 и функционирует в операционной системе ОСРВ (версия 2.0). Основными средствами организации и ведения базы данных являются процедуры доступа к "БДАР" из программ пользователя.

Процедура GETOUT обеспечивает извлечение данных из банка. Обращение к ней имеет вид:

CALL GETOUT (E, I, N, L, IDK, R).

где формальные параметры B — идентификатор одномерного вещественного массива, в котором хранятся коды и координаты графических элементов; I - размерность вещественного массива; N - регистрационный номер (четырёхзначный) данных в банке; IDK - номер диска, на котором размещен банк.

Параметры L и R при построении схем автоматизации не используются, в них записывается L = 1, R = 12.

Процедура PUTIN предназначена для записи в архив данных. Обращение к ней имеет вид:

CALL PUTIN (E, I, N, L, IDK, R).

Формальные параметры те же, что и в процедуре GETOUT.

Процедура KILL осуществляет уничтожение данных в архиве "БДАР" и обращение к ней имеет вид

CALL KILL (N, L, IDK, R).

**Структура представления графической информации.** Задача САПР схем автоматизации состоит в автоматизированной (с участием человека) подготовке документации при условии значительного сокращения трудоемкости рутинной ручной работы. Основной методологической предпосылкой решения такой задачи является применение типовых проектных решений (ТПР). При этом в качестве исходных документов используются ранее созданные ТПР по автоматизации технологических процессов. Вновь создаваемые схемы автоматизации, как правило, незначительно отличаются от ранее спроектированных аналогов, поэтому основной объем графической и текстовой информации может быть повторен автоматически с помощью средств вычислительной техники (ВТ). В этом случае задача сводится к просмотру аналогов и внесению коррекции в текстовую и графическую информацию. Рассмотрим принципы кодирования графической информации (один из возможных вариантов). Обозначим четырехразрядный номер кода N через ABCD. Примем,

например, следующую систему кодирования: A - номер подотрасли или производства {1 - свеклосахарное, 2 - сахарорафинадное, 3 - спиртовое, 4 - пивоваренное и солодовенное, 5 - хлебопекарное и т. д.); BC - двухзначный номер технологического объекта управления (от 1 до 99) (например, 01 - дозатор известкового молока станции дефекосатурации сахарного завода, 02 - котел сатурации такого же завода, ..... 57 - очистное сооружение сточных вод, ...), D - номер спецификации на технические средства, D = 3 - рамка со штампом и подписями,

D = 4 - графическое изображение ТОУ, D = 5 - контуры управления температурой и давлением, D = 6 - контуры управления уровнем, расходом, количеством (массой) и плотностью жидкости, D = 7 - контур управления составом (концентрацией) и вязкостью и т. д.

В табл. 25 в качестве примеров- даны три схемы автоматизации. "Графика" каждой из схем состоит из нескольких частей (файлов), каждая из которых имеет номер в рассмотренной структуре ABCD. На рис. 4.11 представлена схема автоматизации приготовления раствора Нг804 в потоке. Эта схема описывается четырьмя файлами. Для рамки номер файла имеет значение 1013, для ТОУ (изображен жирными линиями) - 1014, для контура управления температурой (изображен пунктирной линией) - 1015, для контура управления составом рН (штрихпунктирные линии) - 1017\*. 25. Кодирование схем автоматизации

Номер п/п	Схема автоматизации	Файлы	
		количество	номера
1	Подготовка воды заданной температуры и расхода	4	1113,1114,1115,1116
2	Приготовление раствора в потоке	4	1013,1014,1015,1017
3	Приготовление раствора из сыпучего компонента	6	1033,1034,1035,1036,1038,1030

Рис. 4.11. Схема приготовления раствора в потоке до коррекции

Как видно из табл. 25, схема автоматизации однозначно определяется парой номеров - номером подотрасли (А) и номером ТОУ (BC). В разных подотраслях номера ТОУ могут совпадать. Однако могут быть предложены разные схема автоматизации одного и того же объекта или процесса. Поэтому для идентификации различных схем автоматизации одного объекта в предложенной структуре кодирования ABCD необходимо для каждой очередной схемы автоматизации данного ТОУ задавать новый номер для объекта. Например, возможны разные варианты приготовления рабочих растворов в потоке (в трубопроводе). В этом случае требуется несколько номеров для одного ТОУ. Резервный номер D = 0 используется для записи файлов, которые не являются типовыми для большинства схем "графики" и могут иметь самое разное функциональное значение. Так, в схеме 3 табл. 25 файл 1030 описывает "графику" схемы жесткого программного управления по времени.

**Методика использования примитивов при вводе графической информации.** Графические изображения схем автоматизации вводятся в базу данных с помощью устройства ввода ПКГИО. Это устройство располагает техническими возможностями ввода отдельных графических элементов (точка, отрезок прямой и др.). Однако трудоемкость ввода информации и соответственно число ошибок могут быть существенно уменьшены, если использовать более широкий состав графических элементов. Для основных элементов схем автоматизации, называемых примитивами, разработаны специальные программы для вычерчивания их на графопостроителе или изображения на графическом дисплее. При этом для ввода примитива достаточно указать точку его "привязки", ориентацию на плоскости и масштаб. Чтобы максимально облегчить ввод и не пользоваться таблицами для поиска номеров примитивов, разработана программа "меню". На рис. 4.12 представлен набор примитивов, расположенных в клетках размером 30x30 мм. Для ввода некоторого примитива достаточно указать "карандашом" на любую точку соответствующей клетки.

Контур	ТЕКСТ	Окружность произвольного радиуса				

Рис. 4.12. Набор примитивов схем автоматизации

При указании на клетку "контур" и нажатии кнопки соответствующего типа линий (жирная, тонкая, см. рис. 4.2) осуществляется ввод ломаной линии. Ввод производится указанием на схеме вершин ломаной. С помощью этой операции можно вводить множество разнообразных фигур: линии связи, прямоугольники, стрелки и т. д. Клетка "текст" означает, что после ее идентификации будет осуществлен ввод некоторого текста с клавиатуры. При этом "карандашом" указывается точка начала символьной строки, а с помощью клавиатуры - размер текста и его ориентация (см. соответствующие клавиши на рис. 4.2), затем осуществляется набор символов с клавиатуры. Третья клетка позволяет ввести окружность произвольного радиуса (для вычерчивания элементов ТООУ), точка "привязка" которой задается с помощью цифр 0,1, 2 или 3 (если линия подходит к примитиву справа, то 0, если сверху - 1, слева - 2, снизу - 3). Радиус вычисляется автоматически при указании точки, диаметрально противоположной точке "привязка". Следующая клетка реализует ввод окружности для изображения прибора, установленного по месту, пятая клетка - ввод изображения прибора на щите. В качестве исходного диаметра для этого типа изображений применяется значение 10 мм (масштаб  $M = 1$ ), возможно также значение  $M = 2$  (диаметр 20 мм). Во втором ряду "меню" представлены соответственно лампочка, мотор, пробоотборное устройство, звонок, сирена и гудок.

На рис. 4.12 показано исходное (нулевое) положение пробоотборного устройства, звонка, сирены и гудка, их ориентация задается аналогично ориентации вентилях (см. ниже). Далее следует двух- и трехходовые вентили и вентили совместно с исполнительными механизмами (всего 18 вариантов). Точкой "привязка" во всех вариантах является центр вентиля. Поворот вентиля относительно исходного положения, изображенного на рис. 4.11, против часовой стрелки на 0, 90, 180 и 270° задается соответственно цифрами 0,1,2,3.

Все множество примитивов вводится в базу данных в определенных форматах:

1)ломаная

LOM 

1	T	N	X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	...
---	---	---	----------------	----------------	----------------	----------------	-----

 ,

где 1 — код ломаной; T — параметр толщины линии (0 — жирная, 1 — тонкая); N — число вершин ломаной (минимальное  $N = 2$ ); X<sub>1</sub>, Y<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, Y<sub>2</sub> - координаты считываемых со схемы точек;

2) окружность (и ее модификации)

OKR 

3	T	X	Y	U	D
---	---	---	---	---	---

 ,

где 3 — код окружности; T — ее тип (для позиций 3—11 на рис. 4.12 соответственно T= 1,1, 2,

3, 4, 5, 6, 7, 8);  $X \emptyset$ ,  $Y \emptyset$  - координаты точки "привязка" в схеме;  $U$  - номер точки "привязка" ( $t\%$  0,1,2,3);  $D$  — диаметр;

3) вентиль

VENT 

4	T	$X \emptyset$	$Y \emptyset$	U	M
---	---	---------------	---------------	---	---

 ,

где 4 — код вентиль; T — тип ( $T = 1 \dots 18$ );  $X \emptyset$ ,  $Y \emptyset$  — координаты точки "привязка";  $U$  — угол разворота ( $U = 0,1,2,3$ );  $M$  — масштаб. При вводе сирены и гудка используется тот же формат, что и для вентиль, но в зависимости от номера (19 и 20) реализуются соответствующие программы вычерчивания;

4) для записи текста на схемах автоматизации используется формат

STROK 

2	$X \emptyset$	$Y \emptyset$	V	U	N	$A_1$	$A_2$	...	$A_N$
---	---------------	---------------	---	---	---	-------	-------	-----	-------

 ,

где 2 - код строки;  $X \emptyset$ ,  $Y \emptyset$  - координаты точки "привязка" строки (ее левый нижний угол); V - размер символов; V — угол ориентации (0 — горизонтально, 1 - вертикально); N — число символов в строке;  $A_1, A_2, \dots, A_N$  — коды символов.

Можно вычерчивать 10 цифр, 26 латинских и 32 русские буквы, спецсимволы:  $-/.,:;=$ . Символы набираются с клавиатуры ПКГИО, а их коды автоматически последовательно записываются в ячейки памяти. Таким образом, в системе используются два вида текстов в зависимости от программного обеспечения: для подготовки описаний схем и спецификаций, для рисования букв и слов на чертеже (см. далее использование текстового редактора TED).

Использование "меню" при вводе схемы автоматизации предполагает определенную последовательность действий оператора:

1) закрепить на рабочем поле ПКГИО "меню" и схему автоматизации так, чтобы они не перекрывали одна другую, и выровнять их относительно горизонтали в автоматическом режиме, для чего используются координаты  $Y$  (см. рис. 4.2) одной из горизонтальных линий чертежа;

2) привести ПКГИО в рабочее состояние, для чего нажать клавишу УГВ;

3) запустить выполнение программы обработки графической информации, для чего в ответ на знак ожидания ">" набрать на алфавитно-цифровом дисплее (терминале) ® SKBD;

4) обозначить "карандашом" левый нижний угол "меню";

5) указать "карандашом" левый нижний угол рамки схемы;

6) указать "карандашом" клетку "меню", на которой изображен кодируемый элемент (примитив) схемы;

7) указать параметры этого элемента;

8) если элемент был последним, нажать клавишу "КН", в противном случае перейти к п. 6. После нажатия клавиши "КН" введенная информация записывается на диск.

Поясним дополнительно п. 7. При обозначении номера точки "привязка", а также угла разворота вентиль используются клавиши "тип линии" (см. рис. 4.2: цифра 0 - клавиша жирной линии, цифра 1 - клавиша тонкой линии, цифра 2 - клавиша пунктирной линии, цифра 3 - клавиша "стрелка влево"). Для указания масштаба изображения стандартных элементов схем автоматизации (цифры 1 и 2) используются клавиши "элемент чертежа" (см. рис. 4.2: 1 -  $\cdot$ , 2 -  $\cdot$ ). Таким образом, расширены функциональные возможности клавиатуры ПКГИО. В зависимости от характера решаемой задачи одна и та же клавиша программным путем переориентируется на разные функции. Это облегчает условия работы с ПКГИО, так как не требует обращения к терминалу (АЦД), удаленному от ПКГИО на определенное расстояние.

**Вывод графической информации на графопостроитель и графический дисплей.** Для получения чертежа схемы автоматизации используется графопостроитель АП-7251, для визуального наблюдения - графический дисплей "Графит" АС-7060. Исходной для указанных устройств является информация, введенная в базу данных с устройства ПКГИО.

Вывод информации осуществляется в диалоговом режиме. Вначале вызывается программа командой RUN APM2, после чего на экране возникают указания:

1. "ЗАДАЙТЕ НОМЕР ПЕРА". Если требуется вывести чертеж на графопостроитель, в ответ нужно ввести цифры 1, 2 или 3. Это необходимо, если в пишущей головке имеется три пера, различающихся по толщине или цвету. Если имеется только одно перо, то оно устанавли



вается в первый пишущий узел головки. При задании цифры 4 изображение будет выводиться на графический дисплей.

2. "ПРОДОЛЖИТЬ РАБОТУ - 0, КОНЕЦ - 1". Набираем "0".

3. "ИМЯ МАССИВА". В ответ задается четырехзначный код файла, соответствующий определенной части схемы при "скалывании" с устройства ПКГИО.

4. "ЗАДАЙТЕ МАСШТАБ" - вводится соответствующее число. При выводе на дисплей "Графит" рекомендуется использовать масштаб  $M=1$ . При выводе на графопостроитель можно изменить масштаб чертежа относительно его размера при вводе с ПКГИО. При увеличении масштаба ( $M>1$ ) необходимо следить за тем, чтобы чертеж не вышел за пределы рабочего поля графопостроителя (1189 x 841).

После ответов на все перечисленные вопросы происходит процесс рисования выбранного файла (предварительно пишущая головка графопостроителя устанавливается в начало координат нажатием кнопки "исходное положение"). Для рисования на этом чертеже следующего файла происходит автоматический возврат в п. 2. Когда появится вопрос "ПРОДОЛЖИТЬ?", необходимо ввести 0, в результате чего опять возникает вопрос "ИМЯ МАССИВА". При вводе 1 на вопрос "ПРОДОЛЖИТЬ?" произойдет выход из программы АРМ2. При выводе изображения, хранящегося в файле, на дисплей "Графит" осуществляются те же этапы работы.

**Методы формирования графических изображений на графопостроителе и дисплее "Графит".** В процессе функционирования программы числовая информация извлекается из базы и считывается головной программой в одномерный массив  $C$  (1000). В головной программе организован цикл проверки каждого числового значения массива на следующие условия: GOTO (1,2,3,4)  $C(I)$ .

При выполнении оператора происходит переход на метки 1, 2, 3, 4, на которых осуществляется соответственно обращение к подпрограммам LOM, STROK, OKR, VENT. Например, если  $C(I) = 3$ , осуществляется переход к подпрограмме OKR, параметрами которой являются  $T, X_0, Y_0, U, D$ . При этом параметры будут считываться из массива вслед за  $C(I)$  в следующем порядке:  $T = C(I+1)$ ,  $X_0 = C(I+2)$ ,  $Y_0 = C(I+3)$ ,  $U = C(I+4)$ ,  $D = C(I+5)$ .

После выполнения подпрограммы OKR индекс  $I$  значения  $C$  увеличивается на 6 (поскольку в описании окружности пять параметров), т. е.  $I = I + 6$ , и произойдет возврат в цикл проверки значений  $C(I)$ . Внутри каждой из подпрограмм (LOM, STROK, OKR, VENT) есть обращение к подпрограмме, осуществляющей рисование на графопостроителе или дисплее "Графит", - 'CALL PLOT ( $X, Y, K$ ), параметры которой  $X, Y$  - координаты данной точки изображения в миллиметрах,  $K$  - признак пера (1 - перо опущено, 0 - перо поднято).

Рассмотрим, как формируется и каким преобразованиям подвергается координата каждой точки в подпрограммах LOM, STROK, OKR, VENT.

В подпрограмме LOM координаты  $X, Y$  точек ломаной линии в цикле последовательно подставляются в оператор PLOT. Выход на первую точку осуществляется с поднятым пером.

В подпрограмме OKR в соответствии с заданным номером модификации окружности формируется один из восьми типов изображения (см. рис. 4.12). Координаты точек окружностей или полуокружностей вычисляются по формулам (рис. 4.13):

$$X = R * (\cos(\pi/16 * (N-1)) - \cos(F)) + X_0,$$

$$Y = R * (\sin(\pi/16 * (N-1)) - \sin(F)) + Y_0,$$

где  $X, Y$  — координаты текущей точки окружности;  $R$  — радиус окружности;  $\pi/16$  — шаг изменения угла (окружность разбита на 32 части);  $N$  — номер точки на окружности;  $F$  — угол сектора, образованный радиусом, проведенным в точку "привязка" на окружности, и осью  $X$ ;  $X_0, Y_0$  — координаты точки "привязка" на окружности.

Все остальные детали модификации окружностей (перекрестье внутри условного обозначения лампочки, линия разделения внутри окружности, изображающей прибор на щите) рисуются по вычисляемым координатам точек на окружности; отрезки в условном обозначении звонка кодируются отдельно по четырем точкам; символ "М" в изображении мотора вписывается в окружность посредством вызова подпрограммы STROK.

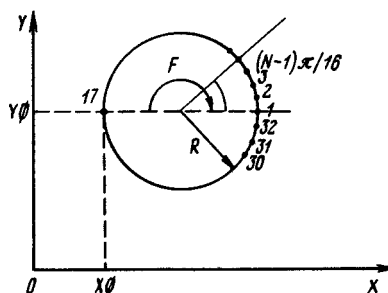
Подпрограмма VENT строит 18 типов изображения вентиля, образуя любой тип из следующих заготовок-примитивов:

$$H = \wedge \vee \bigcirc \bowtie \bowtie$$

Построение вентиля складывается из следующих этапов:

- 1) для заданного типа вентиля автоматически определяется набор заготовок-примитивов;
- 2) для каждой заготовки-примитива на основании исходных координат ее характерных точек вычисляются координаты опорных точек  $X_0, Y_0$  на исходном изображении данного вентиля;
- 3) в цикле вызываются опорные координаты  $X_0, Y_0$ , которые подвергаются математическим преобразованиям, обусловленным параметрами подпрограммы (угол поворота, сдвиг, масштабирование):

Рис. 4.13. К формулам вычисления координат окружности



$$X = (X_0 * \cos(F) - Y_0 * \sin(F)) * M + X_C,$$

$$Y = (X_0 * \sin(F) + Y_0 * \cos(F)) * M + Y_C,$$

где  $X, Y$  - координаты текущей точки вентиля;  $F$  - угол поворота вентиля;  $M$  - масштаб;  $X_C, Y_C$  — координаты точки "привязка" вентиля.

Построение изображений сирены и гудка осуществляется путем выбора координаты опорных точек изображения, которые подвергаются математическим преобразованиям аналогично рассмотренным выше.

В подпрограмме STROK в виде массивов хранятся координаты точек для изображения букв стандартного размера. Описания букв в этих массивах расположены в алфавитном порядке. Для изображения буквы необходимо извлечь соответствующие ей координаты точек и подвергнуть их математическим преобразованиям, чтобы получить координаты символа данного размера с заданной ориентацией.

Порядок формирования координат в подпрограмме следующий:

- 1) из передаваемого в подпрограмму символьного массива выбирается очередной символ;
- 2) этот символ идентифицируется в соответствии с алфавитом и находится его порядковый номер;

3) для этого номера из вспомогательных массивов определяются порядковые номера начальной и конечной точек в массиве координат;

4) осуществляется считывание опорных координат точек изображения символа (на рис. 4.14, а показаны опорные координаты точек символа А;  $K$  - признак пера);

5) все координаты подвергаются математическому преобразованию, учитывающему наклон строки относительно оси  $X$ , масштаб изображения символа, сдвиг символа по осям  $X$  и  $Y$  относительно левой нижней точки строки (рис. 4.14, б):

$$X = [X_0 + DX * (NS - 1) * \cos(F) - Y_0 * \sin(F)] * M + X_C,$$

$$Y = [X_0 + DX * (NS - 1) * \sin(F) + Y_0 * \cos(F)] * M + Y_C,$$

где  $X, Y$  — координаты данной точки, мм;  $X_0, Y_0$  — опорные координаты данной точки в изображении символа;  $NS$  — порядковый номер данного символа в строке;  $DX$  — смещение вдоль оси  $X$  относительно предыдущего символа, равное сумме ширины символа и расстояния между символами;  $F$  — угол наклона строки относительно оси  $X$ ;  $M$  — масштаб изображения символа;  $X_C, Y_C$  - координаты точки "привязка" строки;

6) осуществляется изображение данного символа по вычисленным координатам, и вслед

за этим происходит переход к п. 1.

**Пример построения схемы автоматизации.** Использование аналогов (ТПР) при подготовке технической документации к схеме автоматизации рассмотрим на примере задачи приготовления раствора в потоке (см. рис. 4.11, табл. 25). Первоначально на основе процедуры рисования схемы на графопостроителе вычерчиваем схему-аналог. Для этого последовательно выбираем файлы 1013, 1014, 1015, 1017.

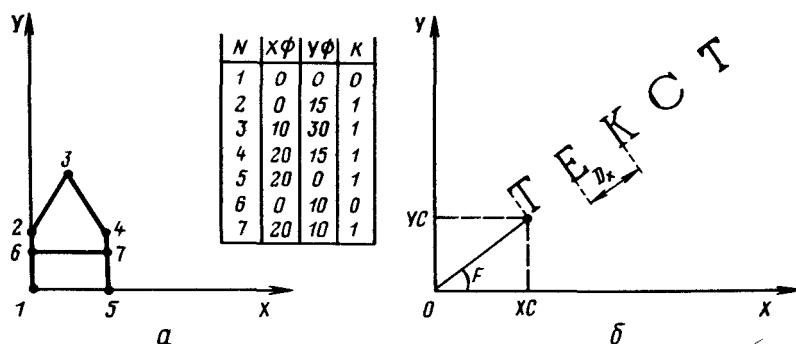


Рис. 4.14. К графическому изображению текста

Предположим, что в данной схеме дополнительно требуется установить датчик температуры холодной воды, а также ввести визуальную и звуковую сигнализацию (лампочку и звонок), если величина pH превышает допустимое значение.

Подрисовываем требуемые изменения на полученной схеме вручную (рис. 4.15). Размещаем схему на столе ПКГИО и вводим два новых файла. Один из них (а именно, контур температуры) полностью записываем заново с учетом изменений и вводим в базу данных под номером 0015. Цепочку лампочка - звонок считываем и вводим под номером 0017. Заметим, что все номера ABCD с A = 0 не используются при кодировании схем-аналогов, которыми заполняется база данных. Поэтому фактически "свободны" 1000 номеров от 0000 до 0999. Для вычерчивания скорректированной схемы на графопостроителе последовательно обращаемся к файлам 1013, 1014, 0015, 1017, 0017. Таким образом, один из прежних файлов заменяется, кроме того, добавляется новый файл. Полученная схема изображена на рис. 4.15.

Для вывода и коррекции текстовой информации служит программа ТЕХТ (вызывается при помощи команды RUN TEXT). Она позволяет вводить текст (описание схемы и спецификацию) в файлы базы данных, а также выводить записанный текст из базы. При этом существуют следующие возможности: прямой ввод с клавиатуры дисплея, ввод из заранее сформированного (или отредактированного) файла DAT, вывод из базы на терминал, на АЦПУ и в рабочий файл DAT. Первый вопрос, задаваемый программой ТЕХТ после запуска, - "ВАША ФАМИЛИЯ" - требует ввода в символьном виде фамилии пользователя. В ответ на следующий вопрос ("РЕГИСТРАЦИОННЫЙ НОМЕР ФАЙЛА /ИМЯ/?") вводится номер N = ABCD. Вслед за этим на экране появляется "меню" возможных функций:

- 1) чтение из базы с выводом на экран;
- 2) чтение из базы с выводом на печать;
- 3) чтение из базы с записью в файл DAT;

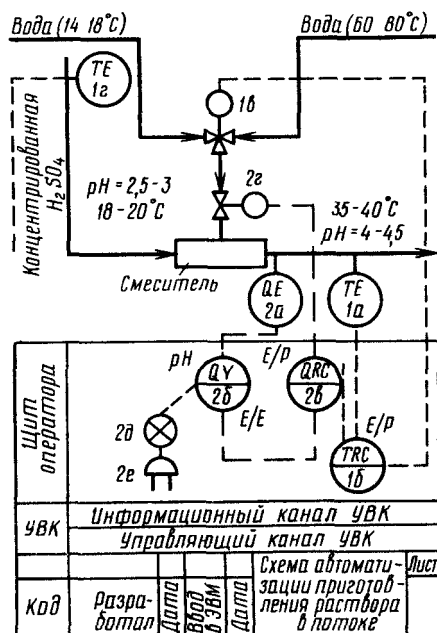


Рис. 4.15. Схема приготовления раствора в потоке после коррекции

- 4) запись в базу с клавиатуры;
- 5) запись в базу из файла DAT;
- 6) переход к другому файлу;
- 7) конец работы.

Появляется подпись: "ВВЕДИТЕ НОМЕР". В том случае, если требуется просмотреть уже существующую информацию, вводится номер 1. Вслед за этим на экран выводится записанный текст. После ввода "БК" (возврат каретки) вновь высвечивается "меню" функций. Если текст полностью удовлетворяет пользователя, можно ввести номер 2 и получить готовую распечатку. Если требуются некоторые исправления, то исходный текст по функции 3 должен быть

записан в рабочий файл DAT и вслед за этим осуществлен выход из программы TEXT по функции 7. Полученный файл DAT необходимо откорректировать с помощью экранного текстового редактора TED. Его вызов осуществляется командой TED DAT. Этот экранный редактор имеет широкие возможности для изменения текста. Вот лишь самые необходимые команды:

CTRL Z - смещение курсора вниз;

CTRL Y - смещение курсора вверх;

CTRL H - смещение курсора влево;

CTRL X - смещение курсора вправо;

CTRL I - удаление символа, отмеченного курсором;

CTRL \ - вставка пробела (раздвижение строки на месте курсора);

CTRL Л - удаление строки, отмеченной курсором;

ПС - вставка пустой строки вслед за отмеченной курсором строкой;

любой символ - замена символа, отмеченного курсором, набранным символом;

БК - переход курсора на первую позицию следующей строки;

CTRL C - выход из экранного режима.

Последняя команда вызывает появление на экране подсказки <TED>, в ответ на которую нужно набрать символы WD, если отредактированный файл записывается под старым именем с одновременным уничтожением предыдущей версии, либо набирается W < имя, расширение>, если новому файлу присваивается другое имя. В данном случае при редактировании файла DAT следует набирать WD.

После редактирования файла DAT с помощью редактора TED нужно вновь обратиться к программе TEXT и с помощью пятой функции записать отредактированный текст из файла DAT в базу данных под новым именем, начинающимся с нуля. Четвертая функция программы TEXT служит для ввода новой текстовой информации в базу данных непосредственно с

клавиатуры. С помощью шестой функции можно после просмотра или распечатки одного из файлов базы данных (например, описания схемы) перейти к просмотру любого другого файла (например, спецификации), не выходя из программы TEXT.

Пример использования описанной программы. Приведем описание схемы на средства автоматизации для процесса приготовления раствора в потоке (см. рис. 4.11, табл. 25). После запуска программы TEXT, обращения к файлу 1011 и вызова первой функции на экране дисплея появится следующий текст:

1. Технологическая постановка задачи.

Необходимо получать непрерывно после смесителя раствор заданных pH и температуры при незначительном колебании расхода раствора относительно заданного среднего значения.

2. Схема автоматизации.

В схему автоматизации входят две локальные системы автоматического регулирования:

а) система регулирования температуры, состоящая из датчика температуры  $TE$  (1а), вторичного регистрирующего прибора со встроенным пневматическим ПИД-регулятором ТДС (1б), пневматического трехходового клапана (1в), управляющего соотношением расходов холодной и горячей воды;

б) система регулирования pH раствора, состоящая из датчика  $QE$  (2а), вторичного (промежуточного) преобразователя  $QY$  (2б), вторичного регистрирующего прибора со встроенным пневматическим ПИД-регулятором  $QRC$  (2в) и пневматическим клапаном (2г), управляющим расходом воды в смеситель. При отклонении pH раствора от заданного система регулирования pH через клапан 2г изменит расход воды в ту или иную сторону, пока pH не установится в заданных пределах.

Информация о pH и температуре параллельно поступает в информационный канал УВК. От управляющего канала УВК к задатчику регулятора в приборе 2в поступает сигнал заданного значения pH.

Поскольку часть схемы автоматизации была изменена, этот текст также должен быть изменен. Поэтому, прочтя текст и введя <BK>, после появления на экране "меню" функций необходимо выбрать третью функцию. Для этого осуществляется перепись файла 1011 в файл DAT, затем вновь появляется надпись "ДЛЯ ПРОДОЛЖЕНИЯ ВВЕДИТЕ BK". После ввода <BK> и появления "меню" вводим номер 7 и таким образом завершаем работу с программой TEXT. Переходим к редактированию файла DAT.

На экране появляются первые 20 строк приведенного выше текста. Курсор устанавливается под первым символом первой строки. Требуется добавить информацию о датчике температуры (1г) и об аварийной сигнализации (2д и 2е). Для этого нужно подвести курсор под последнюю букву в слове "датчика", нажав семь раз CTRL Z (для спуска на 8-ю строку) и 62 раза CTRL X (для перемещения на 63-й символ), затем раздвинуть слово на один символ с помощью CTRL \ и набрать в русском регистре буквы ОВ. Таким образом будет получено слово "датчиков". Нажав вслед за этим (ПО и <BK>, получаем пустую строку с маркером, стоящим в первой позиции. Теперь можно набрать следующий текст:

ТЕМПЕРАТУРЫ  $TE$  (1а) и (1г) (ДАТЧИК  $TE$  (1г) ПРЕДНАЗНАЧЕН ДЛЯ <ПС> <ВЮ  
ПОЛУЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О ВОЗМУЩЕНИИ-ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ <ВЮ).

Теперь маркер оказался в первой позиции строчки, начинающейся со слов "температуры  $TE$  {1а}°". Эти слова нужно заменить на текст "холодной воды". Для этого данный текст непосредственно набирается на клавиатуре взамен старого текста. Когда новый текст набран, вслед за курсором остается "(1а)". Для удаления этих четырех символов четыре раза нажимаем CTRL. Таким образом, пункт а) описания скорректирован. Теперь требуется привести в соответствие новой схеме описание системы регулирования pH (пункт б). Для этого нужно заменить союз "и" после символа {2в} на запятую и добавить в конце предложения текст об аварийной сигнализации. Для этого семь раз нажимаем CTRL Z, 19 раз CTRL X и ",", затем один раз CTRL Z, семь раз CTRL X и набираем следующий текст:

, И АВАРИЙНОЙ СИГ- <ПС> (BK> НАЛИЗАЦИИ, СОСТОЯЩЕЙ ИЗ ЛАМПОЧКИ 2д и ЗВОНКА 2е.

После того, как все требуемые изменения в файл DAT внесены, следует выйти из экранного

режима, нажав CTRLC, ввести команду WD <БЮ и выйти из редактора TED путем нажатия CTRLC. Затем нужно вновь вызвать программу TEXT, ввести фамилию и новый номер файла - пусть это будет ООН. Выбрав функцию 5, записываем отредактированную информацию в базу данных. Затем, введя <БК> и вернувшись в "меню" режимов, распечатываем файл ООН на АЦПУ с помощью режима 2. Заметим, что описание процедуры редактирования менее наглядно, чем ее фактическое выполнение, во время которого осуществляется непосредственное наблюдение за перемещением курсора на экране.

