

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие написано в соответствии с программой курса "Проектирование, монтаж и эксплуатация систем автоматизации" для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Автоматизация и комплексная механизация химико-технологических процессов", а также может быть использовано студентами старших курсов всех форм обучения и других специальностей, изучающих курс "Автоматика и автоматизация производственных процессов".

Автоматизация производства является одним из основных направлений технического прогресса. Внедрение систем автоматизации позволяет освободить человека от непосредственного участия в производственном процессе. В обществе автоматизация улучшает условия труда рабочих, повышает производительность труда и безопасность работы, увеличивает производительность оборудования, улучшает качество выпускаемой продукции, снижает себестоимость, сокращает брак, ведет к повышению материального благосостояния трудящихся.

На современном этапе научно-технического прогресса автоматизация развивается в двух направлениях. Первое связано с автоматизацией технологических процессов, второе - с автоматизацией управления от предприятия до управления отраслями промышленности и народным хозяйством в целом.

Решением проблемы интенсификации промышленного производства и экономии всех видов ресурсов является создание крупных технологических агрегатов и комплексов, позволяющих повысить производительность труда, более эффективно использовать сырье и материалы, энергетические ресурсы и капиталовложения. Управлять подобными крупными технологическими агрегатами или комплексами в настоящее время невозможно без современных средств автоматики и вычислительной техники» без высокоэффективных автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП), создаваемых на основе новейших достижений в области теории управления, использующих экономико-математические методы и высокоэффективную вычислительную и управляющую технику.

Появление автоматизированных систем управления технологическими процессами явилось новой ступенью развития автоматизации производства от локальных систем контроля и регулирования технологическими процессами к более высокому уровню управления этими процессами на основе использования управляющих вычислительных комплексов (УВК). В стране уже накоплен значительный опыт по созданию, внедрению и промышленной эксплуатации автоматизированных систем управления технологическими процессами в различных отраслях народного хозяйства.

Анализ функционирования АСУТП показывает, что повышается качество управления благодаря системному подходу к решению этой задачи и использованию технико-экономических критериев управления. АСУТП производит централизованную и интегрированную обработку первичной информации в темпе протекания технологического процесса и использует ее для управления этим процессом. Одновременно система преобразует эту информацию в форму, пригодную для использования на вышестоящих уровнях управления при решении оперативно-производственных и организационно-экономических задач. Таким образом, осуществляя эффективное управление соответствующим объектом, АСУТП также является источником объективной, достоверной и своевременной первичной информации для АСУ вышестоящих уровней на промышленном предприятии.

Широкое внедрение автоматизации технологических процессов и эффективная работа систем автоматизации во многом зависят от качества проектно-сметной документации (ее содержания, состава и оформления), проведения монтажных и наладочных работ и эксплуатации технических средств и систем автоматизации. В учебном пособии рассмотрены методы проектирования локальных систем контроля и автоматики и автоматизированных систем управления, изложены рекомендации по составу и содержанию проектной документации и формам ее исполнения. Даются общие сведения о системах автоматизированного проектирования (САПР), их функции и структуры.

Большое внимание уделено организации монтажных работ, вопросам монтажа и наладки локальных систем автоматизации, монтажу и внедрению автоматизированных систем управления.

В пособии приводятся структура и функции службы эксплуатации систем автоматизации; планирование и организация ремонтов и метрологическое обеспечение. Обширная тематика программы курса и весьма ограниченный объем учебного пособия обусловили в ряде случаев довольно краткую форму изложения материала. При написании учебного пособия были использованы материалы ведущих научных, конструкторских и проектных организаций различных отраслей промавтоматики.

Глава I

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЕКТИРОВАНИИ, МОНТАЖЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

1. Общие сведения о проектировании

Развитие народного хозяйства, требования научно-технической революции диктуют направления совершенствования автоматизации производственных процессов: создание экономичных надежных систем локальной автоматики отдельных участков или агрегатов и автоматизированных систем управления технологическими процессами.

Все это ставит большие задачи перед работниками проектных, монтажных и наладочных организаций, работающих в области автоматизации технологических процессов.

Существенно возросли масштабы использования в народном хозяйстве достижений науки и техники. Отечественная наука оказывает значительное влияние на повышение материального благосостояния и культуры. Постоянно расширяется научно-техническое сотрудничество со странами СНГ.

Во всех отраслях народного хозяйства на первый план выдвигается задача оптимального управления технологическими процессами, решить которую можно только с помощью современных приборов, средств автоматизации и систем управления.

При решении этих проблем достигнуты значительные успехи в области создания, освоения в производстве и поставки новых приборов, средств автоматизации и вычислительной техники.

Широкое внедрение для управления технологическими процессами микропроцессоров, встроенных микроконтроллеров и микроЭВМ становится одним из стратегических направлений развития и совершенствования средств автоматизации и систем управления, обеспечения их гибкости и живучести.

Образцом творческого системного подхода к созданию современных средств автоматизации может служить созданный СКВ САУ (г. Харьков) комплекс технических средств нового поколения для локальных информационно-управляющих систем на базе микропроцессоров и микросхем с повышенной степенью интеграции, позволяющий создавать оптимальные структуры управления объектами различной сложности в различных отраслях народного хозяйства. Одной из важнейших задач приборостроительной промышленности является Комплексная программа по созданию и внедрению роботов, манипуляторов, робототехнических комплексов (РТК) и гибких автоматизированных производств (ГАП). Особое место в настоящее время отводится реализации программы по созданию, производству и внедрению систем автоматизированного проектирования, являющихся наиболее эффективным средством оптимизации конструкций, повышения надежности и технологичности изделий, снижения их металлоемкости, средством, использование которого позволяет сокращать трудоемкость создания новой техники в 10-20 и более раз. В настоящее время выпускаются современные микропроцессорные автоматизированные рабочие места (АРМ) для разработчиков аппаратуры и изделий АРМ2-01 для программирования микропроцессорных наборов АРШ-05, которые могут использоваться и для организации учебного процесса в вузах.

В конечном счете стратегическая линия развития автоматизации промышленности сводится к объединению отдельных автоматизированных систем - САПР, автоматизированной технологической подготовки производства, автоматизированной системы управления предприятием - в единую комплексную автоматизированную систему проектирования и производства.

Проектирование представляет собой важное звено хозяйственного решения в зависимости от местных условий, сопутствующих факторов, увязку с другими требованиями.

На более эффективную организацию процесса проектирования должно оказывать основное влияние использование технических средств. Постоянное совершенствование технических средств и ЭВМ, в результате которого стало возможным организовать совокупность вычислительной техники в автоматизированные рабочие места, упрощает технологические перестройки при изменении содержания проектных задач.

Создание режима диалога является наиболее эффективным процессом, реализующим технологию автоматизированного проектирования в широком диапазоне проектных "задач и наиболее эффективным режимом взаимодействия между проектировщиком и ЭВМ при автоматизации

системы проектирования, позволяющим проектировщику быстро проверить свои гипотезы и реализовать необходимые варианты проектных решений.

Построение технических средств для реализации режима диалога должно быть связано с их совместимостью и выполнением требований по перестройке, что дает возможность наращивать и переоборудовать состав технических средств, обеспечивать организацию различной конфигурации АРМ и максимальное использование мощности вычислительной техники. При этом основные требования к комплексу технических средств следующие: автоматизированная регистрация информации о ходе проектирования, оперативная передача информации от средств сбора к средствам обработки, автоматизированное кодирование вводимой графической информации и ее обработка, автоматический вывод обработанной информации и ее фиксация. Состав оборудования, используемое для взаимодействия "человек-машина" обычно содержит участок центральной вычислительной системы, предназначенный для хранения и обработки базовой информации и организации работы системы, а также участок автоматизированного рабочего места проектировщика, который содержит набор периферийных устройств интерактивной техники, сопрягаемой с ЭВМ через линии связи.

При проектировании современного промышленного комплекса особое внимание уделяется системам отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, очистки вентиляционных выбросов. Создание комфортных гигиенических условий увеличивает производительность труда, сокращает потери рабочего времени по болезням, благоприятно влияет на морально-психологический климат в коллективе.

Расходы на эти установки занимают все больший удельный вес в объеме капитальных вложений - они занимают до 15% полезной площади помещений, а мощность их оборудования достигает 20-25% общей мощности. Расход тепла на отопление и кондиционирование воздуха помещений на предприятиях отрасли достигает 80%, помимо этого расходуется 5-8% общего потребления холодной воды на охлаждение холодильных машин, увлажнение воздуха и очистные сооружения вентиляционных выбросов.

Для улучшения процесса проектирования применяется метод научно-технического прогнозирования, который позволяет, с одной стороны, произвести оценку качества проекта, учитывая соответствие проектируемого предприятия требованиям времени, а с другой - оптимизировать процесс проектирования, ориентируясь на модель "предприятия будущего". В результате работы над прогнозом на стадии проектирования рассматриваются вопросы охраны окружающей среды и выявляются следующие тенденции развития:

по оборудованию - уменьшение металлоемкости, широкое внедрение синтетических материалов, отопительной арматуры из алюминия и его сплавов; сокращение выбросов тепла в атмосферу за счет установки рекуперативных теплообменников; использование высокоэффективных местных устройств очистки воздуха от пыли со 100%-ным возвратом очищенного воздуха; применение многократно используемых фильтров из синтетических материалов;

по технологическим схемам - создание систем вентиляции и кондиционирования воздуха, замкнутых внутри технологического оборудования, с подачей приточного воздуха непосредственно внутри технологических линий и поддержание в этих системах требуемых параметров воздуха; применение местных отсосов, встроенных в технологическое оборудование и оснащенных устройствами по улавливанию вредных примесей; применение схем вентиляции с "вентилируемыми окнами", использование низкопотенциального тепла в схемах кондиционирования;

по автоматизации - разработка и внедрение систем с автоматическим регулированием параметров производственных помещений, технологических зон и линий; включение управляющих систем в общезаводские АСУТП и АСУЭ; подготовка высококвалифицированного персонала по обслуживанию АСУ.

В системах водоснабжения и водоотведения применены водооборотные системы и перспективные методы очистки - озонирование, электродиализ, гиперфильтрация, утилизация осадков гальванических сточных вод и повторное использование этих осадков.

Все эти мероприятия позволяют достигнуть на "предприятиях будущего" высокого уровня технико-экономических показателей. Прогнозирование - это многоступенчатый процесс, предусматривающий постановку цели, получение информации, ее обработку, оценку и анализ, определение пер-

спектив и вероятности реализации прогноза. В процессе прогнозирования не только устанавливаются необходимость осуществления того или иного мероприятия или вероятность возникновения какого-либо явления, но также определяются возможность и сроки осуществления прогнозируемых процессов и явлений. При прогнозировании развития проектирования и промышленного строительства не следует забывать, что стадию проектирования от завершения строительства иногда отделяет срок в 5-10 лет. При сроке эксплуатации 50 и более лет предприятие будет функционировать и в отдаленном будущем. Поэтому резко возрастает роль качества проектных решений, проектно-сметной документации, роль прогнозирования в проектировании.

2. Общие сведения о монтаже и наладке

Развитие и внедрение средств и систем автоматизации во все отрасли промышленности выделили монтаж и наладку приборов и средств автоматизации в самостоятельную отрасль.

Основной хозяйственной хозрасчетной организацией этой отрасли является монтажное управление (МУ). Количественный состав определяется для каждого монтажного управления в зависимости от объема выполняемых монтажных работ, территориальной разбросанности объектов и других местных условий. Руководят работой монтажных управлений тресты, организованные по территориальному принципу с целью приближения руководства непосредственно к объектам монтажа. С учетом того, что современное монтажное производство требует тщательной подготовки и решения большого количества сложных технических вопросов, в составе треста, кроме монтажных управлений (МУ), имеются промышленные предприятия (заводы), пусконаладочные управления (ПНУ) и управление производственно-технологической комплектации (УПТК).

Монтажные тресты подчиняются Главному управлению. Для решения технических вопросов, связанных с постоянным совершенствованием технологии монтажных работ, в ряде трестов имеются проектно-конструкторские организации (ПКБ), а в составе Главного управления - головной проектный институт (ГПИ).

Кроме решения технических вопросов проектно-конструкторские организации разрабатывают также проектно-сметную документацию для некоторых объектов, монтируемых монтажными трестами. В основном же организации треста работают по проектам отраслевых проектных организаций.

Монтаж приборов и систем автоматизации представляет собой сложный комплекс работ, выполняемый в соответствии с проектом с действующими техническими условиями и включающий следующие этапы: подготовка производства монтажных работ; производство монтажных работ и сдача смонтированной системы для наладки.

При подготовке производства монтажных работ выделяют инженерно-техническую, материально-техническую и организационную подготовки.

Инженерно-техническая подготовка включает рассмотрение и анализ проекта автоматизации и разработку проекта производства работ (ППР).

Материально-техническая подготовка обеспечивает заготовку материалов, монтажных изделий, деталей и конструкций, сборку монтажных блоков и узлов, комплектацию оборудования.

Организационная подготовка включает оборудование необходимых помещений на объекте производства работ; комплектование монтажных бригад; контроль и участие в установках закладных деталей в строительные конструкции, врезке бобышек, штуцеров в технологическое оборудование и трубопровода и других строительно-монтажных работах, необходимых для последующего монтажа приборов и систем автоматизации. Производство монтажных работ связано с установкой несущих и опорных конструкций, приборов и средств автоматизации и подключенной к ним трубных и электрических проводок. Монтажные работы включают монтаж щитов и пультов контроля и управления, монтаж электропроводок, монтаж трубных проводок, монтаж датчиков, приборов, регуляторов и исполнительных механизмов.

Сдача смонтированных приборов и систем автоматизации под пусконаладочные работы производится после завершения всего комплекса монтажных работ.

Порядок сдачи объекта определен строительными нормами и правилами (СНиП III-34/74). Сдача проводится со сдаточной документации после индивидуального опробования, которое осу-

ществляется при неработающем технологическом оборудовании.

После окончания работ по монтажу приборов и средств автоматизации составляется акт, где перечисляются средства, предъявляемые к сдаче, результаты индивидуального опробования систем и даются оценки выполненным работам. После сдачи монтажных работ приборы и средства автоматизации считаются готовыми к пусконаладочным работам.

В руководящих материалах по производству и приемке пуско-наладочных работ (ПНР) по системам автоматизации технологических процессов (РМВ-161-77) дается такое определение: ПНР - это комплекс работ, связывающий в единое целое стадии создания систем автоматизации и осуществляющий доведение этих систем до состояния, при котором они могут быть успешно использованы в эксплуатации.

В целом наладочные работы - это сложная совокупность операций, по проверке, регулировке, отладке, подготовке, включению и обеспечению нормальной работы систем управления технологическими процессами в заданных условиях.

Правила РМН-Ш-77 предусматривают два этапа проведения пусконаладочных работ.

Первый этап подготовительный, когда работы ведутся на неработающем технологическом оборудовании. Здесь решаются следующие задачи: подготовка приборной лаборатории, рассмотрение рабочих чертежей проекта, проверка правильности и качества монтажа цепей, предмонтажная проверка приборов и средств автоматизации, опробование и настройка элементов систем автоматизации после монтажа.

Второй этап заключительный, когда наладка систем контроля и автоматического управления производится на технологический режим. Наладка систем автоматизации на технологический режим является завершающим и самым ответственным этапом всего комплекса наладочных работ.

Включение системы производится вначале по отдельным каналам технологического контроля и измерения, каналам дистанционного управления, отдельным контурам регулирования, после чего включается система. В первую очередь настраиваются схемы сигнализации, защиты и блокировки. Очередность наладки приборов и средств автоматизации определяется графиком, утвержденным главным инженером предприятия.

Цель наладки - обеспечение установленных показателей функционирования комплекса смонтированных и исправных технических средств в составе автоматических или автоматизированных систем управления технологическими процессами. Для средств и систем измерения основными нормируемыми показателями являются метрологические характеристики, т.е. характеристики, влияющие на результаты и погрешности измерений. Для автоматических систем регулирования нормируемыми являются показатели качества регулирования: максимальное динамическое отклонение, перерегулирование, время регулирования и остаточное отклонение по окончании переходного процесса. При наладке комплекса технических средств автоматизированных систем управления технологическими процессами (КТС АСУТП) должна быть обеспечена его работоспособность при решении всех или отдельных функциональных задач. Качество наладочных работ во многом определяет надежность приборов и систем автоматизации. Внедрение все в больших масштабах приборов и систем автоматизации во все отрасли промышленности ставит перед монтажными организациями вопрос о новых технологических методах ведения монтажных работ.

В настоящее время к наиболее прогрессивным методам производства работ относится индустриальный метод полносборного монтажа средств и систем автоматизации с комплектацией объектов укрупненными блоками и узлами, например монтаж приборов блоками на групповых унифицированных стендах с полной трубной и электрической обвязкой. Метод полносборного монтажа основан на совокупности организационных и технических мероприятий, предусматривающих сокращение сроков производства монтажных работ и повышение тем самым производительности труда с одновременным улучшением качества, повышением технического уровня и степени индустриализации монтажных работ.

Полносборный монтаж предусматривает широкое применение механизмов, инструмента, приспособлений, комплексных готовых изделий, конструкций, узлов и стендов, заготовленных и укомплектованных вне зоны монтируемого объекта, превращая тем самым монтаж приборов и средств автоматизации в сборку укрупненных блоков. Это резко сокращает затраты труда непо-

средственно на монтажной площадке. Для ведения полносборного монтажа необходим большой комплекс подготовительных работ, выполнить который могут высококвалифицированные специалисты. Этот метод приемлем только на основе технически грамотно разработанных проектов производства работ, в которых устанавливается возможность максимального применения унифицированных узлов и блоков, изготовленных вне монтажной площадки.

В последнее время практикуется монтаж приборов и средств автоматизации на стендах и стativaх. Изготавливают стенды и стativeы вне зоны монтажа по чертежам проекта производства работ, которыми предусматриваются групповая установка и обвязка местных приборов, датчиков, преобразователей и других средств системы автоматического управления.

3. Общие сведения об эксплуатации систем автоматизации

На предприятиях различных отраслей народного хозяйства страны находится значительное количество контрольно-измерительных, регулирующих приборов и средств автоматизации. Развитие научно-технического прогресса в промышленности предусматривает значительное повышение степени автоматизации производственных процессов, что увеличит насыщенность предприятий контрольно-измерительными приборами, средствами и системами автоматизации.

Максимальную эффективность автоматизации можно получить только в том случае, если она безотказно работает и отвечает эксплуатационным требованиям.

Залогом надежной, бесперебойной и правильной работы систем автоматизации является правильная и квалифицированная эксплуатация комплекса технических средств.

Эксплуатацией средств и систем автоматизации называется обслуживание включенных и находящихся в работе автоматических устройств.

Правильная организация эксплуатации установленных средств и систем автоматизации имеет исключительно важное значение для производства.

Выход из строя отдельных приборов и систем автоматизации, расположенных на участках, в цехах, лишает дежурный персонал возможности правильно вести технологический процесс, приводит к снижению производительности агрегатов, преждевременному износу оборудования, к различным неполадкам и даже авариям. Поэтому крайне важно обеспечить бесперебойную работу приборов и систем автоматизации, правильно организовать обслуживание работающих приборов, их своевременный качественный ремонт и проверку.

Кроме того, на промышленных предприятиях должны быть организованы систематизация и распространение опыта эксплуатации средств и систем автоматизации, систематическая работа по повышению технической квалификации обслуживающего персонала, участие в составлении и обсуждении новых проектов автоматизации, контроль качества проведения и участие в монтаже, наладке и пробной эксплуатации внедряемых систем автоматизации; составление заявок на приборы и средства автоматизации; анализ работы систем автоматизации и составление отчетов и планов работы. Для практического обеспечения надежной работы измерительной техники, средств и систем контроля и автоматического управления производственными процессами на промышленных предприятиях создают специальную службу контрольно-измерительных приборов и автоматики (КИПиА).

В своей деятельности служба КИПиА руководствуется "Положением о службе КИПиА", разработанным в данной отрасли, а также методическими указаниями и инструкциями Государственного комитета стандартов, мер и измерительных приборов. Служба КИПиА должна располагать необходимой производственной базой и штатами, определяемыми исходя из характера и объема обслуживаемого оборудования.

Служба КИПиА в зависимости от категории может быть организована в виде цеха. В состав цеха КИПиА, как правило, входят следующие подразделения: участок эксплуатации, участок ремонтных, и монтажных работ, лаборатория, группа ведомственного надзора и вспомогательные службы, к которым относятся техническое бюро, группа подготовки приборов к ремонту и складское хозяйство. Группа ведомственного надзора входит в состав цеха КИПиА, если начальник цеха является одновременно главным метрологом предприятия. Если должности главного метролога и начальника цеха КИПиА не совмещены, то в вопросах, связанных с ведомственным надзором,

начальник службы КИПиА подчинен главному метрологу предприятия.

Метрология - это наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности. Для удовлетворения нужд народного хозяйства страны в проведении измерений на необходимом научно-техническом уровне создана Государственная метрологическая служба, задача которой - обеспечение единства и достоверности измерений и единообразия средств измерений.

Органам Государственной метрологической службы предоставлено право контролировать соблюдение министерствами и ведомствами правил законодательной метрологии, запрещать серийное производство средств измерений, не утвержденных Госстандартом типов, изымать из обращения средств измерений, не отвечающих установленным требованиям, контролировать качество изготовления и ремонта средств измерений. Основными нормативно-техническим документами государственной системы обеспечения единства измерений являются государственные стандарты. На основе этих базовых стандартов разрабатываются нормативно-технические документы, конкретизирующие общие требования базовых стандартов к отдельным отраслям народного хозяйства, областям измерений и методикам выполнения измерений. Основной задачей органов ведомственных метрологических служб является обеспечение единства и достоверности измерений в отраслях народного хозяйства путем обеспечения повсеместного соблюдения правил законодательной метрологии, планомерного внедрения методов и средств измерений, отвечающих современным требованиям производства и обеспечивающих выпуск продукции высокого качества, и постоянного контроля за состоянием и правильностью применения средств измерений.

Глава II

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

1. Организация проектирования локальных систем автоматизации и автоматизированных систем управления

Строительство новых предприятий и реконструкцию действующих осуществляют в соответствии с проектом. Проект представляет собой комплекс технической документации, которая позволяет воспроизвести в натуре проектируемый объект, полностью отвечающий технологическим, организационным и экономическим требованиям. В зависимости от сложности и характера проектируемого предприятия проект может содержать следующие части: технико-экономическую; технологическую; строительную; энергоснабжение; автоматизацию; организацию труда и системы управления предприятием; сантехническую; связь и сигнализацию; организацию строительства; сметную документацию.

При разработке проекта реконструкции действующего предприятия, цеха и объекта количество частей проекта может быть сокращено. Отсюда важнейшим вопросом проектирования является комплексность проекта, т.е. увязка всех его частей и элементов в единое целое.

В состав проекта промышленного предприятия в качестве одного из его важнейших разделов входит проект автоматизации технологических процессов, который разрабатывается во взаимосвязи с проектом системы управления предприятием и со всеми другими разделами общего комплексного проекта.

Проекты автоматизации могут разрабатываться как отраслевыми (проектными) институтами, в составе которых имеется отдел или группа автоматизации, так и специализированными проектными организациями, работающими в области автоматизации.

Основой проектирования автоматизации технологических процессов является составление проектной документации, обеспечивающей: 1) решение задач автоматизации на современном техническом уровне; 2) снижение стоимости строительства; 3) производство монтажных работ крупноблочным индустриальным методом, способствующим сокращению сроков монтажа; 4) комплектование средств автоматизации, электроаппаратуры и материалов; 5) определение затрат, необходимых на реализацию проекта; 6) определение технико-экономического эффекта от внедрения.

ния принятых в проекте решений.

Основным принципом проектирования систем автоматизации должно быть достижение органической взаимосвязи системы автоматизации с технологией, техникой и организацией данного производства.

Сведения по составу, содержанию и оформлению проектов автоматизации, которые приведены в соответствующих разделах учебного пособия, даны в соответствии с "Временными указаниями по проектированию систем автоматизации технологических процессов ВСН-281-75", утвержденными Министерством приборостроения, средств автоматизации и систем управления СССР (Минприбор СССР). Данные указания разработаны с учетом основных положений Инструкции о составе, порядке разработки, согласования и утверждения проектов и смет на строительство предприятий, зданий и сооружений СН-202-81, утвержденной Госстроем СССР 25 августа 1981 года.

Процесс создания систем автоматизации органически связан с процессом создания или реконструкции автоматизируемого технологического процесса или объекта. 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.

Одной из основных задач при разработке проекта автоматизации является определение целесообразного уровня и объема автоматизации данного производства. В зависимости от этих факторов при создании проекта автоматизации могут разрабатываться локальные системы автоматизации и автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП) с применением управляющих вычислительных машин (УВМ).

Организация проектирования локальных систем автоматизации предусматривает: определение рациональной структуры контроля и управления автоматизируемого процесса или объекта; выбор и обоснование рациональных методов контроля, регулирования и управления данным технологическим процессом; выбор приборов в средств автоматизации; выбор исполнительных механизмов и регулирующих органов; целесообразное размещение приборов и средств автоматизации на технологическом оборудовании и рациональную их компоновку на щитах и пультах.

Организация проектирования автоматизированных систем управления технологическими процессами включает в себя ряд стадий создания АСУТП, установленных государственным стандартом, причем каждая из них заканчивается выпуском и утверждением определенной документации.

Наименования некоторых стадий совпадают с наименованиями соответствующих документов. В соответствии с ГОСТ предусмотрены две предпроектные стадии: "Технико-экономическое обоснование" и "Техническое задание", две проектные: "Технический проект" и "Рабочий проект", которые допускается объединять в одну - "Технорабочий проект", а также стадии "Ввод в действие (внедрение)" и "Анализ функционирования", которые можно условно назвать стадиями реализации системы.

При проектировании автоматизированных комплексов используется системотехнический подход. Системотехника представляет собой направление в кибернетике, изучающее вопросы планирования, проектирования и поведения сложных информационных систем. Системный подход - понятие, подчеркивающее значение комплектности, широты охвата и четкой организации в исследовании, проектировании и планировании. Системный подход отличается от традиционного предположением, что целое обладает такими качествами (свойствами), каких нет у его частей. Наличием этих качеств целое и отличается от своих частей.

Системный подход к проектированию АСУТП заключается в разбиении всей системы на подсистемы (декомпозиция системы) и учете при ее разработке не только свойств конкретных подсистем, но и связей между ними. Системный подход опирается на известный диалектический закон взаимосвязи и взаимообусловленности явлений в мире и в обществе и требует рассмотрения изучаемых явлений и объектов не только как самостоятельной системы, но и как системы, по отношению к которой нельзя рассматривать данную систему как замкнутую.

Системный подход к анализу и разработке систем применяется в том или ином аспекте во многих направлениях науки (системотехника, исследование операций, системный анализ и др.).

Системный анализ представляет собой методологию исследования весьма сложных проблем, которая может быть использована при проектировании сложных АСУТП.

Проектированию новых сложных систем автоматизации технологических процессов, как правило, должен существовать комплекс технико-экономических изысканий, обследований и научно-исследовательских работ. К таким предпроектным работам относятся: определение основных задач автоматизации и очередности их решения; изучение характеристик работы технологического оборудования и агрегатов; уточнение условий функционирования автоматизируемых систем, содержания и объема информации, необходимой для оптимального управления; построение математических моделей объектов управления и систем и определение законов и критериев управления объектом.

К особенностям предпроектного обследования объекта и системы управления при создании АСУТП следует отнести в первую очередь выявление главных источников ожидаемой эффективности производства, и установление причин этих недостатков.

В результате предпроектного обследования должны быть выявлены “узкие места”, вскрыты причины потерь и неиспользованные резервы производства, установлены причины аварий, брака и другие подобные обстоятельства.