## 26. Заказная спецификация

Позиция по схеме	Место установки	Измеряемая (регулируемая) переменная	Наименование прибора и его характеристики	Тип прибора (модификация)	Код (ОПК) прибора
1а 1б	Труба	Температура	Термометр	TSM-5071	42.169
1в	после смесителя	10...50 °С Тоже	сопротивления	M50, модель	50.245
2а 2б 2в	Щит оператора	Температура 10...100 °С	медный	310-02 КСМ4 с регулятором	41.169
2г	Трубы подачи горячей и холодной воды	рН раствора 1...7	й мост со встроенным пневматическим ПИД-регулятором	ПР3-27М	
	Труба после смесителя	Тоже	встроенным пневматическим ПИД-регулятором	27чбнж, калибр 50мм	
	Щит оператора	Расход воды температурой 20...50 °С	Трехходовой клапан с пневмоприводом (НЗ)	ДМ-5М-1 П201-2Н КСП4 с регулятором ПР3-27м	
	Щит оператора		Датчик рН магистральный	СИУ, ряд 363.02, калибр SO мм (с позиционером)	
	Труба между клапаном		Вторичный преобразователь П-201		
1в и смесителем			Автоматический потенциометр КСП4 0-100 мВ со встроенным пневматическим ПИД-регулятором		
			Клапан с пневмоприводом и позиционером (НЗ)		

Теперь посмотрим и отредактируем файл 1012, содержащий заказную спецификацию на приборы. Для этого, вернувшись к "меню" режимов, выбираем функцию 6. На экране появляется вопрос: "РЕГИСТРАЦИОННЫЙ НОМЕР ФАЙЛА"/ИМЯ/?", на который необходимо ответить 1012. После этого вновь переходим к "меню" функций. Дальнейшая работа с файлом полностью повторяет уже описанные действия для файла с описанием схемы. В табл. 26 представлена заказная спецификация до редактирования, структура которой несколько изменена по сравнению со стандартной для сокращения числа колонок в соответствии с отраслевыми рекомендациями. Требуется только добавить информацию о датчике температуры  $I_2$  (после информации о клапане  $I_6$ ), а также о сигнальной лампе  $2d$  и звонке  $2e$  (после позиции  $2g$ ). Следует отметить, что все 11 колонок спецификации занимают лишь 80 позиций, поскольку экранный редактор допускает длину строки не более 80 символов.

Завод-изго	Цена,	Габаритн	Масса	Числ	Примечание
товитель	руб.	ые размеры, мм	, кг	о, шт.	(источник информации,

"Львовпри	960	120X1	24	1	Коошарский, с.
бор", г.	х 56	8	7	1	18 То же, с. 95
Львов	100	400X4	8	1	То же, с.
"Манометр	960	00X35	24	1	294,295
", г.		5		1	Паспорт на
Москва		23		1	прибор Паспорт
"Красный		0X		1	на прибор
профинтер",		65			Кошарский, с.
г. Гусь-		0			95
Хрусталь-		500X4			То же, с.
ный Завод		00X21			290
измерительн		0			
ы приборов,		130X1			
г. Гомель		80X37			
Тоже		0			
"Маноме		400X4			
тр", г.		00X35			
Москва		5			
"Теплопри					
бор", г.					
Улан-Удэ					

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ**

Принципиальные электрические и пневматические схемы могут проектироваться автоматизированно аналогично схемам автоматизации на базе типовых проектных решений. При этом также целесообразно использование примитивов. Рассмотрим особенности проектирования электрических схем.

На рис. 4.16 представлены наиболее часто используемые элементы, которые объединены в группы по признаку близости геометрических изображений в целях их вычерчивания с помощью одной и той же программы.

В принципиальных электрических схемах могут применяться и те примитивы, которые используются при построении схем автоматизации (см. рис. 4.12) (например, лампочка, звонок, сирена, гудок). Совместно с элементами чертежа, легко воспроизводимыми непосредственно на ПКГИО, такими как полярность, характер обмотки, катушка реле и т. п., создаются широкие возможности по автоматизированному изображению принципиальных схем. В целом электрические схемы отличаются большим разнообразием элементов по сравнению со схемами автоматизации.

Так же как и для схем автоматизации, графические изображения принципиальных схем разбиваются на файлы с кодированием по структуре ABCD. При вводе примитива указывается его точка "привязка", ориентация на плоскости и, если требуется, масштаб. Для облегчения ввода графической информации применяется "меню", состоящее из примитивов, изображенных на рис. 4.16, к которым добавлены некоторые примитивы из "меню" проектирования схем автоматизации (см. рис. 4.12). С точки зрения реализации построение графической части схем автоматизации и принципиальных схем характеризуется использованием различных "меню". Если использовать единое "меню" для схем автоматизации, принципиальных электрических и пневматических схем, то состав его значительно изменится. При этом уменьшатся размеры клеток, снизятся наглядность и, соответственно, эффективность ввода графической информации, которая должна обеспечивать преимущество автоматизированного вычерчивания над ручным.

Примитивы, изображенные на рис. 4.16, о, вводятся в базу данных в формате ОКР, примитивы рис. 4.16, е- з - в формате VENT; кодирование трансформаторов (см. рис. 4.16,6) также сводится к формату VENT. Текстовая информация и изображение символов на чертеже воспроизводятся аналогично тому, как это выполняется при подготовке схем автоматизации. Программная реализация принципиальных схем основывается на программном обеспечении схем автоматизации при соответствующей замене программ вычерчивания отдельных примитивов. Отсутствуют существенные различия и в корректировке схем. Таким образом, автоматизированное вычерчивание схем, подготовка описания схемы и спецификаций могут

выполнены на базе единого программного обеспечения путем небольших различий в процедуре реализации в зависимости от того, что проектируется:

схема автоматизации, принципиальная электрическая или пневматическая схемы.



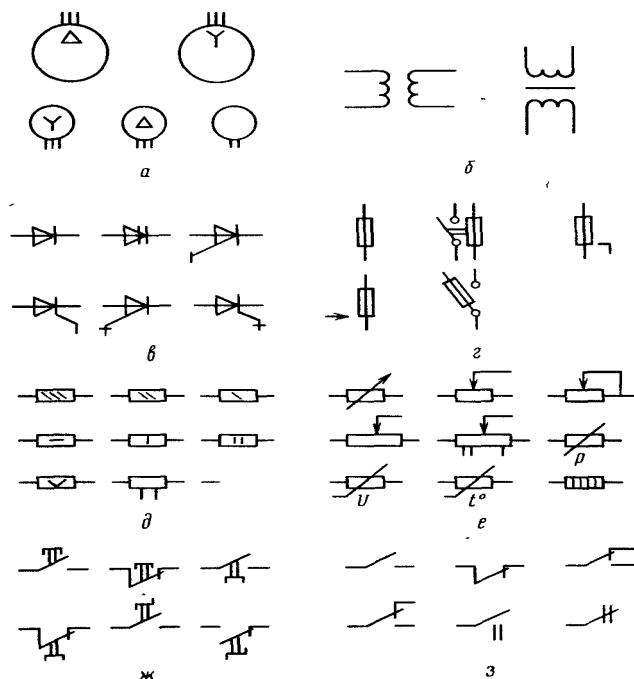


Рис. 4.16. Прimitives принципиальных электрических схем:

а - статоры и роторы; б - трансформаторы; в - диоды и тиристоры; г - предохранители; д - резисторы постоянные; е - резисторы переменные; ж - выключатели кнопочные; з - контакты коммутационного устройства.

## ЗАДАЧИ КОМПОНОВКИ, РАЗМЕЩЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЯ

**Формулировка и взаимосвязь задач.** Техническое проектирование систем управления подразделяется на совокупность взаимосвязанных задач: компоновка аппаратуры по щитам и пультам, размещение аппаратуры на щитах и пультах, распределение инвариантных (логически равнозначных) контактов разных приборов, трассирование соединений. Наиболее сложной, трудно поддающейся формализации и автоматическому решению является задача трассирования, которая зависит от результатов решения предшествующих задач.

*Компоновкой* называется задача разбиения схемы системы управления на части, каждая из которых затем размещается на отдельной конструктивной единице (КЕ) (щите или пульте). При этом стремятся соблюсти следующие условия: максимальное использование оборудования, т. е. минимизация числа КЕ; минимизация числа разных типов КЕ; минимизация числа связей между КЕ.

Последнее условие обычно является основным. На практике часто требуется удовлетворить еще и ряд дополнительных условий типа ограничений. Например, аппаратуру следует размещать по группам исходя из общности выполняемых функций. Число единиц аппаратуры не может превышать некоторого предельного значения в зависимости от размеров ее и условий эксплуатации. Число зажимов (контактов) КЕ выбирается проектировщиком из условий числа внешних выводов на КЕ аппаратуры. Компоновка должна способствовать облегчению решения последующих этапов размещения и трассирования.

Задача компоновки представляет собой дискретную многокритериальную задачу с трудно формализуемыми ограничениями. Для ее решения применяются приближенные алгоритмы, которые можно объединить в две основные группы: последовательные и итерационные. Общим для всех последовательных алгоритмов является выбор на каждом шаге одного из элементов по совокупности эвристически подобранных признаков для включения в группу аппаратуры одного из щитов. В итерационных алгоритмах решение начинается с некоторого исходного распределения аппаратуры по КЕ. Затем элементы аппаратуры меняются местами (переносятся с одного щита на другой). Замена проводится по условию уменьшения выбранного критерия.

При компоновке разногабаритных элементов основная трудность состоит в соблюдении требования максимального использования оборудования, так как определить возможность размещения всех выбранных элементов до решения задачи размещения довольно сложно.

Конкретные методы компоновки, которые поддаются алгоритмизации, но не являются строго обоснованными и относительно громоздки для описания, здесь не рассматриваются. На практике эта задача выполняется вручную на основании опыта и интуиции проектировщика.

**Математическая постановка задачи размещения.** Эта задача состоит в конкретном расположении приборов с учетом их размеров на плоскости щита (или пульта) заданных габаритов. К основным особенностям данной задачи относятся следующие. Известные в литературе алгоритмы, как и в задаче компоновки, включают последовательные и итерационные алгоритмы, а также алгоритмы, которые математически более строго обоснованы, но позволяют получать решения для отдельных частных случаев. Критериями задачи размещения являются минимизация суммарной длины связей, длины самой длинной связи, числа пересечений связей, числа связей с возможно более простой конфигурацией. Таким образом, критерии задачи размещения непосредственно связаны с последующим трассированием.

Задача усложняется наличием ограничений на максимально и минимально допустимые расстояния между приборами, на расстояния от кромок щита и разъемов. К тому же следует удовлетворять такие рекомендации, как очередность расположения, например сверху световые табло и сигнальную аппаратуру, затем показывающие приборы, регистрирующие приборы и устройства управления. Учитывая возможности современной вычислительной техники и сложность задачи, ее целесообразно решать в диалоговом режиме.

Задача распределения инвариантных контактов КЕ тесно связана с задачами компоновки, размещения и трассирования соединений. Так как до размещения полностью отсутствует информация, позволяющая учесть качество распределения контактов, то на практике применяется такой порядок: произвольное распределение инвариантных контактов, решение задачи размещения, распределение контактов с учетом найденного размещения. Перераспределение контактов является средством дополнительного улучшения возможностей последующего трассирования.

Решение задачи трассирования состоит в наилучшем расположении соединений в виде печатного или проводного монтажа. Несмотря на то, что печатный монтаж при массовом производстве значительно дешевле, в разработках новых образцов аппаратуры часто предпочитают проводной монтаж. Преимущественно он применяется для соединений в панелях, стойках, шкафах.

Каждый из методов проводных соединений (жгутовый, струнный, монтаж "внавал") накладывает на некоторые задачи специфические технологические и конструктивные ограничения. Так, при монтаже "внавал" длина провода  $l$  подсчитывается по прямой, соединяющей две точки с координатами  $X_1, Y_1, X_2, Y_2$ :

$$l = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2},$$

а при жгутовом и струнном монтаже

$$l = |X_2 - X_1| + |Y_2 - Y_1|.$$

В последнем случае соединения располагаются параллельно горизонтальному или вертикальному направлению. При этом к множеству контактов прибавляется множество точек изгиба, в которых возможен переход с вертикального направления на горизонтальное и наоборот.

Если в качестве критерия трассирования используется минимальная сумма длины проводов, возникает задача построения оптимальных связывающих деревьев, т. е. оптимальное соединение между собой всех электрически связанных контактов. Эта задача тривиальна, если все электрические цепи устройства однозвенные (т. е. соединяют два контакта).

При жгутовом монтаже и монтаже "внавал" монтажник-электрик должен правильно осуществить все соединения, считая, что задача об оптимальности расположения проводников уже решена. Для него подготавливается специальная документация, которая в ряде организаций выполняется с помощью ЭВМ. Так, в ГосНИИхлорпроект разработана программа "KIP1" - "Монтажно-коммутационное проектирование щитов", которая реализована на языке PL1 для ЭВМ ЕС-1033. Она подготавливает монтажные таблицы соединений проводок внутри щита, подключение внешних приборов, таблицы клеммников, резервных клемм. Подсистема "ЩИТ"

(ГосНИИметанолпроект, PL1, ЕС-1033) выпускает документацию для производства электрических трубных монтажно-коммутационных работ по щитам и пультам систем автоматизации: таблицы соединений и таблицы подключений.

При внимательном изучении требований к размещению и трассированию можно заметить их общность в смысле создания при размещении благоприятной ситуации для последующего трассирования. Поэтому задачу размещения целесообразно решать, используя в качестве критерия хотя бы одно из основных условий трассирования.

**Математическая постановка задач размещения.** В общем случае задача размещения может быть сформулирована применительно к проектированию схем автоматизации следующим образом. Обозначим через  $C$  множество из  $m$  контактов разъемов, которые будем называть фиксированными элементами (их нельзя перемещать в процессе решения задачи); через  $D$  - множество из  $p$  размещаемых единиц аппаратуры (перемещаемые элементы); через  $K_y$  ~ количество коммуникационных сетей, т. е. соединений, по которым проходит один и тот же сигнал; через  $E^k$  - множество развилок  $k$ -й коммуникационной сети ( $k = 1, K_0$ ); через  $S^k$  - оценку единицы длины  $k$ -й сети (если сети представляют собой разного вида коммуникации - автомобильные, железнодорожные, трубопроводы и т. п., - то оценки  $S^k$  различны и их необходимо учитывать. При прокладке проводных соединений одинаковой стоимости можно положить  $S^k = 1$ ); через  $I_{ij}$  - кратчайшее расстояние между  $i$ -м и  $j$ -м элементами (или развилкой) на плоскости  $i, j \in U \cup D \cup E^k$ ; через  $\rho_{ik}$  - кратчайшее расстояние между  $i$ -м и  $j$ -м элементами по коммуникационной сети  $k$ ; через  $X_i, Y_i$  - координаты  $i$ -го элемента или развилки (рис. 4.17).

В более общем случае для коммуникаций типа автомобильных или железнодорожных магистралей требуется учитывать не только стоимость единицы длины  $S^k$ , но и затраты на эксплуатацию коммуникации (перевозка на более дальнее расстояние стоит дороже).

Для удобства записи критерия оптимальности сети введем еще одно обозначение:  $E^k$  - множество ребер  $k$ -й сети ( $k = 1, K_0$ ). С учетом введенных обозначений в нашем случае критерий оптимальности имеет вид:

$$F = \sum_{k=1}^{K_0} \sum_{(i,j) \in U_k} S_k [(X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2]^{1/2} \quad (4.5)$$

Если число видов коммуникаций  $K_0 = 1$ , то задача с критерием (4.5) оказывается полностью эквивалентной известной задаче Штейнера о кратчайшей сети, которая формулируется следующим образом: связать заданное множество расположенных на плоскости вершин сетью кратчайшей длины, используя любое число дополнительных вершин (развилок).

При прокладке связей в горизонтальных и вертикальных направлениях критерий оптимальности

$$F_1 = \sum_{k=1}^{K_0} \sum_{(i,j) \in U_k} S_k [|X_i - X_j| + |Y_i - Y_j|]. \quad (4.6)$$

В результате решения задачи размещения требуется определить такое расположение перемещаемых элементов, которое обеспечивает минимум критерия оптимальности. При этом на область возможных положений элементов могут накладываться ограничения:

$$a_1 \leq X_i \leq a_2, \quad b_1 \leq Y_i \leq b_2,$$

где  $\Phi = a_1, a_2, b_1, b_2$ -параметры, определяющие размеры и положение прямоугольного участка, на котором размещены элементы. Поскольку начало координат всегда может быть выбрано в левом нижнем углу территории размещения, то можно положить  $a_1 = b_1 = 0; a_2 = a; b_2 = b$

Возможны также ограничения вида

$$l_{ij} = [(X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2]^{1/2} \geq l_{ij0},$$

где  $l_{ij}$  — расстояние между  $i$ -м и  $j$ -м элементами; ( $l_{ij0}$  — элементы матрицы ограничений, представляющие собой минимально допустимые при размещении расстояния между  $i$ -м и  $j$ -м элементами).

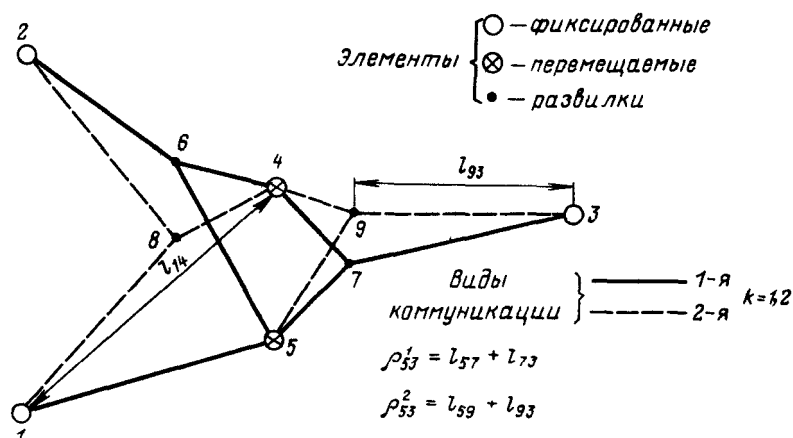


Рис. 4.17. Пояснение к постановке задачи размещения элементов

При конструкторском проектировании систем автоматизации участком размещения является фасад щита, пульта; неподвижными элементами - штепсельные разъемы, переборочные соединения для трубных проводов; перемещаемыми элементами - измерительные приборы, индикаторы, мнемосхемы и т. п. Прокладка проводников обычно осуществляется в соответствии с критерием (4.2), характеризующим жгутовый монтаж, или же критерием (4.1) - при соединении "внавал".

При размещении элементов конечных размеров естественны следующие ограничения:

1) ни один из элементов не должен выходить за пределы заданной территории, т. е.

$$X_i \geq 0, \quad Y_i \geq 0, \quad X_i + a_i \leq a, \quad Y_i + b_i \leq b,$$

где  $X_i, Y_i$  - координаты левого нижнего угла перемещаемого элемента прямоугольной формы;  $a, b$  — размеры элемента соответственно вдоль осей  $X$  и  $Y$ ;

2) элементы не должны накладываться один на другой;

3) к некоторым из общего числа  $p$  размещаемых элементов может предъявляться условие фиксированной ориентации;

4) в ряде задач возникает требование об обязательном расположении некоторых элементов у границы (периметра) участка.

В общем случае размещение элементов заданных размеров является многокритериальной задачей. Одним из критериев, как и в задаче размещения точечных элементов, является критерий связи, выражаемый одной из формул (4.5) или (4.6).

Компактность размещения оценивает ту дополняющую площадь, которая попадает в пределы расположения элементов и определяется выражением

$$F_2 = ab - S_0,$$

$$S_0 = \sum_{i=1}^n a_i b_i$$

где

— площадь всех размещаемых элементов.

Равномерность размещения может оцениваться критерием

$$F_3 = \sum_{i \in D} \Delta_i^{-1},$$

- минимальное расстояние между двумя точками, лежащими на границах

элементов  $i$  и  $j$ .

где

$$\Delta_i = \min_j \Delta_{ij}$$

В рассмотренной постановке задачи не учтены еще некоторые условия, упомянутые ранее. Кроме того, при размещении аппаратуры на конструктивных единицах должны учитываться эргономические требования, которые не поддаются полной формализации. Таким образом, задача размещения представляет собой многокритериальную дискретную задачу оптимизации большой размерности, для которой не существует методов решения даже при использовании современных ЭВМ.

Для решения частных задач используются разные алгоритмы.

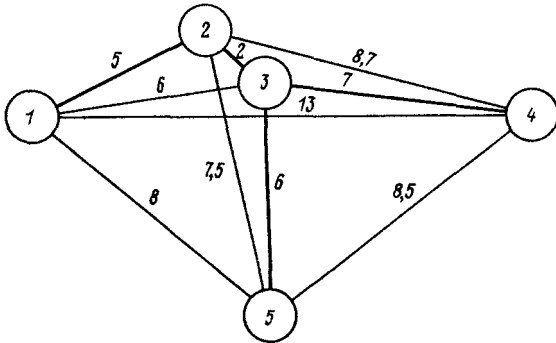


Рис. 4.18. Пример построения кратчайшего остова

Например, алгоритм построения кратчайшего дерева-остова для получения оптимальной однокоммуникационной сети, когда элементы представляются в виде точек. Назовем элемент *изолированным*, если он не соединен ни с каким другим элементом, а *фрагментом* - подмножество уже связанных элементов. Под *расстоянием* элемента от фрагмента будем понимать минимальное из расстояний от этого элемента до всех узлов фрагмента. Ближайшим к данному элементу будет элемент, который находится от него на расстоянии, не большем всех остальных. Ближайшим соседом к фрагменту понимается любой из ближайших к нему элементов. Алгоритм основан на двух принципах: каждый изолированный элемент соединяется с ближайшим элементом, каждый фрагмент - с ближайшим соседом. Пример реализации алгоритма построения кратчайшего остова представлен на рис. 4.18. Построение начато с элемента 1, расстояния между элементами показаны на рисунке. Кратчайшее дерево-остов показано жирной линией.

**Диалоговый метод решения задачи размещения.** Данный метод на основе современной ВТ позволяет, используя опыт проектировщика, получить рациональное решение с учетом практически всех критериев и ограничений, рассмотренных выше. Решение задачи может быть выполнено на основе информации, хранящейся в базе данных БДАР и использованной для построения схем автоматизации. В качестве исходных данных служат щиты типов ЩШ-ЗД, ЩШ-ЗД-02, ЩШ-ЗД-ОП, ЩШ-ЗД-ОЛ глубиной 600, высотой 2200 и шириной 600, 800, 1000 мм, а также щиты шкафные других типов. Аналогично решается задача и для щитов панельных одно-, двух- и трехсекционных: ЩПК, ЩПК-ЗП, ШПК-ЗЛ и др. В качестве области размещения принимается прямоугольник с соответствующими шириной и высотой. Размеры приборов берутся из спецификации (см. табл. 26). В математической формулировке данной задачи третье измерение аппаратуры (глубина) не учитывается. Диалоговый режим работы позволяет, решая задачу на плоскости, реализовать размещение в трехмерном пространстве на основании представления проектировщика о размещаемой аппаратуре по глубине.

Для решения задачи использовались специальное математическое и программное обеспечения (МО и ПО), разработанные применительно к задаче раскроя материалов в легкой промышленности, которые являются достаточно универсальными и позволяют с их помощью решать широкий класс задач подобного типа. Общая схема процесса размещения аппаратуры в

режиме диалога проектировщик - ЭВМ представляет собой последовательность шагов принятия решения проектировщиком и работы ЭВМ. Технической основой взаимодействия пользователя с системой является дисплей "Графит", на экране которого формируется образ размещения аппаратуры. Структура дисплейной команды представляется следующим образом: (код режима) \< идентификатор объекта) \ (числовое значение) \ (служебный символ).

Код режима определяется выбором оператора из множества возможных продолжений процесса проектирования. Идентификатор объекта указывается для задания поименованного объекта изображения на экране. Числовое значение определяет необходимые данные для работы системы (например, минимальный зазор между приборами). Служебные символы являются характеристикой выполнения определенных процедур, предусмотренных программой.

Для задания перечисленных компонентов дисплейной команды используются различные средства. Так, при запросе ширины поля размещения на экране высвечивается вопрос. Проектировщик должен с помощью клавиатуры дисплея поместить в отведенные позиции запрошенные числа. При запросе режима на экране высвечивается меню-вопрос и несколько пронумерованных вариантов ответов. Проектировщику достаточно указать номер выбранного ответа.

Для передачи пользователю промежуточных и окончательных результатов работы используется информационное сообщение (например, отображение числа размещенных приборов или процент использования площади). На эти сообщения не требуются какие-либо непосредственные действия, проектировщик производит оценку ситуации с тем, чтобы принять решение о ее корректировке или же выборе дальнейшей стратегии работы. При ошибочных действиях пользователя применяются подсказки, например при попытке разместить объект вне поля размещения. При этом на экране появляется сообщение о невозможности выполнения указанного действия.

Размещение объекта осуществляется указанием с помощью светового пера на экране положения левого нижнего угла объекта. Возможно также автоматическое перемещение объекта (вверх, вниз, вправо, влево) до положения с заданным зазором от ранее размещенных объектов. Проектировщик имеет возможность в любой момент вмешаться в вычислительный процесс или остановить его.

Диалог пользователя с системой в рамках выполнения отдельной функциональной процедуры можно представить на примере процедуры "Идентификация", когда осуществляется выбор очередного объекта для размещения из тех объектов, которые высвечены на экране графического дисплея. Каждое из представленных сообщений предлагает оператору выполнить одно из возможных действий. Например, начальное сообщение

#### РЕЖИМ ИДЕНТИФИКАЦИИ РАБОТА - 1 ОКОНЧАНИЕ - О,

которое появляется на экране сразу после выхода в режим "Идентификация", предлагает в ответ ввести служебный символ (1 или 0), определяющий характер последующих действий системы. После сообщения ПЕРО НА ДЕТАЛЬ пользователь с помощью светового пера, используя его в режиме указания, определяет один из имеющихся на экране геометрических объектов в целях последующего использования его. Если в ответ на сообщение указан соответствующий объект, возникает мерцание этого объекта и сообщение: ОБЪЕКТ ОПОЗНАН - 1, или же ОБЪЕКТ НЕ ОПОЗНАН - 0 либо ОШИБКА ВВОДА.

В качестве идентификатора объекта используется номер кода ABCD, как и при построении схем автоматизации. Только в данном случае АВ характеризует тип измеряемой величины (температура, давление, расход и т. д.), а CD - порядковый номер аппаратуры. Ввод информации также осуществляется с помощью УВГИ (см. п. 4.2). Система управления базой данных дает возможность создавать хранимые массивы, редактировать их и получать доступ к ним. Основными процедурами являются PUTIN для записи в базу и GETOUT для вывода из базы.

Для построения специального программного обеспечения использован модульный принцип,

программные прикладные модули объединены в пакет режимов работы системы. Отдельные прикладные модули (модуль "Идентификация" уже рассматривался) выполняют разные функции. "Пристыковка" предназначена для отображения детали на экране дисплея "Графит" при соблюдении условий взаимного расположения объектов. При "Дублировании" возможно многократное повторение изображения одного и того же объекта. Модули "Сдвиг" и "Поворот" служат для реализации положения объекта на поле размещения. Эти операции выполняются по формулам, указанным выше. Здесь так же, как и при размещении элементов схем автоматизации, ориентация меняется кратно 90°.

При "уплотнении" объект приближается к другим объектам в заданном направлении с требуемым зазором. Модуль "Сегментирование" позволяет формировать новый геометрический объект (сегмент), который состоит из совокупности исходных объектов. Использование сегментов ускоряет в некоторых случаях процесс диалогового размещения объектов. Модуль "Удаление" предназначен для уничтожения описания объекта в дисплейном файле и соответственно на экране дисплея. Модуль "Завершение" позволяет закончить работу и либо записать полученное размещение в базу данных, либо выйти из задачи.

## **Глава 5. МОНТАЖ И НАЛАДКА ЛОКАЛЬНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ**

### **5.1. ОРГАНИЗАЦИЯ МОНТАЖНЫХ И НАЛАДОЧНЫХ РАБОТ**

Монтаж систем автоматизации представляет собой сложный комплекс работ, выполняемый в соответствии с проектом и действующими техническими условиями и включающий три основных этапа:

подготовку производства монтажных работ, производство монтажных работ и сдачу смонтированных приборов и средств автоматизации.

#### **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОНТАЖНЫХ РАБОТ**

В подготовке монтажных работ выделяют инженерно-техническую, материально-техническую и организационную виды подготовки. К первой относятся рассмотрение и анализ проекта автоматизации и разработка проекта производства работ (ППР), ко второй - заготовка материалов, монтажных изделий, деталей и конструкций, сборка монтажных блоков и узлов, комплектация оборудования. Организационная подготовка включает оборудование необходимых помещений (мастерских, складов и т. п.) на объекте производства работ, комплектование монтажных бригад, контроль и участие в установках закладных деталей в строительные конструкции, врезке бобышек, штуцеров, защитных карманов в технологическое оборудование и трубопроводы и другие строительно-монтажные работы, необходимые для последующего монтажа приборов и средств автоматизации.

Производство монтажных работ связано с установкой и закреплением приборов и средств автоматизации и подключением к ним всех необходимых коммуникаций. По специфике выполнения монтажные работы разделяют на следующие группы: монтаж первичных измерительных преобразователей и отборных устройств; монтаж приборов, регуляторов и исполнительных устройств; монтаж щитов и пультов; монтаж трубных проводок; монтаж электропроводок. Сдача смонтированных приборов и средств автоматизации под пусконаладочные работы производится после завершения всего комплекса монтажных работ.

Монтаж систем автоматизации на вновь строящихся предприятиях пищевой промышленности осуществляют специализированные монтажные организации. Эти же организации могут выполнять монтажные работы, связанные с капитальным ремонтом, реконструкцией или внедрением новой техники на действующем предприятии. В тех случаях, когда объем этих работ невелик, их выполняют сами предприятия и монтажные подразделения, которые входят в состав некоторых проектно-конструкторских и наладочных организаций агропромышленных союзных республик.

Для выполнения монтажных работ предприятие-заказчик и монтажная организация-подрядчик заключают договор, называемый *прямым*. Если работы предполагается вести на

вновь строящемся предприятии, заказчик заключает договор на весь комплекс строительно-монтажных работ с общестроительной подрядной организацией (генподрядчиком). Последняя, в свою очередь, привлекает для выполнения монтажных работ специализированные организации, заключая с ними *субподрядные* договоры. Договор определяет взаимоотношения сторон, объемы работ и сроки их выполнения, вопросы обеспечения подрядчика технической документацией, необходимыми помещениями, материалами и различными видами услуг.

Основной специализированной хозрасчетной организацией, выполняющей монтажные работы, является монтажное управление, которое в производственном отношении состоит из следующих основных подразделений: производственно-технический и плановый отделы, главный механик, отдел снабжения, бухгалтерия и отдел кадров, которые осуществляют руководство и управление; участок подготовки производства (УПП); монтажно-заготовительные мастерские (МЗМ); монтажные участки (МУ). Количественный состав этих подразделений зависит от объема выполняемых работ, территориального расположения объектов и других условий.

Участок подготовки производства занимается инженерно-технической и организационной подготовкой, включая разработку ППР. Он подчинен непосредственно главному инженеру управления и может состоять из групп подготовки производства, проектно-сметной и комплектации. Проект производства работ может разрабатываться также проектно-конструкторскими организациями, которые по отдельному договору осуществляют надзор за его выполнением.

В монтажно-заготовительных мастерских, оснащенных необходимым оборудованием и инструментами, осуществляют заготовительно-монтажные работы, обеспечивающие материально-техническую подготовку производства монтажных работ. Монтажно-заготовительная мастерская может включать в свой состав следующие отделения: слесарно-заготовительное, трубозаготовительное, механическое и сборочное.

Монтажный участок - основная производственная единица управления. Он создается на одном из крупных заводов или строек, где предстоит выполнить значительный объем монтажных работ. В районе своей деятельности МУ обслуживает территориально близкорасположенные к нему заводы и стройки, на которых могут организовываться отдельные прорабства.

Кроме монтажных управлений работы по внедрению систем автоматизации осуществляют также пусконаладочные управления, управления производственно-технологической комплектации, заводы по изготовлению щитов, пультов, монтажных изделий и деталей, проектно-конструкторские организации, занимающиеся проектированием, монтажом и наладкой систем автоматизации.

## **ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА МОНТАЖНЫХ РАБОТ**

Подготовку производства монтажных работ начинают после заключения договора на эти работы и передачи трех экземпляров рабочих чертежей и смет на объект в целом или на отдельные этапы работ в проектно-сметную группу УПП. Здесь проектную документацию проверяют и анализируют, после чего составляют ведомость необходимых исправлений, которую передают проектной организации. На основании проектной документации, проекта организации строительства и задания, утвержденного главным инженером монтажного управления, разрабатывают проект производства работ (ППР). Состав ППР должен соответствовать заданию и обеспечивать использование передовой технологии при максимальной индустриализации монтажных работ. Проект производства работ содержит:

пояснительную записку с описанием технологии производства отдельных видов монтажных работ; обоснованием не принципиальных изменений проекта, связанных с уточнением мест и способов прокладки проводок, установки щитов, заменой материалов и т. п.; перечнем мероприятий по технике безопасности;

ведомость физических объемов работ по проекту и уточнения в соответствии с ППР;  
монтажный генплан;  
схему такелажно-транспортных работ;



эскизы по разбивке потоков трубных и электрических проводок на блоки в соответствии с рабочей документацией и с учетом расположения оборудования и строительных конструкций на объекте;

графики - потребности в рабочих кадрах; поставки в МЗМ и на объект материалов и изделий генподрядчика, заказчика и подрядчика, а также приборов и средств автоматизации; поставки на объект изделий МЗМ; монтажа смежными организациями закладных деталей, отборных устройств и первичных приборов на технологическом оборудовании и трубопроводах; выполнения строительной части объекта для монтажа систем автоматизации;

ведомости инструмента, механизмов, защитных устройств; заготовки кабелей и проводов; сетевой или линейный график производства подготовительных и монтажных работ;

документацию для осуществления контроля и оценки качества монтажных работ. Сетевой график отражает взаимосвязь и последовательность всех этапов монтажа, которые необходимо выполнять от подготовки производства до сдачи смонтированных систем автоматизации. На основании разработанного проекта производства работ группа УПП подготавливает и передает задание МЗМ, а затем контролирует сроки его выполнения. Она выдает заявки и комплекточные ведомости поставщикам материалов, изделий и оборудования, осуществляет увязку строительных и монтажных работ, выполняемых смежными строительно-монтажными организациями, и необходимых для монтажа приборов и средств автоматизации.

Приемом оборудования и материалов от заказчика, генподрядчика и других поставщиков ведает группа комплектации УПП. От заказчика и генподрядчика в монтаж в соответствии с существующими положениями поставляются приборы и средства автоматизации, щиты и пульты, агрегатные, информационно-вычислительные и управляющие комплексы, а также материалы и изделия, включая изделия из цветных металлов и нержавеющей стали. Кроме того, группа комплектации снабжает монтируемые объекты и заказы МЗМ необходимыми материалами, изделиями и оборудованием.

Большое значение для подготовки производства монтажных работ имеет деятельность МЗМ, которая позволяет выполнять монтаж блочным, полносборным методом, способствуя внедрению прогрессивной технологии, сокращению сроков монтажа и снижению его себестоимости. МЗМ выполняет следующие заготовительно-монтажные работы: изготовление нестандартного, а иногда и стандартного оборудования, включая щиты, пульты, кожухи, короба, лотки и т. п.; изготовление монтажных узлов обвязки приборов и первичных устройств для отбора импульса; сборку трубных блоков и блоков щитов и пультов.

В процессе подготовки производства монтажных работ осуществляют также приемку строительной и технологической готовности объекта к монтажу систем автоматизации поэтапно по отдельным законченным частям его (диспетчерские, операторские помещения, технологические блоки, узлы, линии и т. п.).

## **Производство МОНТАЖНЫХ РАБОТ**

К проведению монтажных работ непосредственно на объекте приступают при наледи строительной и технологической готовности, связанной с определённой степенью завершенности строительных работ и работ по монтажу технологического оборудования, коммуникаций, систем водо- и воздухообеспечения, электроснабжения и силового электрооборудования. Материалы, изделия, оборудование, приборы и средства автоматизации должны быть в количестве, предусмотренном согласованными графиками передачи их в монтаж.

Монтаж систем автоматизации производится в соответствии с проектом, действующими техническими условиями и инструкциями заводов-изготовителей в два этапа. На первом этапе выполняют заготовку монтажных конструкций, узлов и блоков, элементов электропроводок и их укрупнительную сборку вне зоны монтажа; проверяют наличие закладных конструкций, проемов, отверстий в строительных конструкциях и элементах зданий, закладных конструкций и отборных устройств на технологическом оборудовании и трубопроводах, наличие заземляющей сети; закладывают в сооружаемые фундаменты, стены, полы и перекрытия трубы и глухие короба для скрытых проводок; размечают трассы и устанавливают опорные и несущие конструкции для электрических и

трубных проводок, исполнительных механизмов и приборов.

На втором этапе производства монтажных работ прокладывают трубные и электрические проводки по установленным конструкциям, размещают щиты, стивы, приборы и средства автоматизации, подключают к ним трубные и электрические проводки. Монтажные работы выполняют непосредственно на объекте монтажные бригады. Чаще всего организуются комплексные бригады из рабочих разных профессий с учетом возможности совмещения последних. Для крупных объектов возможно комплектование и специализированных бригад, выполняющих определенный вид работ.

Наряду с комплектованием монтажных бригад при организации монтажных работ непосредственно на объекте необходимо предусмотреть подсобные и складские помещения, обеспечить материально-техническое снабжение участка, определить последовательность выполнения работ с учетом работ смежных строительно-монтажных организаций, выбрать наиболее прогрессивные методы производства работ. К последним относится индустриальный метод полносборного монтажа средств автоматизации с комплектацией объектов укрупненными блоками и узлами, например монтаж приборов блоками на групповых унифицированных стендах с полной трубной и электрической обвязкой.

Для повышения уровня индустриализации монтажных работ применяют также комплектные/помещения автоматики, включая комплектные операторские помещения (КОП) и комплектные пункты датчиков (КПД), которые поставляются на объект со смонтированными щитами, стивами, пультами, трубными и электрическими проводками. На объекте выполняются только работы по подключению внешних электрических и трубных проводок.

Дальнейшее развитие метод полносборного монтажа получил при переходе на монтаж типовых комплектных блоков агрегатированного оборудования, которые монтируются с установленными первичными приборами, отборными устройствами, датчиками, регулирующими органами и исполнительными механизмами и всеми необходимыми электрическими и трубными проводками до клеммных соединительных коробок. На монтажной площадке при этом прокладывают только электрические и трубные проводки, связывающие данный блок с другими блоками и со щитовым помещением.

### ***СДАЧА СМОНТИРОВАННЫХ ПРИБОРОВ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ***

Для приемки смонтированных систем автоматизации создается рабочая комиссия из представителей заказчика, генподрядчика и монтажной организации. Так как смонтированные приборы и средства автоматизации сдаются под пусконаладочные работы, в состав комиссии часто включают и представителя наладочной организации.

К сдаче должны быть подготовлены следующие документы: перечень и краткая техническая характеристика подлежащих к сдаче работ; ведомость допущенных отклонений от проектов и рабочих чертежей и обоснование этих отклонений; рабочие чертежи с внесенными в процессе работы изменениями; акты освидетельствования скрытых работ и акты промежуточной приемки ответственных конструкций; акты индивидуальных испытаний; журнал производства специальных работ.

К приемке рабочей комиссией предъявляются системы автоматизации, смонтированные в объеме, предусмотренном рабочей документацией, и прошедшие индивидуальные испытания в соответствии со СНиП 3.05.07 - 85. Во время испытаний осуществляют проверку соответствия смонтированных систем автоматизации рабочей документации и требованиям СНиП 3.05.07 - 85. Трубные проводки испытывают на прочность и плотность, проверяют сопротивление изоляции электропроводок.

По окончании работ по индивидуальному испытанию оформляется акт приемки, к которому прилагается (кроме перечисленной выше) следующая производственная документация:

акт передачи рабочей документации для производства работ;

акт готовности объекта к производству работ по монтажу систем автоматизации;

акт пневматических испытаний на плотность (с определением падения давления за время испытаний) трубных проводок высоких давлений (свыше 10 МПа), вакуумных (абсолютное давление от 0,001 до 0,095 МПа) или заполняемых кислородом, горючими, токсичными или

сжиженными газами (кроме газопроводов на давление до 0,1 МПа);  
акт на обезжиривание арматуры, соединителей и труб, заполняемых кислородом;  
протокол измерения сопротивления изоляции;  
протокол прогрева кабелей на барабанах при прокладке их при низких температурах;  
документы по электропроводкам во взрыво- и пожароопасных зонах;  
акт предмонтажной проверки приборов и средств автоматизации;  
ведомость смонтированных приборов и средств автоматизации. После приемки смонтированных систем автоматизации приступают к выполнению наладочных работ.

## ***ОРГАНИЗАЦИЯ НАЛАДОЧНЫХ РАБОТ***

На заключительном этапе работ по внедрению автоматических систем контроля и управления проводят наладку. По окончании наладки системы сдают в эксплуатацию. Наладочные работы ведут также и в процессе эксплуатации систем после ремонта их технических средств или технологического оборудования.

*Наладочные работы* представляют собой совокупность операций по проверке, регулировке, отладке, подготовке, включению и обеспечению нормальной работы систем управления технологическими процессами в заданных условиях. Работы по наладке локальных систем автоматизации выполняют специализированные пусконаладочные организации либо метрологическая служба пищевого предприятия. Специализированные организации обычно привлекаются для выполнения большого комплекса пусконаладочных работ, связанных с пуском производства или его участка после окончания монтажных или ремонтных работ. При этом в случае осуществления монтажных работ специализированными организациями наладочные работы чаще всего выполняют пусконаладочные управления (ПНУ) этого же объединения. Наладку и пуск систем автоматизации в начале сезона переработки сырья после ремонтного периода обычно производят специализированные ПНУ агропромов союзных республик, выполняющие весь комплекс работ по наладке и пуску технологического и теплоэнергетического оборудования совместно с электротехническим оборудованием и оборудованием систем автоматизации.

При внедрении на предприятии новой техники рассматриваемые работы могут выполнять пусконаладочные подразделения проектно-конструкторских институтов или заводов-изготовителей. Персонал метрологической службы пищевого предприятия, как правило, осуществляет небольшие по объему пусконаладочные работы, однако принимает активное участие в работах, проводимых специализированными пусконаладочными организациями.

Пусконаладочные организации ведут работы по наладке и пуску локальных систем автоматизации на основании договора, который заключается между пищевым предприятием (заказчиком) и наладочной организацией (подрядчиком). Для заключения договора наладочной организации представляется проектная документация в двух экземплярах, один из которых в дальнейшем используется для проведения наладочных работ, второй - для внесения согласованных изменений в проектные решения. К договору прилагается смета, составленная на основании изучения проектной документации, наружного осмотра объекта и в соответствии с ценником.

Действующим ценником Госстроя СССР предусмотрено проведение следующих работ при наладке систем автоматизации: ознакомление с технической документацией и технологией производства; подготовка рабочего места; стендовая поверка приборов и средств автоматизации;  
проверка готовности смонтированных систем, приборов и средств автоматизации; наладка и регулировка отдельных элементов аппаратуры; проверка градуировки органов настройки; статическая настройка, фазировка и включение в работу приборов и средств автоматизации и динамическая настройка регулирующих устройств в технологическом режиме; внесение согласованных изменений в проектную документацию; сдача систем автоматизации в эксплуатацию и оформление приемо-сдаточной документации. За отдельную плату и по взаимной договоренности пусконаладочные организации производят также ремонт и замену дефектных элементов приборов и средств автоматизации, их переградуировку, сдачу госповерителю или ведомственному поверителю; ревизию электрооборудования и сушку электроизоляции; расчет и выбор уставок релейной защиты элементов электроснабжения;

поверочный расчет сужающих устройств; составление технического отчета о проведении работ и испытание (прогон) систем автоматизации сверх 72 ч их работы в период комплексного опробования технологического оборудования и сдачи в эксплуатацию. После заключения договора и на основании его материалов составляются график использования наладочного персонала в процессе проведения работ, а также перечень необходимой контрольно-поверочной аппаратуры и инструментов.

К проведению наладочных работ непосредственно на объекте приступают после окончания строительно-монтажных или ремонтных работ при условии, что все оборудование и механизмы, связанные с системами автоматизации, приняты от строительно-монтажной или ремонтной организации и отреvizованы, приведена в работоспособное состояние вся регулирующая и запорная арматура, на которой смонтированы исполнительные механизмы систем автоматизации, включены в действие системы автоматического пожаротушения и сигнализации. Если на объекте монтаж локальных систем автоматизации проводился специализированной организацией, то в состав комиссии по приемке смонтированных систем автоматизации желательно включать представителей наладочной организации. В этом случае начало наладочных работ совпадает с окончанием монтажных работ. Если монтаж и наладку выполняют организации одного объединения, то эти работы часто совмещают во времени. Наладку локальных систем автоматизации на технологический режим выполняют после передачи предприятием руководителю наладочной бригады технологического регламента и письменного уведомления о готовности соответствующего технологического оборудования.

При выполнении работ руководитель наладочной бригады ведет журнал наладки, где описывает весь ход пусконаладочных работ. Если в процессе производства работ возникает необходимость во внесении изменений или исправлений в проект налаживаемой системы, то их оформляют так же, как и при анализе проектной документации. В процессе работы персонал наладочной бригады обучает персонал метрологической службы, участвующий в наладке.

## **5.2. МОНТАЖ ОТБОРНЫХ УСТРОЙСТВ И ПЕРВИЧНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ**

Первичные измерительные преобразователи контактного типа могут либо непосредственно встраиваться в технологическое оборудование и трубопроводы, либо находиться от них на расстоянии. В последнем случае связь измерительных преобразователей с объектом осуществляется с помощью отборного устройства и импульсной линии связи.

Основным при монтаже первичных измерительных преобразователей и отборных устройств является правильный выбор места установки и конструктивное решение узла установки, соответствующее условиям работы данного устройства и эксплуатационным требованиям. Обычно выбор места и конструктивное решение узла установки производятся в процессе проектирования данной системы и отражаются в соответствующих материалах проекта (схемах соединения и подключения внешних проводок и чертежах расположения проводок и оборудования). Однако в связи с тем, что точная координация места установки первичных измерительных преобразователей и отборных устройств не всегда дается в проектах либо не может быть заранее точно определена, выбор места и конструктивное решение должны уточняться в процессе монтажа. Кроме того, даже при наличии в проекте соответствующих указаний и решений последние следует тщательно проверять. В связи с этим при монтаже необходимо правильно оценить условия работы данного устройства с учетом всех предъявляемых требований, выбрать место установки и правильно решить ее конструктивное выполнение.

Монтаж первичных измерительных преобразователей и отборных устройств непосредственно на технологическом оборудовании и его коммуникациях должен удовлетворять следующим требованиям:

- предельно возможная точность отражения реакцией первичного измерительного преобразователя на изменения контролируемой или регулируемой величины истинного состояния объекта в наиболее характерной для данного процесса рабочей зоне;

- отсутствие дополнительных погрешностей, вызванных выбором места установки и

конструктивного решения узла и связанных с посторонними влияниями, например различными излучениями, наличием мертвых зон или зон с пониженной циркуляцией рабочей среды, утечками электрическими или тепловыми, вибрациями и другими факторами;

соответствие параметров в месте установки измерительных преобразователей или отбора сигналов на ответвленных потоках параметрам основной рабочей зоны;

минимально возможное транспортное запаздывание при использовании первичных измерительных преобразователей для автоматического регулирования;

отсутствие обратного влияния на процесс, особенно при малых размерах трубопроводов и оборудования, в которое встраиваются первичные измерительные преобразователи и отборные устройства. Кроме того, необходимо учитывать возможность влияния материалов, из которых изготовлены измерительные преобразователи и отборные устройства, на состояние и качество соприкасающихся с ними пищевых продуктов. Это, прежде всего, связано с возможностью образования химических соединений, которые вредно влияют на пищевые продукты, изменяя их цвет и ухудшая вкусовые качества, а также на полезную микрофлору при осуществлении биохимических и микробиологических процессов;

удобство места установки устройств для обслуживания, монтажа, поверки, чистки, ремонта, их сохранности и обеспечения условий

техники безопасности;

соответствие размеров погружаемой части первичного воспринимающего элемента размещению чувствительного элемента в той зоне, где следует отбирать сигнал о необходимом состоянии контролируемого параметра;

обеспечение быстрого съема первичного элемента или замены его без выключения данного технологического узла либо с кратковременным прекращением рабочего режима.

Особое внимание должно быть обращено на выбор места для размещения первичного воспринимающего элемента внутри рабочей зоны аппарата. Весьма важно, чтобы реакция чувствительного элемента отражала усредненное значение параметра в измерительной зоне или регулируемом участке объекта. Следует учитывать, что рабочее пространство аппарата является реакционной зоной, где происходит воздействие на обрабатываемый продукт, при этом реакция передается от какого-либо активного элемента (реактора) продукту (например, от теплообменника, катализатора и т. п.). Установка чувствительного элемента вблизи реактора может дать искажение за счет, например, радиационного или конвективного потока, значительное же удаление от реактора дает увеличение передаточных запаздываний. Поэтому необходимо выбирать такую точку для размещения чувствительного элемента, где были бы уменьшены до минимума отрицательно влияющие на точность контроля факторы, соблюдалось минимальное время реагирования на изменения данной величины. Для устранения отрицательных факторов целесообразно применение защитных устройств и экранов, однако они часто ухудшают точностные и динамические характеристики измерительного комплекта.

Чувствительные элементы жидкостных термометров, термосигнализаторов, манометрических термометров, термопар и термопреобразователей сопротивления устанавливают (при отсутствии других требований) в центре потока измеряемой среды» При давлении свыше 6 МПа и скорости потока пара 40 м/с, а воды 5 м/с глубина погружения чувствительных элементов в измеряемую среду (от внутренней стенки трубопровода) должна быть не более 135 мм.

Часть работ, выполняемых при монтаже первичных измерительных преобразователей и отборных устройств, относят к скрытым, т. е. таким, после окончания которых невозможно путем внешнего осмотра определить объем, конструктивные особенности и качество выполненных работ. К скрытым работам относят монтаж первичных измерительных преобразователей, устанавливаемых внутри технологических аппаратов или в других труднодоступных при эксплуатации местах, на технологическом оборудовании и трубопроводах в общих кожухах, заделываемых затем термоизоляционным материалом, и измерительных дроссельных органов. Скрытые работы проводят в присутствии представителя заказчика и после завершения составляют акт их освидетельствования.

### 5.3. МОНТАЖ ПРИБОРОВ, РЕГУЛЯТОРОВ И ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Монтаж местных измерительных приборов и преобразователей, вторичных приборов, регулирующих устройств, исполнительных механизмов и регулирующих органов (для сокращения далее называемых приборами и регуляторами) выполняется в соответствии с проектом, типовыми чертежами их установки, действующими строительными нормами и правилами, техническими условиями и инструкциями заводов-изготовителей. К монтажу приборов и регуляторов относят приемку, монтаж конструкций, необходимых для установки приборов и регуляторов, размещение и подключение.

Приемка приборов и регуляторов в монтаж от генподрядчика или заказчика осуществляется на объектных складах строительно-монтажных организаций или в специально отведенных местах. Вместе с приборами и регуляторами монтажной организации передаются паспорта, инструкции и чертежи заводов-изготовителей, специальные инструменты, принадлежности и крепежные детали, входящие в комплект поставки приборов и регуляторов. Принимаемые приборы и регуляторы должны соответствовать рабочей документации, государственным стандартам или техническим условиям, находиться в исправном состоянии и иметь документы, удостоверяющие их качество. Поэтому приборы и регуляторы принимаются в монтаж после проверки, которая производится заказчиком или специализированными наладочными организациями с учетом требований инструкций Госстандарта и предприятий-изготовителей.

Монтаж специальных конструкций для установки приборов и регуляторов производят в тех случаях, когда их монтируют по месту. Для приборов и регуляторов шитового монтажа такими конструкциями являются щиты и пульты. Приборы и регуляторы размещают строго по проекту. При этом монтаж их должен обеспечить получение необходимой точности измерений, свободный доступ к приборам, их запорным и настроечным органам, хорошую освещенность шкалой диаграмм, удобство обслуживания и наблюдения.

В местах установки приборов и регуляторов, мало доступных для монтажа и эксплуатационного обслуживания, до начала монтажа целесообразно соорудить согласно проекту лестницы, площадки, колодцы или другие устройства. Местные измерительные приборы и преобразователи стремятся объединить в группы, что удобно для монтажа соединительных линий к ним и последующего обслуживания. При этом шкалы измерительных приборов, запорную арматуру, органы настройки и контроля пневматических и других датчиков располагают на высоте 1000-1700 мм. Параметры окружающей среды должны соответствовать требованиям заводов-изготовителей.

Монтаж приборов в местах, не защищенных от капежа, с повышенной влажностью или наличием агрессивных паров или газов не рекомендуется. Не следует устанавливать приборы в местах с сильной вибрацией и сильными магнитными полями. При необходимости установки приборов и регуляторов в подобных местах применяют защитные приспособления в виде герметизированных шкафов с избыточным давлением, амортизаторов, экранов и подобных приспособлений. Приборы и регуляторы устанавливают на заранее подготовленные и окрашенные конструкции и подключают только после окончания всех строительных и монтажных работ при наличии разрешения заказчика на их монтаж.

При шитовом монтаже приборы и регуляторы монтируют по уровню и отвесу, без боковых перекосов (учитывая наличие в вырезах некоторых допусков). Крепежные детали не должны иметь сорванных резьб, шлицев и граней. При наличии вибрации в местах крепления приборов резьбовые соединения снабжают пружинными шайбами, контргайками либо шплинтами. У местных измерительных приборов и преобразователей, имеющих кабельные выводы, размещают соединительные коробки или монтируют штекерные разъемы для соединения с внешними проводками. Корпуса электрических приборов и средств автоматизации заземляют.

Пневматические регуляторы монтируют в помещениях, где отсутствуют агрессивные среды, воздействующие на оргстекло, полистирол, мембранное полотно, резину, цветные металлы и их сплавы, конструкционные стали, защищенные кадмиевыми и хромоникелевыми покрытиями. Приборы контроля нельзя также устанавливать в средах, воздействующих на

полиэтилен и окрашенные молотковой эмалью стали. Допустимый интервал значений температуры окружающей среды 5-50 °С, влажности 30-80 %.

Регуляторы располагают у исполнительных механизмов в системах автоматизации малоинерционных объектов, где внесение в систему -регулирования дополнительного запаздывания, характерного для пневматических линий связи, недопустимо. Когда этот фактор не имеет первостепенного значения, регулятор размещают непосредственно у вторичного прибора, что позволяет упростить монтаж и облегчить эксплуатацию системы за счет сокращения числа соединительных линий, связывающих место установки вторичного прибора и станции управления с регулируемым объектом.

Линии связи в системах пневмоавтоматики обычно выполняются пластмассовыми трубами размером 8х1,6х1 мм или трубами из цветных металлов, в частности медными, размером 8х1 мм. Длина линий связи должна быть минимальной и находиться в пределах 5-10 м. Допускаемая максимальная длина линий связи 300 мм.

Пневматические исполнительные механизмы (сервоприводы) мембранного типа устанавливают либо непосредственно на РО, либо у РО, сочленяя с ними с помощью рычажной передачи. Большинство мембранных ИМ приспособлены для работы в вертикальном положении мембраной вверх, поэтому при другом их положении рекомендуется установка позиционеров.

Мембранные исполнительные механизмы типа МИМ могут быть установлены в помещении или на открытом воздухе при температуре окружающей среды -30...+50 °С, а мембранные пневмоприводы типа МПП - при температуре -5...+50 °С. Пневматические ИМ поршневого типа устанавливают у РО, сочленяя с последними с помощью рычажной передачи. Нагрузка, прикладываемая к штоку, должна быть направлена по оси ИМ при максимальном допускаемом отклонении не более 1°30'. Поршневые пневмоприводы типа ПСП могут устанавливаться в любом положении на открытом воздухе и в помещении при температуре окружающей среды -5...+50 °С. Если температура окружающей среды 0 °С и ниже, то для питания используют воздух с точкой росы на 10 °С меньше температуры окружающей среды.

Большинство электронных регуляторов предназначено для утопленного щитового монтажа. Помещение, где устанавливается электронная регулирующая аппаратура, должно быть взрывобезопасным, с температурой окружающей среды от 5 до 50 °С и относительной влажностью 30- 80 %. Воздух в помещении должен быть сухим, чистым, не содержащим примесей, вредно влияющих на конструктивные элементы приборов и изоляцию соединительных проводов. Если существует опасность попадания пыли внутрь корпуса прибора, то к штуцеру, расположенному на задней стенке корпуса, подводят сухой и чистый воздух давлением до 100 Па. Регуляторы не устанавливают в местах, где вибрация имеет частоту, превышающую 30 Гц при амплитуде свыше 0,2 мм, а также при наличии внешних магнитных полей постоянного или переменного тока частотой 50 Гц и напряженностью свыше 400 А/м. Расстояние между прибором и элементами, имеющими сильные магнитные поля, должно быть не менее 1 м.

Переключатель управления, ключ дистанционного управления, указатель положения выходного вала исполнительного механизма и выносной задатчик регулирующих приборов размещают у рабочего места оператора. Регулирующие и корректирующие приборы, не содержащие перечисленных устройств, устанавливают как рядом с перечисленной выше аппаратурой, так и на специальных щитах.

Электрические исполнительные механизмы электромагнитного типа выполняют обычно как одно конструктивное целое с РО и поэтому монтируют по правилам монтажа соответствующих РО. Электродвигательные ИМ устанавливают как непосредственно на РО, так и возле них. В последнем случае для сочленения используют рычажную или тросовую передачу. Условия работы электродвигательных ИМ:

температура окружающего воздуха -30...+60 °С, относительная влажность 30-80 %, вибрация частотой до 30 Гц и амплитудой до 0,2 мм. Прямоходные и однооборотные ИМ не имеют ограничений по относительному расположению их в пространстве.

Выходной вал однооборотных ИМ из-за применения жидких смазок в зубчатой передаче редуктора и необходимости соблюдения теплового режима работы электродвигателя располагают горизонтально при максимальном допускаемом отклонении не более 15 °. В узел установки входят также магнитный пускатель (при контактном управлении) или магнитный

усилитель (при бесконтактном управлении) и соединительная коробка, а также соединительные проводки между ними и исполнительным механизмом. Поскольку электродвигательные ИМ имеют местный привод для ручного управления РО, при их установке необходимо учесть удобство обслуживания и ручного воздействия на штурвал.

#### 5.4. НАЛАДКА ЛОКАЛЬНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

В проведении пусконаладочных работ выделяют три основных этапа: подготовительные работы, автономная и комплексная наладки. По ценнику Госстроя СССР стоимость работ первого этапа составляет 5 % общей стоимости пусконаладочных работ, работ второго этапа 70 и работ третьего этапа 25 %. При этом возможно разделение работ, выполняемых при автономной наладке, на работы одинаковой стоимости, проводимые до индивидуальных испытаний технологического оборудования и в период таких испытаний. От этапа комплексной наладки иногда также отделяют оформление рабочей и приемо-сдаточной документации, рассматривая их как отдельный заключительный этап,

**Подготовительные работы.** Основными задачами первого этапа наладки являются не только ознакомление с технологией и проектной документацией, но и организационная и инженерная подготовка работ, включая разработку и согласование с заказчиком графика и программы пусконаладочных работ, а также предмонтажная проверка приборов и средств автоматизации. Неисправные приборы и средства автоматизации передаются заказчику для ремонта и замены, исправные - сдаются по акту в монтаж.

При анализе проектной документации прежде всего проверяют правильность выбора приборов для систем автоматического контроля и регулирования, а также работоспособность принципиальных схем управления, защиты и сигнализации. Изменения и исправления проектной документации, необходимость которых выявлена в процессе ее анализа, согласовываются с проектной организацией и утверждаются главным инженером предприятия. Их оформляют в виде протоколов или решений.

**Автономная наладка.** На втором этапе работ по наладке системы автоматизации, который выполняют после завершения ее монтажа, прежде всего проверяют монтаж приборов и средств автоматизации, начиная с проверки наличия правильно оформленной сдаточной документации и ее соответствия требованиям строительных норм и правил (СНиП). Затем проводят внешний осмотр, при котором определяется соответствие смонтированной системы автоматизации проекту, требованиям СНиП, государственных стандартов и монтажно-эксплуатационных инструкций заводов-изготовителей приборов и средств автоматизации. При необходимости проверяют правильность соединений элементов системы автоматизации прозвониванием электрических цепей или продувкой трубных линий, используя для этой цели как комбинированные приборы (тестеры), так и разные специальные устройства. Результаты проверки выполненного монтажа, обнаруженные ошибки оформляют в виде ведомости ошибок монтажа, которые подлежат исправлению монтажниками систем автоматизации. Если проверка производится до полного окончания работ на предприятии, то обнаруженные ошибки заносят в журнал, который хранится у руководителя монтажных работ на предприятии и по которому производят соответствующие исправления.

Далее осуществляют проверку' технических средств автоматизации, в том числе технического состояния приборов и аппаратов с доведением их параметров до норм, которые установлены нормативными документами с заменой единичных дефектных триодов, конденсаторов, резисторов и элементов, имеющих контактные соединения, на исправные, поставляемые заказчиком, и готовят средства измерения к государственной поверке. Работы с устройствами-автоматического контроля начинают с их стендовой поверки, которая включает внешний осмотр, проверку сопротивления изоляции электрических цепей, определение основной приведенной погрешности и вариации показаний прибора, проверку механизма передвижения диаграммы прибора и качества записи, проверку точности срабатывания выходного сигнального устройства (при его наличии).

При внешнем осмотре устанавливают соответствие технических характеристик прибору



проектным спецификациям, комплектность заводской документации, отсутствие видимых механических повреждений и следов коррозии. После осмотра с корпуса и его частей удаляют консервирующую смазку, а подвижные элементы прибора отсоединяют от арретирующих устройств. Затем измеряют сопротивление изоляции электрических цепей, которое должно быть не меньше указанного в заводской инструкции прибора, и подключают его к проверочной схеме. В последнюю входят узел питания, узел имитации значения измеряемого параметра, образцовая измерительная аппаратура и аппаратура для проверки сигнального устройства.