При проведении обследования основное внимание должно быть уделено определению технологического потенциала объекта управления технологического потенциала, т.е. существующего запаса по производительности и повышению качества выходной продукции, определяемого, в первую очередь, конструкцией агрегата, свойствами входных продуктов и потенциалом управления, т.е. предельными значениями тех же параметров, которые могут быть достигнуты путем оптимизации управления АСУТП.

Кроме того, на этой стадии должны быть установлены функциональное значение предполагаемой АСУТП, предварительная оценка затрат на ее создание и эффективность, связанная с устранением выявленных недостатков существующей системы управления.

Результаты обследования технологического объекта управления (ТОУ) удобно представить в виде временных диаграмм с соответствующими пояснениями. Описание существующей системы ТОУ должно содержать четкую формулировку целей и основных функций и структурные схемы существующей системы действующего ТОУ. Особое внимание следует уделить описанию работы оператора ТОУ и другого оперативного персонала на различных уровнях организационной структуры.

Результаты обследования существующей системы управления не целесообразно представлять графически в виде схемы организационной структуры. На этой схеме информационные потоки, исходящие от высшей ступени управления и органов измерения состояния объекта, группируются в соответствии с принятым между операторами распределением функций между узловыми точками организационной структуры и в форме принятых решений замыкаются на органах управления объектом.

В результате обследования четко формируются цели и критерии управления объектами.

2. Техническое задание

Разработка проекта автоматизации производится на основе технического задания на проектирование, которое составляет заказчик или организация, выполняющая технологическую часть проекта. Иногда к составлению задания привлекают организацию, выполняющую проект автоматизации.

Задание на проектирование – это документ, которым обуславливаются все технические вопросы, связанные с проектированием.

В задании на проектирование должны быть решены основные принципиальные вопросы и выявлены все требования и пожелания к проектированию систем автоматизации. В нем указываются: наименование предприятия и задача проекта; основание для проектирования; состав проектируемого объекта, краткое описание и основные характеристики технологического процесса и оборудования; организация оперативного управления объектом с перечислением пунктов управления (центральный, диспетчерский, цеховой и т.д.), указанием их расположения и взаимосвязи; перечень намечаемых мероприятий по ре-

конструкции и механизации производственных процессов при проектировании автоматизации действующих объектов; перечень контролируемых и регулируемых величин с указанием характеристики среды, требуемой точности контроля и функциональных признаков приборов (показывающий, самопишущий и т.д.), а для регуляторов - допустимый предел отклонения регулируемых величин; перечень дистанционно-управляемого силового оборудования с указанием пунктов управления, характера воздействия и места расположения оборудования.

Вместе с заданием на проектирование представляются следующие исходные материалы: технологические схемы с трубопроводными коммуникациями и указанием их диаметров; чертежи производственных помещений с расположением технологического оборудования, трубопроводных коммуникаций и рекомендуемых мест установки щитов и пультов управления (планы и разрезы); чертежи помещений для размещения щитов и пультов; схемы электроснабжения для питания систем автоматизации; схемы силового питания автоматизируемых электроприводов; принципиальные электрические схемы приводов, схемы воздухо- и водоснабжения с указанием давления, температуры, наличия воздухоосушительных устройств; ведомости приборов и средств автоматики, поставляемых комплектно с оборудованием. Задание на проектирование утверждается инстанцией, которая в дальнейшем будет утверждать и технический проект.

Проекты автоматизации технологических процессов с применением управляющих вычислительных машин (УВМ) разрабатываются на основании ранее проведенных научно-исследовательских работ. При проектировании систем автоматизации технологических процессов с применением УВМ к заданию на проектирование дополнительно представляются следующие материалы: рекомендации и требования к составу устройств УВМ; данные по приоритетам и временным характеристикам решения задач автоматизации; рекомендации по организации создания и внедрения системы автоматизации с применением УВМ; результаты научно-исследовательских работ, включающие поставки всех впервые проектируемых задач автоматизации с применением УВМ с машинными алгоритмами и программами.

При создании АСУТП стадию "Техническое задание" рекомендуется выполнять поэтапно.

Первый этап - предварительное обследование автоматизированного объекта - состоит в определении видов и объемов НИР, необходимых для детального обоснования целесообразности и возможности создания системы.

Второй этап - предпроектные научно-исследовательские работы - состоит в определении и анализе наиболее сложных задач управления для предварительного выбора способов их решения.

Третий этап - эскизная разработка АСУТП - состоит в разработке основных материалов, подтверждающих целесообразность и возможность создания АСУТП. На этом этапе рекомендуется производить экспериментальную проверку алгоритмов управления при помощи макетов узлов создаваемой АСУТП.

Эскизная разработка завершается при необходимости корректировкой ТЭО, связанной с уточнением перечня и характеристик реализуемых системой функций.

Четвертый этап - разработка технического задания на создание АСУТП - состоит в составлении на базе результатов предпроектных работ технического задания на создание системы.

После утверждения техническое задание является обязательным исходным документом для всех последующих работ по созданию системы. Утверждается техническое задание министерством (ведомством) разработчика и министерством (ведомством) заказчика и должно быть согласовано со всеми организациями - участниками работ (соисполнителями).

3. Состав проектной документации

Проектирование систем автоматизации выполняется по следующим стадиям: технический проект; рабочие чертежи.

Такое проектирование является двухстадийным. При двухстадийном проектировании рабочие чертежи выполняются после утверждения технического проекта.

Проектирование может вестись, минуя самостоятельную стадию технического проекта, в таком случае оно является одностадийным - технорабочий проект.

Технорабочие проекты выполняются для объектов, где возможно повторное применение ранее выполненных или типовых проектов.

Технический проект представляет собой комплексную проектную документацию, в которой даны основные решения по автоматизации данного производственного объекта, сметная стоимость, а также технико-экономические показатели, получаемые в результате внедрения этих решений.

Рабочие чертежи и чертежи технорабочего проекта являются той технической документацией, по которой ведутся монтажные работы, изготавливаются необходимые детали и узлы, проводятся необходимые строительные, электротехнические и другие вспомогательные работы.

Рабочие чертежи выполняются на основании утвержденного технического проекта и подтверждения заказчиком возможности поставки оборудования и средств автоматизации, предусмотренных техническим проектом.

В состав проекта на стадии "технический проект" входит следующая техническая документация.

1. Чертежи: структурные схемы управления проектируемым объектом и взаимосвязи между пунктами контроля и управления (выполняются для сложных систем при централизованном управлении); функциональные схемы автоматизации технологических процессов; общие виды щитов и пультов управления (для объектов с новым видом оборудования или новой технологией производства при централизованном их управлении); расположение щитов и пультов на плане объекта.

2. Пояснительная записка: общая часть; характеристика объекта автоматизации; основные решения по автоматизации производственных процессов; материально-технические средства автоматизации; задания генпроектировщику (заказчику) на дополнительные проектные и другие работы, связанные с автоматизацией объекта; научно-исследовательские, опытно-конструкторские и экспериментальные работы; указания по подготовке к реализации проекта; технико-экономическое обоснование автоматизации.

3. Заявочные ведомости: приборов и средств автоматизации; электроаппаратуры; пультов и щитов; основных монтажных материалов (кабели, провода, зажимы, трубы, соединительные и протяжные коробки и другие материалы; трубопроводной арматуры; нестандартизированного оборудования.

4. Смета на оборудование и монтаж.

Упрощенный технический проект, разрабатываемый в комплексе с технологической частью проекта отраслевым проектным институтом, допускается выполнять без заявочных ведомостей, а сметную стоимость принимать по соответствующим аналогам.

В случаях, если заказчик потребует заявочные ведомости, они выдаются дополнительно после утверждения технического проекта.

При разработке проектов АСУТП в технический проект добавляются следующие материалы: блок-схемы комплекса устройств управляющих вычислительных машин; технологическая схема работы системы сбора, обработки и выдачи информации; постановка задач автоматизации; планы расположения устройств управляющих вычислительных машин; предложения по организации нормативно-справочной информации; заявочные ведомости устройств управляющих вычислительных машин.

Кроме того, сюда включают разработку всех алгоритмов АСУТП, реализуемых с помощью средств вычислительной техники, алгоритма функционирования АСУТП как человеко-машинной системы и подготовку основных решений по информационному обеспечению функции АСУТП, реализуемых с помощью средств вычислительной техники.

В состав проекта на стадии "рабочие чертежи" и "технорабочий проект" входит следующая техническая документация.

1. Чертежи: структурные схемы управления и контроля; функциональные схемы автоматизации технологических процессов; принципиальные электрические, гидравлические и пневматические схемы контроля, автоматического регулирования, управления и сигнализации; принципиальные электрические схемы питания; общие виды щитов и пультов; чертежи установки щитов и пультов; схемы электрических соединений щитов и пультов (монтажные схемы); схемы подключения (схемы внешних, электрических и трубных проводок); чертежи трасс (монтажные чертежи

электрических и трубных проводок); установочные чертежи; чертежи общих видов и конструкций нестандартизированного оборудования.

2. Пояснительная записка: общая часть; характеристика объекта автоматизации; решения по автоматизации производственных процессов; задания генпроектировщику (заказчику) на дополнительные проектные и другие работы, связанные с автоматизацией объекта; краткие пояснения к монтажным чертежам; указания по реализации проекта; приложения к пояснительной записке.

При выполнении проекта в одну стадию - "технорабочего проекта" в пояснительную записку добавляются разделы: научно-исследовательские, опытно-конструкторские и экспериментальные работы; технико-экономическое обоснование.

3. Заказные спецификации: приборов и средств автоматизации; электроаппаратуры; щитов и пультов; кабелей и проводов; трубопроводной арматуры; основных монтажных материалов и изделий (трубы, металлы, монтажные изделия); нестандартизированного оборудования.

4. Смета стоимости оборудования и монтажа. Кроме вышеперечисленной технической документации, входящей в состав рабочих чертежей, проектная организация выполняет и передает заказчику следующие материалы: задание на конструкции и оборудование для установки щитов и пультов; задание на туннели, каналы, проемы; задание на размещение отборных и приемных устройств, регулирующих и запорных органов, устанавливаемых на оборудовании и трубопроводах; вопросные листы для заказа приборов (расходомеров, газоанализаторов и др.).

В состав рабочих чертежей при создании проекта АСУТП дополнительно включаются следующие материалы: технологическая схема работы системы сбора, обработки и выдачи информации; альбом форм документов и макетов информации, вводимой (выводимой) в УВМ; документация по организации нормативно-справочной информации; машинные алгоритмы и рабочие программы с описанием и инструкциями; таблицы и данные распределения емкости запоминающих устройств (ОЗУ, ПЗУ, ВЗУ); перечень стандартных и тестовых программ и подпрограмм, используемых в математическом обеспечении; схемы соединений и кроссовые ведомости устройств управляющих вычислительных машин, монтажные схемы разводки цепей питания; монтажные чертежи установки устройств управляющих вычислительных машин; заказные спецификации устройств УВМ.

По окончании проектирования проектные материалы подлежат утверждению в порядке, установленном постановлениями Совета Министров СССР.

Утверждающими инстанциями в зависимости от размеров капитальных вложений на автоматизацию могут быть: комбинаты, объединения, министерства стран СНГ.

На утверждение представляются проектные материалы на стадии технического проекта. При утверждении проекта проектные организации проводят его защиту.

Рабочие чертежи передаются непосредственно монтажной организации за подписью заказчика и утверждению не подлежат.

В случае обнаружения в технической документации ошибок, задерживающих нормальный ход выполнения работ, необходимые изменения вносятся на месте с последующим согласованием и утверждением.

Все графические проектные материалы выполняются в соответствии с Единой системой конструкторской документации (ЕСКД), с применением стандартных обозначений, обеспечивающих единообразие проектной документации и облегчающих ее чтение.

Стадия "Внедрение" (ввод в действие) представляет собой завершающую стадию работ по созданию АСУТП. Основанием для начала работ по вводу АСУТП служит готовность рабочей документации.

Последовательность работ на этой стадии заключается в следующем: подготовка объекта к внедрению АСУТП; наладка АСУТП; опытная эксплуатация АСУТП; приемосдаточные испытания АСУТП; сдача АСУТП государственной (межведомственной, внутриведомственной) комиссии; доработка системы по результатам опытной эксплуатации и испытаний.

Результатом этой стадии является передача действующей системы в промышленную эксплуатацию.

В ходе промышленной эксплуатации системы выполняется последняя стадия "Анализ функционирования", которая состоит в получении объективных и систематизированных данных о качестве созданной системы, текущем состоянии и реальном эффекте функционирования сис-

темы на основании опыта ее промышленной эксплуатации. Результаты работ по анализу функционирования АСУТП могут быть использованы для развития и совершенствования данной АСУТП, разработки унифицированных и типовых решений как в части технических структур, так и программного обеспечения, необходимых для тиражирования АСУТП, создания АСУТП, предназначенных для автоматизации аналогичных или близких по технологии объектов, научных обобщений по всему циклу работ при создании АСУТП.

4. Особенности автоматизированных систем управления технологическими процессами

АСУТП предназначены для выработки и реализаций управляющих воздействий на технологический объект управления (ТОУ).

Технологический объект управления - это совокупность технологического оборудования и реализованного на нем по соответствующим инструкциям или регламентам технологического процесса производства.

Совместно функционирующие ТОУ и управляющая им АСУТП образуют автоматизированный технологический комплекс (АТК). Автоматизированная система управления технологическим процессом - человеко-машинная система управления, обеспечивающая автоматизированный сбор и обработку информации, необходимой для оптимизации управления технологическим объектом в соответствии с принятым, критерием.

Такое определение АСУТП подчеркивает наличие в ее составе современных автоматических средств сбора и обработки информации, в первую очередь средств вычислительной техники; роль человека в системе как субъекта труда, принимающего содержательное участие в выработке решений по управлению; реализацию в системе процесса обработки технологической и технико-экономической информации; цель функционирования АСУТП, заключающуюся в оптимизации работы ТОУ по принятому критерию управления путем соответствующего выбора управляющих воздействий.

Критерием управления обычно является технико-экономический показатель (например, себестоимость выходного продукта при заданном, его качестве, производительность ТОУ при заданном качестве выходного продукта и т.п.) или технический показатель (например, параметры процесса, характеристики выходного продукта).

Система управления ТОУ является АСУТП в том случае, если она осуществляет управление ТОУ в целом в темпе протекания технологического процесса и если в выработке и реализации решений по управлению участвуют средства вычислительной техники, и другие технические средства, и человек-оператор.

Функции АСУТП подразделяются на управляющие, информационные и вспомогательные.

К управляющим функциям АСУТП относятся: регулирование (стабилизация) отдельных технологических переменных; одноконтурные логические управления операциями или аппаратами; программное логическое управление группой оборудования; оптимальное управление установившимися или переходными технологическими режимами или отдельными участками процесса; адаптивное управление объектом в целом.

К информационным функциям АСУТП относятся: централизованный контроль и измерение технологических параметров; косвенное измерение (вычисление) параметров процесса (технико-экономических показателей, внутренних переменных); формирование и выдача данных оперативному персоналу АСУТП; подготовка и передача информации в смежные системы управления; обобщенная оценка и прогноз состояния АТК и его оборудования.

Вспомогательные функции АСУТП обеспечивают функционирование технических средств системы, контроль за их состоянием, хранением информации и работу всей системы.

В зависимости от степени участия людей в выполнении функций системы различаются два режима реализации функций управления: автоматизированный (ручной, режим "советчика", диалектовый режим) и автоматический (режим косвенного управления через локальные системы автоматического управления и режим прямого цифрового управления непосредственно на исполнительные механизмы).

Для выполнения функций АСУТП необходимо взаимодействие следующих ее составных частей: технического, программного, информационного и организационного обеспечения и оперативного персонала.

Еще Ф.Энгельс выделял два рода управления: управление вещами (орудиями производства и различным производственными процессами) и управление людьми. Все АСУТП предназначены в основном для управления вещами. Кроме того, это единственный вид АСУ, который предназначен для управления вещами. Все остальные АСУ (АСУП, ОАСУ, АСУО, РАСУ, ОГАС и др.) предусматривают управление людьми. В этом состоит первая особенность АСУТП.

Вторая особенность АСУТП заключается в том, что она непосредственно соприкасается с технологическим процессом т.е. является системой самого низкого уровня управления.

Управление технологическим процессом может осуществляться на уровне агрегата, участка, цеха, корпуса производства предприятия, т.е. АСУТП могут охватывать различные части технологического процесса. Такое свойство диапазонности является третьей особенностью АСУТП.

Четвертой особенностью АСУТП является отсутствие жесткой связи АСУ с организационной структурой.

Кроме того, следует отметить, что АСУТП обладают свойством иерархичности, что проявляется при создании сложных АСУТП, самым коротким циклом управления из всех АСУ и, используя замкнутые обратные связи, могут работать в автоматическом режиме.

Глава III

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И АВТОМАТИКИ

1. Структурные схемы управления и контроля

Современное развитие практически всех отраслей промышленности характеризуется постоянно возрастающим уровнем использования систем автоматизации технологических процессов. При этом широкое внедрение приборов и средств автоматизации вызывает необходимость организовывать рациональную структуру оперативного автоматического управления процессами производства на данном объекте и координацию взаимодействия отдельных производственных участков и предприятия в целом. Для отражения этих вопросов при проектировании локальных систем контроля и автоматики разрабатывается структурная схема контроля и управления.

Структурная схема является для каждого проектируемого объекта основным проектным документом, так как им устанавливаются оптимальные каналы административно-технического и оперативного управления технологическими процессами для достижения наивысших эксплуатационных их показателей. В структурной схеме управления и контроля отражаются особенности технологического характера данного производства, а также технические средства, используемые при создании локальных систем контроля и автоматизации.

В зависимости от уровня автоматизации выполняемых системой функций они подразделяются на следующие: системы децентрализованного (локального), управления и контроля (все функции контроля и управления осуществляет оператор); системы централизованного управления и контроля (функции контроля и управления осуществляет оператор и применяются средства централизованного сбора информации и ее частичной переработки); автоматизированные системы управления (функции управления остаются за оператором и применяются средства вычислительной техники для обработки информации и подготовки ее оператору для принятия решений); автоматические системы управления (оператор осуществляет функции контроля за исправностью системы).

Помимо классификации по уровню автоматизации системы управления и контроля подразделяются по иерархическому принципу на одноуровневые и многоуровневые.

На нижней ступени управления обеспечивается управление отдельными агрегатами и установками посредством местных локальных систем контроля и управления.

На средней ступени управления обеспечивается координация работы подчиненных производственных единиц, связанных между собой общностью технологического процесса, распределение нагрузок между параллельно работающими установками, оптимизация заданных показателей работы произ-

водства. На этой ступени управления кроме локальных систем контроля и управления используются машины централизованного контроля и управляющие вычислительные машины (УВЫ).

На верхней ступени системы управления крупным промышленным комплексом (заводом, комбинатом) стоят весьма сложные задачи по координации работ всех производственных и вспомогательных подразделений объекта, распределению нагрузок и обеспечению оптимальных показателей работы предприятия. Решение этих задач может быть достигнуто за счет внедрения автоматизированных систем управления, использующих современные средства вычислительной техники. Поэтому разработку структуры и выбор технических средств автоматизации для верхней ступени управления следует производить с учетом более полной увязки систем управления технологическими процессами и управления производством.

Назначение структурных схем - определить системы контроля и управления производственными процессами данного объекта и установить взаимные связи между щитами и пунктами управления (агрегатными, групповыми, центральными, диспетчерскими и т.п.), оперативными рабочими постами основных групп технологического оборудования и показать административно-техническую сущность централизованного управления объектом.

Схема отражает структуру управления предприятием с соблюдением иерархии системы и взаимосвязи между пунктами контроля и управления и отдельными должностными лицами.

Схемы выполняются, как правило, на одном чертеже. Для объектов с большим числом цехов допускается при необходимости выполнение схем двух видов: общих и отдельных по цехам.

Схемы взаимосвязей разрабатываются для систем централизованного управления и выполняются на следующих стадиях проектирования: на стадии технического проекта и на стадии рабочих чертежей.

На стадии рабочей документации при двухстадийном проектировании структура разрабатывается только в том случае, когда она изменяется в связи с принятыми новыми решениями при утверждении проекта. Структурные схемы управления и контроля могут не разрабатываться, если система управления проектируемого объекта несложна, без многоуровневого управления и с однолинейным технологическим процессом.

Исходными материалами для разработки схем взаимосвязей между пунктами контроля и управления являются следующие: титульный список объектов предприятия; генплан предприятия; схема организации производства; принципиальные технологические схемы производственных цехов и других подразделений предприятия; планы и разрезы помещений и компоновка оборудования; задание на проектирование автоматизации; задание на проектирование связи и других частей.

Схемы взаимосвязей могут выполняться одним из двух вариантов.

По первому варианту оперативные и диспетчерские пункты и щиты управления наносятся на схему без перечня видов контроля и управления.

По второму варианту для каждого оперативного и диспетчерского пункта и щита управления дается перечень задач, решаемых каждым видом контроля, управления, связи и т.д.

Выбор количества и характера постов управления при разработке системы автоматизации определяется объемом и уровнем автоматизации, целесообразным для данного производства, характером организации данного производства в условиях автоматизации. В соответствии с этим могут быть посты индивидуального, группового управления либо посты определенных участков технологического потока. Структурная схема является принципиальной основой для проектирования системы автоматизации данного объекта.

В общем случае на структурных схемах управления условными изображениями показываются: управляющие вычислительные машины, все оперативные и диспетчерские щиты и пункты, входящие в структуру управления проектируемого объекта; диспетчерские и оперативные щиты и пункты управления, которые не входят в состав разрабатываемого проекта автоматизации, но связаны с ним системами контроля и управления; цехи проектируемого объекта с разделением на отделения, участки, агрегаты или группы оборудования с указанием оперативных рабочих постов, не снабженных щитами контроля и управления; линии технологических потоков между отделениями, участками, агрегатами как группами технологического оборудования (выполняются в необходимых случаях для большей наглядности схемы); группы оперативной ремонтно-наладочной службы; линии связи с указанием на них бук-

венными обозначениями вида оперативной связи (контроль, сигнализация, автоматическое регулирование, дистанционное управление и т.д.) и обозначением стрелками направления поступления информации (опроса, выдачи команды, распоряжений и т.п.).

Оперативные и диспетчерские щиты и пункты управления, входящие в структуру автоматизации проектируемого объекта, изображаются на схеме в виде прямоугольников, внутри которых выполняются следующие надписи: наименование щита или пункта, вид оперативной связи условными обозначениями, наименование основного дежурного персонала данного щита пункта (например, оператор, аппаратчик и т.д.), перечень основных задач, решаемых с помощью щита и пункта (по второму варианту).

Виды оперативной связи и их обозначения принимают следующие: ДАУ - дистанционное автоматизированное управление, К - контроль, С - сигнализация, ДУ - дистанционное управление, АР - автоматическое регулирование, ДЗ - диспетчерская связь, ТВ - телевидение, ПГС - производственная громкоговорящая связь, ТИ - телеизмерение, ТС - телесигнализация, ТУ - телеуправление.

Эти условные буквенные обозначения наносятся над линиями связи, а на структурной схеме приводится экспликация этих обозначений оперативных и диспетчерских связей (рис. 1).

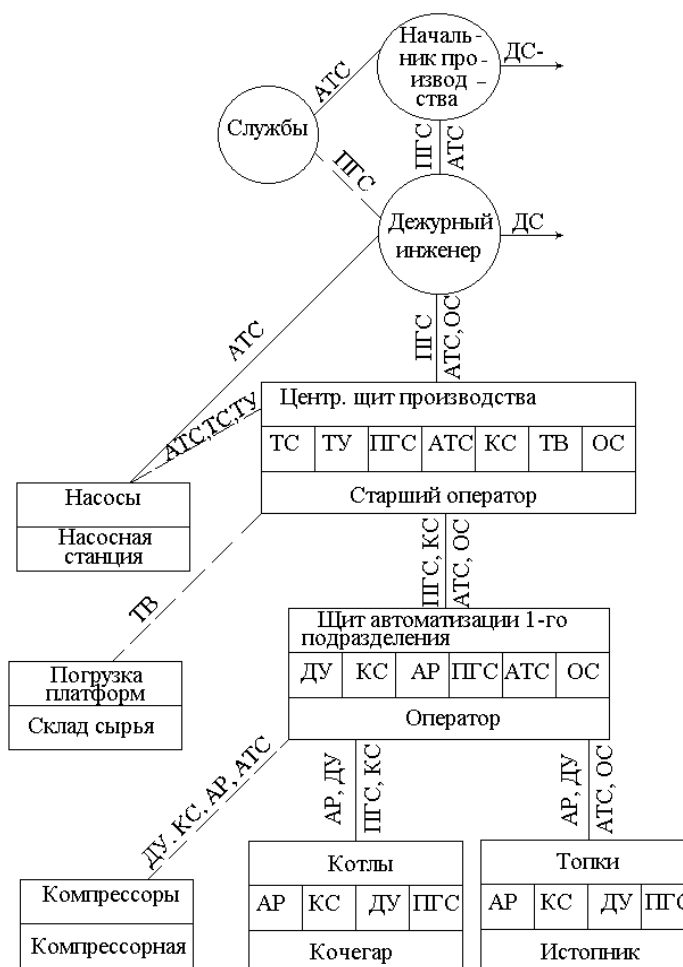


Рис. 1. Пример выполнения структурной схемы управления

Для однотипных агрегатов в случае, когда предусматривается отдельный щит для каждого такого агрегата, на схеме вычерчивается только один щит, и в нем указывается количество аналогичных щитов.

Цехи проектируемого объекта условно изображаются прямоугольниками с разделением на отделения и участки (агрегаты и группы технологического оборудования), каждый из которых предназначен для выполнения какой-либо законченной части производственного процесса и включается в систему централизованного управления.

Внутри условных изображений цехов, отделений, агрегатов пишутся их наименования, а

также наименования рабочих оперативных постов, не оборудованных щитами.

Диспетчерские и оперативные щиты и пункты управления, которые не входят в структуру данного проекта, а также группы ремонтно-наладочных служб изображаются на схеме кружками, в которые вписываются их наименования и наименования дежурного персонала.

На схеме взаимосвязей проектного задания показываются все диспетчерские и оперативные щиты и пункты и цехи с укрупненными участками основного технологического оборудования без указания мест оперативных рабочих постов, не обеспеченных щитами.

На схеме взаимосвязей рабочих чертежей показываются оперативные щиты и пункты, относящиеся к каждому цеху, отделению и участку, группе технологического оборудования с более подробным делением и оперативные рабочие посты, не обеспеченные щитами.

Для наглядности рисунка контурные линии условных изображений цехов (или других производственных подразделений), щитов, пультов и пунктов контроля и управления, а также линии функциональных связей между ними выполняются более жирными линиями (0,5 мм), чем линии условного деления внутри упомянутых условных изображений (0,2 мм). При наличии линий технологических потоков последние выполняются линиями толщиной не менее 1 мм.

При выполнении структурных схем масштабы не соблюдаются, при необходимости справа графического материала схемы дается текстовый материал в виде четко сформулированных пояснений.

2. Функциональные схемы автоматизации технологических процессов

А. Общие положения и правила выполнения схем автоматизации

Функциональные схемы автоматизации являются основным проектным документом, определяющим структуру и уровень автоматизации технологического процесса проектируемого объекта и оснащение его приборами и средствами автоматизации (в том числе средствами вычислительной техники). Функциональные схемы представляют собой чертежи, на которых при помощи условных изображений показывают технологическое оборудование, коммуникации, органы управления, приборы и средства автоматизации, средства вычислительной техники и другие агрегатные комплексы с указанием связей между приборами и средствами автоматизации, таблицы условных обозначений и пояснения к схеме.

Схемы являются основанием для выполнения остальных чертежей проекта, а также для составления заявочных ведомостей и заказных спецификаций приборов и средств автоматизации. Функциональная схема согласовывается с заказчиком или организацией, выдавшей задание.