Основную приведенную погрешность и вариацию прибора проверяют, как правило, для шести точек (0; 20; 40; 60; 80; 100 % диапазона измерения) шкалы, проводя измерения в тех же единицах, в которых отградуирована измерительная система прибора. При этом основную приведенную погрешность вычисляют как разность показаний поверяемого прибора и действительного значения измеряемой величины, отнесенную к принятому нормирующему значению, в качестве которого обычно используется диапазон шкалы прибора. Действительное значение измеряемой величины фиксируют с помощью образцового прибора, основная погрешность которого должна быть в 4 раза меньше основной погрешности поверяемого прибора. Все измерения должны проходить в условиях, оговоренных в монтажно-эксплуатационной инструкции завода-изготовителя как нормальные.

Вариацию показаний прибора определяют одновременно с основной погрешностью как разность действительных значений измеряемой величины, соответствующих одной и той же отметке шкалы поверяемого прибора при прямом и обратном ходах его указателя, в процентах диапазона шкалы прибора. Вычисленное значение основной приведенной погрешности не должно превышать значения, соответствующего классу точности прибора. Вариация показаний для приборов класса точности 0,25 и выше не должна быть более 0,2 %, а для всех остальных приборов - более половины допустимого значения основной погрешности.

В наладку из монтажа или ремонта принимают только исправные приборы и средства автоматизации, причем средства измерений не должны иметь просроченных отметок о результатах их государственной или ведомственной поверки. Однако в процессе монтажа и транспортировки может произойти некоторое разрегулирование приборов, которое во время описанных работ устраняется с помощью органов настройки, позволяющих производить настройку нуля прибора и диапазона его шкалы.

Работы по автономной наладке устройств автоматического регулирования включают внешний осмотр, проверку сопротивления изоляции электрических цепей (для электронных и электронно-гидравлических регуляторов), общей работоспособности устройства, градуировки органов настройки и статическую настройку. По содержанию первые две операции перечисленных работ подобны аналогичным операциям, выполняемым с устройствами автоматического контроля. Остальные операции специфичны для разных регулирующих устройств. Так, операции, выполняемые при наладке пневматических приборов и регуляторов системы СТАРТ, включают согласование изменений входного и выходного сигналов, проверку диапазона изменения выходного сигнала, установку контрольной точки, проверку оцифровки дисков изменения параметров настройки, снятие характеристики дроссельных делителей (в регуляторах соотношения) и определение их положений. Если к моменту лабораторной проверки регулирующих устройств известны численные значения параметров динамической настройки, то приспособления для настройки регуляторов градуируют в тех же единицах, в которых выполнен расчет параметров настройки.

При подготовке систем автоматизации к включению выполняют ряд вспомогательных операций, а также предпусковое опробование приборов и средств автоматизации на неработающем технологическом оборудовании. Подготовку к включению устройств автоматического контроля начинают с проведения ряда дополнительных операций, которые с учетом того, что на предыдущих этапах пусконаладочных работ была проверена правильность подсоединения к приборам трубных и электрических линий и установлены необходимые добавочные сопротивления, сводятся к следующему. У вторичных приборов устанавливают механический и электрический нуль, подбирают необходимую скорость регистрации, проводят промывку и прочистку перьев самопишущих приборов с заправкой их чернилами и устанавливают диаграммную бумагу.

Имитатор изменений контролируемой величины стараются подключить так, чтобы при

опробовании было проверено взаимодействие как можно большего числа элементов, входящих в систему автоматического контроля. Если устройство имитатора не позволяет этого сделать, отключают импульсные линии и вместо соответствующего преобразователя подключают имитатор. Однако во всех случаях импульсные линии должны быть продуты и заполнены вместе с разделительными и конденсационными сосудами соответствующими средами. Систему контроля обычно опробуют при трех значениях контролируемой величины: нулевом, номинальном и максимальном.

Подготовка к включению устройств автоматического регулирования прежде всего связана с включением дистанционного управления исполнительными механизмами (ИМ) и опробованием систем автоматического регулирования. При включении дистанционного управления ИМ проверяют правильность фазировки схемы, сочленение регулирующего органа с исполнительным механизмом, положение концевых выключателей ИМ (при наличии таковых). Опробование системы регулирования ведут при среднем значении задания регулятору. Правильность фазировки схемы подключения регулятора к ИМ определяют, наблюдая за перемещением ИМ при больших или меньших задания значения регулируемой величины, установленных имитатором.

На этом этапе пусконаладочных работ выполняют расчет оптимальных параметров динамической настройки регулятора на основании предварительного определения характеристик объекта. Органы настроек регулятора устанавливают на рассчитанные отметки (реализация рассчитанных настроек), а задатчик - на отметку значения регулируемой величины, соответствующего технологическому регламенту. В схемах управления, сигнализации и защиты проверяют правильность соединений и работы схемы при имитации увеличения, а затем и уменьшения значения соответствующей величины, настраивают логические и временные взаимосвязи этих схем.

Включение систем автоматизации в работу производят при индивидуальных испытаниях технологического оборудования, когда не нарушены требования к условиям эксплуатации технических средств (по температуре, влажности и т. п.) и технике безопасности; достигнута технологическая нагрузка объекта, минимально необходимая для определения и установки параметров настройки приборов и средств автоматизации, испытания и сдачи их в эксплуатацию. При этом срабатывание приборов и средств автоматизации должно проходить при соответствии размещенных установок систем автоматизации уставкам, указанным в рабочей документации или заказчиком. Приборы и средства автоматизации включают в работу в последовательности, обусловленной порядком пуска основного технологического оборудования и согласованной с технологами.

В процессе включения устройств автоматического контроля при достижении нагрузок технологического оборудования, близких к номинальным, оценивают точность измерения путем сравнения показаний рабочих средств измерений с показаниями образцовых приборов. При этом необходимо учитывать отклонение параметров состояния контролируемых сред от их расчетных значений.

Если динамические характеристики объекта (системы) определяют экспериментально, то основные операции по определению параметров настройки регулятора проводят в процессе включения систем регулирования в работу. К основным операциям относятся экспериментальное определение динамических характеристик объекта, определение оптимальных значений параметров настройки и их реализация, а также уточнение настроек в процессе наладки систем регулирования на действующем оборудовании. При включении технологического оборудования в работу, если позволяют инерционные свойства объекта, вначале ведут процесс без применения автоматических регуляторов, используя режим дистанционного управления. При этом номинальному значению регулируемой величины должно соответствовать открытие регулирующего органа, составляющее 0,4-0,75 его полного открытия.

**Комплексная наладка.** На третьем этапе пусконаладочных работ выполняют работы по комплексной наладке систем автоматизации (СА), доведению параметров настройки технических средств СА до значений, при которых СА будут эксплуатироваться. При этом определяется соответствие порядка отработки устройств и элементов систем сигнализации, защиты и управления алгоритмам рабочей документации с выяснением причин их отказа или "ложного" срабатывания, устанавливаются необходимые значения срабатывания позиционных

устройств. Корректировку указанных значений проводят только после утверждения заказчиком новых значений.

При комплексной наладке СА определяют также соответствие пропускной способности запорно-регулирующей арматуры требованиям процесса, правильность отработки выключателей и расходные характеристики регулирующих органов, которые приводятся к требуемой норме с помощью имеющихся в их конструкции элементов настройки. Работы с запорно-регулирующей и регуливающей арматурой проводят при условии соответствия параметров среды в трубопроводе нормам, установленным стандартом, рабочей документацией или паспортом на арматуру.

Комплексную наладку СА проводят в период комплексного опробования технологического оборудования. Системы автоматизации, необходимые для такого опробования, включают по графику, утверждаемому заказчиком. В процессе пусконаладочных работ на этом этапе уточняются также статические и динамические характеристики объекта, корректируются значения параметров настройки систем с учетом их взаимного влияния, испытывается и определяется пригодность СА для обеспечения эксплуатации оборудования с нормативной производительностью, анализируется работа СА при ее эксплуатации.

При выборе режимов испытаний стараются охватить весь возможный диапазон эксплуатационных (но не аварийных) изменений нагрузки объекта. В особых случаях системы могут быть проверены и при аварийных возмущениях. Наиболее целесообразно проводить испытания при трех режимах работы объекта: номинальной, минимальной и максимальной нагрузках. При этом может оказаться, что настройка системы на один из таких режимов из-за нелинейности объекта не обеспечивает необходимого качества регулирования при переходе на другие режимы. При отсутствии специальной аппаратуры, позволяющей изменять параметры настройки в зависимости от режима работы объекта, и работе объекта в широком диапазоне нагрузок настройку ведут на самый тяжелый из режимов, который характеризуется наибольшими значениями коэффициента передачи или скорости разгона и относительного запаздывания объекта.

В ходе испытания системы регулирования определяют и оценивают показатели качества процесса регулирования. Изменением положения ручек настройки параметров регулятора достигается оптимум выбранного критерия. Так, при настройке регулятора на процесс без перерегулирования полученный переходный процесс должен иметь наименьшее время регулирования, а при настройке регулятора на процесс с 20 %-ным перерегулированием - наименьшее время первого полупериода затухающих колебаний.

К сдаче в эксплуатацию предъявляются системы, прошедшие испытания и бесперебойно проработавшие 72 ч в пределах их номинальных характеристик. В некоторых случаях, особенно при регулировании процессов с длительной цикличностью, время необходимой, бесперебойной работы увеличивается. По результатам испытаний приемная комиссия дает заключение о готовности налаженных систем автоматизации к сдаче. Во время испытаний, как и в период включения приборов и средств автоматизации в работу, наладочные бригады работают круглосуточно. О всех работах, выполненных в период наладки и пуска систем автоматизации, делаются записи в журнале производства наладочных работ. Если при наладочных работах производились согласованные с операторами изменения технологического режима или переключения оборудования, то соответствующие записи делаются в сменном технологическом журнале.

Отлаженные приборы и средства автоматизации, прошедшие производственные испытания в период комплексной наладки, сдают по акту в эксплуатацию. Акт сдачи-приемки подписывают представители наладочной организации и предприятия-заказчика. К сдаточному акту прилагается следующая документация: один экземпляр проектной документации с внесенными в процессе наладки и согласованными с заказчиком изменениями и исправлениями; программы и протоколы испытаний отлаженных систем автоматизации; перечень значений параметров статической и динамической настройки регуляторов, уставок систем блокировки, защиты и сигнализации; паспорта и инструкции предприятий-изготовителей приборов и средств автоматизации, дополнительная техническая документация, полученная от заказчика.

Дополнительно заказчику передаются также памятки оператору технологического процесса,

сменному дежурному метрологической службы предприятия и технический отчет. Памятка оператору обычно содержит описание правил использования приборов, командоаппаратов и сигнализаторов, расположенных на фасадной стороне соответствующего щита, при управлении технологическим процессом. В памятке эксплуатационному персоналу метрологической службы даются краткое описание взаимодействия и расположения отдельных элементов, методы наладки приборов и средств автоматизации, поиска и устранения характерных неисправностей в системе автоматизации. Технический отчет о выполненных пусконаладочных работах оформляется в соответствии с действующими в наладочной организации методическими указаниями. Обычно в отчете приводятся характеристики технологического процесса и системы автоматизации (СА), использованные методики, методика и результаты расчета систем регулирования, материалы испытаний системы автоматизации. В отчет включается также копия акта сдачи-приемки и один экземпляр технической документации, прилагаемой к указанному акту.

## **Глава 6. МОНТАЖ И ВНЕДРЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ**

### **6.1. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПРИ МОНТАЖЕ И ВНЕДРЕНИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ**

Руководящими методическими материалами предусматривается стадия "Ввод в действие" как завершающий этап работы по созданию АСУ ТП, целью и главным результатом которого является ввод действующей системы в промышленную эксплуатацию. Работы по внедрению системы начинают после того, как в полном объеме изготовлена рабочая документация. На начальной стадии разрабатывается план-график работ, утвержденный организацией-заказчиком и согласованный с основным исполнителем и соискателями. План-график работ по внедрению конкретной АСУ ТП может предусматривать ввод ее в действие очередями, что должно отражаться в техническом задании. В этом случае каждая очередь (часть) системы рассматривается как целая система, на которую распространяется действие всех нормативных и руководящих материалов.

Наиболее важными положениями при организации работ по внедрению являются следующие. Внедрение системы осуществляется организацией-заказчиком при полной ее ответственности, что дает ей юридическое право и возможность привлекать исполнителей работ и финансировать эти работы, обеспечивает в установленном порядке строительную готовность, комплектацию системы, формирование подразделений технологического обслуживания и т. д. Функции организации-заказчика при вводе АСУ ТП на строящихся объектах выполняет дирекция строящегося предприятия.

Если отдельные виды работ на стадии "Ввод в действие" выполняются разными организациями-исполнителями, то все они несут ответственность за качество и объем работ, фактическое выполнение которых фиксируется актами, оформляемыми специально организованными комиссиями. После этого завершённые объёмы работ переходят под юридическую ответственность заказчика в лице подразделения АСУ ТП. Организация работ по внедрению системы включает подготовку и утверждение планов-графиков работ, приказов и распоряжений по предприятию-заказчику и организациям-исполнителям, протоколов и актов, фиксирующих возможность выполнения порученных работ и их фактическое выполнение. Форма и содержание актов, требования к оформлению и содержанию документов определяются ГОСТ 24.208-80.

Объект должен быть подготовлен к внедрению АСУ ТП соответствующим образом, для чего заказчик обеспечивает комплектацию необходимых штатов оперативного персонала системы и организацию подразделения технического обслуживания АСУ ТП в необходимом объеме. Если соответствующее подразделение имеется, то организуется участок, ответственный за работы по внедрению конкретной АСУ ТП и ее эксплуатацию. Подготовка объекта предполагает также заключение договоров о поставках оборудования, производстве работ с организациями-исполнителями на строительство, монтаж и наладку, а также

согласование с участниками работ планов-графиков. Одновременно с этим организуются обучение оперативного персонала для работы в условиях действующей АСУ ТП, подготовка и обучение ремонтного персонала. Заказчик также обеспечивает и контролирует готовность объекта к проведению строительных и монтажных работ по созданию АСУ ТП и оформляет допуск организаций-исполнителей к производству порученных им работ.

### **СТАДИЯ "ВВОД В ДЕЙСТВИЕ"**

Эта стадия включает следующие этапы: подготовка объекта к вводу АСУ ТП в действие; строительно-монтажные работы; комплектация АСУ ТП; пусконаладочные работы; опытная эксплуатация системы; приемочные испытания; устранение замечаний; приемка системы в промышленную эксплуатацию.

Подготовка объектов к вводу АСУ ТП в действие должна обеспечить выполнение комплекса работ (организационных, строительно-монтажных и наладочных). Содержание организационных работ приведено выше. На данном этапе проводится обучение персонала АСУ ТП, которое организует заказчик. Как правило, обучение проводится силами и по программам, разработанным основным исполнителем или организацией, осуществляющей сопровождение системы. До начала наладки АСУ технологическим процессом заказчик должен осуществить организационно-технические мероприятия по подготовке объекта к внедрению в соответствии с разработанным планом-графиком.

Строительно-монтажные работы выполняются специализированной строительной организацией по договору с заказчиком АСУ ТП в соответствии с рабочей документацией на систему. Эти работы могут выполняться и самим заказчиком. В любом случае все решения по строительной части рабочей документации согласовываются с ген-проектировщиком предприятия. Законченные строительные работы принимаются в порядке, установленном строительными нормами и правилами.

При внедрении АСУ ТП часто возникает необходимость в модернизации технологического оборудования, которая выполняется заказчиком и (или) 'привлекаемыми организациями. Выполненные работы также принимаются комиссией в составе представителей заказчика, основного исполнителя, исполнителя по модернизации ТООУ, а также заинтересованных организаций (пожарной и других инспекций, котлонадзора, головного технологического института ~ разработчика технологического оборудования и (или) завода — поставщика этого оборудования). После выполнения работ по модернизации оборудования проводятся необходимые испытания его, которые протоколируются. Протокол испытаний и проверок прилагается к акту о приемке выполненных работ.

Монтажные работы выполняются, как правило, специализированными'Организациями, привлекаемыми заказчиком на хоздоговорных началах, на основании и в соответствии с проектом производства монтажных работ и рабочими чертежами. Перед началом работ составляется акт о готовности объекта к монтажу. Акт подписывается представителем заказчика, основного исполнителя, монтажной организации и, при необходимости, заинтересованных организаций-соисполнителей. Таким образом подтверждается готовность объекта к монтажу и фиксируется факт принятия заказчиком ответственности за сохранность смонтированного и монтируемого (находящегося на монтажной площадке) оборудования.

После окончания монтажных работ со сдачей выполненных объемов и оценкой их качества также составляется акт, который подписывают те же организации, что и акт о начале монтажных работ, и утверждается заказчиком. В ряде случаев возникает необходимость в выполнении монтажных работ с отступлением от рабочих чертежей, что оформляется заказчиком и исполнителем в виде протоколов согласований, после чего корректируется рабочая документация.

Завершение монтажных работ в полном объеме фиксируется актом комиссии из представителей заказчика и исполнителя на основе актов о завершении монтажных работ на отдельных объектах. К акту прилагаются рабочие чертежи проекта с изменениями, внесенными при монтаже; протоколы согласования отступлений; акты и техническая документация на скрытые работы; протоколы измерения сопротивления изоляции электрических проводок; ведомость смонтированной аппаратуры с эксплуатационной документацией заводов-изготовителей.

Комплектация АСУ ТП проводится организацией-заказчиком в соответствии с заказными спецификациями рабочего проекта. В установленном порядке осуществляются получение, входной контроль комплексов средств автоматизации, приборов и монтажных материалов, их хранение и передача монтажной организации для производства необходимых работ. Возможны случаи, когда средства автоматизации монтируются и проверяются (испытываются) ОТК завода-изготовителя на площадке заказчика. Тогда основанием для передачи заказчику такого оборудования служит его приемка представителем ОТК.

Пусконаладочные работы выполняются разработчиком, специализированными наладочными организациями и подразделением технического обслуживания АСУ ТП заказчика. Содержание работ на этом этапе заключается в наладке комплекса технических средств системы и ее программного обеспечения и проведении предварительных испытаний системы для ввода ее в опытную эксплуатацию.

Перед началом работ заказчиком издается приказ о готовности объекта к проведению наладочных работ. Приказ, являющийся основанием для начала работ, издается на основании актов о приемке заказчиком монтажных работ. В приказе указывается персонал предприятия-заказчика, который должен обеспечить проведение наладочных работ путем подачи разных видов энергии, снабжение материалами и т. д., устранение дефектов монтажа, участие в предварительных испытаниях системы. К приказу прилагается план-график проведения работ на этапе "Наладка АСУ ТП" с указанием непосредственных руководителей отдельных работ и очередности наладки комплексов технических средств, программного обеспечения, отдельных функций и системы в целом.

Работы на этапе "Наладка АСУ ТП" включают наладку комплекса технических средств по отдельным устройствам и в целом; наладку общего программного обеспечения средств вычислительной техники;

статическую и динамическую наладку специального программного обеспечения; автономную отладку функций системы; комплексную наладку системы (в объеме внедряемой очереди); предварительные испытания системы на работоспособность перед передачей ее в опытную эксплуатацию. Объем наладочных работ может сокращаться, если поставляются комплексы технических средств, прошедшие необходимую наладку на заводе-изготовителе.

Опытная эксплуатация АСУ ТП проводится силами заказчика с участием основного исполнителя и соисполнителей для проверки работоспособности системы, готовности оперативного и ремонтного персонала к работе в условиях промышленной эксплуатации системы. Необходимость опытной эксплуатации вызвана процессом приработки аппаратуры управления, адаптации персонала АСУ ТП к процессу эксплуатации и усвоения им навыков управления объектом в разных ситуациях, в том числе и экстремальных. Продолжительность опытной эксплуатации обычно устанавливается в пределах 1-3 мес (при необходимости срок может быть увеличен по согласованию по подчиненности заказчика и основного исполнителя). Программа опытной эксплуатации разрабатывается и утверждается основным исполнителем, заказчиком и монтажно-наладочной организацией.

Опытная эксплуатация начинается после утверждения акта о завершении комплексной наладки системы и предварительных испытаний ее на работоспособность и предусматривает выполнение следующих работ: включение системы и определение ее эксплуатационных характеристик; дополнительная отладка программ и устройств; коррекция эксплуатационной технической и программной документации. В результате опытной эксплуатации определяются состояние комплекса технических средств; причины неисправностей КТС и предварительные надежность характеристики системы, а также метрологические характеристики измерительных каналов; качественные и количественные показатели выполнения функций; оценка качества работ, выполненных участниками при создании системы; проверка готовности оперативного и ремонтного персонала к промышленной эксплуатации системы; необходимость доработки программного обеспечения и коррекции эксплуатационной документации.

На этапе опытной эксплуатации представители основного исполнителя и соисполнителей по согласованию с заказчиком могут проводить эксперименты на АТК в целях выявления особенностей функционирования и необходимости корректировки отдельных решений, реализованных в системе. При этом могут использоваться аппаратура и средства автоматизации, предназначенные для монтажно-наладочных работ и не предусмотренные к

использованию при промышленной эксплуатации.

Проведение опытной эксплуатации сопровождается ведением специальных журналов с заполнением необходимых таблиц, бланков и других документов. В процессе опытной эксплуатации должны устраняться ошибки в программах, вноситься исправления в техническую, в первую очередь эксплуатационную, документацию.

В результате опытной эксплуатации составляется протокол, в который вносятся результаты анализа информации, полученной на данном этапе, выводы и рекомендации о доработке системы, о целесообразности представления АСУ ТП на приемочные испытания и т. д. В обсуждении результатов опытной эксплуатации принимают участие заказчик, исполнитель и соисполнители, которые составляют протокол, служащий основанием для предъявления АСУ ТП на приемочные испытания. Протокол входит в состав технической документации, представляемой комиссией, проводящей приемочные испытания.

Приемочные испытания проводятся в целях проверки соответствия разработанной системы общим техническим требованиям на АСУ ТП в соответствии с ГОСТ 24.104-85, а также требованиям, содержащимся в техническом задании на систему. Для проведения приемочных испытаний заказчиком создается комиссия, состав и уровень которой (двусторонняя приемочная комиссия, внутриведомственная, межведомственная, государственная) определяются в соответствии с общим положением о порядке приемки и оценки законченных научно-технических разработок, утвержденным ГКНТ СССР. При этом учитывается значимость автоматизированного технологического комплекса, стоимость системы и цели проведенной работы: создание типовой системы, разработка типовых решений и т. д., что устанавливается в техническом задании на систему. Приемочные испытания АСУ ТП организуются и проводятся заказчиком по инициативе и с участием основного исполнителя и соисполнителей (по представлению исполнителя).

На приемочные испытания заказчик совместно с основным исполнителем представляет техническую документацию на систему: техническое задание, технико-экономическое обоснование, протокол опытной эксплуатации, проект программы и методики проведения приемочных испытаний, эксплуатационную документацию. По требованию комиссии дополнительно могут представляться технический проект системы, рабочие чертежи, результаты предварительных испытаний и другие материалы опытной эксплуатации. После изучения представленных материалов комиссия принимает решение о готовности АСУ ТП к проведению приемочных испытаний. Все испытания и проверки, которые проводятся комиссией, оформляются соответствующими протоколами. (Порядок проведения метрологических испытаний будет рассмотрен ниже.)

После окончания приемочных испытаний составляется акт приемки системы в промышленную эксплуатацию, в котором указывается уровень и состав комиссии; время, место испытаний и наименование системы (ее очереди); реквизиты основного исполнителя и основание для создания АСУ ТП; состав системы или ее части, представленной на испытания; объем проведенных испытаний; заключение о результатах рассмотрения предъявленной на испытание документации и проведенных испытаний.

В акте составляется заключение о соответствии или несоответствии АСУ ТП предъявляемым требованиям и целесообразности или нецелесообразности передачи ее в промышленную эксплуатацию;

дается также оценка качества и научно-технического уровня системы. Фактическая технико-экономическая эффективность и реальная надежность определяются в течение года с момента ввода системы в действие. Акт снабжается приложением, в котором указывается перечень недостатков, подлежащих устранению перед или после передачи системы в промышленную эксплуатацию. Если выявляется необходимость внесения исправлений в монтаж комплекса технических средств и программное обеспечение и изменений в эксплуатационную документацию, осуществляется доработка системы по результатам опытной эксплуатации, т. е. после завершения приемочных испытаний.

Устранение замечаний осуществляется на основании протокола<sup>1</sup> или акта о работе приемочной комиссии. В работе участвуют основной исполнитель, заказчик и соисполнители. По окончании работы участники подписывают акт.

### **СТАДИЯ "АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ"**

Целью данной стадии является получение показателей качества и функционирования системы, необходимых для ее усовершенствования, решения задач типизации, унификации, выбора прототипов для создаваемых систем и решения других задач управления развитием и созданием системы. К показателям качества системы относятся эксплуатационная надежность системы в целом и отдельных реализуемых ею функций, данные технико-экономической и социальной эффективности системы управления или автоматизированного технологического комплекса, функционально-алгоритмическая полнота (развитость) системы и ее социально-психологическая подготовленность.

Основанием для осуществления работ на данной стадии могут служить требование о проведении работ, зафиксированное в ТЗ на создание АСУ ТП; решение комиссии, проводящей приемочные испытания; решение предприятия, эксплуатирующего АСУ ТП; решение ведомства по подчиненности разработчика или заказчика АСУ ТП.

На стадии "Анализ функционирования" проводятся исследовательские работы либо силами заказчика, либо привлекаемыми организациями. Ответственность за результаты работы несет исполнитель. Для осуществления работ данной стадии составляется план-график работ в виде приложения к договору, разработанный исполнителем и утвержденный заказчиком. Заказчик обязан предоставить исполнителю допуск на объект в целях обследования, всю необходимую техническую и эксплуатационную документацию, возможность (при необходимости) проведения экспериментов, обеспечить участие оперативного персонала АСУ ТП в проведении работ.

Исходными материалами для проведения работ являются эксплуатационная документация, в том числе документация по информационному и организационному обеспечению АСУ ТП, содержащая все сведения о системе, которые необходимы для ее освоения и эксплуатации; формуляр системы, отражающий работу ее и комплекса технических средств с фиксацией всех видов неисправностей, их времени и использованных способов устранения; принятые методики по определению технико-экономической, технологической и социальной эффективности, эксплуатационной надежности и других показателей АСУ ТП; материалы и документы ранее проводившихся работ по определению технико-экономической эффективности и эксплуатационной надежности системы.

Основными этапами работ на стадии "Анализ функционирования" являются постановка задачи анализа; подготовительные работы; проведение исследований и анализ полученных результатов; разработка рекомендаций и заключительных материалов обследования.

Постановка задач анализа осуществляется исполнителем совместно с заказчиком, которые формулируют конкретные цели и задачи анализа, определяющие объем и глубину проводимых исследований, характер и требования к содержанию заключительных материалов обследования. Для этого составляется специальное задание, согласованное с заказчиком. К основным целям анализа можно отнести:

определение путей развития и совершенствования конкретной АСУ ТП; выявление необходимости в разработке унифицированных и типовых проектных решений, что касается как технических структур, так и программного обеспечения для тиражирования АСУ ТП, позволяющего сократить сроки и затраты на создание АСУ ТП аналогичных или близких по технологии объектов; получение информации для обобщения опыта создания АСУ ТП, что позволяет планировать и прогнозировать развитие систем автоматизации в отрасли.

Подготовительные работы служат для составления программы работ, выбора методологии проведения анализа, сбора данных и материалов о работе системы за время ее промышленной эксплуатации. Названные работы выполняет исполнитель, он же разрабатывает и согласовывает с заказчиком программу необходимых экспериментальных исследований.

Проведение исследований предусматривает анализ ранее собранных данных и материалов



о работе системы, экспериментальных данных, полученных с помощью активного или пассивного эксперимента на объекте, имитационное моделирование функционирования АСУ ТП и анкетирование персонала. Экспериментальные работы должны дать возможность определить основные свойства АСУ ТП и АТК: технико-экономическую и социальную эффективность, функционально-алгоритмическую развитость, научно-технический уровень, техническую и социально-технологическую подготовленность ТОО и оперативного персонала, эксплуатационную надежность АСУ ТП и др.

Анализ полученных результатов предусматривает обработку данных, предварительно проверенных на достоверность, в целях получения показателей, характеризующих в сопоставимом виде свойства исследуемой АСУ ТП, а также оценку влияния на эти свойства разных факторов (особенности технологического процесса, квалификация и целевые установки операторов, условия разработки и эксплуатации).

Разработка рекомендаций и заключительных материалов обследования предназначена для обобщения результатов проведенного анализа в соответствии с целями, определенными на этапе "Постановка задач анализа". В результате выполнения стадии "Анализ функционирования" представляются сводный научно-технический отчет по результатам анализа функционирования конкретной АСУ ТП и заполненная стандартная форма (анкета), передаваемая для проведения сопоставительного анализа организации, осуществляющей такой анализ. Названные заключительные материалы составляются исполнителем работ с участием (при необходимости) соисполнителей, утверждаются в установленном порядке руководством организации-исполнителя и согласовываются с руководством организации-заказчика.

## 6.2. МОНТАЖ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Технические средства АСУ ТП характеризуются большим разнообразием, поэтому рассмотрим лишь общие правила их монтажа. Монтаж технических средств АСУ ТП производится в соответствии с рабочими чертежами, отраслевыми и межведомственными нормативными документами, а также проектом производства монтажных работ. Производство монтажных работ обязательно должно предусматривать выполнение требований монтажно-эксплуатационной документации заводов-изготовителей технических средств, требований строительных норм и правил на монтаж, правил и инструкций Госстандарта, правил техники безопасности, правил противопожарной безопасности.

Перед началом монтажных работ разрабатывают мероприятия по использованию современных, наиболее эффективных методов и приемов, способствующих снижению затрат на монтаж, максимальному внедрению механизации и автоматизации при производстве работ. До начала монтажа технических средств должны быть готовы все помещения с фундаментами под оборудование, устроены двойные полы для прокладки кабельных каналов, подготовлены места для закладки коробов и труб в полах и стенах, траншей и т. д.

Проект производства монтажных работ включает разные формы и методы их организации, а также планирования и управления. При этом нужно стремиться к использованию унифицированных и типовых монтажных узлов, конструкций и изделий, изготавливаемых специализированными заводами. Проект производства монтажных работ выполняется на основе заказа, выдаваемого специализированной монтажной организацией, и может быть полным либо сокращенным (для технически несложных объектов или в случае малого объема монтажных работ).

Проект в полном объеме содержит пояснительную записку, ведомости физических объемов, спецификации на щиты, пульты и монтажные изделия, подлежащие изготовлению, а также на основные монтажные материалы и изделия. В проект входят следующие ведомости:

- комплектующая на приборы и средства автоматизации, электроаппаратуру и трубопроводную арматуру;

- ведомость отборных устройств, чувствительных элементов, регулирующих и запорных органов, монтируемых на технологическом оборудовании;

- ведомость строительных сооружений, проемов закладных устройств и теплоизоляционных

работ, выполняемых смежными строительными-монтажными организациями;

ведомость проводок электрической и гидравлической энергии, сжатого воздуха, теплоносителей, хладагентов к средствам автоматизации, монтируемых смежными организациями;

ведомость замечаний, предложений и дополнений к проекту АСУ ТП. Кроме этого, выполняются чертежи по уточнению прокладки электрических и трубных проводок, чертежи (эскизы) заготовок блоков, труб, пакетов, коробов и т. д., план расположения объектов (сооружений) комплекса строительства, схема такелажно-транспортных работ, сетевой график на производство монтажных работ.

Помещения для установки технических средств должны соответствовать определенным Требованиям, вытекающим из условий их эксплуатации в соответствии с указаниями завода-изготовителя. В общем случае к этим требованиям относятся незапыленность, искро- и взрывобезопасность, определенные значения температуры и влажности воздуха. В соответствии с техническим заданием на АСУ ТП ген-проектировщиком и субподрядными организациями разрабатываются строительная, санитарно-техническая, электротехническая и другие части проекта для помещений, в которых будет смонтировано основное и вспомогательное оборудование АСУ ТП.

Монтажные работы начинают при условии строительной и технологической готовности объекта, наличии всей проектно-сметной документации, монтажных материалов и изделий. Перед установкой технические средства АСУ ТП должны пройти стендовые испытания, в результате которых определяются целостность конструкции и электрических цепей; сопротивление изоляции, электрическое напряжение на выходных зажимах трансформаторов, выпрямителей; основная погрешность; правильность срабатывания сигнализирующих элементов; исправность устройств регистрации и т. д. Окончательная наладка технических средств производится после их монтажа при проведении пусконаладочных работ.

Опробование и пусконаладочные работы ЭВМ выполняют после их монтажа в специальных помещениях представители завода-изготовителя или сервисной организации. Электрические соединения монтируют в соответствии с монтажными схемами, таблицами соединений и кабельными журналами. Обычно для внешних соединений используют провода или кабели с медными жилами диаметром не менее 0,5 мм, а для цепей питания и соединения датчик - прибор - не менее 1,5 мм. Измерительные цепи могут объединяться в общий экранированный, бронированный или проложенный в трубе кабель. Силовые цепи выделяются в отдельные кабели.

Установленные на одной панели технические средства соединяются между собой без вывода на промежуточные зажимы, средства вычислительной техники - с помощью поставляемого заводом - изготовителем монтажного комплекта, состоящего из стандартных кабелей мерной длины и кабельных соединительных коробок, позволяющих удлинять и разветвлять соединительные линии. Внутри коробок соединения выполняют пайкой.

Все шкафы, стойки, входящие в состав одного функционального устройства, а также щиты и панели управления соединяются с контуром защитного заземления, который выполняется многожильным медным проводом сечением до 20 мм<sup>2</sup>. Технические средства АСУ ТП устанавливают, как правило, в отдельных помещениях, причем средства вычислительной техники размещают в одном зале, оборудованном кондиционерами, а панели, пульта и щиты - в помещениях операторских пунктов, аппаратуру связи - в аппаратном зале.

Эксплуатационной документацией на систему устанавливается технологическая последовательность монтажа, способы и правила его выполнения и проверки. При этом определяются: порядок транспортирования технических средств к месту монтажа; правила распаковки технических средств, осмотра и проверки комплектности, расконсервации; размещения монтажного оборудования; очередность монтажа;

способы монтажа, методика проверки правильности выполнения монтажа в соответствии с документацией. Для примера приведем некоторые сведения о монтаже широко используемых регулирующих микропроцессорных контроллеров (ремиконтов) Р-110, Р-112, Р-120, Р-122.

Основными конструктивными элементами ремиконта являются шкаф комплекточный

напольный, шкаф компоновочный настенный или приборный кожух, каркас, модули, блок стабилизированного питания, панель клеммных колодок, клеммно-модульные и межмодульные соединители, блок вентиляторов, панель оператора, дополнительные блоки, батарея сухих элементов.

Панель клеммных колодок, образующая заднюю стенку ремиконта, имеет до 76 установленных в четыре ряда по вертикали клеммных колодок. К колодкам, каждая из которых имеет восемь винтовых зажимов, подключаются внешние кабельные связи. При наличии интенсивных промышленных помех внешний кабель экранируется.

Клеммно-модульный соединитель представляет собой отрезок восьмижильного плоского кабеля, одна сторона которого оканчивается клеммной колодкой, другая - вилкой разъема. Клеммная колодка устанавливается в гнездо разъема, размещенного на лицевой стороне модуля. С помощью 'клеммно-модульных соединителей' внешние цепи подключаются к элементам, установленным на печатной плате модулей. Для подключения интерфейсных цепей используется кабель, состоящий из двух витых пар проводов (всего четыре провода).

Ремиконт должен устанавливаться в закрытом взрывобезопасном помещении с условиями, характеризующимися температурой воздуха от 5 до 40 °С, относительной влажностью от 30 до 80 %, атмосферным давлением от 84 до 106,7 кПа; агрессивные примеси в помещении должны отсутствовать. Для ремиконта в шкафом исполнении необходимо предусмотреть жестко закрепленную пол-площадку на высоте 200-250 мм от основного пола для прокладки кабелей. При отсутствии пола-площадки в полу предусматриваются кабельные каналы.

Ремиконт в приборном исполнении (шкаф настенный) устанавливается на стене, а в шкафом исполнении требует свободной зоны обслуживания не менее 1,5 м с передней и задней сторон шкафа. При среднемесячной температуре окружающего воздуха ниже 30 °С шкафы допускается устанавливать вплотную один к другому; при температуре свыше 30 °С между боковыми поверхностями шкафов необходимо оставлять зазор не менее 100 мм.

Кабельные связи, соединяющие ремиконт с датчиками и исполнительными механизмами, подключаются к клеммным колодкам согласно проекту автоматизации. Рекомендуется использовать кабель КВВГ с сечением жилы 1,5 мм<sup>2</sup> либо соответствующий монтажный провод. Не допускается объединять в одном кабеле цепи, по которым передаются входные аналоговые и сильноточные выходные дискретные (импульсные) сигналы. Входные и выходные дискретные (импульсные) кабельные цепи экранировать не требуется. Необходимость в экранировании кабелей, по которым передается аналоговая информация, зависит от уровня помех в зоне прокладки кабеля.

Электропитание каждого ремиконта, а также блоков БВ-1, БПР-4, БПН-24 осуществляется отдельно для каждого этажа через внешний силовой щит, оборудованный автоматическими выключателями. Параметры питания - однофазная сеть переменного тока напряжением 220 В и частотой 50 Гц. Провод для заземления должен иметь сечение не менее 1,5мм<sup>2</sup>.

### 6.3. НАЛАДКА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Как уже отмечалось, пусконаладочные работы являются одним из наиболее ответственных этапов стадии "Ввод в действие". **Наладка комплекса технических средств.** Этот вид работ осуществляется поэтапно: автономная наладка отдельных блоков устройств, регуляторов и других средств; наладка совокупностей технических средств, обеспечивающих их взаимодействие; наладка КТС системы в целом.

Руководящими материалами по созданию АСУ ТП рекомендуется сначала проводить наладку КТС и тех функций системы, связи между которыми минимальны. После приемки наладочных работ по КТС комиссией в составе представителя заказчика и исполнителей оформляется акт. В дальнейшем эксплуатацию и обслуживание КТС осуществляет подразделение АСУ ТП предприятия-заказчика или привлекаемая им специализированная организация.

**Наладка программного обеспечения.** Этот вид работ производится организацией-

разработчиком или наладочной организацией. Общее программное обеспечение после наладки сдается по тестам. Затем осуществляется автономная отладка отдельных функций системы, включая необходимые средства специального программного обеспечения. Эти работы выполняются в порядке, определенном планом-графиком работ по внедрению системы. После того как подтверждена готовность комплекса технических средств АСУ ТП и принято общее программное обеспечение, производят отладку программного обеспечения отдельных функций по эксплуатационной программной документации. \*

Данная работа выполняется разработчиком специального программного обеспечения АСУ ТП. Руководящие материалы устанавливают определенный порядок первоначальной отладки функций АСУ ТП, при котором программы реализации отдельных функций проверяются без связи с исполнительными устройствами, размещенными на объекте. При этом рекомендуется использовать имитаторы работы ТОУ. Наладка отдельных функций системы фиксируется актом по результатам испытаний на работоспособность (правильность функционирования), подписываемым как заказчиком, так и исполнителями наладочных работ.

Современные АСУ ТП характеризуются все возрастающей сложностью, и в первую очередь сложностью программного обеспечения. Комплексы взаимодействующих программ объединяют огромное число команд, которое может достигать десятков и сотен тысяч. Надежность функционирования АСУ ТП в равной мере определяется надежностью технических средств и программного обеспечения. При этом все более заметен прогресс в повышении надежности технических средств и в этих условиях программное обеспечение становится основным источником неправильного функционирования системы. Стоимость обнаружения и устранения ошибок в программном обеспечении может достигать половины стоимости всей системы.

Программному обеспечению присущи следующие ошибки: системные, обусловленные неправильным пониманием содержания задачи и условий ее реализации в АСУ; алгоритмические, связанные с некорректной формулировкой и реализацией алгоритмов программным путем; программные, т. е. опiski, ошибки в логике и кодировании и т. д.; технологические, возникающие в процессе подготовки документации и перевода программы на машинные носители. Отладка программных комплексов предназначена для обнаружения, локализации и устранения ошибок проектирования. По уровню сложности, а также по связи с реальными данными отладка делится на программную и системную. *Программная отладка* заключается в проверке общей логики программы и правильности ее записи (камеральная проверка), подготовке к вводу в ЭВМ, трансляции, индивидуальной (автономной) отладке отдельных частей программы. При этом обнаруживаются и устраняются алгоритмические, программные и технологические ошибки.

*Системная отладка* служит для проверки соответствия логики комплекса программ ее функциональному назначению с использованием специально подготовленных массивов в условиях, моделирующих процесс функционирования системы. Число ошибок, выявленных при системной отладке, зависит от исходного числа ошибок, временных и стоимостных ресурсов на отладку. После достижения заданного уровня системной отладки комплекс программ передается в опытную эксплуатацию и его функционирование проверяется путем использования реальных полноразмерных массивов и в реальном масштабе времени. Если ошибки в программах обнаружены во время эксплуатации системы, то это приводит к существенным потерям за счет увеличения времени на их устранение и, в большей степени, за счет резкого снижения технико-экономических показателей системы.

Одним из важных методов повышения качества комплекса программ и облегчения их отладки является модульный принцип их построения, когда сложная задача и соответствующий ей комплекс программ представляются в виде программных модулей. Например, при создании систем, в которых решаются оптимизационные задачи, разрабатываются программные модули "Получение математической модели объекта управления", "Оценка коэффициентов математической модели", "Поиск оптимальных управляющих воздействий" и т. д. Полученное таким образом программное обеспечение содержит компоненты меньшей сложности, обладает возможностью адаптации и модернизации комплекса программ, минимизации путей распространения ошибок при минимальном или ограниченном числе связей между модулями. Таким образом, отладка

программных комплексов и отдельных программ ведется на основе генерации множества тестов, должна обеспечить анализ работоспособности отлаживаемых средств, диагностику и локализацию ошибок и их устранение, а также корректировку алгоритмов, программ и соответствующей документации. В настоящее время основные модели и методы отладки должны ориентироваться на формализацию и автоматизацию отдельных операций.

**Методы обнаружения и локализации ошибок в комплексах программ.** В литературе достаточно освещены следующие методы обнаружения и локализации ошибок в комплексах программ: формальное доказательство правильности программ; методы-N-верс ионного программирования; методы тестирования программ.

Формальное доказательство правильности программ предполагает анализ исполняемых программой действий и состоит в доказательстве того, что утверждения на выходе программы будут удовлетворяться при любом разрешенном входе. К этим методам обычно относят: аксиоматическое доказательство правильности; доказательство правильности с использованием аннотаций, представляющих собой утверждения, связанные с каждым принципиальным узлом программы; -доказательство корректности программных средств.

Общими недостатками методов формального доказательства правильности программ являются следующие: формальное доказательство правильности вовсе не означает, что программа всегда будет выполняться верно; сложность формализации условий в программах; отсутствие языков и средств унификации отладки с разнообразными типами данных; сложность процедуры доказательства того, что программные модули составлены корректно. В настоящее время методы формального доказательства правильности программ используются лишь для необходимых и несложных программ.

Методы N-версионного программирования предусматривают создание нескольких версий программы, каждая из которых допускает некоторое число ошибок, а правильность функционирования набора версий достигается за счет их совместного использования. В этом случае возможны две стратегии: либо резервная программа включается в работу при обнаружении ошибки, либо выбирается верное решение параллельно работающих программ. Версии программ разрабатываются разными программистами, согласованным функционированием программ управляет программа-супервизор. Метод должен предусматривать возможность использования в разных версиях разных структур и приемов программирования.

В определенном смысле методы N-версионного программирования являются аналогами методов резервирования, широко используемых в технических системах. Методы ориентированы на минимизацию ресурсов на проведение отладки, однако до настоящего времени не существует методики формирования соответствующих спецификаций и оценки эффективности метода. Кроме того, N-версионное программирование неприменимо в системах реального времени с жестким ограничением ресурсов, в задачах с большими объемами выходных данных, а также в задачах, где определить ощутимую разницу результатов, получаемых разными версиями, трудно.

Метод тестирования программ является основным методом отладки и должен обеспечить проверку того, что постановка задачи правильно понята системщиками и программистами, обеспечивает конкретное доказательство возможности получения решения всей задачи или ее части, концентрирует внимание на незначительном числе наиболее сложных процедур обработки данных и причинах появления ошибок. *Тестирование* представляет собой процесс оценки готовности программных средств к передаче их в режим эксплуатации, основанный на сборе и анализе данных о характеристиках программного обеспечения по результатам его испытания в известных условиях для заданных входов (тестов), т. е. тестирование системы в определении соответствия результатов определенному набору исходных данных. В качестве основных концепций тестирования используются полнота, надежность и действенность (обоснованность) теста. *Полным* называется тест, если положительные результаты его применения гарантируют отсутствие ошибок в тестируемой программе для всего набора ее входных данных. Надежный тест должен обеспечивать регулярность в обнаружении ошибок. Обоснованным является тест, если каждая ошибка в программе обнаруживается с его

помощью.

Если при использовании полного, надежного и обоснованного теста получены положительные результаты, то тестируемая программа является *корректной*. Существуют различные схемы тестирования. Восходящее тестирование (снизу вверх) представляет собой классическую схему, состоящую из трех этапов: тестирование модулей, подсистем и системы в целом. Тестирование модулей осуществляется без учета их взаимных связей, автономно. На этом уровне выявляются ошибки кодирования.

При тестировании подсистемы проверяются сопряжения между разными модулями программы, обнаруживаются логические ошибки и ошибки сопряжения. Тестирование системы предполагает ее проверку в целом. На этом этапе выявляются наиболее тонкие ошибки сопряжения, управления и логики, восстановления, быстрогодействия и емкости, временные.

Нисходящее тестирование может начинаться еще до того, как завершено проектирование системы. При этом вначале тестируют модуль главной программы и модули одного или двух более низких уровней. После достаточных испытаний и проверки правильности реализации основных интерфейсов присоединяют следующие уровни логической структуры программы и т. д., что позволяет избежать тестирования системы в целом. При таком подходе используются фиктивные модули: прямая передача управления на выход из модуля, выдача постоянного значения выходных данных, выдача случайных значений выходных данных; печать отладочного сообщения о получении модулем управления.

Главная цель каждого уровня тестирования заключается в том, чтобы убедиться в правильности функционирования интерфейсов путем наблюдения за прохождением данных через всю программу. В этом случае благодаря первоочередному испытанию основных интерфейсов серьезные ошибки выявляются уже на ранних стадиях, так как обеспечивается реальная тестовая обстановка испытаний модулей более низких уровней. Кроме того, более четко проявляется предварительная версия системы уже на ранней стадии разработки, а также снижаются нагрузки на вычислительные центры и полигоны. Наряду с методом тестирования находят применение также дополнительные методы повышения надежности программного обеспечения: избыточное программирование, когда для конкретного случая разрабатывается несколько программ; стандартизация, т. е. использование стандартных элементов; методы моделирования, в том числе надежности программ; метод независимого тестирования и анализа, когда обнаружение ошибок поручается другому коллективу, а не разработчику программ. В литературе можно найти описание и классификацию ошибок, обнаруженных при независимом анализе. Катастрофическими считают ошибки, приводящие к прекращению выполнения программы; серьезными - нарушающие выполнение программы, но не являющиеся фатальными; средними - не оказывающие существенного влияния на выполнение программы; тривиальными - не отражающиеся на выполнении и легко исправляющиеся. Различные аспекты тестирования достаточно широко отражены в литературе. Так, можно найти разделение известных методов на две группы: статистического и детерминированного тестирования.

Статистическое тестирование предполагает описания характеристик тестов некоторыми распределениями или статистическими параметрами, признаком же ошибки является отклонение параметров или законов распределения выходных данных от ожидаемых или заданных. С помощью статистического тестирования определяются надежность характеристики комплекса программ на этапе опытной эксплуатации. Такое тестирование обычно не несет информации для локализации и устранения ошибок, а характеризует лишь *их* наличие.

Детерминированное тестирование базируется на выборе модели исследуемого комплекса программ и степени ее детализации. Моделью программы может являться ее блок-схема. Тогда наибольшей степени детализации моделирования соответствует использование в качестве блока оператора программы, наименьшей - всей программы, когда структура программы является "черным ящиком", а модель ее - отображением пространства входов в пространство выходов. Степень детализации модели комплекса программ выбирается в зависимости от цели

тестирования, т. е. тестирование основных функций, связей по информации и управлению и т. д. В такой ситуации возникают необходимость и проблема оценки полноты тестирования, в качестве критериев которой можно использовать максимизацию числа проверяемых при тестировании путей. Естественным ограничением при этом выступает требование прохождения на множестве тестовых данных каждой вершины, ветви или пути хотя бы один раз.

Рассматривая наиболее широко используемый прием тестирования, нужно иметь в виду, что провести испытание программы на всех допустимых множествах входных данных невозможно, так как даже для программы с двумя целочисленными входами (32-битовых входа) общее число входных наборов составляет  $2^{64}$ . Если же в программе имеются циклы, число итераций которых зависит от исходных данных, то число элементов или структур для проверки становится неопределенно большим. Кроме того, не выявляются ошибки в неисполняемых операторах, используемых для описания переменных, выделения им определенных областей оперативной памяти и т. д.

Подход к генерации необходимых тестовых данных может быть вероятностным, когда входные последовательности формируются с помощью генератора случайных чисел, и детерминированным, когда входные последовательности данных определяются на основе анализа структуры и характеристик комплекса программ. На этапе системной отладки тестирование обеспечивает выявление и исследование причин различных аномалий в поведении программы, оценку времени, объема памяти и других ресурсов, необходимых для реализации программы на разных этапах, оценку эффективности систем защиты и средств восстановления, поведения программы при неблагоприятных внешних условиях и недостоверных данных и т. д.

Можно выделить ряд этапов отладочных работ и последовательность их проведения при системной отладке программных средств.

1. Анализируется текст программы и выявляются программные ошибки, возникающие при объединении программных модулей в комплекс или не выявленные в процессе программной отладки (например, некоторые ошибки зацикливаний, лишние и тупиковые операторы и т. д.). Такие ошибки могут выявляться без применения ЭВМ либо при наличии соответствующего программного обеспечения на основе информации, полученной при трансляции с помощью ЭВМ. На этом этапе строят также графовые модели в виде детальных блок-схем комплекса программ и его частей, а также программных модулей.

План системной отладки базируется на одной из стратегий: "сверху - вниз" или "снизу - вверх". При реализации стратегии комплекс программ разбивается на части, выполняется их автономная отладка, после чего эти части соединяются и выполняется совместная отладка вплоть до исходного комплекса программ. В данном случае существует множество вариантов разбиения и объединения структурного графа, вершинами которого являются программные модули комплекса, а дугами - связи по управлению между ними. Оптимальная стратегия системной отладки может выбираться по критерию минимума времени на ее проведение при ограничении по стоимости работ.

2. Выявляются ошибки, связанные с просчетами в использовании ресурсов вычислительной техники по памяти (физической реализуемости комплекса программ). Эти ошибки обнаруживают путем анализа спецификаций комплекса программ (использование внешних запоминающих устройств) и на основании информации компиляторов об объемах оперативной памяти, необходимой для размещения комплексов-субпрограмм в процессе их функционирования.

3. Тестируются время функционирования, согласованность по управлению и информации, выполняемые функции и по результатам анализа выявляются и устраняются ошибки, связанные с просчетами в использовании ресурсов вычислительной техники по времени, ошибки сопряжения и ошибки в выполнении основных функций комплекса программ.

4. Проверяются требования по обеспечению защиты от несанкционированного доступа (проводится тестирование защиты), сохранности программных модулей информационных массивов (тестирование средств восстановления) и надежностных характеристик (тестирование надежности). На этом этапе может также проверяться поведение системы при неблагоприятных

внешних условиях (тестирование конфликтных ситуаций) и недостоверных исходных данных.

5. Проводится анализ эффективности комплекса программ, полученного в процессе системной отладки. Эффективность комплекса программ обычно характеризуется суммарными затратами на его проектирование и отладку. Полная оценка характеристик эффективности защиты, средств восстановления и надежности может быть получена на этапе опытной эксплуатации с использованием статистических характеристик тестирования на полноразмерных массивах исходных данных.

В последние годы наряду с системами автоматизированного проектирования АСУ ТП используются также системы автоматизации программирования, содержащие не только алгоритмические и программные средства для автоматизации разработки программ, но и средства, обеспечивающие Получение синтаксически, семантически и структурно корректных программ. В общем случае система автоматизации программирования обеспечивает контроль входного текста, оптимизацию программы, использование стандартных программ, выпуска документации, а также виды контроля комплекса программ (синтаксический, семантический и структурный). В качестве примера наладки технических средств возьмем операции по подготовке к эксплуатации регулирующего микропроцессорного контроллера (ремиконта). В инструкции по эксплуатации эти операции подробно рассматриваются применительно к конкретному типу изделия.

После того как ремиконт размещен на предусмотренное проектом место эксплуатации, установлены в посадочные места блок питания и каркас с модулями, выполнены подключения к блоку питания, соединителей к розеткам клеммно-модульных соединений и заземление, приступают к подготовке ремиконта к работе. После включения ремиконта в сеть проверяют правильность монтажа, комплектность, правильность подключения клеммно-модульных и межмодульных соединителей и проводят так называемое первое включение. Затем проверяют ремиконт с помощью тестов, выполняют технологическое программирование, контролируют работу ремиконта по информации, выдаваемой средствами самодиагностики, и проверяют функционирование ремиконта в замкнутой системе автоматического регулирования в соответствии с проектом автоматизации.

Организация самодиагностики в ремиконте бывает трех видов:

программная, аппаратная и алгоритмическая. Средства самодиагностики позволяют контролировать работу ремиконта в процессе его нормальной эксплуатации.

Программная самодиагностика проводится с помощью специальных программ, "зашитых" в ПЗУ, и предусматривает текущий контроль тех узлов ремиконта, с которыми работает программа, и автоматическое тестирование ПЗУ и общей области ОЗУ. Ремиконты имеют развитую систему световой индикации обнаруженных ошибок. Автоматические тесты контролируют сохранность информации, "защитой" в модуле ПЗУ, и исправность модуля ОЗУ зоны 0. Тесты выполняются в течение отрезка цикла работы, оставшегося от выполнения основной программы, поэтому целесообразно устанавливать максимально допустимое время цикла для того, чтобы больше времени оставалось на автоматические тесты, что, в свою очередь, позволит быстрее обнаружить ошибку.

Аппаратная самодиагностика позволяет выявить те неисправности, которые не обнаруживаются при помощи программных средств, например неисправности таймера, стабилизированного источника питания, одного из модулей, батареи питания. Алгоритмическая самодиагностика в отличие от фиксированных объемов программных и аппаратных средств самодиагностики определяется пользователем и программируется так же, как и другие алгоритмические функции ремиконта, опираясь на знания о допустимых границах, в которых могут находиться значения или скорости изменения разных сигналов в процессе нормальной эксплуатации. Превышение этих границ фиксируется с помощью нуль-органов, имеющих в разных алгоритмах, например нуль-органа, контролирующего сигнал регулирования или скорость изменения сигнала в алгоритме слежения.

При ручном тестировании ремиконт переводится в режим тестирования, вызывается требуемый тест, инициируется его "выполнение и контролируются результаты. Используются следующие виды тестов:

комплексный, тест процессора, два теста ПЗУ/"короткий" тест ОЗУ, тест "ядра", "длинный" тест ОЗУ.



## 6.4. КОМПЛЕКСНАЯ НАЛАДКА И ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ СИСТЕМЫ

Целями комплексной наладки системы являются проверка и обеспечение правильности выполнения системой алгоритма функционирования и всех потребительских функций. Комплексная наладка системы является завершающим этапом и выполняется после окончания работ по автономной наладке функций, что отражается в акте о готовности системы к комплексной наладке. В работах по комплексной наладке принимают участие исполнитель, ^ заказчик, соисполнители, в том числе изготовители технических средств. Для проведения этих работ утверждается программа и издается приказ о выполнении наладочных работ, связанных с реализацией управляющих воздействий на ТОУ, участии в этих работах оперативного персонала и т. д.

Работы этапа завершаются предварительными испытаниями системы в целом на работоспособность. Испытания проводятся последовательно: сначала для отдельных функций, затем для групп взаимосвязанных функций и системы в целом. Предварительные испытания должны дать оценки количественных и качественных характеристик выполнения отдельных функций, выявить возможность совместного действия всех функциональных подсистем, определить характеристики системы в целом и возможность перехода к опытной эксплуатации АСУ ТП. Как и в других случаях, предварительные испытания заканчиваются составлением протоколов и актов, которые при положительных результатах служат основанием для начала опытной эксплуатации АСУ ТП. При необходимости может производиться коррекция эксплуатационной документации на систему. Может возникнуть ситуация, когда для проверки работоспособности технологического оборудования и его подготовки к вводу в действие необходимо использовать отдельные подсистемы (функции) АСУ ТП. На основании результатов испытания на имитаторах допускается приемка таких подсистем в опытную эксплуатацию.

Автономная наладка заканчивается распечаткой содержимого оперативной памяти (дампинг памяти). Рекомендуется использовать оперативно-цифровой формат и сохранять распечатки (дампы) для последующего анализа при поиске других ошибок. Разновидностью дампа оперативной памяти является трассирование, или моментальная фотография. Трассировочные средства позволяют распечатывать содержимое определенных ячеек памяти (переменных, параметров связи и т. д.) в моменты или при условиях, определяемых программистом. Например, если все другие виды наладочных работ не дают результата, для оператора программы выдаются распечатки значения всех переменных (регистров), которые "запрашиваются программным оператором как до, так и после выполнения работ.

Комплексная статическая наладка подсистем и системы в целом предназначена для проверки и откорректировки сопряжения автономно отлаженных программ по информации и управлению в определенные фиксированные моменты времени. По информации и управлению устанавливается тождественность входных и выходных связей сопрягаемых частей. На этом этапе полностью прогнозируются реальное время включения программ операционной системой, и реальная динамика взаимодействия подсистем. Функционирование подсистем имитируется информацией, подготавливаемой в составе тестов. В данной ситуации объект контурам управления и обработки данных не подключается, а обратные связи разомкнуты либо представлены

упрощенно, выключена также система прерывания.

Комплексная динамическая наладка системы без подключения к реальному объекту осуществляется с использованием программных или физических имитаторов и обеспечивает проверку следующих

условий:

начального режима включения системы при отсутствии информации от внешних терминалов и отладки его;

взаимодействия задач системы с подсистемой сбора и обработки информации, в состав которой входят устройства связи с объектом, а также с подпрограммами обмена информацией;

взаимодействия задач при работающей операционной системе с включенной системой прерывания, т. е. реакции на инициативные сигналы;

взаимодействия задач при имитации разных критических ситуаций в целях подтверждения устойчивости функционирования.

Комплексная наладка системы с реальным объектом как завершающий этап наладки предусматривает коррекцию взаимодействия программного обеспечения в реальном масштабе времени и уточнение автономного решения задач АСУ ТП в реальных условиях. На данном этапе проверяются и отлаживаются системы функционального контроля, системы контроля передачи данных, а также всего комплекса средств, обеспечивающих устойчивость программного обеспечения. Результаты работ на данном этапе могут приводить к итерационным процедурам в смысле пересмотра проектных решений и повторения этапов проектирования. Делается окончательный вывод об эффективности задач управления и выбранных математических моделей и о способах реализации программного обеспечения.

На рассматриваемом этапе динамической наладки эффективным отладочным средством является диалоговая отладочная система реального времени с использованием языков высокого уровня. С помощью системы выполняется ряд операций по отладке промышленных средств. Например, изъятие контрольных точек можно осуществить в любом месте программы. Текущее состояние программы "замораживается", и управление передается программисту при достижении программой той точки, которая задается номером оператора относительно какой-либо метки или входной точки. Отладочная система должна иметь доступ к таблице символов или к исходному тексту программы. Эта проблема упрощается при работе с интерпретирующими трансляторами (типа языка Бейсик). Контрольная точка может быть также с условиями, когда, например, выход с передачей управления человеку осуществляется после N-го прохода точки.

Возвращение управления программисту в случае установления факта ошибки, например при превышении границ массива, является обязательным. При обнаружении ошибки программисту должны выдаваться ясные диагностические сообщения о том, что может обеспечиваться, когда компилятор генерирует отладочный код так, чтобы программа выполнялась как можно тщательнее. Информация для обнаружения источника ошибки должна выдаваться в терминах исходного языка, т. е. должно указываться место относительно метки в конкретной программе. Часто используется также механизм защиты переменной или массива, когда система сообщает о любой попытке использовать эти элементы.

Когда управление передано программисту, а состояние программы "заморожено", должна обеспечиваться возможность анализа и изменения любого элемента данных в программе. В простейшем случае может понадобиться выполнение оператором назначения или печати и система должна быть в состоянии вызвать компилятор. В более сложных случаях используются операторы цикла для распечатки элементов массива. Язык отладочной системы, как правило, шире исходного языка.

При комплексной отладке должна обеспечиваться возможность перезапуска программы не обязательно с той точки, где она была прервана. Важным требованием является наличие средств для изъятия, замены или вставки новых частей в программы, причем идеальный случай - возможность получить требуемые изменения немедленно. При хранении программы в скомпилированной форме существует единственный способ внесения изменений путем редактирования символьного текста и перекомпиляции (повторной трансляции). При использовании интерпретатора модификация программы легко реализуема, однако скорость выполнения ее при этом резко уменьшается. Поэтому применяется смешанный способ: часть программы скомпилирована, другая интерпретируется в процессе выполнения, причем первый прогон программы при отладке осуществляется в режиме интерпретации. После отладки основные подпрограммы компилируются и в дальнейшем могут быть подвергнуты модификации только интерпретируемые части программы. По мере отладки все программное обеспечение постепенно переводится в скомпилированную форму.