Для однотипных технологических объектов (цехов, участков, отделений, агрегатов), не связанных между собой и имеющих одинаковое оснащение приборами и средствами автоматизации и одинаковые отдельные щиты (пульты), схему автоматизации следует выполнять для одного из них. На схеме дают пояснения. Например: "Схема разработана для агрегата 1, для агрегатов 2-5 схемы аналогичны".

Для однотипных технологических объектов, имеющих общие щиты, пульты с аппаратурой и приборами, на схеме автоматизации допускается показывать технологическое оборудование одного объекта. Приборы и средства автоматизации, устанавливаемые на щите, показываются полностью для всех объектов.

Если приборы однотипны, контролируемые параметры имеют одинаковые значения, то все повторяющиеся приборы показывают на щите один раз, а около их обозначения проставляют количество—в штуках.

Если приборы однотипны, а контролируемые параметры имеют различные значения, то на щите показываются все приборы. Около линий связи, соединяющих приборы с управляемым объектом (без изображения технологического оборудования), дают пояснения. Например: "от реакторов 2-3" (рис. 2).

При использовании многоточечного прибора для контроля какого-либо параметра в нескольких однотипных аппаратах на схемах допускается показывать только один технологический

аппарат и один датчик, а около прибора показывают линии связи от остальных датчиков.

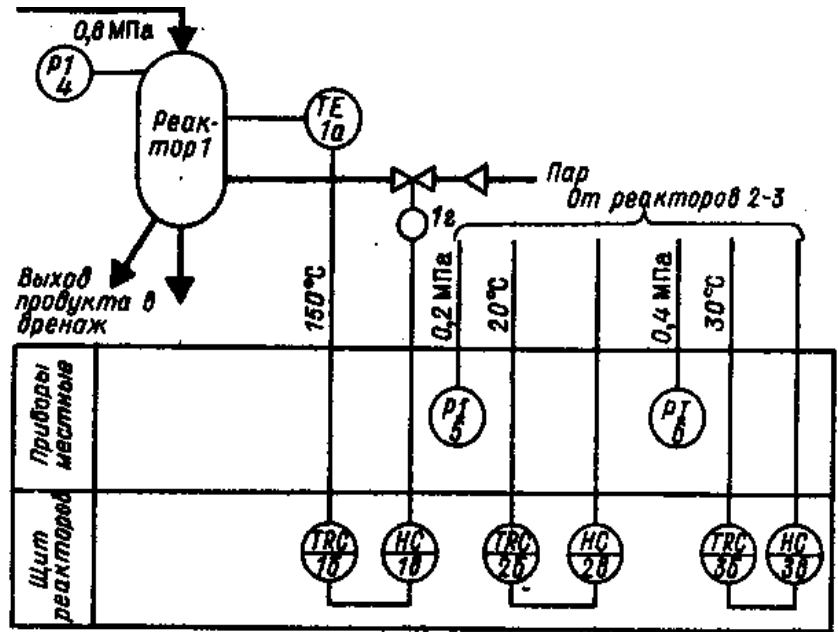


Рис. 2. Пример выполнения схемы для однотипных объектов

На схеме автоматизации приводится пояснение, на основании какого документа она разработана. Например: "Схема разработана на основании технологической схемы 1224, выполненной институтом ВНИИМП".

На схеме допускается приводить перечень приборов и средств автоматизации и таблицы условных обозначений (см. табл. 1, 2).

Таблица 1. Форма таблицы перечня приборов и средств автоматизации

	Позиционное обозначение	Наименование	Количество	Примечание
15				
8				
8				
	20	110	10	45

Таблица 2. Форма таблиц условных обозначений приборов, средств автоматизации и технологических коммуникаций, не вошедших в стандарты

Вариант 1

Условное обозначение	Наименование
40	145

Вариант 2

Условное обозначение	Наименование
40	52

Приведенные таблицы условных обозначений могут использоваться по усмотрению исполнителя в одном из двух представленных вариантов.

Б. Изображение технологического оборудования, приборов и средств автоматизации на схемах автоматизации

Графическое построение технологической схемы должно давать наиболее наглядное представление о последовательности технологического процесса. Технологическую схему вычерчивают с упрощенным изображением оборудования, масштаб при этом не соблюдается. Конфигурация оборудования должна соответствовать действительной или изображаться принятыми условными обозначениями и схематичными изображениями.

Функциональная схема автоматизации графически делится на две зоны. В верхней части чертежа (примерно две трети по высоте схемы) изображается технологическая схема, а в нижней его части, под технологической схемой, с некоторым разрывом вычерчивают прямоугольники, условно изображающие: установку местных приборов, щиты, пульты, пункты контроля и управления, управляющие машины, машины централизованного контроля и т.п., в которых условными обозначениями показывают соответствующую аппаратуру.

Таблица 3. Условные обозначения соединения и пересечения технологических трубопроводов

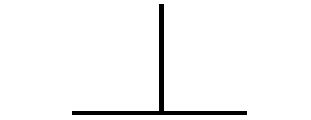
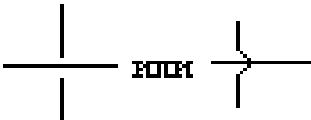


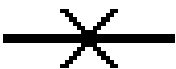



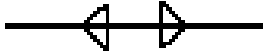
Наименование	Обозначение
Соединения трубопроводов	
Пересечение трубопроводов	

Таблица 4. Обозначения направления потока энергии, жидкости и газа по ГОСТ 2.721-74

Наименование	Обозначение
1. Поток электромагнитной энергии, сигнал электрический:	
а) в одном направлении (например вправо);	
б) в обоих направлениях не одновременно;	
в) в обоих направлениях одновременно	
2. Поток жидкости:	
а) в одном направлении (например, вправо);	
б) в обоих направлениях;	
3. Поток газа (воздуха):	
а) в одном направлении (например, вправо);	
б) в обоих направлениях	

Оборудование и коммуникации изображаются тонкими линиями, технологические потоки выделяются более жирными линиями. Соединение и пересечение технологических трубопроводов изображают условными обозначениями, приведенными в табл. 3. Допускается изображать элементы объекта в виде прямоугольников, которые должны быть снабжены соответствующими наименованиями. У изображения объекта и трубопроводов должны быть поясняющие надписи (наименование оборудования, его номер и др.), а также указаны стрелками направления потоков (табл. 3).

Технологические трубопроводы, газопроводы, водопроводы и др. на функциональной схеме обозначаются однолинейно в соответствии с условными обозначениями по ГОСТ 3464-63 (табл. 5).

Изображение объекта автоматизация и отдельных его элементов выполняется так, чтобы линия связи между приборами, средствами автоматизации и объектом имели бы минимальную протяженность, изгибы и пересечения.

Таблица 5. Условные обозначения трубопроводов для жидкостей и газов по ГОСТ 3464-63

Содержимое трубопроводов		Условные обозначения
Жидкость или газ, преобладающие в данном проекте		
Вода		-1-
Пар		-2-
Воздух		□3□
Азот		□4□
Кислород		□5□
	Аргон	□6□
	Неон	□7□
Инертные газы	Гелий	□8□
	криптон	□9□
	ксенон	□10□
Аммиак		□11□
Кислота (окислитель)		□12□
Щелочь		□13□
Масло		□14□
Жидкое горючее		□15□
Водород		□16□
Ацетилен		□17□
Фреон		□18□
Метан		□19□
Этан		□20□
Этилен		□21□
Пропан		□22□
Пропилен		□23□
Бутан		□24□
Бутилен		□25□
Противопожарный провод		□26□
Вакуум		□27□

Прямоугольники могут размещаться в следующей последовательности сверху вниз (рис.3): приборы местные или внештитовые приборы; местные щиты контроля, управления и т.п.; агрегатные или оперативные щиты; центральный или диспетчерский щит управления; управляющие машины, машины централизованного контроля.

При расположении изображения щита или комплектного устройства только на одном листе

прямоугольник щита справа замыкается линией. При необходимости изображения щита на последующих листах одной схемы или последующих функциональных схемах прямоугольник щита не замыкается с правой стороны. В этом месте делают соответствующую надпись. Например, при расположении изображения щита на трех листах на первом листе делают надпись: "Продолжение см. лист 2", на втором листе - "Продолжение см. лист 3", на третьем листе прямоугольник щита замыкается линией. Аналогичные надписи выполняются на взаимосвязанных функциональных схемах, имеющих общие щиты. В этом случае вместо номера листа пишется обозначение последующей схемы. Наименование щита, располагаемое слева на листах 2 и 3 или последующих схемах, выполняется так же, как на листе 1.

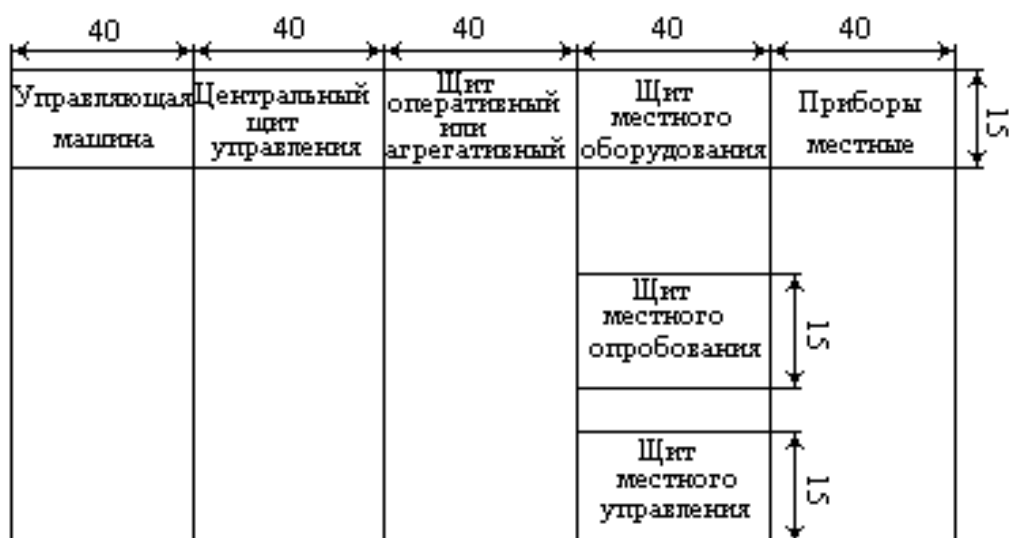


Рис. 3. Условные изображения мест установки средств автоматизации и аппаратуры управления

Приборы и средства автоматизации, которые расположены вне щитов и конструктивно не связаны непосредственно с технологическим оборудованием и коммуникациями, условно показывают в прямоугольнике "Приборы местные". Прямоугольник располагают над прямоугольниками щитов. При применении агрегатированных комплексов или УВМ допускается кроме наименования всего комплекса приводить сокращенные наименования или типы отдельных его блоков. При этом прямоугольник, изображающий комплекс (машину), делят горизонтальными линиями на части, число которых соответствует количеству блоков. Условные наименования или типы блоков наносят с левой стороны прямоугольника рядом с наименованием комплекса (рис. 4).

Точки входа и выхода сигналов на прямоугольниках соответствующих блоков показывают кружками диаметром 1,5-2 мм. Для удобства пользования схемой и подсчета общего количества используемых каналов разрешается около кружков указывать количество и условное обозначение используемых каналов. Принятые условные обозначения блоков и каналов должны быть обязательно расшифрованы на схеме. Например: для пневматического агрегатного комплекса "Центр" (см. рис. 4) приняты следующие условные обозначения: БКП - блок первичной обработки информации; БОВ - блок обнаружения выбегов; БР - блок регулирующих устройств; АР - устройство цифровой регистрации (авторегистор); УНК - устройство непрерывного контроля параметров.

Цифрами обозначено количество используемых каналов, буквами дополнительно расшифрованы соответствующие каналы пульта: Р - канал для связи с регулятором; И - информационный канал; О - оперативный канал. Общее количество использованных в данной схеме каналов по каждому блоку указывается в правой части прямоугольника в специальной вертикальной графе.

Устройства телемеханики показывают на схемах также в виде прямоугольников. Эти прямоугольники располагают внутри прямоугольников щитов и местных приборов. Например: контролируемый пункт изображают под прямоугольником "Приборы местные" а пункт управления - в верхней части прямоугольника "Щит диспетчера". При использовании в проекте нескольких уст-

ройств телемеханики каждому устройству присваивают свой отличительный номер. Например: Ш, КП2 - контролируемые пункты; ПН, ПУ2 - пункты управления. Связь приборов и средств автоматизации с устройствами телемеханики показывают линиями связи. Места выхода линий связи в прямоугольниках комплектов телемеханики показывают кружками диаметром 1,5 – 2 мм. При необходимости рядом с кружками проставляют условные обозначения, характеризующие виды сигналов. Например: ТИ – телеизмерение; ТС – телесигнализация; ТУ – телеуправление и т.д. Все принятые условные обозначения должны быть расшифрованы на схеме.

Приборы и средства автоматизации показывают условными обозначениями по ГОСТ 21.404-85.

Графические условные обозначения приборов и средств автоматизации должны соответствовать указанным в табл. 6,а их размеры - указанным в табл. 7.

Графические условные обозначения дополнительных устройств, применяемых в функциональных схемах систем автоматизации, приведены в табл. 8.

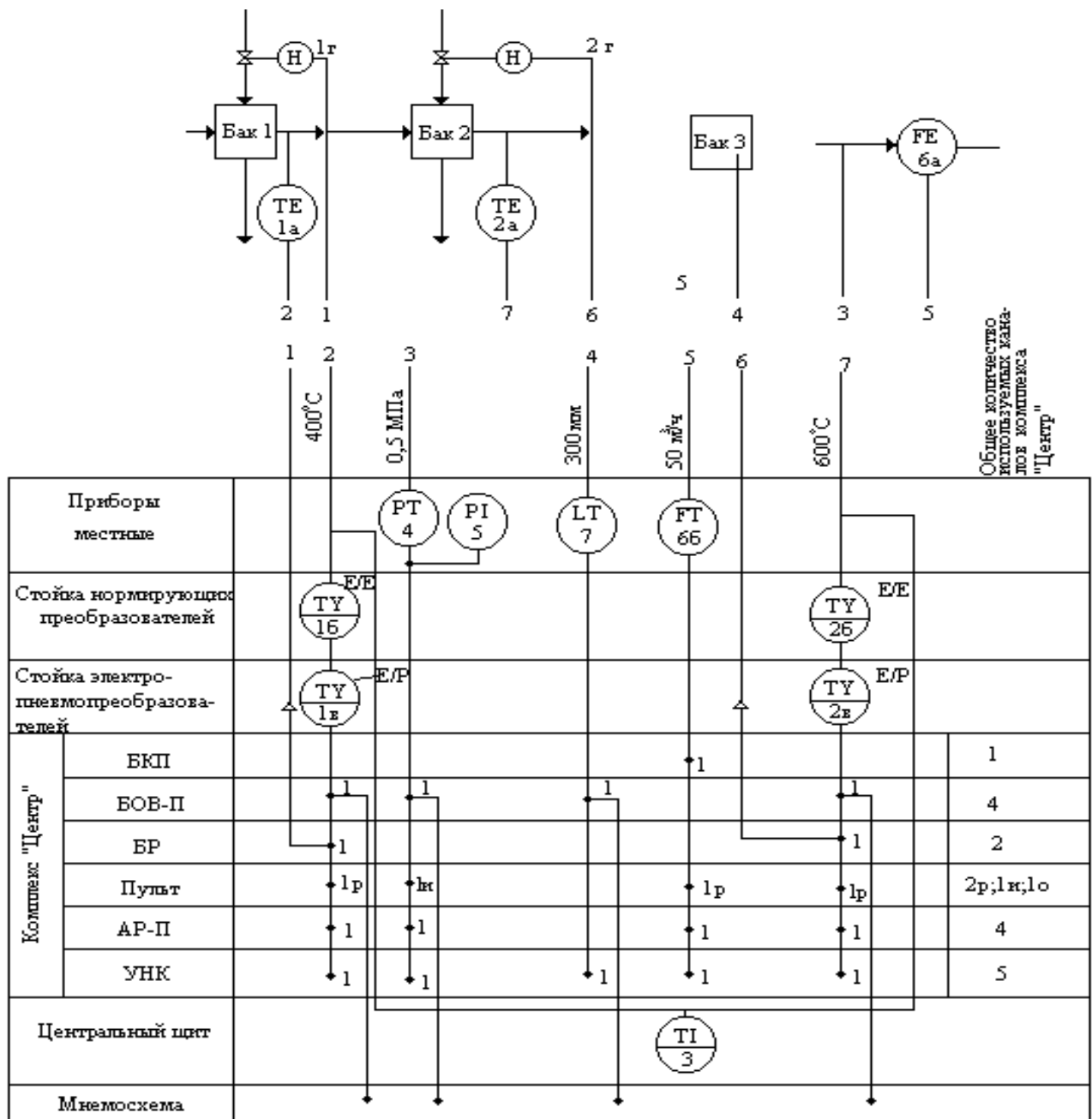










Рис. 4. Пример выполнения схемы с применением агрегатированных комплексов или УВМ.УВМ

Построение буквенных условных обозначений измеряемых величин и функций, выполняемых приборами и средствами автоматизации, выполняется прописными буквами латинского алфавита и должны соответствовать указанным в табл. 9. При отсутствии необходимых буквенных обозначений для этой цели используются приведенные резервные буквы, и все случаи их применения должны сопровождаться необходимыми пояснениями на схемах.

Дополнительные буквенные обозначения, отражающие функциональные признаки приборов, приведены в табл. 10, а применяемые для построения преобразователей сигналов и вычислительных устройств - в табл. 11.

Буква А применяется для обозначения функции “Сигнализация” независимо от того, вынесена 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 Н и L. Эти буквы наносятся вне графического обозначения, справа от него (Приложение, прим. 31, 32).

Таблица 6. Графические условные обозначения приборов и средств автоматизации по ГОСТ 21.4040 – 85

№ пп	Наименование	Обозначение	Примечания
1	2	3	4
1	Первичный измерительный преобразователь; прибор, устанавливаемый по месту: на технологическом трубопроводе, аппарате, стене, полу, колонне, металлоконструкции		В обоснованных случаях для пп1 и 2 при необходимости проставления ряда буквенных обозначений допускается вместо окружности применять обозначения
2	Прибор, устанавливаемый на щите, пульте		 или  соответственно
3	Отборное устройство без постоянно подключенного прибора (служит для эпизодического подключения приборов во время наладки, снятия характеристик и т.п.)		Отборное устройство для всех постоянно подключенных приборов представляет собой тонкую сплошную линию, соединяющую технологический трубопровод или аппарат с первичным измерительным преобразователем или прибором (рис. 4, прибор позиции 4). При необходимости указания места расположения отборного устройства или точки измерения (внутри контура технологического аппарата) в конце тонкой линии изображается окружность диаметром 2 мм.
4	Исполнительный механизм. Общее обозначение. Положение регулирующего органа при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала не показывается.		
5	Исполнительный механизм, открывающий регулирующий орган при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала.		
6	Исполнительный механизм, закрывающий регулирующий орган при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала.		




7	Исполнительный механизм, который при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала оставляет регулирующий орган в неизменном положении..		
8	Исполнительный механизм с дополнительным ручным приводом.		Обозначение может применяться в сочетании с любым из дополнительных знаков, характеризующих положение регулирующего органа при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала (см. пп. 4, 5, 6 и 7)
9	Регулирующий орган		Допускается запорную и регулиующую в системах автоматизации и заказываемую по технологической части проекта (кроме вентилей и клапанов регулирующих X), изображать в соответствии с ГОСТ 2.785 – 70.





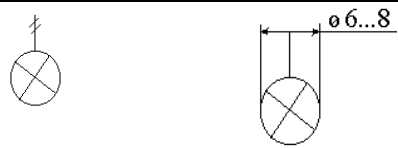

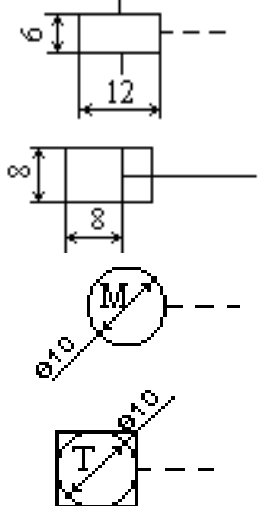
Таблица 7. Размеры графических условных обозначений по ГОСТ 21.404-85

Наименование	Обозначение
Первичный измерительный преобразователь, прибор (контролирующий, регулирующий): а) базовое обозначение	
б) допускаемое обозначение	
Отборное устройство	
Исполнительный механизм	
Регулирующий орган	

Буква S применяется для обозначения контактного прибора, используемого только для включения, отключения, блокировки и т.д. (Прил., прим. 10, 17, 18, 31). Предельные значения измеряемых величин, по которым осуществляется включение, отключение, блокировка и т.п., могут быть конкретизированы добавлением букв H и L. Букву S не следует применять для обозначения функции регулирования (в том числе позиционного).

При применении контактного устройства прибора для включения, отключения и одновременно для сигнализации следует использовать в обозначении прибора обе буквы S и A (Прил., прим. 29).

Таблица 8. Дополнительные устройства, обозначения которых заимствованы из стандартов ЕСКД

№ пп	Наименование	Условное графическое обозначение
1.	Звонок электрический: общее обозначение постоянного тока переменного тока одноударный (гонг)	
2.	Зуммер	
3.	Сирена электрическая (пневматическая)	
4.	Гудок электрический	
5.	Лампа накаливания сигнальная и осветительная:	
6.	общее обозначение	однолинейное многолинейное
7.	Лампа газоразрядная сигнальная и осветительная: общее обозначение	
		однолинейное многолинейное
8.	Приводы: электромагнитный пневматический или гидравлический электромашинный тепловой (двигатель тепловой)	

Примечание: При изображении сигнальных ламп сектора допускается зачернять:



или



Таблица 9. Буквенные условные обозначения измеряемых величин и функциональных признаков приборов и средств автоматизации по ГОСТ 21.404-85

Обозначение	Измеряемая величина		Функции, выполняемые прибором		
	Основное значение первой буквы	Дополнительное значение, уточняющее значение первой буквы	Отображение информации	Формирование выходного сигнала	Дополнительные значения
1	2	3	4	5	6
A	+	-	Сигнализация	-	-
B	+	-	-	-	-
C	+	-	-	Регулирование, управление	-
D	Плотность	Разность, перепад	-	-	-
E	Любая электрическая величина	-	+	-	-
F	Расход	Соотношение, доля, дробь	-	-	-
G	Размер, положение, размещение	-	+	-	-
H	Ручное воздействие	-	-	-	Верхний предел измеряемой величины
I	+	-	Показание	-	-
J	+	Автоматическое переключение, обегание	-	-	-
K	Время, временная программа	-	-	+	-
L	Уровень	-	-	-	Нижний предел измеряемой величины (сигнализируемой)
M	Влажность	-	-	-	-
N	+	-	-	-	-
O	+	-	-	-	-
P	Давление, вакуум	-	-	-	-
Q	Величина, характеризующая качество: состав, концентрация и т.п.	Интегрированная, суммирование по времени	-	+	-
R	Радиоактивность	-	Регистрация	-	-
S	Скорость, частота	-	-	Включение, отключение, переключение	-
T	Температура	-	-	+	-
U	Несколько различных измеряемых величин	-	-	-	-
V	Вязкость	-	+	-	-
W	Масса	-	-	-	-
X	Не рекомендуемая резервная буква	-	-	-	-
Y	+	-	-	+	-
Z	-	-	-	-	-

Примечание. Буквенные обозначения, отмеченные знаком “+”, являются резервными, а отмеченные знаком “-” не используются.

Для конкретизации измеряемой величины около изображения прибора (справа от него) необходимо указывать наименование или символ измеряемой величины. Например, “Напряжение”, “Сила тока” –

для электрических величин, рН, O₂ и т.д. – для других величин (Прил., прим. 35, 38, 39, 40).

В случае необходимости около изображения прибора допускается указывать вид радиоактивности. Например, α-, β- или γ-излучение (Прил., прим. 41).

Таблица 10. Дополнительные буквенные обозначения ГОСТ 21.404-85, отражающие функциональные признаки приборов

Наименование	Обозначение	Применение
Первичное преобразование (чувствительный элемент)	Е	При обозначении устройств, выполняющих первичное преобразование. Например: термометры термоэлектрические (термопары), термометры сопротивления и другие первичные измерительные преобразователи температуры обозначаются ТЕ; сужающие устройства расходомеров и другие первичные измерительные преобразователи расхода обозначаются FE и т.д.
Промежуточное преобразование	Т	Для обозначения приборов с дистанционной передачей показаний. Например: бесшкальные манометры (дифманометры с дистанционной передачей показаний обозначаются РТ), манометрические термометры с дистанционной передачей обозначаются ТТ, бесшкальные расходомеры с дистанционной передачей показаний обозначаются FT и т.д.
Станция управления	К	Для обозначения приборов, имеющих станцию управления, т.е. переключатель для выбора вида управления (автоматическое - ручное), и устройство для дистанционного управления
Преобразование, вычислительные функции	У	Для построения обозначений преобразователей сигналов и вычислительных устройств

Таблица 11. Дополнительные обозначения, применяемые для построения преобразователей сигналов и вычислительных устройств по ГОСТ 21.404-85

Наименование	Обозначение
Род энергии сигнала: электрический (независимо от вида электрического сигнала) пневматический гидравлический	Е Р G
Виды форм сигнала: аналоговый дискретный	А D
Операция, выполняемые вычислительным устройством:	
суммирование	Σ
умножение сигнала на постоянный коэффициент К	К
перемножение двух и более сигналов друг на друга	x
деление сигналов друг на друга	:
возведение величины сигнала f в степень n	f ⁿ
извлечение из величины сигнала корня степени n	
логарифмирование	Lg
дифференцирование	dx/dt
интегрирование	
изменение знака сигнала	x(-1)
ограничение верхнего значения сигнала	max
ограничение нижнего значения сигнала	min
Связь с вычислительным комплексом: передача сигнала на ЭВМ вывод информации с ЭВМ	B _i B _o

Буква U может быть использована для обозначения прибора, измеряющего несколько разнородных величин. Подобная расшифровка измеряемых величин должна быть приведена около прибора или на поле чертежа (Приложение, прим. 43).

Для обозначения величин, не предусмотренных ГОСТ, 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 применения резервных буквенных обозначений они должны быть расшифрованы на схеме. Не допускается в одной и той же документации применение одной и той же резервной буквы для обозначения разных величин.

Для обозначения дополнительных значений D, F, Q допускается применение d, f, q.

Приборы и средства автоматизации показывают на функциональных схемах развернутым способом, при котором каждый прибор или блок, входящий в единый (измерительный, регулирующий или управляющий) комплект, показывается отдельным условным графическим обозначением. Сложные приборы, выполняющие несколько функций (например, регулирующий прибор типа P25, содержащий измерительный блок, регулирующий блок, задатчик, блок управления и сигнализации, дистанционный указатель положения исполнительного механизма и применяемый в автоматической системе регулирования содержания влаги в маслоизготовителе непрерывного действия), допускается изображать несколькими окружностями, расположенными слитно друг с другом (рис. 5, позиции 1e, 1ж, 1и, 1к, 1м),

Методика построения графических условных обозначений развернутым способом заключается в следующем. В верхней части графического обозначения (окружности, овала) наносятся обозначения измеряемой величины и функций, выполняемых прибором, и порядок их расположения (слева направо) должен быть следующим: обозначение измеряемой величины; обозначение, уточняющие (если это необходимо) основную измеряемую величину; обозначение(обозначения) функций, выполняемых прибором.

Порядок расположения буквенных обозначений функций, выполняемых прибором (если их несколько в одном приборе), должен быть следующим: IRCSA.

При построении условных обозначений приборов следует указывать не все функциональные признаки прибора, а лишь те, которые используются в данной схеме. Например, при обозначении.