Система отладки должна представлять средства получения статистической информации о поведении программы (список операторов и подпрограмм, которые не выполнялись, список неиспользованных переменных и т. д.), а также средства конструирования тестового

обрамления. В литературе описаны диалоговые многозадачные системы реального времени, состоящие из комплексно-настраиваемых и постоянных программных модулей, которые путем генерации и компоновки создают реальные версии диалоговых многозадачных систем реального времени. В процессе выполнения задач могут устанавливаться условия их запуска, а также их приоритеты, которые могут динамически изменяться. Разрабатываемые автоматизированные системы испытания программного обеспечения систем реального времени решают задачи моделирования внешних сигналов управляемого процесса, генерирования тестовых наборов данных с заданием пользователем характера их поступления, измерения временных характеристик выполнения заданных программных структур, диагностики состояния системы прерываний, интерпретации выдачи управляющей информации каналом связи. В таких системах динамическое комплексное испытание программного обеспечения систем реального времени включает следующие этапы: проверка начального режима включения системы управления при отсутствии внешних сигналов; проверка и фиксация аварийных ситуаций работы по управлению системой прерывания; проверка взаимодействия программных структур в режиме искажения и перегрузок в процессе моделируемого поступления внешних заявок; регистрация и вычисление временных характеристик программного обеспечения, связанных с реакцией на управляющее воздействие; автоматическое подключение тестов при известных условиях их формирования; индикация выходных значений, эквивалентных управляющим воздействиям системы управления, дифференцированных по каналам связи (интерфейсным картам); проверка устойчивости программного обеспечения формированием некорректных в алгоритмическом смысле входных воздействий. Таким образом, при динамическом испытании уточняются взаимодействия алгоритмов в реальном масштабе времени и автономные решения задач функциональными алгоритмами при реальных характеристиках в условиях функционирования внешних абонентов.

## **Глава 7. ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ**

### **7.1. ЗАДАЧИ И СТРУКТУРА СЛУЖБЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ**

Основной задачей при эксплуатации приборов и средств автоматизации является обеспечение надежной и правильной работы отдельных звеньев и всего комплекса этих устройств. Задача решается путем непрерывного наблюдения, создания нормальных эксплуатационных условий и своевременного устранения всех возникающих дефектов, для чего на предприятии организуется служба эксплуатации систем автоматизации.

Пуск, нормальная работа, останов и ремонт - таковы основные этапы эксплуатационного цикла как технологического оборудования, так и приборов и средств автоматизации, обслуживающих это оборудование. На каждом из перечисленных этапов служба эксплуатации выполняет работы, обеспечивающие надежное и правильное функционирование системы автоматизации.

В 70-х годах действовало Положение о службе КИПиА на предприятиях пищевой промышленности, разработанное НПО "Пищепром-автоматика". В связи с внедрением в нашей стране метрологической службы СССР, которая состоит из государственной и ведомственной метрологических служб, на каждом предприятии организуется ведомственная метрологическая служба. Поэтому указанное положение было заменено новым Типовым положением о метрологической службе предприятия пищевой промышленности, в соответствии с которым на каждом пищевом предприятии организуется метрологическая служба.

Структура метрологической службы (МС) пищевого предприятия определяет звенья, входящие в ее состав, распределение функций между звеньями, их подчиненность и взаимосвязь. Структуру МС разрабатывают с учетом структуры и особенностей функционирования предприятия (его подчиненность, категория, число и взаимосвязи производств, сезонность их работы, число смен в цехах), оснащенности и особенностей

функционирования службы (объем работ, количественный и качественный состав средств измерения и автоматизации, наличие материально-технической базы, состояние и расположение помещений службы, наличие и квалификация персонала, возможность кооперации по ремонту и др.), а также перспективы развития службы на ближайшие 3-5 лет.

На предприятиях 1-3-й категорий МС организуется в виде лаборатории, на предприятиях 4-6-й категорий, - в виде лаборатории или группы. Категория предприятия зависит от объема производства и сложности получения продукции. Метрологическую службу возглавляет главный метролог предприятия, который подчиняется главному инженеру предприятия.

В основе построения МС лежит следующая структурная цепочка:

звено (группа) - бригада. В состав лаборатории на предприятиях 1-3-й категорий входят шесть звеньев: метрологическое обеспечение производства; техническое обслуживание систем автоматизации, средств измерения и автоматизации (СИА); ремонт СИА; развитие и внедрение систем автоматизации производства; поверка средств измерения; учет, хранение и выдача СИА. Первые три звена входят и в состав лаборатории (группы), которая организуется на предприятиях 3- 6-й категорий.

Звенья обслуживания и ремонта СИА обычно состоят из бригад специального и общего назначения. Уровень специализации персонала в группе или бригаде обслуживания должен обеспечить возможность взаимозаменяемости в пределах двух-трех зон обслуживания. В зависимости от номенклатуры, количества и сложности СИА звено ремонта организуется из бригад с закреплением за ними ремонта одного или нескольких типов СИА: пирометрических и теплотехнических; давления, разрежения и расхода; электронных и пневматических; массы и точной механики; количества и состава веществ, содержащих ртуть; радиоактивных и Ионизирующих излучений; электроизмерительных и электромеханических; исполнительных механизмов и механических устройств.

На головном (базовом) предприятии комбината, промышленного или агропромышленного объединения может организовываться центральная МС (лаборатория), которая наряду с шестью звеньями метрологической службы предприятия 1-3-й категорий может содержать Также звенья координации и планирования, монтажа и наладки, снабжения и комплектации и др. В этом случае на остальных предприятиях (производствах) объединения создаются звенья технического обслуживания. Метрологи, возглавляющие МС этих предприятий, подчиняются главному метрологу объединения (комбината, базового предприятия).

При небольшом числе СИА на предприятии по согласованию с базовой организацией на предприятиях 4—6-й категорий допускается организация группы метрологического обеспечения и технического обслуживания в составе службы главного механика или энергетика, который в этом случае выполняет обязанности главного метролога предприятия. Группу МС возглавляет начальник группы - старший инженер. Руководство группой, выполняющей обслуживание и ремонт, допускается старшим мастером или мастером. Специалисты, работающие на этих должностях, осуществляют административно-техническое управление бригадами. Заместителем главного метролога обычно является руководитель одного из важнейших звеньев.

Численность и состав МС определяется расчетным путем с учетом количества и номенклатуры СИЛ, видов и объемов выполняемых работ, категории предприятия, условий эксплуатации системы автоматизации и СИЛ, условий работы производства (сменности и сезонности), уровня организации труда и установленной структуры МС. Явочная численность персонала службы

$$\Phi = \sum_i T_i A_i k_i k_d / \Phi_n k_c,$$

где  $T_i$ , - затраты времени на выполнение конкретного  $i$ -го вида работ;  $A_i$ , - среднее число смен в календарном году для персонала службы, выполняющего  $i$ -й вид работ (при односменном выполнении таких работ, как ремонт, поверка и т. п.,  $A_i = 1$ );  $k_i$ , — коэффициент, учитывающий условия эксплуатации СИА и периодичность работ; ( $k_d$  — коэффициент, учитывающий разные дополнения и ограничения;  $\Phi_n$  — номинальный фонд рабочего времени в течение года ( $\Phi_n = 2050...2100$  ч);  $k_c$  — коэффициент списочного штата персонала службы ( $k_c = 0,8...0,9$ ).

При определении численности по разрядам работ расчеты производятся отдельно по

каждому разряду.

Группа и бригада обычно организуются в составе не менее пяти человек и включают рабочих следующих профессий: слесарь-ремонтник; слесарь-механик; дежурный слесарь; наладчик систем автоматизации и СИЛ; монтажник электромеханических, радиотехнических систем и СИА; лаборант измерительной лаборатории; лаборант электромеханических испытаний и измерений; испытатель средств измерений; испытатель электрических машин и аппаратов и др. При наличии на предприятии АСУ метрологическая служба входит в виде самостоятельных звеньев в эту службу. Такое подразделение предприятия возглавляется обычно заместителем главного инженера предприятия или начальником службы, выполняющим одновременно обязанность главного метролога.

Структурно служба АСУ состоит из тех звеньев, которые входят в метрологическую службу предприятия, и лаборатории АСУ. Основные функции последней связаны с эксплуатацией вычислительного центра (ВЦ) и его внешних устройств (подробно структура службы АСУ рассмотрена в п. 3.1).

## 7.2. МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Метрологическое обеспечение представляет собой комплекс научно-технических основ и организационных мероприятий, обеспечивающих единство и требуемую точность измерений. Научно-технические основы МО включают метрологию как науку об измерениях, методах и средствах обеспечения единства измерений и необходимой точности и стандарты Государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ) как комплекс установленных стандартами взаимоувязанных правил, положений, требований и норм, определяющих организацию и методику проведения работ по оценке и обеспечению точности измерений.

ГСИ включает два вида нормативных документов: базовые стандарты, в том числе ГОСТ "Единицы физических величин", и стандарты четырех других групп - государственных эталонов, методов и средств поверки мер и измерительных приборов, норм точности измерений и методик выполнения измерений (МВИ). К ним относятся также типовые программы испытаний.

Организационной основой МО является метрологическая служба СССР, которая в соответствии с ГОСТ 1.25-76 состоит из государственной и ведомственной метрологических служб. В государственную метрологическую службу (ГМС), возглавляемую Госстандартом СССР, входят следующие подразделения:

- главный центр ГМС (Всесоюзный научно-исследовательский институт метрологической службы - ВНИИМС), осуществляющий научно-методическое руководство метрологической службой страны и государственной службой стандартных данных;

- главные центры и центры государственных эталонов (научно-исследовательские институты в Москве, Харькове, Свердловске и т. д. и их филиалы), которые проводят научно-исследовательские и другие работы по совершенствованию метрологического обеспечения в стране; территориальные органы Госстандарта в союзных республиках, возглавляемые республиканскими управлениями Госстандарта СССР и включающие республиканские центры метрологии и стандартизации;
- республиканские, межобластные, областные и межрайонные лаборатории государственного надзора (ЛГН) за стандартами и измерительной техникой, а также их отделения.

Наряду с перечисленными в состав ГМС входят также государственная служба стандартных образцов во главе с главным центром стандартных образцов, государственная служба стандартных справочных данных во главе с главным центром стандартных справочных данных, государственная служба времени и частоты СССР, Всесоюзное объединение "Эталон", объединяющее заводы, которые изготавливают и ремонтируют образцовые СИ.

Основными направлениями деятельности ГМС являются создание и непрерывное совершенствование государственной системы эталонов единиц; обеспечение непрерывного совершенствования парка СИ, применяемых в стране; передача размеров единиц физических

величин всем средствам измерений, применяемым в народном хозяйстве; государственный надзор за состоянием и правильностью применения СИ на предприятиях и в организациях; стандартизация методик выполнения измерений.

Ведомственная метрологическая служба, возглавляемая главным метрологом министерства или ведомства, состоит из подразделения министерства или ведомства, которое руководит службой; головной организации службы, которая методически, научно, технически и организовано руководит работой базовых организаций метрологической службы (МС) и МС предприятий; базовых организаций ведомственной МС, которые осуществляют научно-техническое и организационно-методическое руководство по метрологическому обеспечению (МО) производства закрепленных за ними групп продукции или видов деятельности, а также по МО прикрепленных предприятий или организаций; метрологических служб предприятий или организаций.

Метрологическое обеспечение производства направлено на получение качественной и достоверной информации путем измерения. Недостатки в МО производства приводят к ошибочным выводам и значительно увеличивают брак; повышение же уровня МО производства позволяет улучшить качественные и экономические показатели выпускаемой продукции.

Основными задачами звена МО метрологической службы пищевого предприятия являются: координация и осуществление методического руководства работами, направленными на обеспечение единства и требуемой точности измерений во всех подразделениях предприятия; систематический анализ состояния измерений, разработка и осуществление мероприятий по совершенствованию МО предприятия, включая предложения по назначению СИА и методики выполнения измерений для управления технологическими процессами, контроля сырья и испытания продукции; внедрение нормативно-технической документации (НТД), регламентирующей нормы точности измерений, метрологические характеристики СИА, методики выполнения измерений, методы и средства поверки и другие требования по метрологическому обеспечению подготовки производства; разработка ТЗ на проектирование и изготовление нестандартных СИА, вспомогательного оборудования, стендов, приспособлений для осуществления необходимых измерений, испытаний и контроля; организация и участие в проведении метрологической экспертизы нормативно-технической, конструкторской, проектной и технологической документации, в том числе разрабатываемой на предприятии; участие в анализе причин нарушения технологических режимов, брака продукции, непроизводительного расхода сырья, материалов и других потерь, связанных с состоянием СИА; повышение квалификации работников МС предприятия и подготовка кадров для МО предприятия.

Звено МО осуществляет также связь с органами Госстандарта СССР при осуществлении ими госнадзора за МО подготовки производства и испытаний продукции, состоянием, применением, ремонтом и поверкой СИА на предприятии, другой деятельностью МС предприятия. В территориальные органы Госнадзора СССР и базовую организацию метрологической службы (БОМС) отрасли звено МО представляет сведения о состоянии планов внедрения новых методов и СИА, которые после разработки и согласования с базовой организацией утверждаются руководством предприятия. С БОМС согласовываются также стандарты и другие НТД предприятия по МО. Звено метрологического обеспечения участвует также в разработке и выполнении заданий, предусмотренных комплексными программами МО отрасли, разрабатывает предложения к проектам годовых и перспективных планов МО отрасли.

Планирование деятельности МС, осуществляемое звеном МО, регламентируется методическими указаниями ВНИИМС и осуществляется с учетом производственной мощности предприятия, номенклатуры выпускаемой продукции и технических возможностей. В этих планах предусматривают работы, направленные на обеспечение *планов* государственной и отраслевой стандартизации и метрологического обеспечения деятельности подразделений предприятия; разработку или пересмотр стандартов предприятия (СТП), поверочных схем, методик выполнения измерений, а также задания по внедрению СТО, ГОСТов и ОСТов.

Метрологическая экспертиза является, как следует из приведенного выше перечня задач звена МО, частью общего комплекса работ по метрологическому обеспечению производства.

Метрологическая экспертиза (МЭ) включает анализ и оценку технических решений по выбору параметров, подлежащих измерению, установлению норм точности и обеспечению методами и средствами измерений.

Метрологической экспертизе подвергаются разделы документов, отражающие требования к установленным нормам точности или содержащие сведения о средствах и методах измерений. При метрологической экспертизе технической документации, в которой решается задача выбора измерительных средств - технологических регламентов, карт технологических процессов с операциями контроля, функциональных и принципиальных схем устройств с измерительными средствами, оценивается правильность выбора измерительного прибора или устройства.

При метрологической экспертизе технической документации, которая определяет параметры, свойства или характеристики машин, материалов или процессов, вначале выявляют, какие элементы, параметры или свойства подлежат контролю при их изготовлении или функционировании, а затем путем перебора вариантов стандартных методик определяют контролепригодность объекта. Если при этом окажется, что из-за необоснованно узких полей допуска контролируемых параметров невозможно обеспечить контроль, применяя стандартные приборы, необходимо прежде всего проанализировать возможность расширения полей допусков.

Особую важность имеет МЭ производственного процесса, во время которой устанавливается соответствие технологического процесса требованиям конструкторской, технологической и другой НТД по метрологическому обеспечению. Одним из основных документов, который должен проходить МЭ на предприятии, является технологический регламент производства продукции.

### 7.3. ПОВЕРОЧНЫЕ РАБОТЫ

Поверка средств измерений, как и другие мероприятия по метрологическому контролю, является задачей звена поверки МС пищевого предприятия. Поверка призвана обеспечить единство и достоверность измерений в стране и способствует постоянному совершенствованию средств измерений.

Измерительные приборы, как и любые другие средства автоматизации, подвержены со временем износу и старению даже в случае строгого соблюдения всех требований их эксплуатации и хранения. Износ и старение являются основными причинами постепенного изменения метрологических характеристик средств измерений, поэтому необходимо систематически проверять их, чтобы отклонения показаний не выходили за допускаемые пределы.

*Поверка средств измерений (СИ)* - это определение метрологическим органом погрешностей и установление его пригодности к применению. В процессе поверки происходит передача размера единиц физических величин от эталона к рабочим СИ. В общем случае передача размера единиц - это нахождение метрологических характеристик поверяемого или аттестуемого СИ при помощи более точного СИ. Схемы такой передачи включают эталоны, образцовые и рабочие СИ (рис. 7.1).

*Первичный эталон* - это эталон наивысшей, достижимой в данный момент точности, официально утвержденный в качестве государственного первичного эталона. В одной стране он может быть только один. Рабочие эталоны (их число не ограничено) предназначены для передачи размеров физических величин образцовым СИ первого разряда и самым точным рабочим СИ. Чтобы разгрузить первичный эталон от работ по передаче размеров единиц физических величин и снизить его износ, создают эталон-копию, который является вторичным эталоном и предназначен для передачи размеров физических величин рабочему эталону. Образцовые СИ также предназначаются для передачи размеров физических величин и делятся на разряды (максимально их может быть пять), причем номер разряда означает число ступеней передачи размера единицы данному образцовому СИ. Уменьшение числа разрядов снижает погрешность передачи размера единиц, однако уменьшает и производительность поверки.

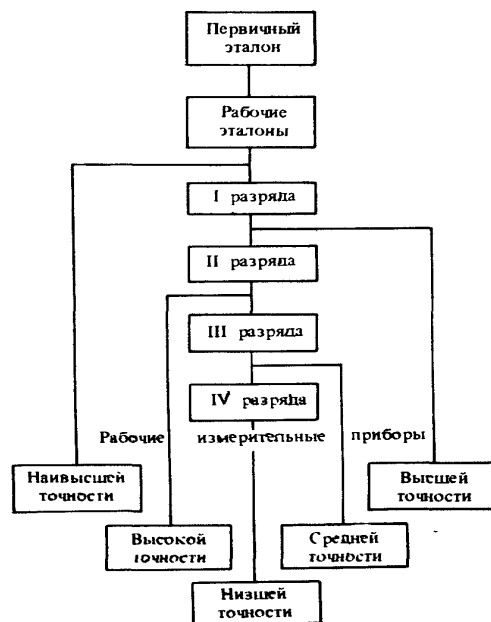


Рис. 7.1. Схема передачи размеров единиц от эталона к рабочим средствам измерения

Рабочие СИ используются только для измерений, не связанных с передачей размеров единиц физических величин, и, как видно из рис. 7.1, также разделяются на пять классов.

Для определения достоверной погрешности рабочего СИ достаточно того, чтобы погрешность образцового средства была в 10 раз меньше погрешности рабочего СИ. Из-за трудностей в реализации такого соотношения обычно используют соотношения 1:3, 1:4, 1:5, в виде исключения допускается соотношение 1:2.

Основным исходным документом для организации поверки конкретных рабочих СИ является поверочная схема. Поверочные схемы могут быть общесоюзными и локальными. Общесоюзные поверочные схемы разрабатываются метрологическими институтами и утверждаются Госстандартом СССР. Они являются основанием для разработки локальных поверочных схем, государственных стандартов и методик на методы и средства поверки образцовых и рабочих СИ. Локальные поверочные схемы разрабатывает при необходимости и внедряет звено поверки МС. Они согласовываются с территориальными органами Госстандарта, которые выполняют поверку исходных образцовых средств измерений, включенных в локальную поверочную схему. Последняя охватывает образцовые и все рабочие средства измерений данной физической величины, которые находятся в эксплуатации на предприятии или выпускаются в обращение промышленностью, а также методы их поверки. На чертеже поверочной схемы, выполняемом в соответствии с ГОСТ 8.061-73, указывают наименование СИ, диапазоны значений физических величин, обозначения и оценки погрешностей, наименование метода поверки.

Из методов поверки наиболее распространены следующие:

непосредственное сличение, заключающееся в сопоставлении показаний поверяемого и образцового СИ;

компарирование - в сличении СИ с образцовым при помощи измерительного прибора сравнения (компаратора);

по образцовым мерам - в измерении значения физической величины, которая воспроизводится образцовой мерой или одновременно сопоставляется со значением образцовой меры.

По времени проведения различают первичную, периодическую, внеочередную и инспекционную поверки. Первичную поверку осуществляют при выпуске средств измерения из производства или ремонта, периодическую - в процессе эксплуатации через установленные



межповерочные интервалы. Внеочередную поверку проводят независимо от сроков периодической поверки в случаях, когда необходимо удостовериться в исправности средств измерений или перед вводом в эксплуатацию импортных средств измерений. Необходимость внеочередных поверок возникает также при контроле результатов периодической поверки или проведении работ по корректированию межповерочных интервалов, при повреждении поверительного клейма, пломбы и утрате документов, подтверждающих проведение поверки.

Внеочередную поверку производят и при вводе в эксплуатацию средств измерений после хранения, в течение которого не было периодической поверки, или при установке их в качестве комплектующих изделий после истечения половины гарантийного срока на них, указанного поставщиком в сопроводительной документации. Инспекционная поверка сопутствует метрологической ревизии средств измерений предприятий, которые осуществляют ремонт, эксплуатацию, хранение и продажу этих средств.

В зависимости от назначения поверяемых средств измерений поверка может быть государственной или ведомственной. Из применяемых на предприятиях пищевой промышленности обязательной государственной поверке подлежат следующие средства измерений:

используемые в качестве исходных образцовых средств измерений (СИ) в органах ведомственных метрологических служб; принадлежащие предприятиям и используемые в качестве образцовых СИ органами государственной метрологической службы; выпускаемые при-бороремонтными предприятиями после ремонта, выполненного для других предприятий; предназначенные для применения в качестве рабочих средств для измерений, связанных с учетом материальных ценностей, взаимными расчетами и торговлей, охраной здоровья трудящихся, обеспечением безопасности и безвредности труда в соответствии с перечнем, утвержденным Госстандартом СССР. Остальные рабочие средства измерений, применяемые на предприятиях пищевой промышленности, подлежат ведомственной поверке.

В соответствии с номенклатурным перечнем, утвержденным Госстандартом СССР, обязательной госповерке, в частности, подлежат расходомеры для жидкостей, пара и газа с вторичными приборами, промышленные газо-, водо- и теплосчетчики, счетчики нефти, нефтепродуктов, спирта и других промышленных жидкостей и пищевых продуктов, дозаторы жидких пищевых продуктов, массоизмерительные приборы и устройства, штриховые меры длины, промышленные счетчики электрической энергии трехфазного тока, рефрактометры, сахариметры, фотоэлектроколориметры и плотнометры, применяемые для расчетов с потребителями.

Государственную поверку приборов выполняют метрологи-поверители органов государственной метрологической службы. При наличии необходимых помещений, всех нормативных документов, образцовых средств измерения, прошедших государственную поверку, а также метрологов-поверителей органы Госстандарта СССР выдают органам ведомственных метрологических служб регистрационные удостоверения на право проведения поверки, которые могут быть совмещены с удостоверениями на право изготовления и ремонта средств измерений. Метрологи-поверители проходят специальное обучение и сдают экзамены в органах государственной метрологической службы.

Если звено поверки МС пищевого предприятия не имеет право на проведение ведомственной поверки определенных средств измерения, то последние проходят поверку в базовых органах ведомственной МС отрасли или органах государственной метрологической службы. Поверку средств измерений предприятий органы Госстандарта СССР проводят в стационарных или передвижных лабораториях, а также непосредственно на предприятиях командированными госповерителями.

Средства измерений и автоматизации, подлежащие поверке, поверяют согласно графикам государственной или ведомственной поверки, составленным звеном поверки МС предприятия, согласованным с местным органом госнадзора и утвержденным главным инженером предприятия. Обычно графики поверок составляют на приборы и средства автоматизации по видам измерения.

Периодичность поверки СИ устанавливают в соответствии с методическими указаниями

Госстандарта по определению межповерочного интервала рабочих СИ с учетом фактической стабильности показаний, условий эксплуатации и степени загруженности средств измерений. Периодичность поверки средств измерений, принадлежащих предприятию и подлежащих ведомственной поверке, должна быть согласована с базовой организацией. Средства измерений на предприятиях пищевой промышленности проходят ведомственную поверку, как правило, один раз в год. Исключение составляют потенциометры и мосты, амперметры и вольтметры, миллиамперметры, милливольтметры, ваттметры и фазометры, которые поверяют через каждые 6 мес.

Для средств измерений, находящихся на хранении, межповерочные интервалы определяют равными удвоенным межповерочным интервалам аналогичных средств измерений, находящихся в эксплуатации. Исключение составляют средства измерения, поступившие на хранение после их выпуска, для которых межповерочный интервал не должен превышать гарантийного срока завода-изготовителя, и средства измерений, которые хранятся в условиях, обеспечивающих их исправность, и которые поверяют только перед началом эксплуатации.

Средства измерений поверяют в соответствии с государственными стандартами на методы и средства поверки или по инструкциям Госстандарта СССР и методическим указаниям его метрологических институтов. При отсутствии указанных нормативных документов разработчики соответствующих средств измерений должны составлять методические указания или инструкции по их поверке, которые утверждаются руководителем ведомственной метрологической службы предприятия, применяющего эти средства измерения, или руководителем вышестоящей ведомственной метрологической организации.

В процессе поверки ведут протокол, куда заносят ее результаты и вывод о пригодности средств измерений к применению. Пригодный прибор пломбируют или ставят на него поверительное клеймо. Пригодность прибора к эксплуатации в течение межповерочного интервала может также удостоверяться аттестатом или другим техническим документом. Отметку о поверке приборов с указанием даты и ее результатов делают в паспорте прибора или другом документе, заменяющем паспорт. Паспорта на средства измерений оформляются группой учета МС предприятия по заявкам звена технического-обслуживания предприятия. В паспорте приводятся подробная техническая характеристика прибора, сведения о поверке, эксплуатации и ремонте.

На некоторых предприятиях пищевой промышленности применяются средства измерений несерийного выпуска, импортных поставок или серийно выпускаемые СИ с внесенными изменениями, вследствие чего они по метрологическим характеристикам не соответствуют требованиям нормативно-технической документации. Для таких средств измерения группа поверки МС предприятия осуществляет метрологическую аттестацию, во время которой устанавливают номенклатуру метрологических характеристик, подлежащих определению; численные значения метрологических характеристик; порядок метрологического обслуживания приборов при их эксплуатации (аттестация или поверка). По результатам метрологической аттестации составляют протокол в двух экземплярах, которые подписывают руководитель группы и исполнители. При положительном исходе метрологической аттестации на каждое средство измерений выдается свидетельство (удостоверение).

Группа поверки МС пищевого предприятия наряду с перечисленными функциями выполняет и ряд других:

- обеспечивает хранение и сличение в установленном порядке рабочих эталонов и стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов; поддерживает в надлежащем состоянии образцовые средства измерения и обеспечивает их эксплуатацию;

- контролирует состояние и применение СИА, средств испытаний продукции, наличие и правильность применения методик выполнения измерений и соблюдение метрологических правил во всех подразделениях предприятия;

- выполняет приемку и аттестацию поступающих на предприятие нестандартизированных СИА;

- осуществляет контроль за метрологическим обеспечением всей производственной деятельности подразделений предприятия, внедрением планов организационно-технических мероприятий по метрологическому обеспечению их деятельности, внедрением в производство новых СИА.

## 7.4. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

### ПРИБОРЫ И СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ

Основными задачами технического обслуживания являются непрерывное наблюдение за работой приборов и средств автоматизации и создание условий, обеспечивающих их исправность, работоспособность и необходимый ресурс в процессе эксплуатации. Для выполнения этих задач в составе метрологической службы создается звено (группа) технического обслуживания систем автоматизации и СИА, состоящее из сменных бригад.

В состав сменной бригады МС пищевого предприятия входят дежурные слесари и бригадир (мастер или высококвалифицированный рабочий V-VI разрядов). Сменный персонал МС входит в состав смены технологического цеха и поэтому имеет двойную подчиненность. Административно и технически он подчинен главному метрологу, а оперативно - начальнику смены (дежурному инженеру) технологического цеха. Оперативное подчинение заключается в том, что сменный персонал выполняет работы по указанию или с ведома начальника Смены.

Работы по техническому обслуживанию систем автоматизации включают в себя составление графиков технического обслуживания и их выполнение, а также внеплановое техническое обслуживание, связанное прежде всего с оперативным ремонтом или заменой отказавших СИЛ; осуществление оперативного контроля за состоянием и функционированием систем автоматизации и СИА, обеспечение их надлежащего технического состояния, включая текущий ремонт СИА и трубных трасс, снятие и установку СИА для ремонта и поверки; контроль за правильной эксплуатацией и рациональным использованием систем автоматизации и соблюдением действующих правил эксплуатации.

Оперативный контроль за состоянием и функционированием систем автоматизации заключается в систематическом ежесменном или ежесуточном наблюдении за работой СИА, установленных как на пунктах управления, так и в производственных помещениях, в целях выявления возникающих неисправностей и предупреждения их развития. Эти работы выполняются путем визуального наблюдения за состоянием СИА. Во время таких осмотров выявляют и устраняют нарушения уплотнений соединительных трубных линий и арматуры, осматривают и очищают приборы, проверяют правильность установки диаграммы записывающего прибора по времени и значению контролируемой величины, а также наличие на диаграмме необходимых записей (позиций прибора и дат записи), заменяют диаграмму, заправляют чернилами перья самописцев, проверяют работу переключателей, наличие питания и смазки, контролируют работу автоматических регуляторов.

При смене диаграмм и рулонов регистраторов у приборов, имеющих интегратор, на диаграмме или рулоне проставляют время их замены и показания интегратора, причем в первую очередь осуществляют смену диаграмм и рулонов у приборов, по показаниям которых ведут расчеты за использованное сырье или энергию. Контроль за работой автоматических регуляторов осуществляют путем сопоставления характера изменения регулируемой величины с показаниями и записями приборов, контролирующих величины, связанные с регулируемой.

Техническое обслуживание (ТО) систем автоматизации и СИА, осуществленное в соответствии с графиком ТО, который утверждается главным инженером предприятия, включает следующие операции:

- внешний осмотр, очистка от пыли и остатков технологических продуктов, проверка исправности линий связи и сохранности пломб;

- проверка работоспособности по контрольным точкам, выявление и устранение мелких дефектов, возникших в процессе эксплуатации;

- замена диаграмм, чистка самопишущих устройств и заправка их чернилами, смазка механизмов движения, доливка или смена специальных жидкостей, устранение их утечки;

- проверка работы системы автоматизации в случае обнаружения несоответствия в ходе процесса и показаниях средств измерений;

- промывка измерительных камер, заправка ртутью дифманометров, исправление уплотнений и крепежа, проверка отборных устройств давления, расхода и др.;

сушка элементов СИА и зачистка контактов;  
проверка холодильников, фильтров, водоструйных насосов, источников питания, показывающих и регистрирующих узлов средств измерений состава и свойств веществ;  
чистка, смазка и проверка реле, датчиков и исполнительных механизмов регуляторов;  
проверка на плотность импульсных и соединительных линий, замена неисправных отдельных элементов и узлов;  
проверка наличия питания в схемах управления и сигнализации, опробование звуковой и световой сигнализации;  
проверка срабатывания схем и правильности заданий на их срабатывание;  
осмотр щитов автоматизации, блокировочных устройств, средств сигнализации и защиты.

Периодичность техобслуживания составляет в среднем один раз в

I-2 мес. Для счетчиков количества жидкости и газа, трубного дифманометра, гидравлических регуляторов разрежения, давления и расхода с мембранным измерительным устройством, гидравлических исполнительных механизмов, задатчика к электронным регулирующим приборам, электроизмерительных приборов и релейной аппаратуры периодичность техобслуживания может быть увеличена до 6 мес, а для редукторов воздуха, пневматических панелей дистанционного управления, регулирующих клапанов с пневматическим мембранным или электрическим моторным приводом, электрических исполнительных механизмов, регуляторов давления газа или мазута прямого действия, регулирующих пневматических блоков, индукционных расходомеров, термопар и термометров сопротивления - до 3 мес. Преобразователи рН-метров и массоизмерительные устройства подлежат тех- • обслуживанию один раз в 10 сут. В помещениях, где температура продолжительное время превышает 30 °С, периодичность плановых • работ сокращается в 2 раза, в пыльных помещениях (технологическая пыль проникает внутрь аппаратуры) - в 3 раза, в помещениях с химически активной (относительно изоляции и других частей аппаратуры) средой - в 4 раза.