Показывающих и самопишущих приборов (если функция "показание" не используется) следует писать: TR вместо TIR, PR вместо PIR и т.п.; при построении условного обозначения сигнализатора уровня, блок сигнализации которого является бесшкальным прибором, снабженным контактным устройством и встроенными сигнальными лампами, следует писать:

а) LS - если прибор используется только для включения, выключения насоса, блокировок и т.д.; б) LA - если прибор используется только для сигнализации (местной или дистанционной); в) LSA - если используются обе функции по подпунктам а) и б); г) LC - если прибор используется для регулирования уровня.

При построении обозначений комплектов средств автоматизации первая буква в обозначении каждого входящего в комплект прибора или устройства, кроме устройств ручного управления, является наименованием измеряемой комплектной величины. Например: в комплекте для измерения и регулирования содержания влаги с применением влагомера сливочного масла ВСМ-1 (см. рис. 5) первичный измерительный преобразователь следует обозначать ME, высокочастотный преобразователь -MY, низкочастотный преобразователь -MY, цифровой прибор -MI, вторичный регистрирующий прибор -MR, регулирующий блок -MC и т. п. Исключение составляют все устройства, выполненные в виде отдельных блоков и предназначенные для ручных операций, которые должны иметь на первом месте в обозначении букву H независимо от того, в состав какого измерительного комплекта они входят. Например, переключатели электрических цепей измерения (управления), переключатели газовых (воздушных) линий обозначаются M9 байпасные панели дистанционного управления -HC, кнопки (ключи) для дистанционного управления, задатчики -H и т.п.

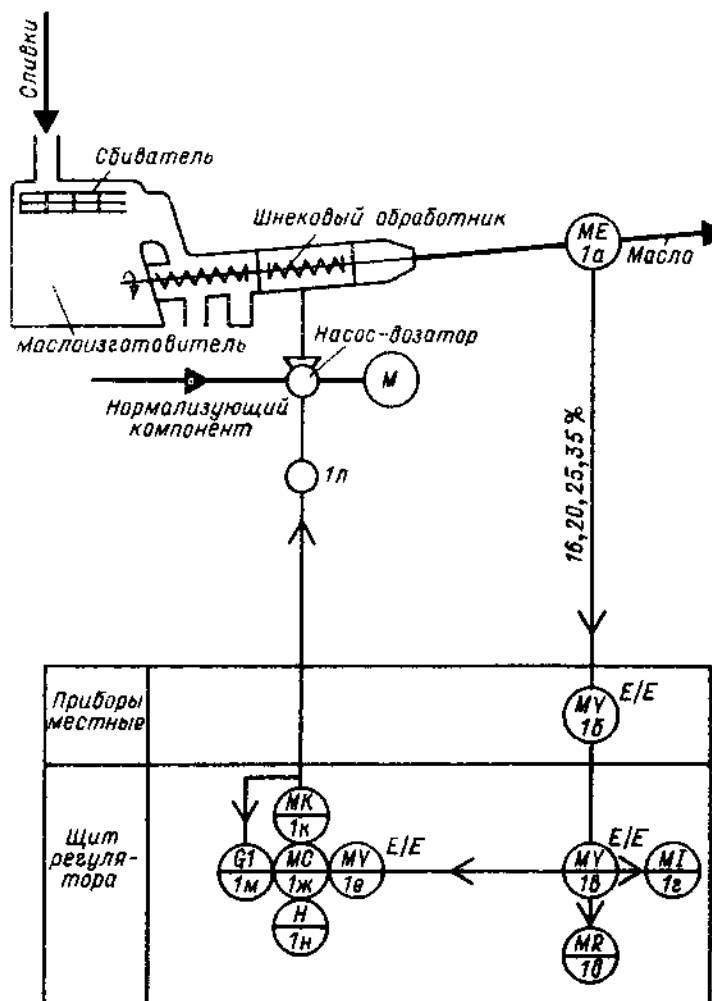


Рис. 5. Пример выполнения схемы с построением графических условных обозначений развернутым способом

При обозначении комплекта, предназначенного для измерения нескольких разнородных величин, первичные измерительные преобразователи следует обозначать в соответствии с измеряемой величиной, вторичный прибор при использовании функции "Регистрация" - UR.

Порядок построения условных обозначений с применением дополнительных буквенных обозначений следующий: на первом месте ставится буква, обозначающая измеряемую величину; на втором - одна из дополнительных букв: E, T, K или Y (см. табл. 9).

При построении буквенных обозначений преобразователей сигналов и вычислительных устройств надписи, расшифровывающие вид преобразования или операции, осуществляемые вычислительным устройством (см. табл. 11), выполняются в виде дроби и наносятся справа от графического обозначения прибора (см. Приложение, прим. 47, 48, 49, 50, 51, 52).

В обоснованных случаях во избежание неправильного понимания схемы допускается вместо условных обозначений приводить полное наименование преобразуемых сигналов. Так же рекомендуется обозначать некоторые редко применяемые или специфические сигналы. Например, кодовый, время-импульсный, число-импульсный и т.п.

В нижней части графического обозначения (окружности, овала) наносится позиционное обозначение комплекта измерения (регулирования) или отдельных элементов комплекта.

В отдельных случаях, когда позиционное обозначение прибора не помещается в графическом обозначении, допускается нанесение его вне пределов графического обозначения (Приложение, пример 56). При изображении на функциональной схеме электроаппаратуры, участвующей в схемах автоматического регулирования, управления, сигнализации, в нижней части графическо-

го обозначения наносится позиционное обозначение электроаппаратуры, присваиваемое ей по принципиальным электрическим схемам. При использовании в проекте приборов и средств автоматизации, имеющих у заказчика или поставляемых комплектно с технологическим оборудованием, их показывают на схеме без отличия от приборов и средств автоматизации, заказываемых по данному проекту. О том, что данные приборы и средства автоматизации не подлежат заказу по проекту автоматизации, дают соответствующие указания на функциональной схеме. Например: "Приборы 2а, 4а, 6в и 8д имеются у заказчика" или "Приборы 10а, 12а и 14 поставляются комплектно с компрессором".

Приборы и средства автоматизации, встраиваемые в технологическое оборудование и трубопровода или механически связанные с ними, изображают на схеме в непосредственной близости к технологическому оборудованию. К таким средствам автоматизации относятся: термометры расширения, термометры термоэлектрические (термопары), термометр сопротивления, первичные преобразователи параметров, сужающие измерительные устройства, ротаметры, газовые и жидкостные счетчики, первичные преобразователи индукционных расходомеров, первичные преобразователи уровнемеров, радиоактивности, плотности и др., исполнительные механизмы, регулирующие и запорные органы.

В. Графическое выполнение функциональных схем

Схемы автоматизации выполняются на листах формата, установленного ГОСТ 2.301-68. При выполнении схемы автоматизации на нескольких листах все пояснения таблицы выполняются на первом листе схемы в соответствии с ГОСТ 2.316-68. Основную надпись заполняют по ГОСТ 2.104-68, наименование схемы выполняют по ГОСТ 2.701-76.




Дополнительные условные обозначения, не предусмотренные государственными стандартами, располагают на первом листе схемы автоматизации над основной надписью в виде таблицы.

Заполнение таблицы рекомендуется производить сверху вниз в следующем порядке:

- а) условные обозначения трубопроводов;
- б) условные обозначения приборов и средств автоматизации ;
- в) буквенные обозначения, примененные для обозначения контролируемых величин или функциональных признаков приборов, сокращения, принятые для условных обозначений отдельных блоков, устройств.

Линии связи между приборами и средствами автоматизации на функциональной схеме изображают однолинейно тонкими сплошными линиями независимо от фактического количества проложенных проводов или труб (обозначение линий связи приведено в табл. 12).

Таблица 12. Графическое условное обозначение линий связи по ГОСТ 2Г.404-85

Наименование	Обозначение
Линия связи	
Пересечение линий связи без соединения друг с другом	
Пересечение линий связи с соединением между собой	

Подвод линий связи к символу прибора изображается в любой точке окружности (сверху, снизу, сбоку). Линии связи выполняют по возможно кратчайшему расстоянию с минимальным числом изгибов и пересечений. Пересечение линий связи изображений технологического оборудования и трубопроводов допускается, а обозначений приборов и средств автоматизации не допускается. При пересечении, ответвлении и слиянии линий связи в случае функционального взаимодействия (с соединением) линий связи в месте пересечения ставится точка. Примером пересечения (ответвления) линий связи с соединением их и без соединения служит линия блокировки (рис. 6). Точки ставят в местах пересечения линии блокировки с линиями связи параметров, вызывающих останов или запрет пуска

компрессора и линий управления электродвигателей компрессора. В местах пересечения линии блокировки с линиями связи параметров, которые подлежат только сигнализации, не вызывают остановки компрессора, точки не ставятся. Линии связи должны четко отображать функциональные связи приборов (элементов) от начала прохождения сигнала (воздействия) до конца. При необходимости указания направления передачи сигнала на линиях связи допускается наносить стрелки (см. табл. 2). Для сложных объектов с большим количеством применяемых приборов и средств автоматизации, иногда изображение непрерывных линий связи затрудняет чтение схемы, допускается их разрывать. В местах разрыва оба конца линий связи нумеруются одной и той же арабской цифрой, нумерация разрыва линий связи выносится на основные базовые линии (вверх или вниз от технологического оборудования), обеспечивающие минимальное пересечение линиями связи изображений технологического оборудования и коммуникаций. Нумерация разрывов линий связи со стороны щитовых приборов дается в порядке возрастания номеров (см. рис. 4).

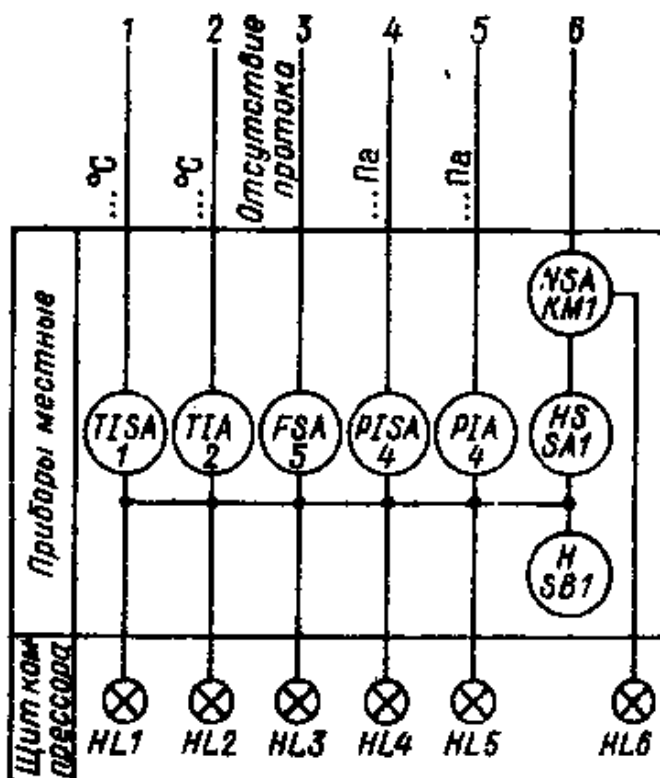


Рис. 6. Пример выполнения схемы с пересечением линий связи с линиями блокировки.

Допускается комбинированное выполнение линий связи: непрерывными линиями и адресным методом для тех участков схемы, где нанесение непрерывных линий затруднительно. На участках линий связи со стороны приборов, изображенных в прямоугольниках щитов или прямоугольником "Приборы местные" слева, непосредственно у подхода их к первому прямоугольнику, указывают предельные рабочие (максимальные или минимальные) значения измеряемых или регулируемых величин. Эти величины указывают в единицах шкалы выбираемого прибора или в международной системе единицы. Разрежение (вакуум) обозначается знаком "-".

Для приборов, встраиваемых непосредственно в технологическое оборудование или трубопровода и не имеющих линий связи с другими приборами, предельные значения величин указывают возле обозначений приборов. Надписи типа "Регулирование", "Управление насосом" и т.п. на соответствующие линии связи наносить не рекомендуется. Выносные линии с полками, служащие для записи на них краткого пояснения функций, выполняемых аппаратурой, изображаются на схемах.

Позиции приборов и средств автоматизации, изображенных на функциональной схеме, состоят из двух частей: цифрового обозначения, присваиваемого комплекту (функциональной группе), и буквенных индексов - строчных букв русского алфавита, присваиваемых отдельным

элементам, входящим в комплект (функциональную группу).

Примечание 1. Комплектом (функциональной группой) называется совокупность отдельных функционально связанных элементов, выполняющих определенную задачу.

Примечание 2. Отдельным приборам, не входящим в комплекты, например показывающим термометрам, манометрам и т.п., присваиваются позиции, состоящие только из порядкового номера.

Во избежание разночтений буквы "з" и "о", имеющие начертание, похожее на начертание цифр, применять не допускается.

Присвоение позиций комплектам, а также отдельным приборам и средствам автоматизации, производится при записи их в заказную спецификацию, которая является документом, необходимым для чтения функциональной схемы, в следующей последовательности:

а) Приборы, регуляторы и комплектные устройства к ним, сгруппированные в следующие параметрические группы: приборы и регуляторы для измерения и регулирования температуры; приборы и регуляторы для измерения давления и разрежения; приборы и регуляторы для измерения расхода, количества, уровня; приборы и регуляторы для измерения состава и качества вещества; прочие приборы, регуляторы и комплектные устройства.

Комплекты приборов и аппаратуры взаимосвязанных систем измерения и регулирования могут выделяться в отдельные группы.

б) Машины централизованного контроля, управления и комплектные устройства к ним: машины централизованного контроля; машины централизованного управления; станции централизованного управления.

в) Управляющие вычислительные машины и комплектные устройства к ним: управляющие вычислительные машины; вычислительные машины; счетно-перфорационные устройства; клавишные вычислительные машины; отдельные вычислительные приборы и устройства.

г) Комплектные устройства телеконтроля и управления.

Буквенные обозначения присваивают каждому элементу комплекта в порядке алфавита в зависимости от последовательности прохождения сигналов (от устройств получения информации к устройствам воздействия на управляемый процесс). В схемах каскадного или связанного регулирования, если какой-либо прибор или регулятор связан с несколькими первичными измерительными преобразователями или получает дополнительные воздействия по другим параметрам, то все элементы схемы, осуществляющие дополнительные функции, необходимо отнести к той функциональной группе, на которую оказывают воздействие. Например, при регулировании соотношения двух потоков регулятор соотношения вносится в состав той функциональной группы, на которую оказывается ведущее воздействие по независимому параметру. Одинаковым комплектам или однотипным элементам одного комплекта рекомендуется присваивать одинаковые позиции независимо от места их установки.

Электроаппаратура (электроизмерительные приборы, сигнальные лампы, табло, гудки, звонки, ключи управления, кнопки, магнитные пускатели и т.п.), изображаемая на функциональных схемах, должна иметь буквенно-цифровые позиционные обозначения, принятые в принципиальных электрических схемах и составленные из буквенного обозначения и порядкового номера, проставленного после буквенного обозначения (см. Приложение, пример 56).

Позиционное обозначение электроаппаратуры образуется с применением букв только латинского алфавита. Буквенные позиционные обозначения электроаппаратуры, изображаемой на функциональных схемах, приведены в табл. 13. Порядковые номера присваивают, начиная с единицы, в пределах электроаппаратуры одного вида, которым на схеме присвоено одинаковое буквенное обозначение, например звонок электрический HA1, HA2, ... и т.д.

Таблица 13. Буквенные позиционные обозначения электроаппаратуры

Наименование	Обозначение
Прибор звуковой сигнализации	HA
Прибор световой сигнализации	HL
Контактор магнитный, пускатель	KM
Реле времени	KT
Амперметр	PA
Вольтметр	PY
Двигатели	M
Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и т.п.:	
выключатель или переключатель	SA
выключатель кнопочный	SB
путевой выключатель	SQ

Позиции приборов и средств автоматизации, присвоенные им по спецификации, а также позиционные обозначения электроаппаратуры сохраняются во всех остальных документах проекта. Позиция приборов и средств автоматизации и позиционные обозначения электроаппаратуры проставляют в нижней части окружности, а если позиция или позиционное обозначение не помещаются в окружности, допускается нанесение его вне пределов окружности с правой стороны условного обозначения или над ним.

Для выполнения функциональных схем используют линии следующей толщины:

контурные (для технологической схемы)	-0,2-0,5 мм;
трубопроводов	-0,5-1,5 мм;
обозначений приборов и средств автоматизации	-0,5-0,6 мм;
линий связи и горизонтальной разделительной черты внутри обозначений приборов	-0,2-0,3 мм;
прямоугольников, изображающих щиты, пульты и т.п	-0,5-1,0 мм;
выносок	-0,2-0,3 мм

При одинаковой толщине линий различного назначения их вычерчивают (для выделения) по толщине в противоположных (большем и меньшем) пределах.

Для цифр и букв позиций, позиционных обозначений и надписей применяют следующие размеры шрифта:

для позиций - цифры	- 3,5 мм;
буквы (строчные)	- 2,5 мм;
для позиционных обозначений буквы и цифры	- 3,5 мм;
для буквенных обозначений измеряемых величин и функций, выполняемых приборами	- 2,5 мм;
для пояснительного текста и надписей	- 3,5-5 мм

Расстояние между параллельными линиями связи должно быть не менее 3 мм. В надписях и текстах применяют только общепринятые сокращения слов. Примеры построения условных обозначений приборов и средств автоматизации приведены в Приложении.

3. Принципиальные электрические, пневматические и гидравлические схемы автоматизации

Принципиальные электрические схемы автоматизации являются проектным документом, определяющим полный состав электрической части и связей между ее элементами, а также дающим детальное представление о принципах работы системы.

Принципиальные схемы служат основанием для разработки других чертежей (приводятся ниже), а также используются при наладке и эксплуатации систем автоматизации. Они разрабатываются в соответствии с техническим заданием и на основании решений, принятых в функциональной схеме автоматизации. На чертежах принципиальных электрических схем должны изо-

бражаться элементные схемы управления, регулирования, блокировок, защит и сигнализации; схемы главных (силовых) цепей; диаграммы замыкания контактов ключей, приборов и аппаратов; контакты, занятые в других схемах; перечень аппаратуры и общие пояснения и примечания.

По форме исполнения (ГОСТ 2.702-69) различают принципиальные электрические схемы совмещенные (свернутые) и разнесенные (элементные) (рис. 7).

На совмещенных электрических схемах приборы и аппараты изображают в собранном виде, т.е. все обозначения элементов, входящих в комплект аппарата (катушки, электромагниты, контакты, конденсаторы, обмотки, исполнительных механизмов, сигнальные лампы и др.), размещают внутри условного изображения прибора с маркировкой выводных зажимов согласно заводской инструкции или данным каталога. С помощью совмещенных электрических принципиальных схем изображается принцип действия сложных информационных или вычислительных машин.

В принципиальной разнесенной схеме каждый прибор или аппарат (контактор, магнитный пускатель, реле, ключ управления и т.п.) изображается разобранным на составные части (контакты, катушки, нагревательные элементы и т.п.), которые связывают друг с другом, в результате чего образуются отдельные электрические цепи. Схема в целом состоит из ряда электрических цепей, расположенных горизонтально или вертикально; электрические цепи следует располагать в соответствии с последовательностью работы отдельных элементов во времени. Против каждой цепи управления с правой стороны или снизу схемы в зависимости от ее начертания даются поясняющие надписи. Эти надписи заносятся в прямоугольник, расположенный на расстоянии 10-15 мм от линии питающего участка цепей управления. С левой внутренней стороны прямоугольника по всей его высоте отделяется полюса шириной примерно 10 мм, где указывается общая надпись. Надпись для каждой цепи отделяется от соседних надписей линиями в местах разделения этих цепей.

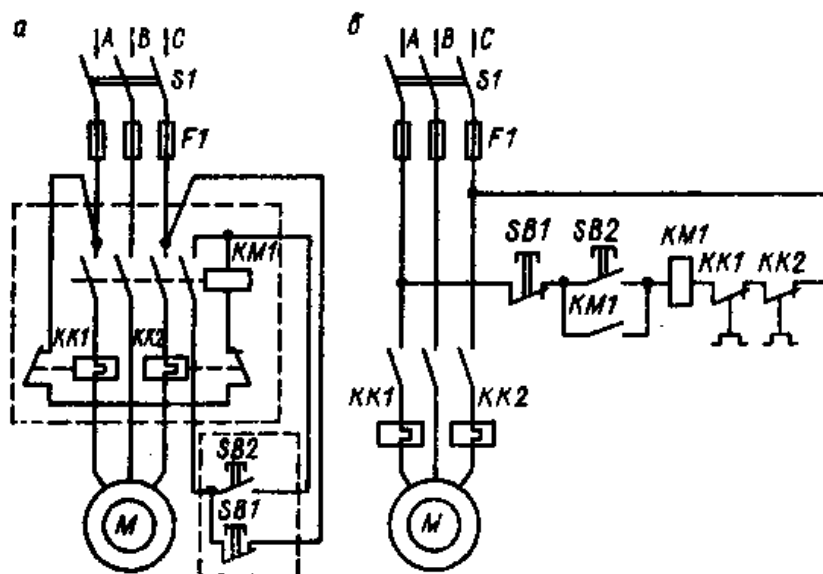


Рис. 7. Принципиальная электрическая схема управления асинхронным электродвигателем.

а - совмещенный способ изображения элементов; б - разнесенный способ изображения элементов.

Элементы на схеме изображают в виде графических обозначений. Размеры условных графических обозначений приведены ГОСТ 2.747-68. Элементы, размеры которых указаны ГОСТ 2.747-68, должны вычерчиваться в размерах, в которых они выполнены в соответствующих стандартах. Допускается размеры отдельных элементов увеличивать, если требуется подчеркнуть особое значение этих элементов.

Элементы коммутирующих устройств электрических схем (например, реле, контакторов, кнопок, переключателей) изображают в отключенном положении, т.е. при отсутствии напряжения и внешних воздействий на аппараты во всех цепях. В соответствии с этим правилом контакты электрических

аппаратов долят на замыкающие (З) - разомкнутые при невозбужденном аппарате и при отсутствии внешнего механического воздействия, размыкающие (Р) - замкнутые в тех же условиях.

Переключатели, для которых нет отключенного состояния, изображают на схеме в одном из положений, принятом за исходное. Для обозначения положения контактов ключей, переключателей управления, программных реле и других многопозиционных аппаратов и устройств используют специальные диаграммы, характеризующие состояние контактов при различных положениях аппарата.

Контакты аппаратов, используемые в схемах, изображенных на других чертежах, показывают в виде отдельных цепей, располагаемых на свободном поле чертежа с указанием наименования и номера чертежа, в котором они используются. Контакты аппаратов, основной элемент которых (катушка реле, регулирующий прибор и др.) изображен на другом чертеже, обводят штриховым контуром; контакты контрольно-измерительных и регулирующих приборов окружностью диаметром 8 мм с указанием обозначения прибора по принципиальной электрической схеме и характера контакта (максимальный, минимальный, нормальный); контакты реле, контакторов и т.д. - прямоугольником (для элементов реле размером 9х8 мм, а для контакторов и пускателей - 4х5 мм) с указанием номера чертежа, на котором изображен основной элемент.

Силовые цепи - главные шины однофазные и трехфазные, как правило, выполняют в многолинейном изображении сплошными линиями толщиной 1,5-2 мм. Силовые цепи электродвигателей изображают линиями толщиной, немного меньшей, чем толщина главных шин.

Электроприемники силового оборудования изображаются условными графическими обозначениями согласно ГОСТ 2.722-68, ГОСТ 2.723-68, ГОСТ 2.724-68.

Цепи управления, блокировки, регулирования и сигнализации и элементы этих цепей выполняются линиями толщиной 0,2-0,3 мм.

Каждый элемент, изображенный на схеме, должен иметь буквенно-цифровое позиционное обозначение, составленной из буквенного обозначения и порядкового номера (ГОСТ 2.702-60), поставленного после буквенного обозначения.

Буквенное обозначение должно представлять собой сокращенное наименование элемента, составленное из его начальных или характерных букв, например: трансформатор - Тр, реле температуры - РТ, реле времени - РВ, или по функции в схеме: реле промежуточное - РП.

При нескольких однотипных элементах в одной схеме к буквенному обозначению добавляют цифру, соответствующую порядковому номеру данного прибора или аппарата (например, при наличии нескольких промежуточных реле - РП1, РП2, РП3 и т.д.). Контактам одного реле независимо от их расположения на схеме присваивается одно буквенное обозначение с той же цифровой приставкой. Например, если катушка промежуточного реле обозначена РП3, то все контакты этого реле, занятые в схеме, имеют такое же обозначение РП3.

Цепи электрических схем маркируют для опознавания проводников и определения функционального назначения и положения отдельных участков схемы. Маркировку цепей схемы выполняют в соответствии с ГОСТ 9099-59 независимо от наличия заводской маркировки на зажимах приборов и аппаратов, которую в данном случае берут в скобки. Участкам цепи, разделенным контактами, приборами или аппаратами, катушками реле, сопротивлениями, сигнальными лампами и другими устройствами, дают разные номера. Участки цепей, соединяющиеся в одном месте, а также проходящие через одно разъемное контактное соединение, должны иметь одинаковую маркировку, так как все элементы цепи в этой точке имеют одинаковый электрический потенциал.

Маркировка на элементных схемах проставляется: при горизонтальном расположении цепей - над участком проводника, при вертикальном - справа. На принципиальных электрических схемах слева от линии питающего участка против каждой цепи делается сквозная нумерация, означающая порядковый номер цепи. При разработке электрических схем цепи желательно маркировать по функциональному признаку, в зависимости от их назначения. Для цепей управления, регулирования и измерения рекомендуется использовать группу чисел 1-399; для цепей сигнализации - группу чисел 400-799; для цепей питания - числа от 800 до 999.

В схемах постоянного тока участки цепей положительной полярности маркируются нечетными числами, а участки отрицательной полярности - четными числами в порядке их нарастания. В схемах пе-

ременного тока участки цепей маркируются последовательными числами без деления на четные и нечетные согласно рекомендуемой разбивке групп чисел по функциональному признаку.

На принципиальной электрической, схеме должны быть однозначно определены все элементы, изображенные на схеме.

Перечень элементов располагается над основной надписью чертежа и оформляется в виде таблицы, заполняемой сверху вниз (ГОСТ 2.702-69). Этот перечень является материалом, исходным для составления заказной спецификации на оборудование. В перечень вносят приборы и аппараты, основные элементы которых изображены на данном чертеже. Элементы в перечень рекомендуется записывать по месту их установки: щит сигнализации, пульт управления, по месту и т.п.

Элементы одного типа с одинаковыми электрическими параметрами допускается записывать в перечень в одну строку. В перечне рекомендуется следующее расположение аппаратуры: аппаратура управления - станции управления, магнитные пускатели, контакторы; командные приборы; промежуточная аппаратура; аппаратура ручного управления - ключи и переключатели; аппаратура светозвуковой сигнализации и вспомогательная аппаратура.

4. Принципиальные электрические схемы сигнализации.

Принципиальные электрические схемы сигнализации, как правило, оформляются в виде развернутых (элементных) схем, т.е. по аналогии с принципиальными электрическими схемами управления. От качества разработки элементных схем сигнализации в значительной мере зависит режим работы автоматизированного оборудования, бесперебойность действия связанных в единый технологический поток машин и механизмов, быстрота принятия мер по восстановлению нормального режима при неполадках в системах автоматического регулирования и управления.

Схемы сигнализации весьма разнообразны по выполняемым функциям. Различают схемы технологической сигнализации, предназначенные для сигнализации о состоянии параметров технологического процесса; схемы производственной сигнализации, служащие для сигнализации положения рабочих органов машин, механизмов и агрегатов (рис. 8); схемы командной сигнализации, выполняющие некоторые организационные функции управления производством; схемы предупредительной сигнализации и аварийной. Схемы сигнализации обычно проектируются со светозвуковой сигнализацией. На щитах, пультах или панелях световые сигналы оформляются в виде табло или специальной сигнальной арматуры. Табло обычно применяют для сигнализации состояния технологических параметров, а сигнальную арматуру - для различных производственных сигналов. При этом надпись о содержании сигнала в первом случае выполняют на самом табло, а во втором - в рамке, установленной около арматуры. Часто сигнальные элементы встраивают в мнемосхему технологического процесса. Для уменьшения габаритов щитов и пультов при большом количестве сигналов в ряде случаев различные виды сигнализации сводят на один сигнальный элемент при различных формах сигнализации (ровное горение ламп, мигание, горение вполнакала, потухание). Звуковой сигнал служит для привлечения внимания обслуживающего персонала и является, как правило, общим для всех вынесенных на данный щит световых сигналов, каждый из которых указывает место нарушения режима либо возникновения неисправности. Звуковой сигнал снимается дежурным персоналом, а световой остается включенным до устранения причины, вызвавшей появление сигнала.

Выбор электрических схем, сигнализации в основном определяется следующими факторами: напряжением и родом тока питания схемы; количеством сигнализируемых параметров; расстоянием между датчиками сигналов и релейными щитами.

Величину напряжения и род тока для схемы сигнализации выбирают в зависимости от величины допустимого напряжения на контактах датчиков сигнализации, приборов или устройств, допустимого тока и разрывной мощности, наличия источников питания, длины соединительных проводов, требований монтажа, эксплуатации и техники безопасности, количества сигналов и других факторов.

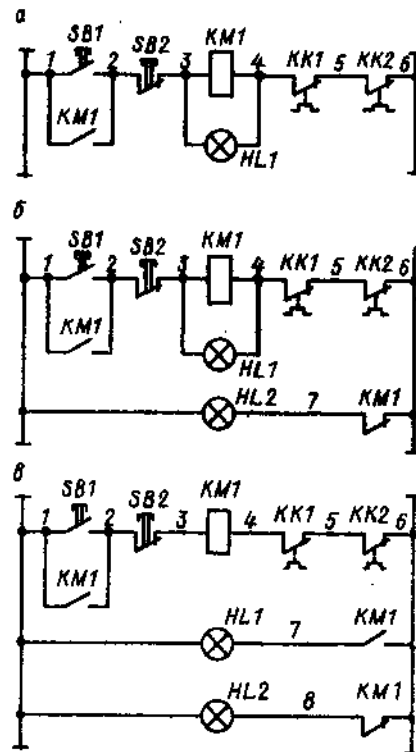


Рис. 8. Схемы сигнализации положения электродвигателя. а- одной сигнальной лампой; б- двумя сигнальными лампами; в –двумя сигнальными лампами с использованием двух блок-контактов контактора.

Применение в схемах сигнализации низкого напряжения позволяет использовать многожильные телефонные кабели, малогабаритные быстродайствующие многоконтактные реле слабого тока и малогабаритную сигнальную аппаратуру. При этом уменьшаются стоимость арматуры и аппаратуры, габариты релейных шкафов и улучшается обзриваемость щита или пульта, благодаря чему повышается оперативность наблюдения. При наличии большого количества сигналов целесообразно для питания схем сигнализации использовать постоянный ток низкого напряжения (24, 48, 60 В).

Если число сигналов 10, установка трансформатора и селенового выпрямителя для питания цепей сигнализации окупается. Наличие пыли, грязи или масляной пленки вызывает в ряде случаев неудовлетворительную работу контактов некоторых сильноточных аппаратов в цепях низкого напряжения.

Проектируя схемы сигнализации на небольшое количество сигналов, следует отдавать предпочтение схемам, выполненным на напряжении и токе, которые есть в месте установки релейной и сигнальной аппаратуры. Нецелесообразно понижение напряжения и для схем с повторностью действия звукового сигнала, в которых используются конденсаторы, так как это приводит к увеличению габаритов последних.

В ряде случаев целесообразно в схемах сигнализации иметь два рода тока и напряжения: один для центральной части, в которой находятся общие реле и прочие элементы, другие - для линейной, в которой сосредоточены все технологические контакты. На щитах сигнализации с большим количеством сигнальных элементов рекомендуется устанавливать лампу, контролирующую наличие напряжения на щите. Если схема сигнализации предусматривает питания от двух различных источников, то в цепь сигнальной лампы следует включать также и контакты реле, контролирующего наличие напряжения во второй цепи.

При составлении схем сигнализации рекомендуется (если это не приводит к значительным усложнениям схемы) присоединять по одному концу ламп и катушек реле к общему питающему проводу, который в схемах на переменном токе присоединяют к нулевому проводу, что исключает ложные действия схемы в случае пробоя проводов на землю.

Наиболее ответственными элементами в схемах сигнализации являются, сигнальные лампы. При уменьшении напряжения питания на 10% срок службы лампы возрастает приблизительно

в три раза. В то же время практика эксплуатации схем сигнализации с лампами накаливания свидетельствует, что световой поток лампы без ущерба может быть уменьшен на 30-50% относительно номинального, что соответствует снижению напряжения питания лампы до 75% от номинального. Поэтому в схемах сигнализации для увеличения срока службы сигнальных ламп рекомендуется включать последовательно с лампами экономический резистор либо выбирать лампы на напряжение, несколько превышающее номинальное.

5. Принципиальные электрические схемы питания

Принципиальные схемы питания электроэнергией являются проектным материалом, которым пользуются не только при разработке рабочих чертежей, но и при эксплуатации смонтированного объекта. На чертежах схем питания должны изображаться: аппаратура отключения источников питания и потребителей электроэнергии, аппаратура контроля напряжения, название потребителей, общие пояснения и примечания, чертежи и перечень аппаратуры. Принципиальные электрические схемы питания на чертежах можно выполнять вместе с другими электрическими схемами автоматизации.

Для питания приборов, аппаратов и других средств автоматизации переменного и постоянного тока должны, как правило, использоваться: трехфазный переменный ток 380/220 В с глухозаземленной нейтралью; трехфазный переменный ток 380 В с изолированной нейтралью; постоянный ток 110 или 220 В.

При использовании в системах автоматизации приборов и аппаратов с номинальным напряжением, отличным от указанных выше, для их питания должны применять либо имеющиеся системы соответствующих напряжений, либо специальные трансформаторы или преобразователи (выпрямители), предусматриваемые в системах электропитания КИП и СА.

Питание схем производственной сигнализации рекомендуется осуществлять от систем электропитания КИП и СА переменного и постоянного тока напряжением не выше 220 В. Для питания освещения щитов должно применяться напряжение не выше 220 В. Питание ламп освещения должно осуществляться таким образом, что при снятии со щита питающего напряжения лампы могли оставаться под напряжением. В качестве источника питания для системы КИП и СА должны использоваться цеховые распределительные подстанции, распределительные щиты, питающие сборки системы электроснабжения автоматизируемого объекта, к которым не подключена резкопеременная нагрузка (крупные электродвигатели, электропечи и т.д.), В отдельных случаях (при трудности использования силовой сети) допускается присоединять системы электропитания КИП и СА к щитам освещения. Питание электродвигателей исполнительных механизмов и электроприводов задвижек (вентилей) в зависимости от их суммарной мощности и режимов работы должно осуществляться либо от отдельных сборок питания, предусматриваемых в системе электропитания КИП и СА, либо от общих с другими электроприемниками щитов питания. Выбор схемы электропитания КИП и СА определяется требуемой бесперебойностью электроснабжения, территориальным расположением источников питания и электроприемников, величиной нагрузки, особенностями технологического процесса, удобством эксплуатации, а также возможными другими характерными особенностями автоматизируемого объекта. При построении схем электропитания необходимо учитывать, что сосредоточенно установленные (например на щитах) и отдельно стоящие электроприемники должны, как правило, получать питание от специальных щитов и сборок питания (последние для электроприводов задвижек или вентиляей).

Все щиты питания должны располагаться по возможности ближе к питаемым группам электроприемников. Принципиальные электрические схемы питания подразделяются на следующие основные звенья: питающая сеть (питающие линии) - сеть от источников питания до щитов и сборок питания системы КИП и СА (рис. 9,а).

Распределительная сеть - сеть от щитов и сборок питания системы КИП и СА до электроприемников (рис. 9,б). К распределительной сети относятся также цепи всех назначений, связывающие первичные приборы и датчики с вторичными приборами и регулирующими устройствами.

Питающая и распределительная сети электропитания КИП и СА могут выполняться: одно-

фазными двухпроводными (с одним фазным и одним нулевым проводами); двухфазными двухпроводными (с двумя фазными проводами); двухпроводными постоянного тока; трехфазными трехпроводными и трехфазными четырехпроводными цепями. Схема распределительной сети, как правило, строится по радиальному принципу, т.е. каждый электроприемник подключается к щиту или сборке питания отдельной радиальной линией. При установке в системе электропитания КИП и СА аппаратуры управления и защиты применяются следующие их сочетания:

в питающих линиях - автомат; рубильник - предохранители;

в цепях электродвигателей исполнительных механизмов и электроприводов задвижек (вентилей) - автомат - магнитный пускатель; рубильник - предохранители - магнитный пускатель.

Для защиты от перегрузки электродвигателей должны использоваться тепловые расцепители или гидравлические замедлители срабатывания, встроенные в автоматы, либо тепловые элементы в магнитных пускателях;

в цепях контрольно-измерительных приборов, регулирующих устройств, трансформаторов, выпрямителей и т.д. - пакетный выключатель (рубильник, ключ управления, тумблер) - предохранители;

в питающих цепях схем производственной сигнализации - пакетный выключатель (рубильник, ключ управления, тумблер) - предохранители; автомат;

в цепях освещения щитов - выключатель - предохранитель.

Аппараты управления и защиты должны, как правило, устанавливаться во всех линиях и присоединениях питающей и распределительной сети. Они должны устанавливаться в нормально не заземленных фазных проводниках. При питании от системы с глухо-заземленной нейтралью в двухпроводных цепях вторичного напряжения понижающих трансформаторов, вторичных цепях выпрямителей допускается ограничиваться установкой аппаратов управления и защиты в заземляющих проводниках всех видов. Аппараты управления могут устанавливаться в нулевых проводниках, в том числе и при использовании их в качестве заземляющих, если они одновременно отключают все фазные провода. При управлении электродвигателями дополнительных механизмов и электроприводов - задвижек (вентилей) из нескольких мест, должны предусматриваться ключи выбора пуска электродвигателей из нескольких мест. Сечения проводников питающей и распределительной сетей системы электропитания КИП и СА должны выбираться по условиям нагревания электрическим током и механической прочности с последующей проверкой по потере напряжения.

Схемы питания должны выполняться отдельно для питающей и распределительной сети. Схему питающей сети рекомендуется выполнять в однолинейном изображении, а распределительной — в многолинейном. Схема распределительной сети выполняется по принципу изображения отдельных принципиальных схем щитов питания и должна составляться для каждого щита питания отдельно.

Всем аппаратам схем питающей и -распределительной сети присваиваются буквенно-цифровые обозначения, составленные из буквы и порядкового номера, проставленного после нее. На схеме питающей сети показываются аппараты управления и защиты, устанавливаемые как со стороны источника питания, так и со стороны щитов питания системы автоматизации, а также электрические связи между ними. На схеме распределительной сети показываются: аппараты управления (рубильники, выключатели, переключатели); аппараты защиты (автоматы, предохранители); преобразователи (выпрямители, трансформаторы, стабилизаторы и т.п.); лампы освещения, штепсельные розетки, схемы автоматического ввода резерва (АВР) и линии электрической связи между аппаратами.

У изображения аппаратов на схеме распределительной сети должны быть указаны их буквенно-цифровые обозначения. Кроме того, у трансформаторов указывается высшее и низшее напряжения, у выпрямителей, источников питания, стабилизаторов - род тока, высшее и низшее напряжения.

У изображений рубильников, выключателей, автоматов, предохранителей схем распределительной сети их технические характеристики не проставляются. Все цепи принципиальных электрических схем питания должны иметь маркировку. Жилы кабелей (проводов) питающей сети, а также сборные шины на щите питания маркируются последовательными числами с добавлением

перед цифровой частью буквы "А", "В", "С", характеризующей фазу, или цифры "0", характеризующей нулевой провод. При маркировке схем рекомендуется цепям питания присваивать группы цифр (от 801 до 999). Допускается не маркировать участки цепей между выключателями и предохранителями, если они устанавливаются в пределах одного щита питания.

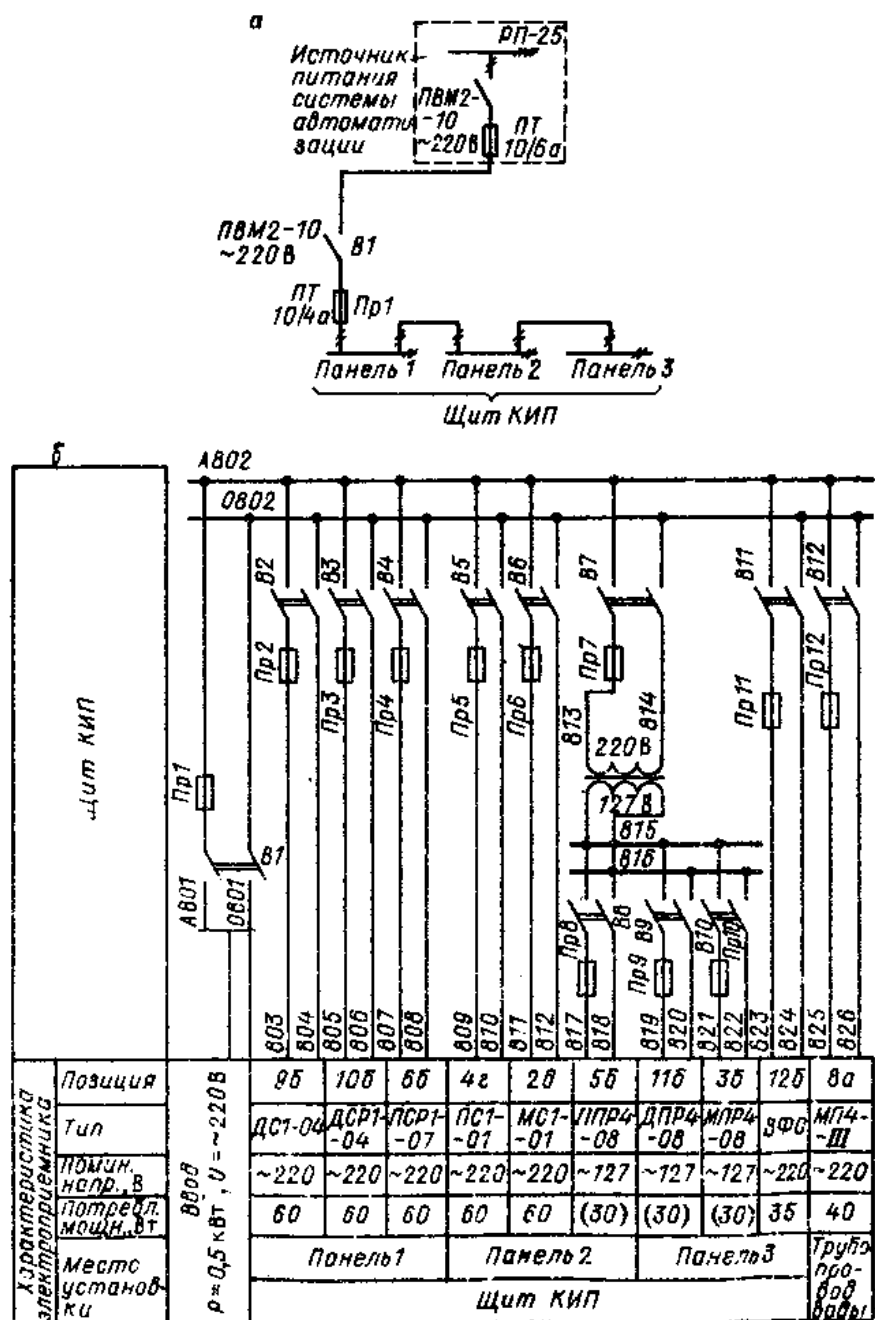


Рис. 9. Принципиальная электрическая схема питания электроэнергией. а- схема питающей сети; б- схема распределительной сети.

В нижней части схемы распределительной сети помещается таблица, в которой перечисляются все электроприемники, питающиеся от данного щита питания, с указанием их позиций по заказным спецификациям, потребляемой мощности, напряжению и места установки. Основные характеристики аппаратов схемы питания записываются в перечень, который оформляется в виде таблицы, заполняемой сверху вниз. В перечне аппаратуры указываются ее позиции по заказной спецификации, обозначение по схеме питания наименование, тип, количество и техническая характеристика.

6. Проектирование щитов и пультов

Щиты и пульты управления в системах автоматического контроля, регулирования и управления являются конструктивными элементами для размещения приборов и аппаратуры, относящихся к данной системе. Щиты и пульты позволяют рационально разместить и связать в единую систему не только приборы, регуляторы, средства сигнализации и дистанционного управления, но и относящиеся к ним элементы электрической коммутации, трубные проводки, средства защиты и блокировки, а также другие вспомогательные устройства. Исходными материалами для выбора щитов и пультов и размещения на них приборов и средств автоматизации при разработке чертежей общих видов щитов и пультов являются схемы взаимосвязей между пунктами контроля и управления; функциональные схемы автоматизации; принципиальные электрические и пневматические схемы автоматического регулирования, управления и сигнализации; схемы питания; чертежи щитового помещения; монтажно-эксплуатационные инструкции на приборы и аппаратуру и чертежи установки приборов и аппаратуры на фасадах щитов и пультов.

Типы и основные размеры щитов и пультов, предназначенных для стационарных установок с нормальными условиями эксплуатации, определены ГОСТ 3244-68 "Щиты и пульты металлические".

По конструктивному оформлению щиты делятся на шкафные и панельные - полногабаритные и малогабаритные; пульты - на приставные и отдельно стоящие. Кроме того, ГОСТ предусматривает приставные панели. Шкафные щиты являются щитами с закрытой коммутацией, панельные - с открытой.

Шкафные щиты и пульты могут быть двух исполнений: защищенные и защищенные с уплотнением (последние имеют только уплотнение дверей, ограничивающее попадание пыли внутрь щита и пульта). На фасадной стороне щитов или панелей размещают показывающие, самопишущие и регулирующие приборы, переключатели к приборам, светосигнальную арматуру, аппаратуру оперативного управления; изображают мнемосхемы.

Компоновку и расположение приборов и аппаратуры на щитах и панелях необходимо выполнять в соответствии с ходом технологического процесса (его поточность) слева направо, начиная от начальных стадий и кончая завершающими для данной установки или объекта. Должны приниматься во внимание вопросы эстетического порядка (комплектование в группе приборов однородных размеров, формы, внешнего оформления), а затем соблюдаться условия удобного обзора приборов. Приборы и аппаратуру на панелях щитов можно размещать в несколько рядов по высоте.

При размещении приборов на щитах и панелях следует придерживаться следующих принципов: в верхней части щита, на высоте от пола 2000-2100 мм, размещается светосигнальная арматура (лампы, табло); ниже должны находиться: в зоне 1000-2000 мм - показывающие приборы; в зоне 1100-1700 мм - автоматические регуляторы и самопишущие приборы; ниже, в зоне 700-1500 мм, - аппаратура переключения и дистанционного управления.

Как по горизонтали, так и по вертикали между наружными габаритными размерами приборов и аппаратуры должны быть выдержаны минимальные расстояния порядка 30-60 мм, однако эти расстояния могут увеличиваться при необходимости обеспечения свободного открывания крышек приборов и размещения с тыльной стороны коммутации и трубных линий и установки под каждым прибором или аппаратом рамок с надписями, указывающими назначение прибора или аппаратуры.

Внутри шкафных щитов и за их панелями размещается неоперативная аппаратура системы контроля и регулирования, а также вспомогательная аппаратура: реле, трансформаторы, импульсные прерыватели, обorks зажимов, предохранители, автоматические выключатели и др.

Приборы и вспомогательная аппаратура размещаются на боковых и задних стенках шкафных щитов, на боковых стенках панельных щитов, а также на стене или панели за панельными щитами.

Аппараты защиты и управления схемы питания размещают на отдельных панелях, группируя выключатели и предохранители по величине напряжения (380, 220, 127, 48, 36 В и т.д.).

Под предохранителями и выключателями указывается наименование аппарата по схеме и его характеристика.

Групповые обorks зажимов располагаются в нижней части передней, задней и боковых

стенок щитов, горизонтально или вертикально, в один или несколько рядов при расстоянии между рядами оборок не менее 150 мм. Сборку зажимов для подсоединения внешних коммутаций располагают в нижней части щита на высоте не менее 150-200 мм от пола.

При размещении аппаратуры внутри щита рекомендуется выдерживать следующие расстояния по высоте от основания:

для трансформаторов	-1700-2000 мм;
для панелей с выключателями и предохранителями	- 1000-1700мм;
для реле, резисторов, диодов	- 400-1900 мм;
для фильтров и редукторов	- 400-1500 мм.

Реле, трансформаторы, источники питания, предохранители и другая вспомогательная аппаратура внутри пульты не размещается. Мнемосхема представляет собой упрощенную схему технологического процесса с изображением на ней механизмов и связей между ними. Механизмы и оборудование изображают символами, а технологические связи - в виде полос. В символы мнемосхемы встраивают органы управления и сигнальную арматуру. Элементы мнемосхемы окрашивают в цвета, соответствующие среде технологического потока. Мнемосхему, как правило, проектируют на фасаде передней панели щита или на наклонной панели пульта для управления сложным технологическим процессом.

На чертежах щитов и пультов помещают:

1) вид передней панели всего щита или верхней панели пульта с упрощенным изображением приборов, аппаратуры управления и мнемосхемы с полной координацией аппаратуры и с указанием габаритных размеров щита и пульта. Чертеж фасадной стороны щита и пульта выполняется в масштабе 1:10 (рис. 10,а);

2) вид стенок (пульта) с внутренней стороны с упрощенным начертанием (в масштабе 1:10) установленных на них аппаратов и изделий, в том числе сборок зажимов, коробов и коллекторов для прокладки электрических и трубных проводок (рис. 10,б);

3) таблицу надписей в рамках к приборам, вспомогательному оборудованию, пусковой и сигнальной арматуре;

4) спецификацию панелей щитов и пульта;

5) спецификацию приборов и аппаратуры для установки на передних панелях щита и верхних панелях пульта;

6) спецификацию вспомогательной аппаратуры, устанавливаемую внутри щита.

Позиционные обозначения средств автоматизации и буквенно-цифровые обозначения по электрическим схемам рекомендуется проставлять на полках-выносах, проводимых от изображений средств автоматизации, аппаратуры управления и сигнализации.

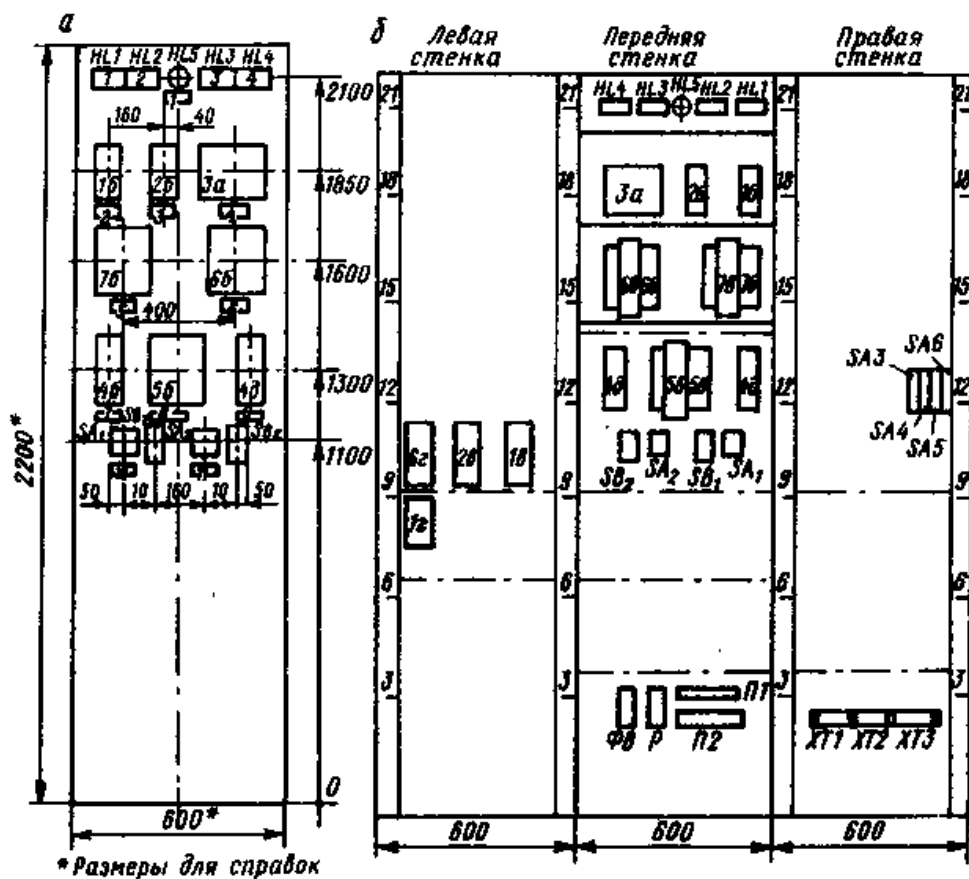


Рис. 10. Изображение чертежа единичного щита. а- вид спереди; б - вид на внутренние плоскости.

Буквенно-цифровые обозначения светосигнальных табло допускается проставлять внутри контура табло.

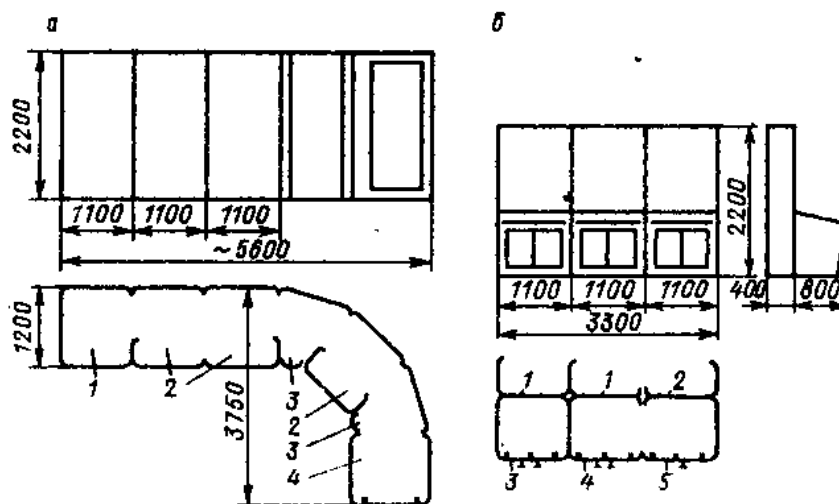


Рис. 11. Схема сочетания панелей.

а- щит шкафной Г-образного типа: 1- ЩП-ДД-ОП, 2-ЩП-02, 3- ВУ-ЩП, 4- ЩП-ПД-ОЛ; б- щит панельный плоский свободностоящий с пультом: 1- ЩП-ЛС, 2- ЩП-ПС, 3-ПП, 4-ПП-ОП, 5-ПП-ОЛ.

Щиты и пульты могут быть установлены как в производственных, так и в отдельных изолированных щитовых помещениях, В производственных помещениях с нормальной атмосферой

можно устанавливать центральные и диспетчерские щиты. Если щит состоит из нескольких панелей (многопанельный или многошкафной щит), то на чертеже общего вида помещают схему сочетания панелей (рис. 11). Эта схема дает наглядное представление о форме многопанельного щита и о расположении его относительно стен щитового помещения. Схема сочетания панелей, выполненная в масштабе 1:50, размещается на свободном поле чертежа. Если щит состоит из большого количества панелей, то схема сочетания может выполняться на отдельном листе того же чертежа. В необходимых случаях схема сочетания дается и для пультов.

7. Схемы электрических соединений (монтажные) щитов и пультов

Монтажные схемы щитов и пультов разрабатываются для выполнения электрической коммутации элементов автоматизации в пределах щита или пульта. В соответствии с ГОСТ 2.702-68 монтажные схемы называются схемами электрических соединений (СЭС) щитов и пультов.