В соответствии с графиками планово-предупредительных ремонтов (ППР) сменный персонал производит также замену приборов, отправляемых в ремонт. Порядок проведения плановых работ во время смены регламентируется должностными инструкциями сменного персонала МС.

Звено технического обслуживания наряду с техническим обслуживанием и оперативным контролем участвует в рассмотрении причин аварий из-за отказов систем автоматизации и СИА и разработке мероприятий по их устранению; организует и обучает производственный персонал правилам технической эксплуатации систем автоматизации и СИА; контролирует качество монтажных и наладочных работ и их соответствие технической документации при выполнении этих работ специализированными организациями; участвует в испытаниях и приемке в эксплуатацию вновь смонтированных и налаженных систем автоматизации от монтажных и наладочных организаций; проводит наладочные работы перед пуском сезонных производств и при внедрении новых и усовершенствовании существующих систем автоматизации и СИЛ; совершенствует организацию технического обслуживания систем автоматизации.

Во время смены ведется оперативный журнал дежурного персонала, в котором фиксируются все случаи отказов приборов и средств автоматизации независимо от причин их возникновения, принятые меры по ликвидации отказов, оперативные переключения, замены приборов и средств автоматизации, технические осмотры и другие работы, выполненные дежурными. Сдача и прием смен оформляются подписями старших дежурных в оперативном журнале. Сдающий смену должен обратить внимание принимающего на "узкие места" системы автоматизации.

Сменный персонал должен обладать определенными производственными навыками и знаниями. Поэтому дежурные предварительно проходят инструктаж по технике безопасности и проверку знаний по системе автоматизации того технологического объекта, который им предстоит обслуживать. Дежурные должны хорошо знать технологическую схему обслуживаемого производственного комплекса, процесс управления им, план расположения технологического оборудования и трубопроводов, назначение каждого элемента системы

автоматизации, месторасположение первичных воспринимающих элементов и регулирующих органов^приборов по месту, их взаимосвязь, расположение и направление трасс.

Для проведения всего комплекса профилактических работ участки эксплуатации оснащают переносными лабораторными приборами (потенциометрами, мостами, магазинами сопротивлений, контрольными манометрами, вольтамперметрами, ртутными термометрами, мегомметрами, индикаторами напряжения), инструментами (набором слесарного инструмента, электродрелью, паяльниками, переносной лампой) и материалами (чернилами и диаграммной бумагой, проводами и изоляционной лентой, крепежными изделиями, сухими гальваническими элементами, обтирочным материалом, смазочными маслами, бензином, керосином, спиртом).

Для проведения технического обслуживания дежурные слесари дополнительно получают специальные приспособления и приборы для проверки отдельных узлов и деталей устройств автоматического контроля и регулирования. Кроме того, участок эксплуатации должен иметь резервные приборы и средства автоматизации взамен направляемых в ремонт в соответствии с графиками ППР и вышедших из строя в результате внеплановых отказов. С этим подразделением МС тесно взаимодействует группа учета, хранения и выдачи СИА, которая создает обменный и прокатный фонд СИА, ведет их технический учет и т. п.

### ***СИСТЕМЫ И СРЕДСТВА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ***

Техническое обслуживание ЭВМ включает комплекс организационно-технических мероприятий, проводимых в целях обеспечения требуемых параметров надежности. Оно может быть индивидуальным и централизованным. В первом случае состав смены, обслуживающей ЭВМ, комплектуется с учетом соображений, приведенных в п. 7.1. При централизованном обслуживании техническое обслуживание осуществляется силами специальных центров по договорам, заключаемым с предприятиями.

При обслуживании систем и средств вычислительной техники также различают плановые и внеплановые работы. Плановые работы проводят в соответствии с графиком планово-профилактических работ (ППР), которые определяют периодичность, регламент и вид работ. Например, для машины ЕС-1030 рекомендуются следующие регламент и периодичность ППР (в ч): ежедневная проверка 1, двухнедельная 4, ежемесячная 8 и полугодовая 72.

Ежедневная профилактика обычно включает осмотр устройств, прогон теста быстрой проверки их работоспособности, а также чистку, смазку, регулировку и другие работы, предусмотренные инструкцией по эксплуатации внешних устройств. Каждые две недели проводятся прогон диагностических тестов, а также все виды двухнедельных профилактических работ, предусмотренные инструкцией по внешним устройствам. Ежемесячно проверяется функционирование технических средств машины, входящих в состав ее программного обеспечения при номинальных значениях напряжений и профилактических изменениях их на  $\pm 5\%$ . Негодные типовые элементы заменяются исправными. Такие же работы проводятся и при полугодовой профилактике. Во время ежемесячной и полугодовой профилактики выполняются также соответствующие профилактические работы, предусмотренные инструкциями по эксплуатации внешних устройств.

К работам по техническому обслуживанию ЭВМ допускаются специалисты, сдавшие экзамены по устройствам ЭВМ, схемной документации и техническому описанию, изучившие инструкции по эксплуатации и получившие удостоверение на право их эксплуатации. Для проведения всего комплекса профилактических работ обслуживающий персонал обеспечивается средствами диагностики неисправности, запасными инструментом, приборами, деталями и т. п. (ЗИП), сервисной аппаратурой для проверки внешних устройств, сменных функциональных узлов и блоков питания. В состав сервисной аппаратуры входят стенды для проверки блоков питания, логических и специальных типовых элементов, ячеек внешних устройств.

Основными эксплуатационными документами ЭВМ являются формуляр» инструкция по эксплуатации ЭВМ и устройств, руководства по эксплуатации диагностических и функциональных тестов, диагностические справочники и журнал эксплуатации ЭВМ.

## 7.5. РЕМОНТНЫЕ РАБОТЫ

### ПРИБОРЫ И СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ

Ремонтные работы проводятся в целях устранения дефектов, вызвавших изменение технических характеристик приборов и средств автоматизации. Для средств измерений - это прежде всего метрологические характеристики, а также внешний вид прибора (состояние отсчетного устройства, корпуса и его элементов, соединительных и вспомогательных устройств). Требования, предъявляемые к техническим характеристикам приборов и средств автоматизации, регламентируются нормативно-технической документацией.

Ремонт приборов и средств автоматизации на пищевом предприятии осуществляет группа ремонта метрологической службы. При отсутствии в этой группе подразделений, выполняющих ремонт некоторых средств измерений, ремонт последних осуществляется в специальных прибороремонтных организациях, имеющих регистрационное удостоверение органов Госстандарта СССР на право ремонта средств измерений.

Существуют плановый ремонт, который проводится по графикам ППР, и внеплановый. Необходимость проведения первого обусловлена постоянным изменением характеристик приборов и средств автоматизации в результате износа и старения. Износ связан прежде всего с изменением состояния трущихся поверхностей и размеров изделий, загрязнением узлов кинематики в местах сочленения, возникающими под действием электрического тока электрохимическими процессами, и т. п. Однако даже в нерабочем состоянии приборы и средства автоматизации подвержены старению, связанному с необратимыми физико-химическими изменениями.

Скорость протекания процессов износа и старения зависит прежде всего от условий эксплуатации приборов и средств автоматизации: температуры и влажности окружающей среды, запыленности, присутствия агрессивных паров и газов, действия магнитных и электрических полей, вибрации и различных излучений. В неизменных эксплуатационных условиях влияние всех перечисленных факторов может быть оценено с точки зрения определения плановых межремонтных интервалов, обеспечивающих эксплуатацию приборов и средств автоматизации при условии нормального выполнения заданных функций.

Преждевременный выход из строя приборов и средств автоматизации возникает в результате перегрузки устройства из-за его неправильного включения или небрежного обращения. Такие виды отказов выявляются либо непосредственно в результате работы, либо при проведении периодической поверки средств измерений. В этом случае необходим внеплановый ремонт.

Плановый ремонт приборов и средств автоматизации чаще всего проводят в период ремонта технологического оборудования после окончания сезона переработки пищевого сырья. Внеплановый ремонт желательно выполнять с заменой ремонтируемых приборов- и средств автоматизации резервными устройствами.

К приборам и средствам автоматизации, направляемым в ремонт, должны быть приложены паспорта, аттестаты или другие технические документы о проведении поверки (если они имеются) и дефектные ярлыки с указанием вида ремонта (плановый или внеплановый). При внеплановом ремонте в ярлыке указывают характер неисправности, вызвавшей ремонт.

В зависимости от характера неисправности прибора и объема повреждений различают текущий и капитальный ремонты. Первый обычно производится на месте установки прибора силами ремонтного персонала, однако может проводиться и в ремонтной мастерской. Текущий ремонт - это минимальный по объему выполняемых работ вид ремонта, при котором обеспечивается нормальная эксплуатация средств измерения и автоматизации (СИА). Наряду с работами по техническому обслуживанию СИА текущий ремонт включает следующие работы:

- частичная разборка и сборка измерительных систем с заменой отдельных негодных деталей (колец, винтов, стрелок);

- частичная разборка и регулировка подвижных систем, исправление или замена поврежденных деталей (пружин, трубок, винтов, крепежных деталей), чистка и смазка узлов;

замена элементов СИА, отработавших ресурс, устранение мелких поломок;  
проверка качества изоляции и состояния цепей измерения и питания СИА;  
исправление уплотнений, устранение люфтов в отдельных механизмах, набивка сальников, замена стекол и шкал;  
устранение неисправностей в сочленениях подвижных деталей.

На пищевых предприятиях большинство СИА подлежат текущему ремонту один раз в 6 мес, а приборы для измерения температуры и газоанализаторы - раз в 4 мес. Поверка завершает текущий ремонт.

Капитальный ремонт СИА проводится в ремонтной мастерской МС или в специализированной организации. Ему подвергаются приборы, имеющие значительный износ деталей, а также повреждения и поэтому требующие восстановления полного или близкого к полному ресурса с заменой или ремонтом любых деталей или узлов.

При капитальном ремонте наряду с выполнением части работ, входящих в текущий ремонт, могут осуществляться также следующие работы:

- установка и регулировка новых шкал или циферблатов;
- ремонт корпуса с рихтовкой установочных поверхностей;
- полная разборка и сборка измерительной части и отдельных узлов, промывка, ремонт или замена деталей (подпятников, пружин, подвесок, грузов и пр.), ремонт узлов или их полная замена;
- разборка и сборка механизмов записи СИ, их ревизия, чистка и замена;
- проверка измерительной схемы средства измерения (СИ), регулировка и подгонка показаний по контрольным точкам, подготовка СИ для сдачи поверителю.

Капитальный ремонт СИ на пищевом предприятии обычно проводится раз в 12 мес. Группа ремонта МС выдает также заявки подразделениям предприятия на изготовление и приобретение деталей, материалов и запчастей для ремонта СИА.

## ***ПРОВОДКИ И ОБОРУДОВАНИЕ***

Ремонт проводок и оборудования включает демонтаж, ремонт и монтаж отборных устройств и узлов установки первичных воспринимающих элементов, встроенных в технологическое оборудование, трубных проводок и кабельных линий, щитов, пультов и т. п. На пищевом предприятии эти работы выполняет группа технического обслуживания, а в центральной МС - группа монтажа и наладки в период остановки и ремонта технологического оборудования.

Остановка технологического оборудования бывает аварийной и плановой. Первая, как правило, кратковременная. Поэтому в этот период выполняют первоочередные неотложные работы, которые нельзя выполнить в процессе нормальной эксплуатации установки. Осмотру и проверке при этом подлежат те узлы систем автоматизации, исправность которых вызывала сомнения при текущем обслуживании приборов и средств автоматизации. Результаты аварийных монтажно-ремонтных работ фиксируют в оперативном журнале дежурного персонала.

При плановой остановке технологической установки в соответствии с действующими инструкциями и указаниями начальник смены последовательно отключает приборы и средства автоматизации, о чем делаются отметки в оперативном журнале. К монтажно-ремонтным работам приступают только после полной остановки технологической установки и отключения приборов и средств автоматизации. Вначале демонтируют те приборы и средства автоматизации, кабельные и трубные проводки, которые из-за своего расположения вблизи технологического оборудования и трубопроводов могут быть повреждены во время ремонта.

Монтажно-ремонтные работы ведут на основании дефектной ведомости, в которой указываются очередность и сроки выполнения работ, и общего графика проведения ремонтных работ. При составлении дефектной ведомости учитывают замечания эксплуатационного персонала.

При плановой остановке монтажно-ремонтные работы ведут в такой последовательности. В первую очередь выполняют работы, которые не могут быть произведены на работающем

технологическом оборудовании, что связано с нарушением герметичности технологического оборудования и трубопроводов. К ним относится ремонт отборных устройств, регулирующих органов, сужающих устройств, трубных проводок, подключенных к отборным устройствам без запорной арматуры, и т. п. Во вторую очередь проводят работы, выполнение которых на действующем оборудовании связано со значительными трудностями или опасностью, как, например, ремонт соединительных трасс, проложенных в труднодоступных местах с высокой температурой окружающей среды. В третью очередь осуществляют ремонтные работы систем автоматизации, на которые отсутствует эксплуатационный резерв, а затем все остальные монтажно-ремонтные работы. Результаты плановых монтажно-ремонтных работ фиксируются в дефектной ведомости или специальных журналах.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

### **К главе 1**

1. Назовите виды технической документации.
2. Какие основные разделы проекта Вы знаете?
3. В каких режимах может функционировать АСУ ТП?
4. Как осуществляется проектирование локальных систем автоматизации?
5. Как осуществляется проектирование автоматизированных систем управления?

### **К главе 2**

1. Что такое структурные схемы?
2. Какие задачи решаются при проектировании структурных схем управления и контроля?
3. Что такое схема автоматизации?
4. Назовите задачи проектирования схем автоматизации.
5. Как осуществляется выбор измерительных приборов?
6. Как проводится выбор регулирующих приборов?
7. Каков порядок выполнения схем автоматизации?
8. Что такое принципиальная схема?
9. Назовите требования, предъявляемые к принципиальным схемам?
10. Какое управление называют централизованным?
11. Что такое алгоритм работы схемы?
12. Назовите методы разработки структурной схемы.
13. Какие требования необходимо учитывать при переходе к принципиальной схеме?
14. Как должны изображаться элементы на принципиальных электрических схемах?
15. Назовите особенности разработки принципиальных пневматических схем.
16. Назовите задачи проектирования систем электропитания.
17. Как осуществляется выполнение принципиальных электрических схем питания?
18. Как осуществляется выбор типа и конструкции щитов и пультов?
19. Назовите методы выполнения схем соединений внутрищитовых проводок.
20. Какие задачи стоят при проектировании электропроводок? трубных проводок?

### **К главе 3**

1. Назовите виды обеспечения АСУ.
2. Какие структуры АСУ ТП Вы знаете?
3. Назовите функции оперативного персонала АСУ ТП.
4. Что входит в проектную документацию по организационному обеспечению?
5. Какие подсистемы входят в техническое обеспечение?
6. Какие документы входят в проектную документацию по техническому обеспечению АСУТП?
7. Какова структура программного обеспечения?



8. Назовите операционные системы.
9. Что относится к информационному обеспечению?
10. Что представляет собой метрологическое обеспечение?
11. Какими признаками характеризуются технологические комплексы?

#### **К главе 4**

1. Какие виды обеспечения характерны для систем автоматизированного проектирования?
2. Чем вызвана необходимость создания САПР?
3. Назовите уровни САПР.
4. Назовите задачи методологического обеспечения САПР.
5. Какие основные типы вычислительной техники Вы знаете?
6. Что такое автоматизированное рабочее место?
7. Назовите специфические операторы языка Бейсик,
8. Как осуществляется модификация информации?
9. Назовите принципы сохранения математического и программного обеспечения.
10. Как реализуются графические операции на микроЭВМ?
11. Изложите методику использования примитивов при вводе графической информации.
12. В чем состоит компоновка аппаратуры по щитам и пультам?
13. В чем заключаются задачи размещения?

#### **К главе 5**

1. Как организуются монтажные и наладочные работы?
2. Как монтируются отборные устройства и первичные измерительные преобразователи?
3. Как осуществляется монтаж приборов, регуляторов и исполнительных устройств?
4. Назовите этапы наладки локальных систем автоматизации.

#### **К главе 6**

1. В чем состоит организация работ при монтаже и внедрении АСУ?
2. Назовите стадии работ при монтаже АСУ.
3. Что входит в проект производства монтажных работ?
4. Назовите этапы наладки технических средств.
5. Назовите типы отладок.
6. Какие Вы знаете методы обнаружения и локализации ошибок в комплексах программ?
7. В чем состоит тестирование и что это? виды его?
8. В чем состоят комплексная наладка и отладка системы?

#### **К главе 7**

1. Назовите задачи эксплуатации приборов и средств автоматизации.
2. Что включает метрологическое обеспечение службы эксплуатации систем автоматизации?
3. Что такое поверка средств измерений?
4. В чем состоит назначение первичного эталона?
5. В чем состоят задачи технического обслуживания службы эксплуатации систем автоматизации?
6. Назовите цель и средства ремонтных работ.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

### **1. Общая характеристика и классификация АСУ ТП**

Все работы, связанные с разработкой новых и совершенствованием действующих АСУ, регламентируются общепромышленными руководящими методическими материалами (ОРММ) и Единой системой стандартов АСУ. Для работ по созданию и развитию АСУ ТП Государственным комитетом СССР по науке и технике в 1986 г. утверждены "Общепромышленные руководящие методические материалы по созданию и применению автоматизированных систем управления технологическими процессами в отраслях промышленности (ОРММ-3 АСУ ТП)", являющиеся обязательными в части состава, содержания и порядка

выполнения работ для всех организаций, участвующих в этих работах.

АСУ ТП предназначена для выработки и реализации управляющих воздействий на технологический объект управления (ТОУ), под которым подразумеваются совокупность технологического оборудования и реализуемого на нем в соответствии с существующим регламентом технологического процесса производства продуктов, полупродуктов, изделий или энергии. В качестве ТОУ могут рассматриваться технологические агрегаты и установки (группы ставок), реализующие самостоятельный технологический процесс, или отдельные производства (цехи, участки), если управление ими носит в основном технологический характер, т. е. заключается в реализации оптимальных (или рекомендованных) режимов работы взаимосвязанного технологического оборудования.

Под автоматизированным технологическим комплексом (АТК) понимается совместно функционирующие ТОУ и управляющая им АСУ ТП. Таким образом, АСУ ТП — Организационно-техническая система управления объектом в соответствии с принятым критерием (критериями) управления, в которой сбор и обработка необходимой информации осуществляется с применением средств вычислительной техники. Особенностью АСУ ТП является участие человека в выработке управляющих воздействий, т. е. это человеко-машинная система.

В системе управления промышленным предприятием в целом АСУ ТП предназначена не только для управления технологическим процессом, являясь нижним уровнем системы управления предприятием, но и для обеспечения смежных и вышестоящих систем оперативной и достоверной технико-экономической информацией. АСУ ТП в сочетании с автоматизированными системами оперативно-диспетчерского управления (АСОДУ) образуют интегрированную автоматизированную систему управления. Они взаимодействуют также с автоматизированными системами технической и технологической подготовки производства при наличии их на предприятии путем обмена необходимой информацией. Если на предприятии создается комплексная система управления качеством продукции, то АСУ ТП выступает в роли ее исполнительной подсистемы. В зависимости от взаимодействия АСУ ТП с другими системами, в том числе и с неавтоматизированными, определяются перечень, форма представления и режим обмена информацией.

Цели функционирования системы сводятся к экономии топлива, сырья, энергии, повышению качества выпускаемой продукции, снижению затрат живого труда и оптимизации работы технологического оборудования. Достижение этих целей осуществляется выполнением совокупности функций системы: основных и вспомогательных, которые по содержанию делятся на информационные и управляющие. Основные функции (потребительские) непосредственно служат достижению целей функционирования системы. Вспомогательные функции предназначены для достижения необходимого качества функционирования (надежности, точности) системы, а также реализуют контроль и управление ее работой.

Информационные функции АСУ ТП должны обеспечивать оперативную и достоверную информацию о состоянии ТОУ и ее представление в смежные системы и оперативному персоналу АТК. К таким функциям относятся контроль и измерение технологических параметров; косвенное измерение параметров, в том числе промежуточных переменных и технико-экономических показателей; контроль состояния оборудования; определение показателей, характеризующих качество функционирования АСУ ТП или ее частей и др.

Содержанием управляющих функций является выработка и реализация управляющих воздействий в ТОУ или его часть для основных функций и на АСУ ТП или ее часть для вспомогательных. К основным функциям относятся регулирование (стабилизация) отдельных технологических переменных, одноканальное логическое управление операциями или аппаратами (защиты), программное логическое управление технологическими аппаратами, оптимальное управление ТОУ, адаптивное управление ТОУ и др. Вспомогательными управляющими функциями могут быть реконфигурация вычислительного комплекса (сети) АСУ ТП, аварийное отключение оборудования АСУ ТП, переключение технических средств АСУ ТП на аварийный источник питания и др.

При проектировании АСУ ТП определяется режим реализации функций системы: автоматизированный или автоматический в зависимости от степени участия людей в выполнении этих функций. Автоматизированный режим при реализации управляющих

функций характеризуется участием человека в выработке (принятии) решений и их реализации. При этом возможны следующие варианты:

ручной режим, когда выбор и осуществление управляющих воздействий производится дистанционно или по месту человеком-оператором на основе информации о ТОУ;

режим советчика, когда комплекс технических средств вырабатывает рекомендации по управлению, а решение об их использовании принимается оперативным персоналом;

диалоговый режим, когда оперативный персонал может корректировать постановку и условия задачи, решаемой комплексом технических средств системы при выработке рекомендаций по управлению объектом.

В автоматическом режиме управляющие функции реализуются без участия человека в следующих вариантах:

косвенное управление, когда средства вычислительной техники изменяют задания и (или) параметры настройки локальных систем автоматического управления (регулирования);

прямое (непосредственное) цифровое управление, когда управляющее вычислительное устройство непосредственно воздействует на исполнительные механизмы.

В автоматизированном режиме выполнение информационных функций также предусматривает участие людей в операциях по получению и обработке информации, в автоматическом режиме все процедуры обработки информации реализуются без участия человека. Согласно существующим нормативным документам выполнение функций АСУ ТП достигается взаимодействием ее составных частей: технического обеспечения (ТО), программного обеспечения (ПО), информационного обеспечения (ИО), организационного обеспечения (ОО), оперативного персонала (ОП).

К общим вопросам, которые являются определяющими при проектировании АСУ ТП, относится классификация АСУ ТП, имеющая принципиальное значение из-за большого разнообразия их. Классификация АСУ ТП производится по разным признакам, которые служат таким задачам, как выбор систем-аналогов на разных этапах разработки АСУ ТП, оценка необходимых ресурсов при укрупненном планировании работ по созданию АСУ ТП, определение качества (научно-технического уровня) АСУ ТП.

Основными классификационными признаками АСУ ТП являются уровень, занимаемый ТОУ и АСУ ТО в организационно-производственной структуре предприятия; характер протекания технологического процесса во времени; показатель условной информационной мощности ТОУ; уровень функциональной надежности АСУ ТП; тип функционирования АСУ ТП. По каждому из признаков и по любым их сочетаниям можно выделить независимо рассматриваемые АСУ ТП: конкретному индексу одного (или нескольких) признака могут соответствовать любые индексы других признаков. Например, по уровню, занимаемому в структуре предприятия, АСУ ТП классифицируются в соответствии с табл. 1.1. При этом к подклассу 3 относятся АСУ ТП, объединяющие в своем составе АСУ ТП подклассов 1 и 2.

В табл. 1.2 приведена классификация АСУ ТП по второму признаку. Условная информационная мощность ТОУ характеризует число технологических переменных, измеряемых

### **1.1. Классификация АСУ ТП по уровню, занимаемому в организационно-производственной иерархии**

Наименование класса	Код	Примеры ТОУ
АСУ ТП нижнего уровня	1	Технологические агрегаты, установки, участки машиностроительного производства
АСУ ТП верхнего уровня	2	Группы установок, цехи, производства; не включают в себя АСУ ТП нижнего уровня
АСУ ТП много-уровневые	3	То же, что и в классе 2, но включают АСУ ТП нижнего уровня

### 1.2. Классификация АСУ ТП по характеру протекания управляемого технологического процесса во времени

Наименование класса	Код	Характер технологического процесса
АСУ непрерывным технологическим процессом	Н	Непрерывный, с длительным поддержанием режимов, близких к установившимся, и практически безостановочной подачей сырья и реагентов
АСУ непрерывно-дискретным процессом	П	Сочетание непрерывных и прерывных режимов функционирования разных технологических агрегатов или на разных стадиях процесса (в том числе - периодические процессы)
АСУ дискретным технологическим процессом	Д	Прерывистый, с несущественной для управления продолжительностью технологических операций

### 1.3. Классификация АСУ ТП по условной информационной мощности

Типовая информационная мощность	Код	Число измеряемых или контролируемых технологических переменных	
		минимальное	максимальное
Наименьшая	1	-	40
Малая	2	41	160
Средняя	3	161	650
Повышенная	4	651	2500
Большая	5	2501	Не ограничено

или контролируемых данной АСУ ТП (табл. 1J). Уровень функциональной надежности в ряде случаев имеет определяющее значение. Классификация по этому признаку приведена в табл. 1.4. В табл. 1.5 выделены виды АСУ ТП по совокупности автоматически выполняемых информационных и управляющих функций, т. е. по типу функционирования<sup>^</sup>. Пользуясь данными таблиц, можно обозначить найденный подкласс АСУ ТП в кодовой или словесной форме. Например, словесному обозначению "АСУ непрерывным технологическим процессом в агрегате, относящаяся к локально-автоматическому типу, с 250 технологическими переменными и средним уровнем функциональной надежности" соответствует кодовое обозначение 1Н32Л. Приведенная классификация облегчает выбор систем-аналогов и оценку ресурсов, качества и других характеристик АСУ ТП.

### 1.4. Классификация АСУ ТП по уровню функциональной надежности

Уровень функциональной надежности	Код	Краткая характеристика уровня надежности
Минимальный	1	Регламентируется, но отказы в АСУ ТП не приводят к остановкам ТОУ
Средний	2	Регламентируется, отказы в АСУ ТП приводят к остановкам ТОУ
Высокий	3	Жестко регламентируется, так как отказы АСУ ТП создают возможность аварий

## 1.5. Классификация АСУ ТП по типу функционирования

Условное наименование типа функционирования	Код	Краткая характеристика особенностей функционирования системы
Информационный	И	Автоматически выполняются только информационные функции, решения по управлению принимает и реализует оператор
Локально-автоматический	Л	Автоматически выполняются информационные функции и функции локального управления (регулирования). Решения по управлению процессом в целом принимает и реализует оператор
Советующий	С	Автоматически выполняются функции информационные и локального управления, а также вырабатываются и представляются оператору рекомендуемые значения управляющих воздействий, обеспечивающие оптимизацию работы ТОУ в соответствии с выбранным критерием
Автоматический	А	Все функции АСУ ТП, включая управление процессом по критерию, выполняются автоматически

## 2. Проектирование систем автоматизации на основе использования микропроцессорных контроллеров типа ремиконт, ломиконт и димиконт

## 2.1. Краткая характеристика и назначение контроллеров

Наименование	Краткая характеристика и
Регулирующий микропроцессор- Проектно-компонуемый многоцелевой контроллер /МПК/ — ремиконт	общепромышленного назначения, предназначенный для автоматического регулирования технологических процессов автономно или на нижнем уровне распределенной АСУ ТП
Логический МПК — ломиконт	Проектно-компонуемый многоцелевой контроллер общепромышленного назначения с программой пользователя на языке Микрол, предназначенный для логико-программного управления и

## 2.2. Краткая характеристика и назначение моделей МПК

Модель	Краткая характеристика и назначение
--------	-------------------------------------

Р-110/Р-112/ МПК большой канальности, одиночный /дублированный/, предназначенный для решения задач автоматического регулирования

коэффициенты /—15,99 ... 15,99/, коэффициент пропорциональности /—127,9 ... 127,9/ и постоянные времени /О ... 819,0 с и мин в первом диапазоне, 0... 819,0 мин и ч во втором диапазоне/.

**Функциональные параметры логической модели:** максимальное число независимых одновременно выполняемых программ 4; максимальное число этапов 89; максимальное число шагов в каждом этапе 20; выполнение программы может быть однократным, многократным или циклическим при максимальном числе повторений программы или отдельных ее этапов 8191; конструкция программы линейная или с разветвлением по условиям; возможные состояния программы — пуск, стоп, сброс, пуск одного шага, ожидание, конец программы; контролируемые параметры — номер программы, номер повторения, номер этапа, время до истечения контрольного времени, состояние программы, состояние до 32 дискретных сигналов, ошибки программы.

**Параметры интерфейса.** Локальная сеть "Транзит": топология сети - кольцо, максимальное число контроллеров в одной сети 15, максимальное расстояние сети между соседними контроллерами 500 км, вид кабеля — витая пара, имеется защита сети при отказе контроллера, цепи интерфейса изолированы от других цепей.

Связь с абонентом через "Шлюз": вид интерфейса — ИРПС, максимальное расстояние между абонентом и шлюзом 500 м, частота обмена 9,6 кбит/с, вид кабеля — две витые пары.

**Конструктивные и эксплуатационные характеристики:** габаритные размеры блока контроллера в приборном исполнении 80 x 160 x 300 мм, в настенном исполнении 300 x 160 x 110 мм; напряжение питания 24, 220 и 240 В; частота 50 и 60 Гц; потребляемая мощность 9 Вт, 12 В-А; время сохранения информации при отключении питания 168 ч; требование к месту установки - закрытое взрыво- и пожаробезопасное помещение, не содержащее агрессивных паров и газов, при отсутствии вибрации мест крепления ремиконта /частотой свыше 25 Гц и с амплитудой более 0,1 мм/ и наличии защиты от влияния **внешних** магнитных полей с напряженностью более 400 А/м, температуре окружающего воздуха 1—50 °С, относительной влажности 30-80 % и атмосферном давлении 84—106,7 кПа.

**Состав реммонта.** Базовая часть: блок контроллера БК-21. Проектно-компонруемая часть: пульт настройки ПН-21, резисторы нормирующие РН-21, межблочный соединитель для приборных цепей МБС-20, блок питания БП-21, блок усилителя для термодар БУТ-20, блок усилителя для термометров сопротивления БУС-20, блок усилителя мощности БУМ-20, блок переключений БПР-20, шлюз ИДЛ-21, блок стирания БСТ-21, клеммно-модульные соединители КБС-20 для размножения общих точек, КБС-21 для соединения ПН-21, БУТ-20, БУС-20 и БУМ-20, КБС-22 для дискретных цепей ввода-вывода БК-21 и БПР-20, КБС-23 для аналоговых цепей ввода-вывода БК-21.

#### **2.4. Технические характеристики и состав ремиконтов Р-122, Р-120, Р-112, Р-110**

**Аналоговые входные сигналы:** унифицированные постоянного тока — 0—5, 0—20, 4—20 мА и 0—10 В. Максимальное число аналоговых входов 64 /8 групп по 8 входов/.