Для каждого щита или пульта выполняется своя СЭС. Схему электрических соединений разрабатывают на основании принципиальных электрических схем, общих видов щитов и пультов, функциональных схем автоматизации и схем питания. Выполняется она в следующей последовательности: на чертеже изображают очертания развернутых в одной плоскости внутренних стенок щита или пульта, а также переднюю стенку щита или панель пульта с упрощенным изображением элементов автоматизации. При вычерчивании обратной стороны передней панели (щита, пульта) следует обратить внимание на то, что приборы, размещенные на общем виде щита или пульта справа, на СЭС будут расположены слева, и наоборот.

После размещения аппаратуры внутри щита определяется количество и место расположения коммутационных зажимов. Затем выбирается электрическая и трубная проводки и выполняется чертеж СЭС.

Чертежи монтажных схем обычно выполняются без масштаба.

Применяют три основных метода составления СЭС: графический, типичный и адресный. Метод выполнения монтажных схем выбирается исходя из технологии выполнения СЭС на заводе-изготовителе щитов и пультов.

Графический метод заключается в том, что на монтажной схеме условными линиями показывается вся соединительная проводка, как одиночная, так и объединенная в пакеты или вдуты. Соединению подлежат выводы на контактах аппаратов, катушках реле, сопротивлениях и т.п. в соответствии с принципиальной схемой. Концы проводов, предназначенных для соединения с аппаратами, расположенными вне щита, выводят на сборку зажимов. В один поток объединяются не более 20 проводов, отходящих от близкорасположенных приборов и аппаратуры управления. Концы проводов, подходящих к сборкам зажимов, маркируются. Перемычки проводов между приборами и аппаратурой, как правило, в одну линию не объединяются. Допускается объединять в одну линию провода перемычек, идущих к удаленным приборам и аппаратуре, находящимся в пределах одной панели щита или пульта. Объединять в общую линию провода, идущие к сборкам зажимов, с проводами перемычек не рекомендуется.

Адресный метод монтажа заключается в следующем: над каждым прибором и аппаратом, установленным на щите или на пульте, проставляется порядковый номер прибора или аппарата (в верхней половине круга) и обозначение или позиция этого прибора или аппарата (в нижней половине круга). Используемые клеммы прибора или аппарата обозначаются: первый номер - номер прибора или аппарата, куда идет монтажный провод; второй номер - номер провода по принципиальной электрической схеме. На зажимах аппаратов и устройств автоматики проставляют обозначения согласно заводской инструкции по монтажу и маркируют в соответствии с принципиальной электрической схемой. Коммутационные зажимы, в основном, используют для соединения внутренней и внешней электрических проводок (рис. 12),

При выполнении схем электрических соединений табличным способом они выполняются в виде таблиц соединений и таблиц подключений.

Запись проводок в таблицу соединений производят на основании принципиальных электрических схем и схем внешних проводок. Принят следующий порядок заполнения граф таблицы

соединений: 1) в графах "Откуда идет" и "Куда поступает" приводят адреса присоединения проводников, например К1 : 4,18в - К2: 5, где К1 - позиционное обозначение аппарата; 18в - позиция прибора; К2 - колодка прибора; 4, 5 - номера выводов; 2) в графе "Данные проводника" для проводов указывают их марку, сечение; 3) в графе "Примечание" указывают специальные требования по прокладке проводок, их напряжению и т.п.

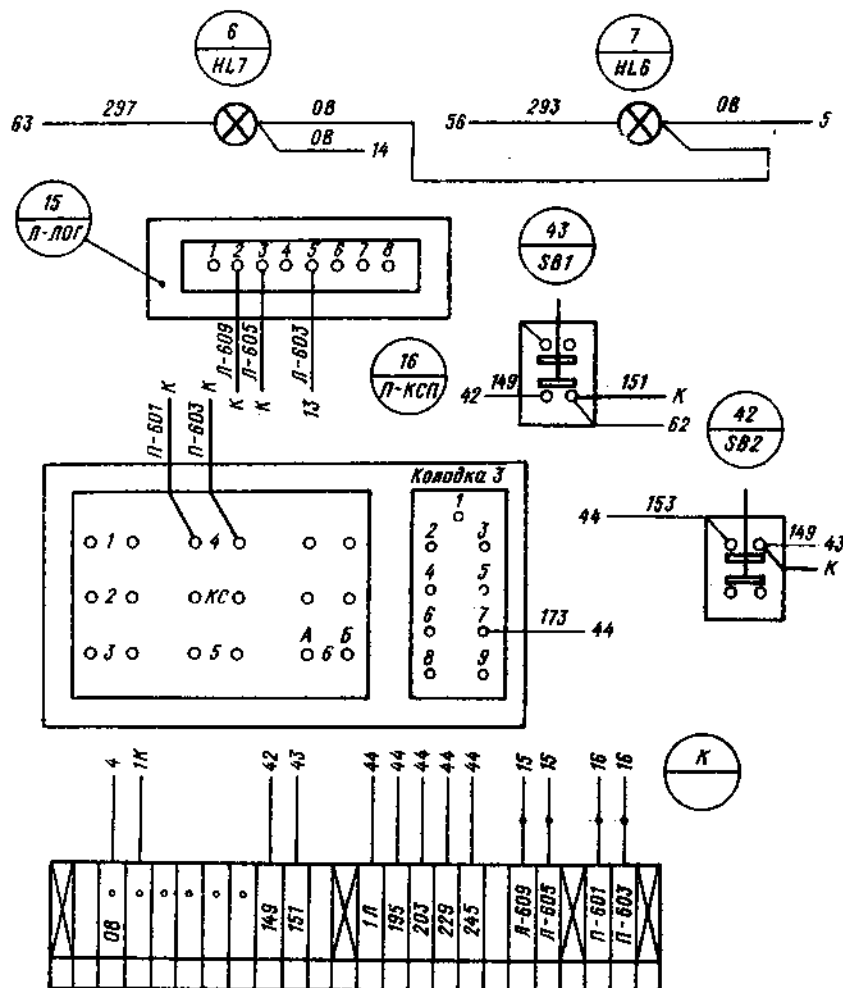


Рис. 12. Пример изображения схемы электрических соединений щита адресным способом.

Форма таблиц соединения

Проводник	Откуда идет	Куда поступает	Данные проводника	Примечание
701 703	КК1:10 ХТ1:7	Левая стенка ХТ1:3 Н5:2		

Форма таблицы подключения

Проводник	Вывод	Вид контакта	Вывод	Примечание
Секция 1				
10	3	КК1	4	12
101	I	Дверь Н2	2	102

Таблицы подключения проводок следует выполнять в порядке, соответствующем расположению приборов и аппаратуры в щите. Запись начинают с соответствующих заголовков "Левая стенка", "Дверь и т.д.

В графе "Вид контакта" проставляются позиция прибора по спецификации или позицион-

ное обозначение аппарата, блока зажимов. В графах "Вывод" проставляют номера выводов по инструкции на прибор или аппарат. В графах "Проводник" против соответствующих номеров выводов указывают маркировку проводов, подключаемых к данному выводу.

Сборки зажимов изображают, как правило, высотой 15 мм с шириной каждого зажима 4 мм. В качестве коммутационных зажимов в системах автоматики обычно применяют зажимы типа ЗК-Н (нормальный) и ЗК-П (переходный) на рабочее напряжение до 500 В и ток силой до 10 А.

Для подключения термометров сопротивления и кабелей, идущих от термометров сопротивления, применяют специальные коммутационные зажимы с подгоночными катушками типа ЗК-2,5; ЗК-5; ЗК-7,5; ЗК-15; ЗК-25 (цифра соответствует сопротивлению в омах подгоночной катушки).

Для электрической проводки в щитах и пультах при напряжении до 400 В применяют провода с резиновой изоляцией марки ПР-500 и ПРЛ-500 или с полихлорвиниловой изоляцией марки ПВ-500 или ПГВ-500 сечением 1, 1,5 и 2,5 мм². Гибкие провода ПРГ-500, ПРГЛ-500, ПГВ-500 применяют для присоединения к штепсельным разъемам или к аппаратуре, устанавливаемой на подвижных дверцах шкафов или крышках пультов.

Проводку для измерительных цепей напряжением до 4 В и цепей, требующих экранировки, прокладывают отдельно от проводки других цепей.

Присоединять более двух проводов к одному контактному винту зажимов не рекомендуется. Для этой цели применяют зажимы с перемычкой ЗК-П.

Электрические проводки между приборами и аппаратами, расположенными в пределах одной панели щита (пульта), рекомендуется выполнять непосредственно между зажимами этих элементов без перехода через сборки зажимов. Сборки зажимов могут располагаться как в нижней, так и в верхней части щита, горизонтально или вертикально, в один или несколько рядов, обычно на расстоянии 350-800 мм от основания при горизонтальном расположении и не менее 200 мм при вертикальном. Электрическую и трубную проводку обычно выбирают после размещения аппаратуры и клеммных сборок внутри щита. Трубы для прокладки в щитах и пультах выбирают в зависимости от их назначения, параметров и химических свойств веществ, заполняющих трубы, с учетом размеров присоединительных устройств. Во всех случаях, когда параметры заполняющей среды и температура окружающей атмосферы позволяют применять трубы из пластических масс, рекомендуется применение трубок из полиэтилена низкой плотности и полихлорвиниловых, так как их употребление для проводки внутри щита наиболее просто и экономично.

Для прокладки труб в щитах и пультах рекомендуется применять: трубы газопроводные - при давлении заполняющей среды 0,15-1 МПа; трубы стальные бесшовные холоднотянутые - при давлении заполняющей среды до 40 МПа; трубы из полиэтилена низкой плотности и полихлорвиниловые - при давлении до 0,6 МПа при 20°С; трубы медные - при давлении 0,2-0,8 МПа.

На чертежах электрическую и трубную проводку показывают в местах, примерно соответствующих их действительному расположению.

Чертеж монтажной схемы должен содержать компоновку приборов, средств автоматизации, аппаратов, монтажных изделий, электрических и трубных проводок к приборам, аппаратам, сборкам зажимов с монтажной стороны щита или пульта; развертку ключей, переключателей, реле и других аппаратов; спецификацию монтажных изделий и материалов; перечень аппаратуры, устанавливаемой внутри щита и пульта; таблицу надписей в рамках; таблицу состава, сборки зажимов. Каждой сборке зажимов присваиваются порядковые номера с добавлением буквы К. Кроме того, на чертеже проставляются порядковые номера позиций изделий и материалов необходимых для монтажа щита, и пульта. Номера проставляются вблизи изделий и материалов на полках линий выносок.

8. Схемы подключения

Схемы внешних электрических и трубных проводок являются чертежами, на которых показываются электрические и трубные связи, прокладываемые вне щитов, между отдельными приборами, средствами автоматики и щитами проектируемой системы автоматизации. В соответствии с ГОСТ 2.702-68 схемы внешних электрических и трубных проводок называются схемами подключения. Они разрабатываются на основании решений, принятых и запроектированных в функцио-

нальных схемах, принципиальных электрических схемах, принципиальных электрических схемах питания и схемах электрических соединений щитов и пультов.

На схемах подключения условными обозначениями в виде монтажных символов показывают: первичные приборы, отборные и исполнительные устройства с указанием их маркировки по принципиальной электрической схеме или позиции по функциональной схеме автоматизации; щиты и пульты контроля, регулирования, управления, сигнализации и питания с указанием их наименований; устанавливаемые вне щитов приборы, клапаны, заслонки, магнитные пускатели, источники электропитания, звонки, ревуны и другие средства автоматики, к которым подводят кабели, провода или трубы с указанием их маркировки по соответствующим принципиальным электрическим схемам; соединительные, разветвительные, проходные и другие коробки с указанием их номеров; проложенные вне щитов электрические провода, кабели с указанием их номеров, марок, длин, а также характеристик и длин защитных труб; зажимы расположенных вне щитов приборов, регуляторов, магнитных пускателей.

К составлению схемы электрических подключений приступают после определения мест установки щитов и пультов, отборных и приемных устройств, первичных приборов, регулирующих органов и местных приборов,

В верхней части чертежа схемы размещают сгруппированные по параметрам или системам регулирования монтажные символы приемных, отборных устройств, регулирующих органов и т.д. Над ними проводят поясняющие надписи, в которых указывают наименование агрегата или аппарата, контролируемого параметра, среды, место установки прибора, отборного устройства, средств автоматики или исполнительного устройства, номер установочных чертежей, а также номер позиции по спецификации или обозначения по функциональной схеме автоматизации или по принципиальной электрической схеме (рис. 13).

В нижней части чертежа в виде прямоугольника (толщина линии 0,2-0,3 мм) размещают щиты и пульты управления.

На поле чертежа между приемными устройствами и щитом (пультом) управления размещают условные символы приборов и средств автоматики, находящиеся вне щитов, соединительные коробки и линии электрических и трубных проводок.

Электрические и трубные проводки, как правило, показывают вертикальными линиями с наименьшим числом изгибов (толщина линий 0,8-1 мм).

Электрическим и трубным проводкам присваивают маркировку в виде сквозных арабских порядковых цифр. Маркировку проставляют в местах разрыва линий проводок в кружке диаметром 10-12 мм.

Различают следующие виды трубных проводок: импульсные - для передачи воздействия от приемных устройств к приборам и средствам автоматизации; командные - для передачи командных импульсов между приборами и средствами автоматизации; питающие - подводящие (например, сжатый воздух, воду) от источников питания к приборам и средствам автоматизации, а также выбросные (сливные), обогревные и вспомогательные.

Для трубных проводок применяют следующие трубы: стальные водогазопроводные не оцинкованные и оцинкованные (ГОСТ 3262-62) с условным диаметром 8, 15, 20, 25, 32, 40 и 50 мм; бесшовные из углеродистых и легированных сталей (ГОСТ 8734-58) с условным диаметром 6, 8, 10, 12, 14, 16 и 22 мм; бесшовные из нержавеющей сталей (ГОСТ 9941-62) с условным диаметром 6, 8, 10, 12, 14, 16 и 22 мм; медные (ГОСТ 617-64) с наружным диаметром 6, 8, 10, 12, 14 и 16 мм; алюминиевые (ГОСТ 1947-56) с наружным диаметром 8, 10 и 12 мм; полиэтиленовые (МРТУ 6 № 05-918-63) размером 6x1, 8x1,6 и 10x2 мм; полихлорвиниловые (ВТУ 1375-47) размером 6x1, 8x1,6 и 10x2 мм; винипластовые (МН 1427-61) размером 10x1, 12x1,8 мм; резиновые (ГОСТ 5496-57) с внутренним диаметром 8 мм.

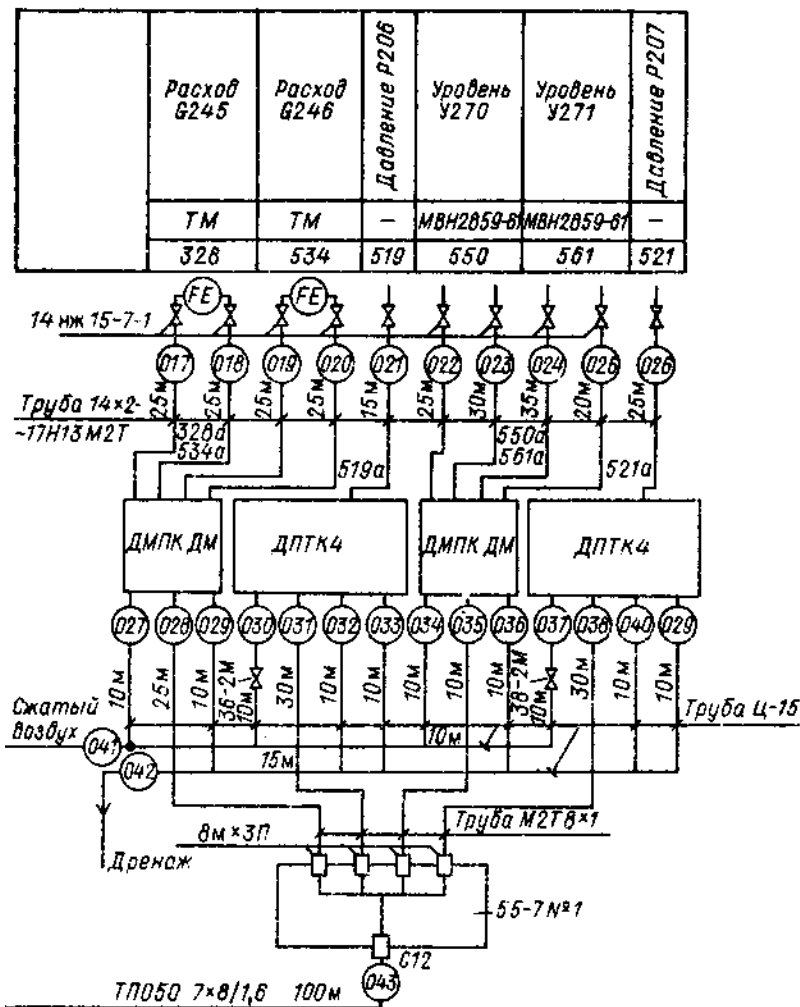


Рис. 13. Пример исполнения схемы

Трубы из нержавеющей стали и цветных металлов применяют для трубных проводок в условиях агрессивных сред или при необходимости сохранения чистоты среды, заполняющей трубопровод. Во всех остальных случаях применяют стальные трубы из углеродистой стали или пластмассовые.

В качестве командных и импульсных трубных проводок в системах пневматики применяют полиэтиленовые, полихлорвиниловые, медные и алюминиевые трубы, а также многотрубные пневмокабели.

В качестве электрических проводок в системах контроля и автоматического регулирования применяют провода и кабели с алюминиевыми и медными жилами. С целью экономии меди и уменьшения стоимости проводки следует выбирать в основном провода и кабели с алюминиевыми жилами. Однако в установках, где требуется обеспечить повышенную надежность, а также в передвижных установках и установках, подверженных вибрации, следует применять кабели и провода с медными жилами. Провода и кабели с медными жилами применяют во взрывоопасных помещениях класса В-1 и В-1а и для измерительных и регулирующих цепей в помещениях любого класса, принцип действия которых основан на преобразовании измеряемой величины в электрическое сопротивление чувствительного элемента датчика при напряжении 4,5 В и ниже и для устройств телемеханики при диаметре жил проводов и кабелей от 0,5 до 1 мм.

Марку провода или кабеля выбирают по каталогу. Для систем контроля и автоматического регулирования наибольшее применение получили кабели марки КВРБ и АКВРБ для наружной прокладки в траншеях, кабели КНРГ, КВРГ, АКНРГ для открытой прокладки на конструкциях или при креплении скобами, провода ПРГО-500 и АПРГО-500 для прокладки в защитных трубах, провода ПВ и АПВ для открытой прокладки.

Над угловым штампом по ширине его сверху вниз приводится спецификация: проводов,

кабелей, трубных проводок, монтажной арматуры и изделий.

9. Монтажные чертежи электрических и трубных проводок (чертежи трасс)

Чертежи трасс являются проектным материалом, на основании которого производятся монтажные работы в части установки щитов, соединительных коробок, приборов и других средств автоматизации, а также прокладки электрических и трубных проводок. Эти чертежи предназначены для указания координат установки оборудования автоматизации, направления потоков электрических и трубных проводок и для рекомендаций по способам их крепления, исходными материалами для разработки монтажных чертежей электрических и трубных проводок служат строительные и технологические чертежи, на которых нанесены установочные узлы первичных приборов и отборных узлов, функциональные схемы автоматизации, принципиальные электрические, пневматические и гидравлические схемы, схемы питания, схемы электрических соединений щитов и пультов, а также схемы подключения, которые обычно выполняют параллельно с разработкой чертежей трасс.

На плане трасс показывают (рис. 14): контур здания с указанием нумерации его осей, технологическое оборудование и трубопровода в сокращенном объеме, достаточном для размещения и координации устройств автоматизации, электрических и трубных проводок; монтажные символы первичных приборов и отборных устройств, приборов и регулирующих органов, исполнительных механизмов, электроаппаратуры, находящихся на технологическом оборудовании, на трубопроводах, и другого оборудования, устанавливаемого вне щитов и пультов; условные изображения щитов и пультов, соединительных коробок, коробок свободных концов термопар, трасса электрических и трубных проводок.

Контур здания, технологическое оборудование и трубопровода на чертеж наносят более тонкими линиями, чем линии, относящиеся к проекту автоматизации.

Электрические и трубные проводки на плане трасс должны иметь ту же маркировку, что и в схеме электрических подключений.

В верхнем правом углу чертежа даются общие пояснения и примечания, а остальная часть листа используется для графического материала. Чертежи выполняются в масштабах 1:50 и 1:100. При выполнении проекта автоматизации душ нескольких аналогичных агрегатов монтажный чертеж электрических и трубных проводок выполняется только для одного агрегата с соответствующими указаниями в примечании.

Над условным изображением первичного прибора, отборного и исполнительного устройства проставляется на сноске его позиция со спецификации. Соединительные коробки на монтажных чертежах условно показываются без масштаба в виде прямоугольника. Все щиты условно изображаются на чертежах в масштабе в виде прямоугольников с перекрещивающимися из угла в угол линиями, и на сноске даются их наименования. Все электрические провода и кабели располагаются в защитных трубопроводах, лотках, коробах и без них. Трубопроводы всех назначений показываются в местах прокладки: по каркасам технологического оборудования, стенам, потолкам, в полах, в каналах и т.п.

После разработки монтажного чертежа, электрических и трубных проводок его необходимо окончательно согласовать в части взаимной увязки мест, выделенных под трассы электрических и трубных проводок.

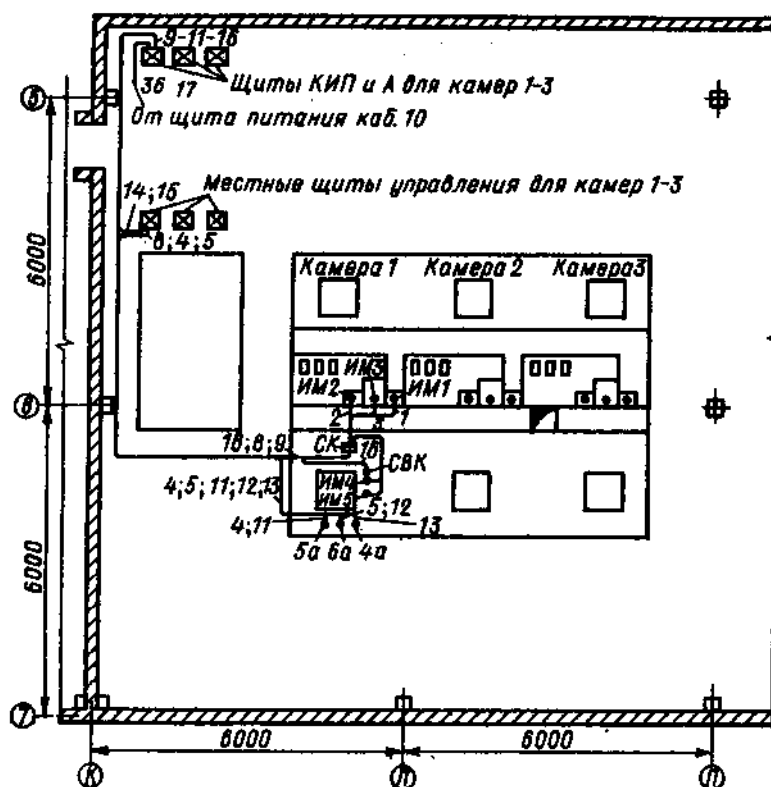


Рис. 14. Пример выполнения монтажного чертежа электрических и трубных проводок.

10. Текстовые материалы проекта автоматизации

В состав текстовых документов проекта в зависимости от стадии проектирования входят: пояснительная записка, заявочные ведомости и заказные спецификации на приборы и средства автоматизации, опросные листы для заказа приборов и средств автоматизации, смета, расчеты сужающих устройств и регулирующих органов.

Все текстовые документы проектов рекомендуется составлять по унифицированным формам.

Пояснительная записка составляется на всех стадиях разработки проекта автоматизации. Она должна быть краткой и ясной, содержать пояснения и дополнительные данные к чертежам и текстовым материалам, которые необходимы при утверждении проекта и его реализации.

Пояснительная записка к техническому проекту должна отражать: стадийность разработки проекта, перечень исходных материалов, на основании которых разрабатывается технический проект; перечень производственных подразделений, охватываемых проектом автоматизации, характеристику технологического процесса, специфические особенности объекта, степень подготовленности объекта к автоматизации, рекомендации по изменению технологического процесса, замене оборудования, механизации, организации и управления производством, необходимые для реализации решений по автоматизации; подготовленность объекта к автоматизации и задачи управления, состояние научно-исследовательских работ по принятым решениям, опыт автоматизации аналогичных предприятий в СССР и за рубежом, наличие технических средств автоматизации, результаты технико-экономического анализа эффективности автоматизации; степень централизации управления, описание схемы взаимосвязей между пунктами контроля и управления, данные о методах контроля, регулирования, управления и сигнализации; обоснование принятых решений и задачи, решаемые системами контроля, автоматического управления и производственной сигнализации - без описания принципа работы систем; сведения о возможности совместной работы локальных систем контроля и автоматического регулирования с вычислительной техникой; обоснование необходимости проектирования щитовых и других специальных помещений для установки средств автоматизации; обоснование выбора средств автоматизации и вида вспомогательной энергии, необходимость разработки новых приборов и средств автоматизации; обоснование

необходимости разработки щитов и пультов специальной конструкции и нестандартизированного оборудования; указания о необходимости выполнения научно-исследовательских, опытно-конструкторских и экспериментальных работ, связанных с автоматизацией объекта; технико-экономическую эффективность автоматизации, целесообразность капиталовложений и срок окупаемости затрат на автоматизацию объекта.

Содержание пояснительной записки к рабочим чертежам включает: перечень исходных материалов, являющихся основанием для разработки рабочих чертежей; данные о реализуемых мерах по реконструкции и механизации технологического оборудования и характеристике объекта автоматизации с учетом изменений в технологическом процессе; описание работы систем контроля, автоматического регулирования, управления и сигнализации с указанием типов и основных характеристик средств автоматизации; данные о применении специально разработанных приборов и средств автоматизации; данные о применении щитов и пультов специальной конструкции; сведения об источниках и системе снабжения устройств автоматизации вспомогательной энергией; результаты расчетов сужающих устройств расходов, исполнительных устройств (регулирующих органов); систем автоматического регулирования (САР); пояснения к монтажным чертежам, особенности прокладки проводок, установки щитов, пультов, приборов и средств автоматизации; чертежи с расположением первичных приборов, отборных и приемных устройств, регулирующих и запорных органов на технологических трубопроводах и оборудовании; указания по реализации проекта, порядку заказа и срокам представления проектных материалов комплектующим организациям для поставки на объект приборов, средств автоматизации, кабелей и проводов, щитов и пультов.

При одностадийном проектировании содержание пояснительной записки дается в объеме, аналогичном для пояснительных записок к техническому проекту и рабочим чертежам, с учетом особенностей объема и содержания одностадийной проектной документации.

Заявочные ведомости выполняются на стадии "Технический проект" и не являются документами для заказа оборудования и материалов. На основании заявочных ведомостей определяются объем и стоимость оборудования, материалов и их монтаж.

Заявочная ведомость приборов и средств автоматизации составляется на основании функциональных схем автоматизации в таком порядке: приборы, регуляторы и комплектные устройства к ним по параметрические группам; машины централизованного контроля и управления и вычислительные машины; устройства телеконтроля и управления, электро-, пневмо-, и гидропривода.

Аппаратура и устройства, поставляемые комплектно с приборами, регуляторами и машинами, включаются в ведомость за средствами автоматизации, в комплект которых они входят. В заявочную ведомость на электроаппаратуру входят вся электроаппаратура и электроизмерительные приборы.

Сюда относятся ключи и переключатели управления, стабилизаторы напряжения, указатели положения регулирующих органов и т.п. Аппаратура управления электрическими приводами технологического оборудования и измерительные приборы, которые поставляются комплектно со счетами и пультами, включаются в ведомость вместе с электроаппаратурой. В заявочных ведомостях на приборы и средства автоматизации и электроаппаратуру указываются их наименование, общая характеристика, тип и количество. В ведомости должен быть предусмотрен резерв до 10-15% на легко бьющиеся и быстро изнашивающиеся приборы и аппаратуру.

В заявочную ведомость на трубопроводную арматуру включается запорная арматура без привода, запорная арматура с электро-, пневмо- и гидроприводом, регулирующая арматура.

В заявочной ведомости на щиты и пульта указываются их наименование, обозначение по ГОСТ или ТУ и количество. Заявочная ведомость основных монтажных материалов включает следующие разделы: силовые и контрольные кабели, коаксиальные и экранированные кабели и провода, компенсационные провода; трубы стальные водогазопроводные, стальные электросварке, стальные бесшовные, из нержавеющей сталей, медные, алюминиевые, полиэтиленовые, полихлорвиниловые, винилпластовые, кабели трубные пластмассовые, и т.п.; металлы для прокладки и крепления трасс электрических и трубных проводок, установки щитов и пультов, установки приборов и средств автоматизации вне щитов и т.п.; материалы неметаллические (паранит, рубероид, маты диэлектрические, резиновые, вата минеральная и т.п.); монтажные изделия, поставляемые

предприятиями монтажных управлений (соединительные и протяжные коробки, соединения для труб и т.п.); провода, трубы, а также монтажные изделия (рейки зажимов, зажимы коммутационные, оконцеватели, соединители и т.п.), необходимые для коммутации запроектированных щитов и пультов.

В заявочную ведомость нестандартизированного оборудования включается оборудование, предусмотренное в проекте.

Заказные спецификации выполняются на стадии "Рабочие чертежи" и "Технорабочий проект" и являются окончательными документами для заказа оборудования и материалов. Заказная спецификация на приборы и средства автоматизации составляется в той же последовательности, что и заявочная ведомость.

Приборам и средствам автоматизации присваиваются позиционные обозначения по функциональной схеме автоматизации.

Заказная спецификация электроаппаратуры составляется на основании принципиальных электрических схем. Электроаппаратуре присваиваются обозначения, принятые в электрических схемах. Эту спецификацию выполняют в виде двух разделов: электроаппаратура, устанавливаемая на щитах и пультах; электроаппаратура, устанавливаемая вне щитов и пультов.

Спецификацию щитов и пультов составляют на основе функциональной схемы автоматизации, сборочных чертежей и монтажных схем щитов и пультов. В спецификацию включаются все щиты, пульта и их вспомогательные элементы, предусмотренные проектом. Спецификация трубопроводной арматуры составляется на основании схем внешних электрических и трубных соединений и монтажных схем щитов. В спецификацию включается вся трубопроводная арматура, предусмотренная проектом автоматизации, за исключением регулирующих органов, учтенных в заказной спецификации приборов и средств автоматизации.

Для составления спецификации кабелей и проводов исходными документами являются схемы внешних электрических и трубных соединений, чертежи трасс и монтажные схемы щитов и пультов. В спецификацию включаются все кабели и провода, за исключением проводов для коммутации щитов и пультов. Порядок включения кабелей и проводов рекомендуется следующий: силовые кабели, контрольные кабели, коаксиальные кабели и провода, установочные провода, компенсационные провода. Кабели и: провода одних марок, жилыности и сечения вписываются в спецификацию под одним порядковым номером, а в графе "Количество" указывается их общая длина, состоящая из фактического количества по чертежам и дополнительной длины - 2% кабеля, 3% провода (производственные нормы отходов кабелей и проводов).

Спецификация основных монтажных материалов составляется на основании схем внешних электрических и трубных соединений, чертежей трасс и монтажных схем щитов и пультов. Выполнять ее рекомендуется в следующем порядке: трубы, металлы (черные, цветные), материалы неметаллические, монтажные изделия (соединительные и протяжные коробки и т.п.), монтажные изделия и материалы и изделия для изготовления нестандартизированного оборудования.

В спецификацию нестандартизированного оборудования включаются разрабатываемые в проекте автоматизации оборудование и изделия и вписываются их наименование и характеристика. Опросные листы являются дополнительным документом к заказной спецификации приборов и средств автоматизации и предназначены для заказа и изготовления приборов. Опросные листы выполняются по унифицированным формам и заполняются для заказа и изготовления: дифманометров-расходомеров с сужающим устройством (для жидкости, водяного пара, газа или пара); дифманометров-уровнемеров; анализаторов жидкости или газа.

При разработке проекта автоматизации определяются капитальные затраты на приобретение и монтаж приборов и средств автоматизации. При выполнении технического проекта составляется сметно-финансовый расчет (СФР), а при выполнении рабочих чертежей - смета. Сметно-финансовый расчет и смета составляются по специальной форме и на основании ценников и прейскурантов или по укрупненным сметным нормам.

Сметно-финансовый расчет составляется на основании заявочных ведомостей проекта или на основании аналогов. Он включает общую и раздельную стоимость оборудования и монтажа.

Смета составляется на основании разработанного проекта и всех спецификаций. Смета со-

держит общую и отдельную сметную стоимость оборудования и монтажа и обоснование изменения сметной стоимости в рабочих чертежах по сравнению со стоимостью в техническом проекте. Сметно-финансовый расчет и смету оформляют отдельным разделом проекта автоматизации.

Глава IV.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

1. Основные принципы автоматизации управления технологическими процессами

Назначение любой автоматизированной системы управления, ее необходимые функциональные возможности, желаемые технические характеристики и другие особенности в решающей степени определяются тем объектом, для которого создается данная система. Автоматизация управления стала возможной благодаря наличию современных технических средств, математического и организационного обеспечения, а также благодаря экономичности автоматизации управленческих процессов и гибкости производственной информации. Это позволяет выделить некоторые принципы, определяющие возможность создания АСУ, организацию и функционирование АСУ, а также принципы организации производственного процесса. Функционирование АСУТП должно обеспечивать соблюдение всех этих принципов. Принципы организации автоматизированного управления определяют технологию управления в условиях АСУ.

К этим принципам относятся: повышение экономической эффективности производства - при несоблюдении этого принципа автоматизация становится неэкономичной, нецелесообразной; общее упорядочение - в результате мер по упорядочению организации производства поднимается на более высокий качественный уровень; принцип соответствия - означает гармоничное соответствие между потребностями автоматизируемого объекта и возможностями АСУТП; принцип единообразия - означает унификацию и стандартизацию элементов АСУТП.

Унификация элементов АСУТП упрощает и удешевляет процессы проектирования, процессы эксплуатации и облегчает преемственность при создании новых АСУ.

Наибольшего повышения эффективности процессов проектирования АСУТП можно добиться, если организация проектирования будет эффективна на всех этапах создания проекта.

Основными целями автоматизации технологических процессов являются: увеличение производительности технологического оборудования с одновременным уменьшением числа рабочих при заданном объеме, качестве и номенклатуре продукции; экономия топлива, сырья, материалов и других производственных ресурсов; максимальное снижение затрат живого труда при заданных других экономических показателях производства; увеличение объема продукции за счет роста производительности технологического оборудования без увеличения затрат живого труда; увеличение качества продукции; достижение оптимальной загрузки (оптимальных режимов работы) технологического оборудования.

Такое многообразие целей автоматизации требует создания не только автоматизированных (АСУТП) и автоматических (САУ) систем управления технологическими процессами, но и автоматизации подготовительных и вспомогательных производственных процессов (разработки систем проектирования САПР, систем автоматизации программирования САП, систем автоматизация оперативно-диспетчерского управления (АСОДУ).

Автоматизация управления технологическими процессами реализуется с помощью автоматизированных систем управления, которые характеризуются большим или меньшим участием человека в выработке решений и их реализации, и систем автоматического управления, работающих без участия человека. Как показывает опыт автоматизации технологических процессов, САУ экономически целесообразно использовать на нижних уровнях систем автоматизации для управления отдельными агрегатами, станками, параметрами технологического процесса и т.п.

Сложность, многообразие, многосвязность параметров современных технологических процессов технически и экономически оправдывают передачу части функций управления и общего контроля человеку-оператору, т.е. создание человеко-машинных систем управления, получивших название "Ав-

томатизированные системы управления технологическими процессами" (АСУТП).

Под технологическим объектом управления (ТОУ) понимается совокупность основного и вспомогательного оборудования, необходимого для реализации заданного технологического процесса, и сам технологический процесс. В свою очередь, совокупность АСУТП и ТОУ составляет автоматизированный технологический комплекс (АТК). Таким образом, по отношению к АТК система управления АСУТП является лишь составной частью, т.е. подсистемой. В связи с этим цели автоматизации могут быть достигнуты при комплексном, системном подходе к решению задач автоматизации технологических процессов. Это означает, в частности, что научно-технический уровень автоматизации надо оценивать по показателям технической и экономической эффективности АТК в целом. Естественно, что технико-экономическая эффективность АТК зависит от показателей технической и экономической эффективности проекта АСУТП как подсистемы. Степень достижения поставленных целей принято характеризовать с помощью так называемого критерия управления, т.е. показателя, достаточно полно характеризующего качество ведения технологического процесса и принимающего числовые значения в зависимости от вырабатываемых системой управляющих воздействий. В строгой, обычно математической, форме критерий управления конкретизирует цель создания данной системы. Одна из общих постановок вопроса о критерии управления сводится к стремлению получить наибольший экономический эффект, который определяется разностью стоимостей получаемой готовой продукции и сырья, энергии, рабочей силы и прочих затрат. Оптимальным будет такое управление процессом, которое позволит добиться максимального значения этой разности. Как правило, общий критерий экономической эффективности управления технологическим процессом неприменим из-за сложности определения необходимых количественных зависимостей в конкретных условиях; в таких случаях формируют частные критерии оптимальности, учитывающие специфику управляемого объекта и дополненные условными ограничениями.

Таковыми частными критериями, например, могут быть: максимальная производительность агрегата при определенных требованиях к качеству продукции, условиях эксплуатации оборудования и т.д.; минимальная себестоимость при выпуске продукции в заданном объеме и заданного качества; минимальный расход некоторых компонентов.

Чтобы добиться желаемого (в том числе оптимального) хода технологического процесса, в системе управления им необходимо в нужном темпе выполнять множество различных взаимосвязанных действий: собирать и анализировать информацию о состоянии процесса, регистрировать значения одних переменных и стабилизировать другие, принимать и реализовывать соответствующие решения по управлению и т.д. Именно эта "деятельность" системы управления называется функционированием, т.е. выполнением его установленных функций (рис. 15).

Функция АСУТП - это совокупность действий системы, направленных на достижение частной цели управления.

Функции АСУТП в целом как человеко-машинной системы следует отличать от функций, выполняемых комплексом технических средств системы (в том числе средствами вычислительной техники). Неправильно рассматривать вместо функций всей системы (включая человека) только совокупность действий, осуществляемых автоматически ее техническими средствами. Хотя значение подобных действий, реализуемых без участия человека, очень велико, однако они не характеризуют полностью поведение и возможности всей АСУТП.

Как правило, в системе за человеком (оператором, диспетчером) сохраняется главная, определяющая роль в выполнении наиболее сложных и ответственных функциональных задач. Поэтому необходимо рассматривать весь комплекс функций АСУТП, включая те из них, которые осуществляются при участии персонала.

Функции АСУТП подразделяются на информационные, управляющие и вспомогательные (внутрисистемные функции по обеспечению нормального функционирования КТС АСУТП, хранение информации, контроль и диагностика состояния КТС и т.д.).

К информационным относятся такие функции АСУТП, результатом выполнения которых является представление оператору системы или какому-либо внешнему получателю информации о ходе управляемого процесса. Характерными примерами информационных функций АСУТП явля-

ются: контроль за основными параметрами, т.е. непрерывная проверка соответствия параметров процесса допустимым значениям и немедленное информирование персонала при возникновении несоответствий; измерение или регистрация по вызову оператора тех параметров процесса, которые его интересуют; информирование оператора (по его запросу) о производственной ситуации на том или ином участке объекта управления в данный момент; фиксация времени отклонения некоторых параметров процесса за допустимые пределы; вычисление достигнутых технико-экономических показателей работы технологического объекта; периодическая регистрация измеряемых параметров и вычисляемых показателей; обнаружение и сигнализация наступления опасных (предварительных, аварийных) ситуаций.

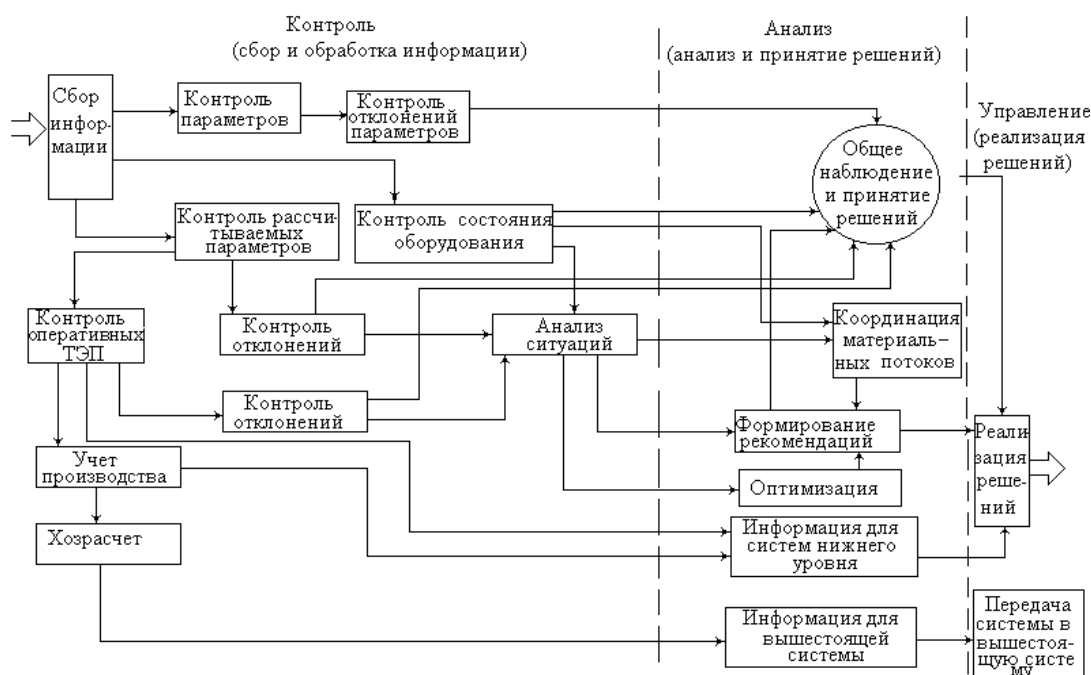


Рис. 15. Принцип построения систем управления технологическим объектом

Выполняя эти основные информационные функции, АСУТП своевременно обеспечивает своего оператора или вышестоящую систему сведениями о состоянии и любых отклонениях от нормального протекания технологического процесса.

Управляющие функции АСУТП включают в себя действия по выработке и реализации управляющих воздействий на объект управления.

К основным управляющим функциям относятся: стабилизация переменных технологического процесса; программное изменение режима процесса по заранее заданным законам; защита оборудования от аварий; формирование и реализация управляющих воздействий, обеспечивающих достижение или соблюдение режима, оптимального по технологическому или технико-экономическому критерию; распределение материальных потоков и нагрузок между агрегатами; управление пусками и остановками агрегатов; управление транспортно-складскими и погрузочно-разгрузочными комплексами и др.

Перечень всех функций, выполняемых конкретной АСУТП (т.е. ее функциональный состав), характеризует внешние, потребительские возможности данной системы. Чтобы раскрыть ее внутреннее строение, обычно пользуются понятиями функциональной, технической и организационной структур АСУТП. Каждая из этих структур представляет собой определенный аспект системы, в котором проявляется та или иная грань ее внутреннего строения, т.е. один из возможных способов представления системы как совокупности ее частей и связей между ними.

2. Классификация и состав АСУТП

Современные АСУТП очень разнообразны и могут отличаться друг от друга по функциональному составу, степени автоматизации управления объектом, применяемым техническим средствам и многим другим признакам и характеристикам.

В общем случае АСУТП представляет собой многоуровневую систему управления с иерархическим принципом построения, которая, как правило, включает в себя на нижних уровнях управления локальные системы автоматического управления (СЛА - системы локальной автоматики).

К АСУТП второго уровня относят автоматизированные системы, управляющие группами установок, цехами, производствами, в которых отдельные участки оснащены своими системами управления в том числе, возможно, АСУТП первого (нижнего) уровня, причем оперативный персонал последних подчинен персоналу АСУТП второго уровня.

По характеру протекания во времени управляемые технологические процессы можно разделить на три группы: дискретные, непрерывные и непрерывно-дискретные, различающиеся по относительному времени пребывания их в неустановившемся (переходном) и установившемся состояниях.

Условную информационную мощность технологического объекта управления и его АСУТП чаще всего характеризуют числом технологических переменных, измеряемых или контролируемых данной системой. В зависимости от значения этого показателя все АСУТП подразделяются на системы малой информационной мощности (до 40 переменных), пониженной информационной мощности (до 160 переменных), средней информационной мощности (до 650 переменных), повышенной информационной мощности (до 2500 переменных) и большой информационной мощности (число измеряемых технологических переменных не ограничено).

По уровню функциональной надежности АСУТП могут быть минимального уровня - практически уровень надежности не регламентируется, не требует специальных мер; среднего уровня - уровень надежности регламентируется, но отказы в АСУТП не приводят к остановам ТООУ; высокого уровня - уровень надежности жестко регламентируется, так как отказы в АСУТП могут привести к остановам ТООУ или авариям.

Все АСУТП характеризуются совокупностью автоматически выполняемых информационных и управляющих функций системы.

В зависимости от этого можно классифицировать АСУТП по типу функционирования на следующие виды:

1. Информационный тип функционирования АСУТП - в такой системе автоматически выполняются только информационные функции, решения по управлению принимает и реализует оператор. Сюда могут относиться АСУТП, функционирующие без вычислительного комплекса. Подобные человеко-машинные системы обычно применяются для управления отдельными относительно простыми установками или участками, технологическими агрегатами (рис. 16). В общей структуре управления производством такие системы занимают самую нижнюю ступень иерархии и поэтому характеризуются тесной связью с объектом, некоторой автономностью "поведения", наибольшей оперативностью контроля и управления. Такие системы хотя и не содержат в своем составе вычислительного комплекса, являются человеко-машинной системой, т.е. простейшим, но достаточно представительным и распространенным видом АСУТП.

2. Локально-автоматический тип функционирования АСУТП в этой системе автоматически выполняются информационные функции и функции локального управления. Решения по управлению процессом в целом принимает и реализует оператор. Сюда можно отнести АСУТП с вычислительным комплексом, выполняющим информационные функции (рис. 17). Системы этого вида содержат все функциональные и аппаратные элементы, присущие предыдущей системе, но отличаются от нее наличием вычислительного комплекса (ВК), который выполняет функции централизованного контроля, вычисления комплексных технических и технико-экономических показателей, а также контроль работы и состояния оборудования.

3. Советующий тип функционирования АСУТП - в таких системах автоматически выполняются функции информационные, локального управления и с помощью модели процесса формируются советы по выбору управляющих воздействий с учетом критерия.

Сюда относится АСУТП с вычислительным комплексом, выполняющим управляющие функции в режиме "Советчика" (см. рис. 17).

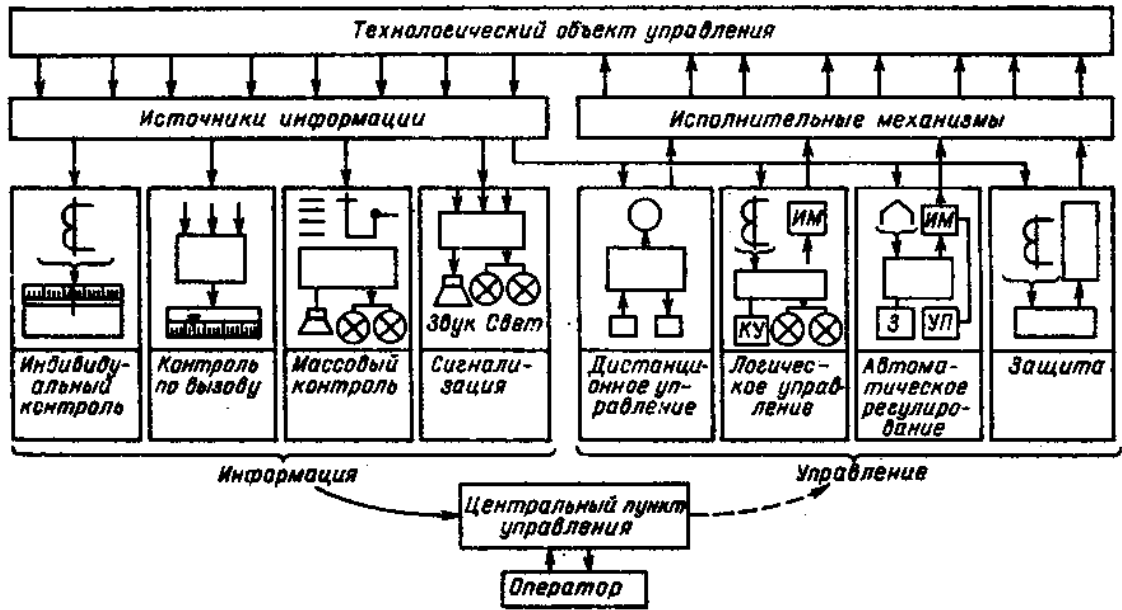


Рис. 16. АСУТП без вычислительного комплекса.



Рис. 17. АСУТП, выполняющая информационно-вычислительные функции и функции supervisory и непосредственного цифрового управления.

Кроме функций, выполняемых ВК в предыдущей системе, на него возлагают задачи анализа поступающей информации и поиска оптимальных решений с выдачей рекомендаций по управлению (советов) оператору. Окончательный выбор и осуществление управляющих воздействий по-прежнему остаются за оператором. Такая АСУТП функционирует следующим образом. Через заданные промежутки времени (в зависимости от конкретных условий обычно один раз в 10-15 мин.) полученные в ВК данные о состоянии объекта и комплексные технические и технико-экономические показатели анализируются с помощью математической модели управляемого про-

цесса. Путем вычислений по модели определяются воздействия, необходимые для приближения процесса к оптимуму; результаты представляются оператору, который управляет процессом, изменяя уставки регуляторов или выполняя другие действия в соответствии с рекомендациями, вырабатываемыми ВК. Регуляторы в такой системе являются средствами не только стабилизации, но и программного изменения технологических параметров процесса, а оператор играет роль следящего и координирующего звена и вносит изменения по советам ВК, непрерывно помогающего оператору в его усилиях оптимизировать технологический процесс.

Число входных переменных параметров в системе, работающей в режиме советчика оператора, обычно находится в пределах от 10 до 100, но ВК может, если это экономически целесообразно, обрабатывать и большее число переменных. Если предположить, что программы, направляющие работу ВК, достаточно хорошо отражают заложенную в них стратегию, то такая ЭВМ способна эффективно помочь оператору в его поисках пути постоянной перестройки процесса для достижения оптимума.

4. Автоматический тип функционирования АСУТП - все функции АСУТП, включая управление процессом по критерию, выполняются автоматически.

К этим системам относятся АСУТП с вычислительным комплексом, выполняющим функции автоматического управления. Здесь можно рассматривать АСУТП, работающие в двух режимах: 1) режим супервизорного управления; 2) режим непосредственного (прямого) цифрового управления (НЦУ) (см. рис. 17).

Характерная особенность первых систем управления состоит в том, что в них ВК включается в замкнутый контур автоматического управления и вырабатывает управляющие воздействия, поступающие как сигналы заданий непосредственно на вход к системам автоматического регулирования. Основная задача супервизорного управления - автоматическое поддержание технологического процесса вблизи оптимальной рабочей точки путем оперативного воздействия на него. В этом одно из главных преимуществ данного вида систем.

Супервизорное управление не является прямым: уставки регуляторов задаются от ЭВМ, но команда на управляющие органы объекта поступает от регуляторов,

В АСУТП, вычислительный комплекс которой работает в режиме непосредственного цифрового управления (ЦНУ), сигналы, используемые для приведения в действие исполнительных механизмов, поступают непосредственно от ВК и соответствующие регуляторы вообще исключаются из системы (или используются как резерв).

Одно из главных преимуществ применения АСУТП с ВК в режиме НЦУ заключается в возможности изменения алгоритмов управления для контуров простым внесением изменений в хранимую программу. Однако такие изменения должны быть тщательно подготовлены, так как новая программа должна быть полностью проверена перед использованием ее для реального управления. Хотя это серьезное требование, тем не менее гибкость системы в принципе ничем не ограничена. Некоторые внедряемые АСУ являются комбинацией систем НЦУ и супервизорного управления. Наиболее очевидный недостаток систем НЦУ проявляется при отказе ВК. Несмотря на то, что надежность всех средств системы может быть исключительно высокой, отказы ВК тем не менее возможны, что в системе с НЦУ может привести к полной потере управляемости объекта. Потому при организации любой системы НЦУ необходимо учитывать это обстоятельство.

Состав и строение любой конкретной АСУТП выбираются так, чтобы система соответствовала техническому заданию на ее создание.

АСУТП должна: управлять объектом в соответствии с принятым критерием функционирования; выполнять все возложенные на нее функции в соответствии с назначением и целью управления; обладать требуемыми показателями и характеристиками точности, надежности и быстродействия; отвечать эргономическим требованиям, предъявляемым к способам, форме представления информации оператору, размещению технических средств и т.д.; обладать свойством технической и информационной совместимости; допускать возможность дальнейшей модернизации и развития.

В состав любой АСУТП входят следующие основные крупные компоненты (части системы): организационные, информационные, технические, программное обеспечение и оперативный

персонал. Разработка программного обеспечения проводится на основе математического обеспечения, которое в состав АСУТП не входит.

Организационное обеспечение - совокупность документов, устанавливающих порядок и правила функционирования оперативного персонала данной системы.

Информационное обеспечение - совокупность системы классификации и кодирования технологической и технико-экономической информации, унифицированных систем документации и массивов информации, используемых в АСУТП.

Техническое обеспечение - совокупность технических средств, достаточная для функционирования АСУТП.

Программное обеспечение - совокупность программ, необходимая для реализации функций АСУТП и функционирования комплекса технических средств.

Математическое обеспечение - совокупность математических методов, моделей и алгоритмов для решения задач и обработки информации с применением вычислительной техники в АСУТП.

Оперативный персонал АСУТП состоит из технологов-операторов (диспетчеров), осуществляющих контроль и управление объектом, и эксплуатационного персонала, обеспечивающего правильность функционирования всех технических и программных средств системы. Состав оперативного персонала конкретной АСУТП и установленные взаимоотношения между его работниками определяют организационную структуру системы. Элементами такой структуры являются отдельные должностные лица - производственные или административные работники, осуществляющие в той или иной мере управление данным технологическим объектом, или их группы, сформированные по какому-либо содержательному признаку. Основные связи между элементами организационной структуры соответствуют отношениям оперативной соподчиненности указанных работников, существенным для процесса управления. При необходимости на схеме организационной структуры отображают также территориальное размещение оперативного персонала АСУТП и его взаимодействие с персоналом других систем и уровней управления.

Задачу, решаемую при создании АСУТП, можно кратко сформулировать так: на базе имеющихся технических средств автоматизации построить для данного объекта экономически эффективную систему управления, отвечающую заданным целям, требованиям, и рационально использующую возможности человека и техники. В принципе можно использовать два подхода к решению поставленной задачи: интуитивный и формализованный. Четкую грань между обоими подходами провести трудно, но в общих чертах можно отметить следующие отличительные особенности каждого из них. При первом подходе на основании априорных представлений об объекте (не обязательно формализованных) и логических рассуждений предлагается некоторый комплекс алгоритмов управления и выбираются средства для его реализации. Эффективность принятых решений опирается на интуицию разработчика и проверяется экспериментально на объекте.