**Дискретные входные сигналы:** логический "О" /постоянное напряжение 0 и 2,4 В/, логическая "1" /постоянное напряжение ± 19,2 ... 28,8 В/. Максимальное число дискретных входов 63 /8 групп по 8 входов, каждый вход имеет три шины — общую, "цепь 1" и "цепь 2", всего - до 126 входов/.

**Аналоговые выходные сигналы:** унифицированные постоянного тока - 0-5, 0-20, 4—20 мА и 0—10 В. Максимальное число аналоговых выходов 64 /8 групп по 8 выходов/. Входные и выходные сигналы постоянного тока 0—5, 0—20 и 4—20 мА имеют гальваническое разделение: каждый вход гальванически отделен от другого, каждый выход гальванически отделен от другого, входы гальванически отделены от выходов, входы-выходы гальванически отделены от общей шины ремиконта. Входные и выходные аналоговые сигналы постоянного тока 0—10 В гальванического разделения не имеют.

**Импульсные выходные сигналы:** в виде состояния выходного транзистора, логический "О" — разомкнутое, логическая "1" — замкнутое. Коммутирующая способность — по напряжению постоянного тока до 48 В, по силе тока до 0,2 А. Максимальное число импульсных

выходов - до 64 (8 групп по 8 выходов, каждый выход имеет три шины - общую шину, шину "меньше" и шину "больше").

**Дискретные выходные сигналы:** также в виде состояния выходного транзистора и с той же коммутирующей способностью, что и импульсные выходные сигналы. Максимальное число дискретных выходов 63 (8 групп по 8 выходов, каждый выход имеет три шины — общую, шины "цепь 1" и "цепь 2", всего — 126 выходов). Входные дискретные, выходные дискретные и импульсные сигналы гальванически отделены один от другого и от общей шины ремиконта; шины "цепь 1" и "цепь 2" дискретных входных сигналов между собой гальванически связаны; аналогично гальванически связаны между собой "цепь 1" и "цепь 2" дискретных выходных сигналов, а также шины "меньше" и "больше" импульсных выходных сигналов.

Максимальное суммарное число входов—выходов зависит от конкретного сочетания входных и выходных сигналов и лимитируется числом модулей ввода—вывода, которые можно установить в один каркас.

**функциональные параметры:** число алгоблоков 64 (8 зон по 8 алгоблоков); число алгоритмов управления 45; время цикла 0,27; 0,51; 1,02; 2,04 с; каждый алгоблок имеет 8 входов и 3 выхода и может работать в одном из семи режимов: автоматическом, каскадном, супервизорном, ручном, дистанционном, запрета и слежения; соединение алгоблоков с модулями УСО и между собой осуществляется с помощью технологического программирования.

**Параметры интерфейса:** вид интерфейса — ИРПС, длина линии связи 1 км, вид кабеля — две витые пары, частота обмена 4,8 кбит/с. Связь только с устройствами верхнего уровня по четырем каналам.

**Конструктивные и эксплуатационные характеристики:** габаритные размеры в шкафом напольном исполнении 800 X 1914<sup>x</sup> 720 мм, в шкафом настенном исполнении 800 x 882 x 465, в приборном исполнении 620 x 395 x 565, в каркасном исполнении

520 X 280 x 207 мм; напряжение питания 220 „» или 240 ..ж В; частота питающей сети

^

""-1370

""1J7&

50 ±2 % или 60 ±2 % Гц; потребляемая мощность Р-110 - 180, Р-112 - 360, Р-120 - 120, Р-122 - 240 В-А; время сохранения информации при отключении питания 360 ч; требования к месту установки — закрытое взрывобезопасное помещение, температура окружающей среды 0—40 °С, относительная влажность до 80 %.

**Состав ремиконта.** Базовый комплект: шкаф или кожух; каркасы К-110 или К-120; модули: процессора ПРЦ5, постоянного запоминающего устройства ПЗУ2, оперативного запоминающего устройства ОЗУ4, управления и сигнализации МУС2; блок питания стабилизированный БПС-5; панель оператора ЯО-2; батарея сухих элементов БСЭл; блок вентиляторов на шкаф или на кожух.

Проектно-компонованный комплект: модули - аналого-цифрового АЦП2, дискретно-цифрового ДЦП2, цифро-аналогового ЦАП2, цифро-дискретного ЦДП2, цифро-импульсного ЦИП2 преобразователей; модуль интерфейсной связи МИС2; разделители гальванические входной РГ12 и выходной РГ22; блок преобразования напряжения БПН-24 и, блок переключений БПР-5; соединители: клеммно-модульные КМС1, КМС2, КМС3 и КМС4 и межмодульные ММС1 и ММС2.

## 2.5. Технические характеристики и состав ломиконтов Л-122, Л-120, Л-112, Л-110

**Аналоговые входные сигналы:** унифицированные постоянного тока 0—5, 0—20, 4—20 мА и 0—10 В; максимальное число аналоговых входов 128.

**Дискретные входные сигналы:** состояние "сухих" контактов или напряжение постоянного тока любой полярности — логический "О" — О/О...2,4/В, логическая "1" — 24/19,2 ... 28,8/В. Максимальное число дискретных входов 512.

**Импульсные входные сигналы:** допустимы двух типов — одиночная последовательность импульсов или двойная последовательность импульсов, в которой одна последовательность сдвинута по фазе относительно другой на 90°. Для одиночной последовательности ломиконт считает число импульсов, для двойной — число импульсов с учетом знака. Импульс реализуется напряжением постоянного тока любой полярности: логический "О" — О ... 2,4 В,



логическая "1" — 9,6 ... 28,8 В, сила потребляемого тока 10 ... 15 А, максимальная частота 50 кГц. Максимальное число импульсных входов 8.

**Аналоговые выходные сигналы:** унифицированные постоянного тока 0—5, 0—20, 4—20 мА и 0—10 В. Максимальное число аналоговых выходов 64. Входные и выходные сигналы постоянного тока 0—5, 0—20, 4—20 мА имеют гальваническое разделение входов один от другого, выходов один от другого, входов от выходов, входов—выходов от общей шины /ОШ/ ломиконта. Входные и выходные сигналы 0—10 В гальванического разделения не имеют.

**Дискретные /импульсные/ выходные сигналы:** напряжение постоянного тока 0 или 24 В или состояние транзисторных ключей, коммутирующих цепи постоянного тока определенной полярности: логический "О" — разомкнутое, логическая "1" — замкнутое; коммутирующая способность транзисторных ключей по напряжению 48 В, по силе тока до 0,2 А. Каждый импульсный выход имеет среднюю точку, выход "меньше" и выход "больше". Максимальное число дискретных выходов 256, импульсных 32. Дискретные входные и выходные сигналы попарно гальванически связаны между собой. Пары дискретных входов, импульсные входы, пары дискретных выходов, импульсные выходы — все гальванически разделены один от другого и от ОШ ломиконта.

**Функциональные характеристики:** объем программы пользователя (программы управления конкретным технологическим объектом) ПрП — до 16 кбайт; структурно ПрП состоит из 8 программных блоков с 32 программными секциями в каждом; объем секции — не более 256 байт; язык программирования Микрол; число таймеров с дискретностью 1 с — 32 при диапазоне таймера 1 с — 24 ч; число таймеров с дискретностью 100 мс — 32 при диапазоне таймера 100 мс — 1 ч; число таймеров с дискретностью 10 мс — 8 при диапазоне таймера 10 мс - 10 с; число счетчиков - до 128 при диапазоне счетчика -1000... +1000; время цикла /в зависимости от объема и сложности ПрП/ — от 30 мс до 0,5 с.

**Параметры интерфейса:** вид интерфейса — последовательный ИРПС и параллельный ИРПР; число каналов ИРПС 5, ИРПР 2; возможность образования локальной Л-сети кольцевой и радиальной конфигураций, а также связи с ЭВМ более высокого уровня управления; при связи по ИРПС: вид кабеля - витые пары с шагом свивки 8-10 мм, длина линии связи 500 м при частоте обмена 9,6 кбит/с и 4000 м при частоте обмена 1,2 кбит/с; при связи по ИРПР максимальная длина линии связи 15 м.

**Конструктивные и эксплуатационные характеристики:** габаритные размеры в шкафом настенном исполнении 800 X 995 X 500, в шкафом напольном исполнении 800 X 1950 X 720, в исполнении в виде кожуха 620 X 415 X 566, каркаса 520 X 280 X 207 мм; напряжение питания 220 или 240 В; частота питающей сети 50 или 60 Гц; потребляемая мощность не более 250 В·А на один каркас; требования к месту установки — закрытое взрывобезопасное помещение, температура окружающей среды 0—50 °С /для пульта 0—40 °С/, относительная влажность — не более 80 %.

**Состав ломиконта.** Базовый комплект: шкаф или кожух; каркасы К-110 или К-120; модули: процессора ПРЦ5, постоянного запоминающего устройства ПЗУ2, оперативного запоминающего устройства системной памяти ОЗУ4.7 и основной оперативной памяти ОЗУ4.4, управления и сигнализации МУС2, интерфейсной связи МИС2; блок стабилизированного питания БПС-5 и батарея сухих элементов БСЭл.

Проектно-компонентный комплект: модули, блоки и соединители, входящие в проектно-компонентный комплект ремиконта, а также пульт помиконта, модули: импульсно-цифрового преобразователя ИЦП2, интерфейсный параллельный МИП, программируемой памяти МПП с вставленным микромодулем перепрограммируемого запоминающего устройства ППЗУ^ оперативного запоминающего устройства системной памяти ОЗУ4.7 и дополнительной оперативной памяти ОЗУ4.5, а для моделей Л-110 и Л-112 — каркас К-110, блок стабилизированного питания БПС-5, модуль связи каркасов МСК; для моделей Л-112 и Л-122 - модуль интерфейсной связи МИС2.

## 2.6. Технические характеристики и состав демиконта Д-110

**Входные цепи:** число входных непрерывных и /или/ дискретных сигналов, принимаемых по ИРПС, — до 512, частота обмена 4,8 кбит/с.

**Устройство отображения информации:** тип модуля цветной индикации /МЦИ/ -А543-14М/2 или аналогичный; количество подключаемых МЦИ — до 2; информационная емкость экрана 64 знака X 32 строки; количество цветов изображения — 8 цветов контура символов и 8 цветов фона; количество масштабов изображения 4/1:1,2:1,4:1,8:1/.

**Устройство документирования информации:** тип принтера — устройство печати знаковсинтезирующее А521-4/6 или аналогичное; интерфейс - ИРПР, длина интерфейсной связи 15 м; метод формирования знака — матрица 5Х7; максимальная скорость печати 100 зн/с; количество различных печатных знаков 96; максимальное количество знаков в строке 128; носитель информации — бумага шириной 420 мм.

**Устройство связи с оператором:** количество подключаемых клавиатур 2; связь с клавиатурой - последовательный канал, длина связи 50 м; количество клавиш для технологического программирования до 115, для оператора-технолога до 70.

**Устройство внешней памяти:** тип подключаемого устройства — КНМЛ СМ5211; интерфейс — ИРПР, длина 5 м; скорость передачи информации 1,5 ±0,05 кбайт/с; плотность записи 32 бит/мм; емкость дорожки — до 250 кбайт.

**Конструктивные и эксплуатационные характеристики:** габаритные размеры в шкафом и каркасном исполнении те же, что и у ломиконта; напряжение питания 220 В; частота питающей сети 50 Гц; потребляемая мощность /без периферийных устройств/ не более 300 В-А; требования к месту установки — закрытое взрывобезопасное помещение, температура окружающей среды 0—40 °С, относительная влажность не более 80 %.

**Состав димиконта.** Димиконт состоит из блока управления, решающего задачи отображения и документирования информации, организации связи с оператором, и блока связи с объектом БСО, т. е. с Р-110, Л-110 и ЭВМ. При проектировании учитывается другое деление Д-110 — на базовый и проектно-компонуемый комплекты.

Базовый комплект: модули — дисплейной синхронизации МДС, дисплейной памяти МДП, периферийного микропроцессора МПМ, процессора ПРЦ5, оперативного запоминающего устройства ОЗУ4, постоянного запоминающего устройства ПЗУ2, управления и сигнализации МУС2, расширения памяти МРП, согласователь МС; блок стабилизированного питания БПС-5; батарея сухих элементов БСЭл; каркас К-120 и соединители ММС3, ММС5 и ММС6; блок вентиляторов БВ-1; клавиатура оператора-технолога КлОТ.

Блок управления проектно-компонуемого комплекта: МДП, МДС, А543-14М/2, МПМ, А521-4/6, модуль интерфейсный параллельный МИП, устройство внешней памяти СМ5211, КяОТ, МРП, модуль связи каркасов МСК1.

Блок связи проектно-компонуемого комплекта: ПРЦ5, ПЗУ2, ОЗУ4, МУС2, МСК2, БПС-5, БСЭл, БВ-1, блок преобразования напряжения БВН-24, каркас, шкаф и гибкие соединители.

## 2.7. Проектная компоновка ремиконтов

1. Постановка задачи путем разработки СА технологического процесса.
2. Проверка алгоритмического соответствия поставленной задачи и библиотеки стандартных алгоритмов ремиконта. При положительном ответе, переходят к следующему пункту, при отрицательном — пересматривают постановку задачи.
3. Выбор типа ремиконта из условий обеспечения необходимой живучести, надежности и стоимости системы автоматизации.
4. Распределение задач по ремиконтам из условий обеспечения максимальной надежности системы, **минимизации** числа и длины линий связи, возможности наращивания системы, максимальной загрузки модулей УСО и т. п.
5. Проверка соответствия алгоритмической емкости задачи и алгоритмической мощности ремиконта.
6. Проверка соответствия информационной емкости задачи и информационной мощности ремиконта.
7. Распределение задач по алгоблокам.
8. Расчет аппаратного состава ремиконта.

9. Проверка соответствия аппаратного состава ремиконта количеству мест.
10. Составление формулы для заказа ремиконта.
11. Составление принципиальной **схемы** скомпонованного ремиконта.
12. Составление таблицы конфигураций, определяющей связи входов и выходов алгоблоков между собой и с каналами входных и выходных УСО.
13. Составление таблицы коэффициентов настройки алгоблоков.
14. Составление схемы и таблицы расположения модулей в каркасе.
15. Составление схемы расположения клеммных колодок.
16. Составление схемы соединений ремиконта.
17. Составление таблицы соединений для цепей питания дискретных модулей.
18. Составление схемы подключения БПР-5.
19. Составление схемы подключения интерфейсных цепей.
20. Составление таблицы клеммно-модульных соединений.
21. Составление таблицы межмодульных соединений.
22. Составление спецификации заказа.

Приведенная пооперационная процедура проектной компоновки ремиконта включает в себя два этапа: разработка /пп. 1-Ю/ и документирование /пп. 11—22/.

### **3. Условные обозначения приборов и средств автоматизации в схемах автоматизации технологических процессов (по ГОСТ 21.404-85)**

#### **3.1\* Условные обозначения элементов устройств систем автоматизации**

Наименование	Обозначение и размеры	
	Основн	Допуска
Прибор, устанавливаемый вне щита (по месту): на технологическом трубопроводе, аппарате, стене, полу, колонне, металлоконструкции	г	,®
		y \ i
		IS

#### Основное

Прибор, устанавливаемый на щите, пульте

Исполнительный механизм. Общее

Положение регулирующего органа при энергии или управляющего сигнала не

Исполнительный механизм,

орган при прекращении подачи энергии сигнала

Исполнительный механизм,

закрывающий регулирующий орган при управляющего сигнала

Исполнительный механизм, который при подаче энергии или управляющего регулирующего орган в неизменном

Исполнительный механизм с

ручным приводом (обозначение может

рисующих положение регулирующего органа при прекращении подачи энергии

Линия связи

*Продолжение*

Наименование	Обозначение и размеры
--------------	-----------------------

Пересечение линий связи без соединения друг с другом —  
1—

Пересечение линии связи с соединением между собой А

Примечание. Отборное устройство для всех постоянно подключенных приборов не имеет специального обозначения, а представляет собой тонкую сплошную линию», соединяющую технологический трубопровод или аппарат с первичным измерительным преобразователем или прибором. При необходимости указания точного места расположения отборного устройства или точки измерения (внутри контура технологического аппарата) в конце тонкой линии изображается окружность диаметром 2 мм.

### 3.2. Буквенные обозначения

#### *Основное обозначение измеряемой величины*

Плотность	<i>D</i>	Расход	
Любая	<i>B</i>	Размер, положение,	<i>F</i>
электрическая	<i>H</i>	перемещение	
величина Ручное	<i>V</i>	Температура Несколько	<i>G</i>
воздействие	<i>л</i>	разнородных	
Время, временная		измеряемых величия	<i>T</i>
программа		Вязкость . <i>v</i>	
Уровень	<i>L</i>	1,1 , T-t	
Влажность	<i>Mf</i>	<sup>Мас</sup> Резерв A, B, C, I, J, N, O, I	
Величина, характе	<i>Q</i>		
ризующая			
качество,			
состав,			
и т. п.			
Радиоактивность	<i>R S</i>	Не рекомендуемая	<i>X</i>
Скорость, частота		резервная буква	

#### *Дополнительное обозначение, уточняющее измеряемую величину*

Разность, перепад *D* Автоматическое переключе-  
Соотношение, доля, дробь *F* чение,обегавие

Интегрирование, сумми-  
*Q* рование по времени

Функциональный признак прибора (ФПП) —  
отображение информации

ФПП — формирование выходного сигнала

Автоматическое      С      Включение, очение S  
 регулирование,      отклї      , K, O. Y.

Продолжение

ФПП — отображение информации

Верхний предел      Я      Нижний предел      L измеряемой величины  
 измеряемой величины

### 3.3. Методика построения графических условных обозначений

В верхнюю часть окружности вносят буквенные обозначения измеряемой величины и функционального признака прибора в такой последовательности: основная измеряемая величина; обозначение, уточняющее (если это необходимо) основную измеряемую величину; обозначение (обозначения) функционального признака прибора. Расположение буквенных обозначений функциональных признаков (если их несколько в одном приборе) должно быть следующим: *IRCSA* (рис. 1).

При построении условных обозначений приборов следует указывать не все функциональные признаки прибора, а лишь те, которые используются в данной **схеме**.

В нижнюю часть окружности вносят позиционное обозначение (цифровое или буквенно-цифровое), служащее для нумерации комплекта измерения или регулирования (при упрощенном способе построения условных обозначений) или отдельных элементов комплекта (при развернутом способе построения условных обозначений) по спецификации проекта. В отдельных случаях, когда позиционное обозначение не помещается в окружности, допускается нанесение его вне пределов окружности.

Буквенные обозначения устройств, выполненных в виде отдельных блоков и предназначенных для ручных операций, независимо от того, в состав какого комплекта они входят, должны начинаться с буквы *Н*. Буква *А* применяется для обозначения функции "сигнализации" независимо от того, внесена ли сигнальная аппаратура на какой-либо щит или для сигнализации используются лампы, встроенные в сам прибор. Сигнализируемые предельные значения измеряемых величин следует конкретизировать добавлением букв *Я* и *В*.

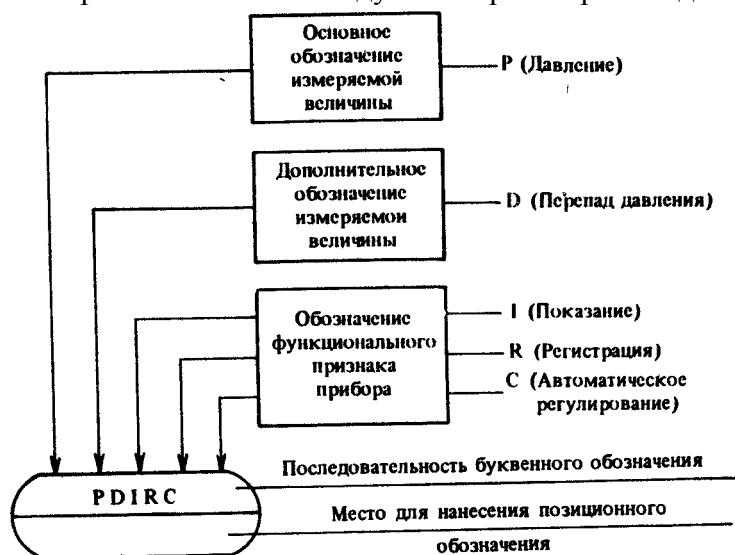


Рис. 1. Принцип построения условного обозначения прибора

Буква *В* используется для обозначения контактного устройства прибора, служащего для включения, отключения, блокировки и т. д., но не для обозначения функции регулирования (в том числе позиционного). При применении контактного устройства прибора для включения, отключения и одновременно для сигнализации в обозначении прибора используют две буквы: *S* и *A*.

Для конкретизации измеряемой величины *Q* справа от изображения прибора необходимо

указывать наименование или символ измеряемой величины, например напряжение, сила тока, рН, О; и т. д. При необходимости около изображения прибора допускается указывать вид радиоактивности, например а-, р- или у-излучение.

При использовании буквы *U* для обозначения прибора, измеряющего несколько разнородных величин, подробная расшифровка **этих** величин должна быть приведена около прибора или на поле чертежа. Подвод линии связи к символу прибора допускается изображать в любой точке окружности (сверху, снизу, сбоку). При необходимости указания направления передачи сигнала на линиях связи допускается наносить стрелки.

Условные графические обозначения выполняются линиями толщиной 0,5—0,6 мм, а горизонтальная разделительная черта внутри обозначения и линии связи — 0,2—0,3 мм; размер шрифта буквенных обозначений 2,5—3,5 мм.

Для обозначения величин, не предусмотренных данным стандартом, могут быть использованы резервные буквы. При этом многократно применяемые величины следует обозначать одной и той же резервной буквой. Для одноразового **или** редкого применения может быть использована буква *X*. При необходимости резервные буквенные обозначения должны быть расшифрованы на **схеме**. Не допускается в одной и той же документации применение одной резервной буквы для обозначения разных величин.

### 3.4. Дополнительные буквенные обозначения, применяемые для указания дополнительных функциональных признаков приборов, преобразователей сигналов и вычислительных устройств

Чувствительный элемент (устройства, выполняющие	<i>B</i>
первичное преобразование: преобразователи	<i>T</i>
термоэлектрические, термопреобразователи сопро-	<i>K</i>
тивления, датчики пирометров, сужающие	
устройства расходомеров и т. п.) Дистанционная	<i>Y</i>
передача (приборы бесшкальные с дистанционной	

#### *Операции, выполняемые вычислительным устройством*

Род энергии	<i>B</i>	Суммирование	<i>E</i>
пневматически	<i>P</i>	Умножение величины	<i>K</i>
гидравлически	<i>C</i>	на постоянный	
Вид форм	<i>A</i>	Перемножение величин	<i>x</i>
сигнала:		двух и более сигналов	
дискретный	<i>D</i>	Возведение величины	<i>/</i> "
		в степень <i>л</i> Извлечение	<i>п „...- •</i>
		из величины	<i>...—.</i>
		сигнала корня степени <i>п</i>	<i>x(-1)</i>
		Изменение знака сигнала	

*Продолжение*

Ограничение верхнего  $\max$

значения сигнала

Ограничение нижнего  $\min$

значения сигнала

Логарифмирование  $\lg$

Дифференцирование  $\frac{d}{dt}$

Интегрирование  $\int$

Связь с  
вычислительным

комплексом

передача сигнала на  $v_i$   
ЭВМ

вывод информации с  $Bo$   
ЭВМ

При построении условных обозначений преобразователей сигналов и вычислительных устройств надписи, расшифровывающие вид преобразования **или** операции, выполняемые вычислительным устройством, наносятся справа от графического обозначения прибора.

### 3<sup>^</sup>. Примеры построения усвоваемых обозначений

Характеристика прибора	Обозначение
------------------------	-------------

Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент)  $tn^{\wedge}$  для измерения температуры, установленный по месту (например, ( . ) термopapa, термопреобразователь сопротивления, термобаллон '•-^ манометрического термометра, датчик пирометра дт. п.)

Прибор для измерения температуры показывающий, установленный  $/77^{\wedge}$  по месту (например, термометр ртутный, термометр манометрический \J и т. п.)

Прибор для измерения температуры показывающий, установленный  $ПП\backslash$  на щите (например, логометр, потенциометр, мост автоматический I J и т. п.) —

Прибор для измерения температуры бесшкальный с дистанционной -  $/??\backslash$  передачей показаний (ДПП), установленный по месту (например, (^ ) термометр манометрический или любой другой датчик  $^{\wedge}''^{\wedge}$

установленный на щите (например, вторичный прибор  $У^{\wedge}Л\text{»}-^{\wedge}$  и регулирующий блок системы СТАРТ)

Байпасная панель дистанционного управления,

Продолжение

Характеристика прибора	Обозначение
------------------------	-------------

Переключатель электрических цепей измерения (управления),  $tn5\backslash$  переключатель для газовых (воздушных) линий 1 \ установленный на щите  $^{\wedge}'''^{\wedge}$

Прибор для измерения давления (разрежения) показывающий,  $/Tff\backslash$  установленный по месту (например,









Прибор для измерения перепада давления показывающий,  $/ЯЙ\backslash$  установленный по месту (например, дифманометр  $^{\wedge}$  ) показывающий)

Прибор для измерения давления с контактным устройством,  $r^{\wedge}\backslash$  установленный по месту (например, реле давления)  $\backslash^{\wedge}$

Прибор для измерения давления (разрежения)  $\Delta$   
 показывающий, с контактным устройством,  
 установленный  $C^{\Delta}$  по месту (например,  
 электроконтактный манометр,  $\Delta^{\Delta}$  вакуумметр и т. п.)  $\Delta^{\Delta}$   
 $\Gamma^{\Delta}$  Регулятор давления прямого действия "до себя" .  $\Delta^{\Delta}$ -У  
 Первичный измерительный преобразователь  $\Delta^{\Delta}$   
 (чувствительный элемент) для измерения расхода,  $iK\}$   
 установленный по месту (например, диафрагма, сопло,  $\Delta^{\Delta}$ -У  
 -----  
 Прибор для измерения расхода бесшкальный, с  
 дистанционной  $III^{\Delta}$  передачей показаний, установленный по  
 месту (например, дифма- V ) нометр (ротаметр)  
 Прибор для измерения соотношения расходов с ДПП,  
 установленный  $\Delta^{\Delta}$ -ж на щите (например, любой вторичный  
 прибор для регистрации  $\Gamma^{\Delta}$ ) соотношения расходов)  $V^{\Delta}$ —/  
 Прибор для измерения расхода интегрирующий,  
 установленный по  $/D5^{\Delta}$  месту (например, любой  
 бесшкальный счетчик-расходомер с 1  $i$  интегратором) -  $^{\Delta}$   
 Прибор для измерения расхода интегрирующий, с  
 устройством для  $/fQl5^{\Delta}$  выдачи сигнала прохождения  
 заданного количества, установленный  $\Delta^{\Delta}$  по месту  
 (например, счетчик-дозатор)  
 Первичный измерительный преобразователь  
 (чувствительный  $\Delta^{\Delta}$  элемент) для измерения уровня,  
 установленный по месту ( $^{\Delta}$ ) (например, датчик  
 Прибор для измерения уровня с контактным устройством,  
 $/\Delta^{\Delta}$  установленный по месту (например, реле уровня)  $\Delta^{\Delta}$

---



Характеристика прибора	Обозначение
Прибор для измерения уровня бесшкальный, регулирующий, с контактным устройством, установленный по месту (например, электрический регулятор-сигнализатор Буква Я в данном примере означает регулирование уровня)	$/77?\backslash^{\wedge}$  # уровня. верхнего
Прибор для измерения уровня показывающий, с контактным устройством, установленный на щите (например, показывающий прибор с сигнальным устройством. означают сигнализацию верхнего и нижнего уровней)	$\text{---} \text{---}^{\wedge}$  # вторичный Буквы Hu L уровней) $C^{II!}$ $\text{---}\backslash^{\wedge}!$
Прибор для управления процессом по временной программе, щите (например, многоцепное реле времени)	$/\backslash^{\wedge}$ установленный на $\text{---}\backslash^{\wedge}/$
Первичный измерительный преобразователь элемент) для измерения качества продукта, месту (например, датчик рН-метра)	 (чувствительный установленный по $/7!T\backslash pH$ $N\text{---}'$ )
' Прибор для измерения скорости вращения привода установленный на щите (например, вторичный	 регистрирующей, $\backslash\sim^{\wedge}$ прибор тахогенератора) $v_{\cdot}'$
Прибор для измерения нескольких разнородных регистрирующий, установленный по месту самопишущий дифманометр-расходомер с допосительной	 величин (например, $V'fffP)$ $/Я?\backslash$ I j записью давления) ' , ' ' $v=f(FP)$ 
i Прибор для измерения массы продукта показывающий, I ) (например, устройство электроннотензометрическое, сигнализирующее)	$/\backslash K\backslash$ с контактным устройством, установленный по месту $I$ ) (например, устройство электроннотензометрическое, $\sim^{\wedge}$
Прибор для контроля погасания факела в печи бесшкальный, устройством, установленный на щите (например, защитного устройства. Применение резервной буквы В должно быть оговорено на поле схемы)	$/д? \backslash$ с контактным $\backslash''j$ вторичный прибор запально-
Преобразователь сигнала, установленный на щите. электрический, выходной — тоже электрический измерительный, служащий для термоэлектрического в сигнал постоянного тока)	 Входной $/77\backslash^{\wedge}$ сигнал $\backslash\text{---}j$ (например, преобразователь '—' преобразования термоЭДС термометра
Преобразователь сигнала, установленный по месту. пневматический, выходной —электрический Вычислительное устройство, выполняющее умножения (например, множитель на постоянный	 Входной сигнал ( ) функцию $pV$ /E $/TU^{\wedge}$ •' коэффициент k)

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

**Автоматизированные системы управления технологическими процессами** / Под ред. Б. Б. Тимофеева. - Киев: Техника, 1983. - 351 с.

**Емельянов А. И., Капник О. В.** Проектирование систем автоматизации технологических процессов. — М.: Энергоиздат, 1983. — 400 с.

**Мамиконов А. Г.** Проектирование АСУ. — М.: Высшая школа, 1987. — 303 с.

**Монтаж средств измерений и автоматизации** / Под ред. А. С. Ключева. — 3-е изд. - М.: Энергоиздат, 1988. - 488 с.

**Системы автоматизированного проектирования** / Под ред. И. П. Норенкова. — М.: Высшая школа, 1986.

**Справочник** по наладке автоматических устройств контроля и регулирования/ В. А. Дудровный, Е. И. Забокрицкий, В. Г. Трегуб, Б. А. Холодовский. — Киев: Наукова думка, 1981. - 940 с.

**Справочник** проектировщика АСУ ТП / Под ред. Г. Л. Смилянського. — М.: Машиностроение, 1983. - 527 с.

**Стефани Е. П.** Основы построения АСУ ТП. - М.: Энергоиздат, 1982. - 352 с.

**Тищенко Н. М.** Введение в проектирование систем управления. - М.: Энергоатом-издат, 1986. - 248 с.

**Трегуб В. Г., Ладанюк А. П.** Проектирование, монтаж и эксплуатация систем автоматизации пищевых производств. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. — 352 с.

**Чистяков С. Ф.** Проектирование, монтаж и эксплуатация систем управления теплотехническими объектами. — М.: Энергия, 1980. — 280 с.