При втором подходе первоначально делается попытка формализовать исходные представления об объекте управления и всех задач. Далее либо математически, либо при помощи целого ряда дополнительных упрощающих предположений синтезируется (либо просто предлагается) алгоритм управления. Важной особенностью второго подхода является то обстоятельство, что эффективность принятых решений до экспериментальной проверки на объекте проверяют при помощи вычислительных машин в лабораторных условиях, опираясь на имеющиеся формальные представления об объекте. Отсюда можно заключить, что первый подход проще, а второй в большей степени позволяет использовать достижения теории управления и потому более надежен. Главное же обстоятельство заключается в том, что по мере усложнения задач управления эффективность первого подхода существенно падает и доминирующее значение приобретает формализованный подход.

Для решения сформулированной выше задачи создания АСУ на базе формализованного подхода надо выполнить следующие работы: провести исходную формализацию (постановку) задачи синтеза алгоритма управления, разработать соответствующие алгоритмы контроля и управления с проверкой их на ЭВМ, подобрать рациональную структуру технических и программных средств, реализующих принятые алгоритмы, смонтировать эти средства и провести всестороннее опробование разработанной АСУ на реальном объекте.

Весь процесс делится на ряд стадий АСУТП, установленных ГОСТ, причем каждая из них заканчивается выпуском и утверждением определенной документации.

В соответствии с ГОСТ предусмотрены две предпроектные стадии: "Технико-экономическое обоснование" и "Техническое задание", две проектные: "Технический проект" и "Рабочий проект" которые допускается объединять в одну - "Техно-рабочий проект", а также стадии "Ввод в действие (внедрение)" и "Анализ функционирования", которые можно условно называть стадиями реализации системы.

До начала работ по проектированию и созданию АСУТП разрабатывается технико-экономическое обоснование (ТЭО), целью которого является формирование обоснованного с позиций заказчика предложения о создании АСУТП с определенными функциями и техническими характеристиками.

На стадии ТЭО проводится анализ известных случаев применения АСУТП для аналогичных объектов и технико-экономическое обследование объекта и существующей системы управления. Основными выходными документами ТЭО являются: технико-экономическое обоснование создания АСУТП с выбранными функциями и их характеристиками, заявка на создание АСУТП в виде тематической карточки по установленной форме, исходные технические требования к АСУТП.

На стадии разработки технического задания проводится предварительное обследование автоматизируемого технологического процесса, осуществляются предпроектные научно-исследовательские работы, выполняются эскизная разработка АСУТП и оформление всех основных документов технического задания на создание АСУТП.

На стадии разработки технического проекта предусматривается выполнение следующих укрупненных этапов: системотехнический синтез АСУТП; аппаратно-технический синтез АСУТП; разработка заданий на проектирование в смежных частях проекта оборудования, не выпускающегося серийно, и заявок на разработку новых средств автоматизации; разработка алгоритмов контроля, управления и функционирования АСУТП, информационного обеспечения АСУТП; составление смет, ведомостей и при необходимости патентного формуляра; сравнительный анализ разрабатываемой АСУТП и расчет ожидаемой экономической эффективности АСУТП по проектным данным; оформление технического проекта.

На стадии разработки рабочего проекта разрабатываются рабочая документация на техническое обеспечение системы; составляются заказные спецификации; разрабатывается рабочая документация на программное и информационное обеспечение АСУТП и изготавливаются специальные программы на машинных носителях информации; разрабатывается эксплуатационная документация АСУТП.

Проектирование повторно реализуемых АСУТП выполняется в одну стадию с выпуском технорабочего проекта (ТРП). При выполнении ТРП разрабатывается комплект документов, в которых содержатся основные технические решения по АСУТП, задания на разработки, связанные с созданием системы, сметная документация. Кроме того, разрабатывается документация для заказа комплекса технических средств и покупных программных изделий для монтажа, наладки и эксплуатации АСУТП.

3. Организационное и информационное обеспечение АСУТП

При создании АСУТП в первую очередь необходимо определить те функции, которые должны выполнять конкретные данные АСУТП.

Основным документом функциональной части проекта является схема функциональной структуры, на которой прямоугольниками произвольной формы условно показывают функции, выполняемые АСУТП, взаимосвязи функций и связи их с ТОУ.

Обобщенная схема функциональной структуры приведена на рис. 15. При этом реализуются следующие функциональные задачи в соответствующих подсистемах: обработка информации и подготовка решений ("Контроль"); анализ и принятие решений ("Анализ"); реализация решений ("Управление").

Функциональная подсистема анализа и принятия решений реализуется обычно с участием

человека-диспетчера на основе информации, поступающей от подсистемы "Контроль", и рекомендаций, формируемых автоматически. Реализация решений (подсистема "Управление") осуществляется путем передачи команд, распоряжений, результатов расчетов на объекты управления.

Прямоугольники, соответствующие функциям, связывают между собой линиями со стрелками, отображающими порядок реализации этих функций. На схеме информационные, управляющие и вспомогательные группы функций разделяют или обводят пунктирными линиями и сверху приводят соответствующие подписи. Горизонтальными пунктирными линиями выделяют функции, реализованные средствами локальной автоматики, оперативным персоналом и средствами вычислительной техники.

В функциональную часть проекта включается, как правило, один документ "Описание постановки задач", в котором раскрывается общая постановка задачи АСУТП, указывается единый критерий управления, осуществляется его декомпозиция (разделение на элементы) и приводится описание постановок частных задач, выделенных в результате декомпозиции. Допускается объединение постановки задач с алгоритмом ее решения. В этом случае алгоритм решения задачи приводится в укрупненном виде, что не исключает представления алгоритмов в разделе математического обеспечения.

Организационное обеспечение АСУТП представляет собой совокупность документов, устанавливающих порядок и правила функционирования оперативного персонала данной системы. Сюда входят технологические инструкции и регламенты, определяющие ведение процесса, инструкции по эксплуатации системы, описания ее функциональной, технической и организационной структур. Роль организационного обеспечения в АСУТП очень важна: по существу организационное обеспечение регламентирует всю деятельность человека в системе, от простейших операций по ее текущему обслуживанию до самых сложных и ответственных действий, например по оптимизации процесса или по выявлению и ликвидации предаварийных состояний. Разработка организационного обеспечения АСУТП включает в себя: построение организационной структуры АСУТП; определение всех операторских пунктов и других звеньев управления; определение информационных потоков между всеми звеньями управления и технологическим объектом; составление эксплуатационной документации с описанием системы и принятого порядка ее обслуживания и эксплуатации, поддержание ее точности и надежности; определение штатного расписания и разработку должностных инструкций работников службы АСУТП.

Инструкция по эксплуатации должны содержать основные правила и предписания взаимодействия оперативного персонала с комплексом технических средств и между собой, а также указания о действиях оперативного персонала в нормальных, предаварийных и аварийных ситуациях.

Схема организационной структуры АСУТП приведена на рис. 18, откуда видно, что АСУТП построена по двухуровневому иерархическому принципу управления. На верхнем уровне находится оперативный персонал центрального пункта управления (диспетчер ЦПУ), на нижнем - оперативный персонал операторских пунктов и персонал, обслуживающий местные щиты технологических отделений и участков (операторы, аппаратчики и др.), диспетчер ЦПУ (начальник смены) руководит работой подчиненного ему персонала, ведет технологический процесс в строгом соответствии с технологическими инструкциями вышестоящих лиц, руководит пуском и остановом оборудования, координирует работу отдельных участков производства по производительности, материальным и энергетическим потокам, обеспечивает контроль хода технологического процесса, проводит оценку работы оперативного персонала системы и участвует в приеме-сдаче смены.

Для реализации конкретных работ на всех стадиях создания АСУТП и ее эксплуатации на предприятии создают в рамках структуры предприятия производственное подразделение АСУТП в виде специальной службы. Это подразделение выполняет работы по созданию, внедрению, ремонту и эксплуатации АСУТП во взаимодействии с основными и вспомогательными службами предприятия.

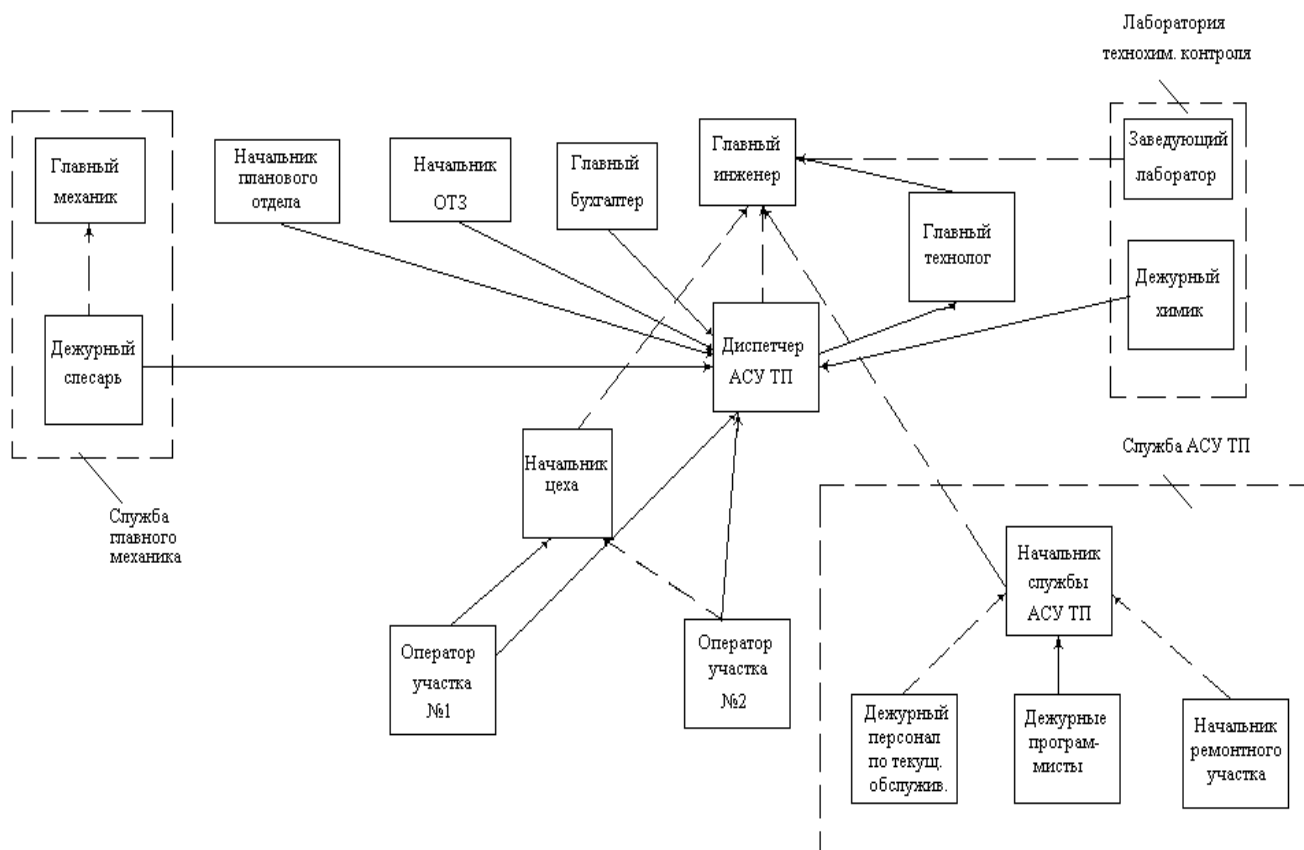


Рис. 18. Организационная структура АСУТП

Информационное обеспечение АСУТП включает: сигналы, характеризующие состояние АТК, системы классификации и кодирования технологической и технико-экономической информации; массивы данных и документов, необходимых для выполнения всех функций АСУТП, в том числе нормативно-справочную информацию. Информационное и организационное обеспечения АСУТП имеют большие отличия от аналогичных разделов других видов АСУ. В АСУТП важнейшее значение имеет такой вид информации, как сигналы датчиков и других технических средств, интерфейсы машин и их стыковка и т.д. Чем выше уровень управления, тем меньшее значение для АСУ имеют сигналы и большее - формы представления экономической информации и кода. Сигналы, характеризующие состояние ТОО, получают от аналоговых, дискретных, число-импульсных датчиков и от датчиков ручного ввода.

Каждый вводимый в УВК сигнал кодируется определённым образом. Дискретные сигналы, как правило, выводятся непосредственно на устройство печати, поэтому для них целесообразно использовать мнемонические коды, позволяющие быстро расшифровывать вводимый показатель. Кроме сигналов, характеризующих состояние ТОО, в УВК вводится нормативно-справочная информация, которая также кодируется определённым образом. Вся информация, используемая в АСУТП, по отношению к процессу ее обработки УВК делится на входную и выходную.

Укрупненная структура информационных связей в АСУТП приведена на рис. 19. На схеме представлен объект управления, который состоит (в общем случае) из технологических агрегатов, вспомогательных механизмов и транспортных средств. Связь оператора, ведущего технологический процесс, с указанными группами оборудования может быть различной. Так, связь с технологическими агрегатами может осуществляться через приборы измерения и управления, расположенные на щите и пульте оператора, а связь с вспомогательными механизмами - с помощью производственной громкоговорящей связи с операторами указанных механизмов. На рис. 19 информационные связи обозначены пронумерованными стрелками. Информационная подсистема автоматически собирает данные о параметрах, характеризующих ход технологического процесса, путем съема показаний с датчиков, с контактов концевых выключателей и т.п. (связь 2). Эта информация сообщается как операторам (связь 4), так и управляющей подсистеме (связь 7).

Информация о процессе, которую операторы получают не от информационной подсистемы, передается по связи 5. Запросы операторов о состоянии объекта направляются ими либо через информационную подсистему (связь 3), либо минуя ее (связь 6).

Управляющая подсистема, выполняя возложенные на нее функции, использует информацию, поступающую от информационной подсистемы по связи 7. Сформированные управляющие воздействия реализуются либо автоматически (связь 1), либо через операторов технологического процесса (связи 9 и 6). Запросы операторов по управляющим функциям обозначены связью 10. Операторы процесса дают при необходимости указания персоналу, отвечающему за эксплуатацию технических средств АСУ (связь 11), Последний осуществляет техническое обслуживание как управляющей (связь 12), так и информационной (связь 8) подсистем.

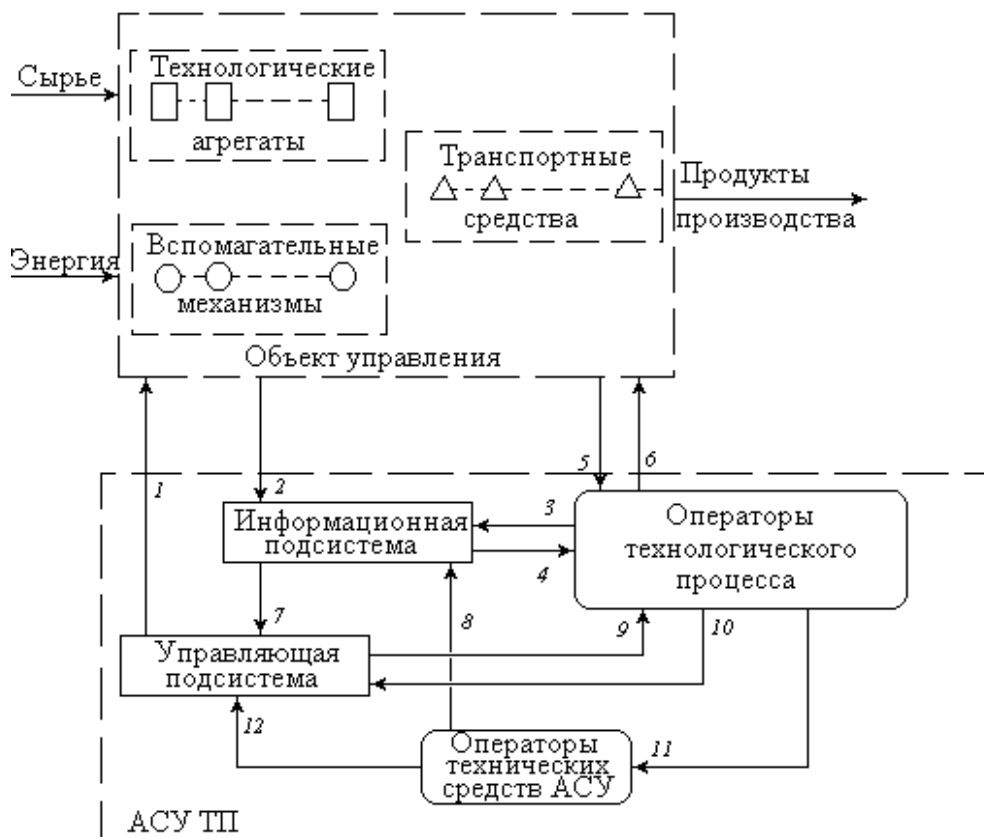


Рис. 19. Информационная структура АСУТП.

Из рис. 19 видно, что информационная и управляющая подсистемы образуют двухъярусную структуру. Выходную информацию в зависимости от ее назначения представляют на дисплее, на устройствах печати, на мнемосхеме. Соответственно делению информации на входную и выходную создаются формы входных и выходных документов, представленных в виде кадров дисплея и форм цифropечатающего устройства. Выбор форм документов определяется существующей на предприятии системой отчетности за выбранный период работы ТОО, а также другими факторами.

При организации массивов учитываются особенности ТОО и выбранные технические средства, дающие возможность реализовать необходимую структуру программного обеспечения.

Документацию информационного обеспечения рекомендуется объединять в единый раздел с документацией математического обеспечения.

4. Техническое обеспечение АСУТП

На стадии разработки технического проекта при выполнении этапа "аппаратурно-технический синтез АСУТП" разрабатываются структурные схемы КТС и УВК, схемы автоматизации, проводится оценка метрологических характеристик информационно-измерительных каналов.

Все эти мероприятия относятся к техническому обеспечению АСУТП. Под техническим обеспечением АСУТП понимается комплекс технических средств, предназначенных для функционирования АСУТП. В его состав обычно входят средства получения, преобразования, передачи и отображения информации, управляющие, вычислительные и исполнительные устройства. Таким образом, техническое обеспечение АСУТП включает в себя полный набор средств автоматизации и вычислительной техники, используемых в системе. Технические средства, наиболее характерные для АСУТП, и их территориальное размещение приведены в качестве примера на рис.20.

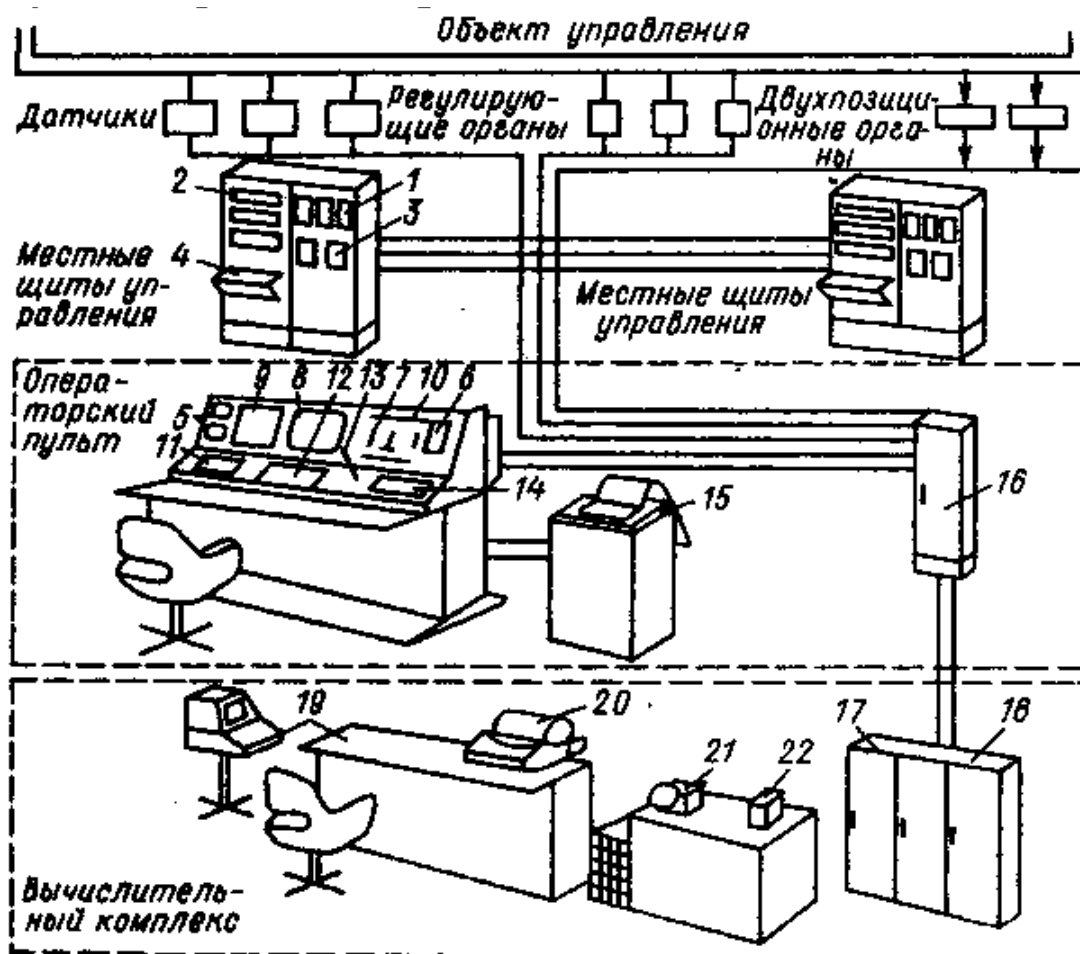


Рис. 20. Техническое обеспечение АСУТП

Непосредственно на объекте управления устанавливаются: первичные измерительные преобразователи (датчики), воспринимающие значения параметров процесса; сигнальные двухпозиционные устройства, дающие информацию о включении или выключении того или иного оборудования; исполнительные двухпозиционные или регулирующие органы, осуществляющие управляющие воздействия путем открытия вентилей и заслонок, изменения частоты вращения двигателей, режима работы насосов и т.п. В непосредственной близости от технологических объектов устанавливаются местные щиты управления, на которых монтируются регуляторы 1, вторичные измерительные приборы, показывающие 2 и самопишущие 3, а также другие устройства и узлы локальной автоматики 4. Оператор, ведущий технологический процесс всего объекта управления, постоянно находится в центральном пункте управления, который оборудован щитами, пультами, а

также электрифицированной печатающей машинкой 15 для регистрации параметров по вызову оператора и кроссовым шкафом 16.

На пульте установлены аналоговые измерительные приборы (показывающие 5, самопишущие 6), цифровые 7, показывающие по вызову оператора адрес (номер) и значение индицируемого параметра, индикаторы на электронно-лучевых трубках 8 для представления оператору буквенно-символьной и графической информации (дисплеи), сигнальные табло 9, сообщающие оператору те или иные рекомендации по ведению управляемого процесса. Кроме того, имеется мнемоническая схема 10, соответствующая технологическому процессу и дающая оперативную информацию о состоянии объекта в любой момент времени (какие именно агрегаты включены, какие заслонки перекрыты и т.д.); на мнемосхеме автоматически индицируется отклонение того или иного параметра от нормы. На пульте оператора также устанавливаются: дистанционные задатчики 11, позволяющие оператору изменять уставки регуляторов, смонтированных на местных щитах; клавиатура 12 для вызова показаний на цифровые приборы 7; средства цеховой связи 13 (телефонный коммутатор или селектор, громкоговорящая связь и т.п.); ключи дистанционного управления 14, позволяющие оператору производить на объекте те или иные переключения. На центральном пункте размещается ЭВМ – вычислительный комплекс АСУТП. В его состав входят: устройства информационной подсистемы 17 (коммутаторы сигналов, аналого-цифровые преобразователи, устройство выработки отклонений параметров, превышающих допустимые значения, устройство памяти предельных значений параметров, устройство масштабирования для преобразования относительных показаний датчиков в абсолютные, устройство опроса состояний сигнальных двухпозиционных органов и др.); устройства управляющей подсистемы 16 (арифметическое устройство), оперативное запоминающее устройство, внешнее запоминающее устройство на магнитных дисках или лентах, устройство мультиплексной (селекторной) связи с другими устройствами вычислительного комплекса, цифро-аналоговый преобразователь, устройства кодового управления исполнительными механизмами или органами сигнализации на щите оператора, устройство аналогового управления регуляторами и регулирующими органами и др.); инженерный пульт (пульт программиста), 19 - рабочее место оператора ЭВМ; электрическая печатающая машинка 20, аналогичная машинка 15 в операторском пункте, но предназначенная для периодической печати (например, учетных показателей за смену), считыватель с перфоленты 21 для ввода программ и постоянной информации в память машины; ленточный перфоратор 22 для перфорации на бумажной ленте промежуточных результатов расчетов. Совокупность всех технических средств АСУТП, указанных в виде конструктивно-самостоятельных приборов, узлов, устройств, принято предоставлять в виде технической структуры АСУТП, которая отражает основные самостоятельные части комплекса технических средств, используемых в системе; связи между этими элементами символизируют реальные физические линии (электрические провода, кабели, пневмопровода и т.п.), соединяющие отдельные средства автоматизации в совместно функционирующий комплекс. Полная техническая структура АСУТП должна отражать все основные средства, необходимые для выполнения функций системы. Однако на практике основное внимание уделяется центральной части комплекса средств, охватывающей те информационные, вычислительные и управляющие устройства, с помощью которых производятся централизованная переработка информации (включая управление) и ее представление персоналу. Эта часть характеризует техническую структуру информационно-вычислительной или информационно-управляющей подсистемы АСУТП. Техническая структура АСУ представляется в виде структурной схемы, функциональная и техническая структура АСУТП не являются тождественными и представляют различные аспекты одной и той же системы. Так, схема функциональной структуры отражает состав и порядок выполнения функций системы управления технологическим процессом. В схеме технической структуры условно изображаются средства, с помощью которых реализуются эти функции.

При выборе структуры вычислительного комплекса (ВК) возможны два основных метода исследования – макро - и микроподход.

Макроподход характерен для начальной стадии изучения, когда отсутствуют какие-либо сведения об элементах ВК. На этой стадии ВК рассматривается как "черный ящик" с полюсами для ввода исходной информации и вывода управляющей информации, предназначенный для вы-

полнения функций по переработке информации, необходимой для работы системы. При макро-подходе изучают весьма ограниченный круг задач.

Микроподход позволяет решать более сложные и конкретные задачи построения ВК, в том числе задачу синтеза ВК. Последняя полностью совпадает с нашей задачей определения рациональной структуры ВК. При этом может быть предложена схема, в которой используется как макро-, так и микроподход (рис. 21). Схема состоит из последовательного решения ряда частных задач, приводящих к решению основной задачи синтеза ВК. Прежде всего, определяют назначение обслуживаемой системы, т.е. составляют перечень ее задач. Среди последних выявляют вычислительные задачи, которые должны быть решены с помощью ВК. Для каждой вычислительной задачи должен быть составлен алгоритм ее решения. (Наличие алгоритмов решения задач позволяет определять входную информацию, необходимую для реализации каждого алгоритма; выходную информацию, получающуюся в результате реализации каждого алгоритма; совокупность арифметических и логических операций, необходимую для оценки объема вычислительной работы.

Далее выявляется структура обслуживаемой системы, которая дает представление о возможном размещении ВС в системе. Затем необходимо разработать вопрос об эффективности обслуживаемой системы. Сюда входит выбор показателей эффективности и выявление факторов, влияющих на величину этих показателей. Кроме того, определяются характеристики ВС и условия работы системы. Первым шагом при реализации микроподхода является составление схемы информационно-временных связей между всеми алгоритмами.

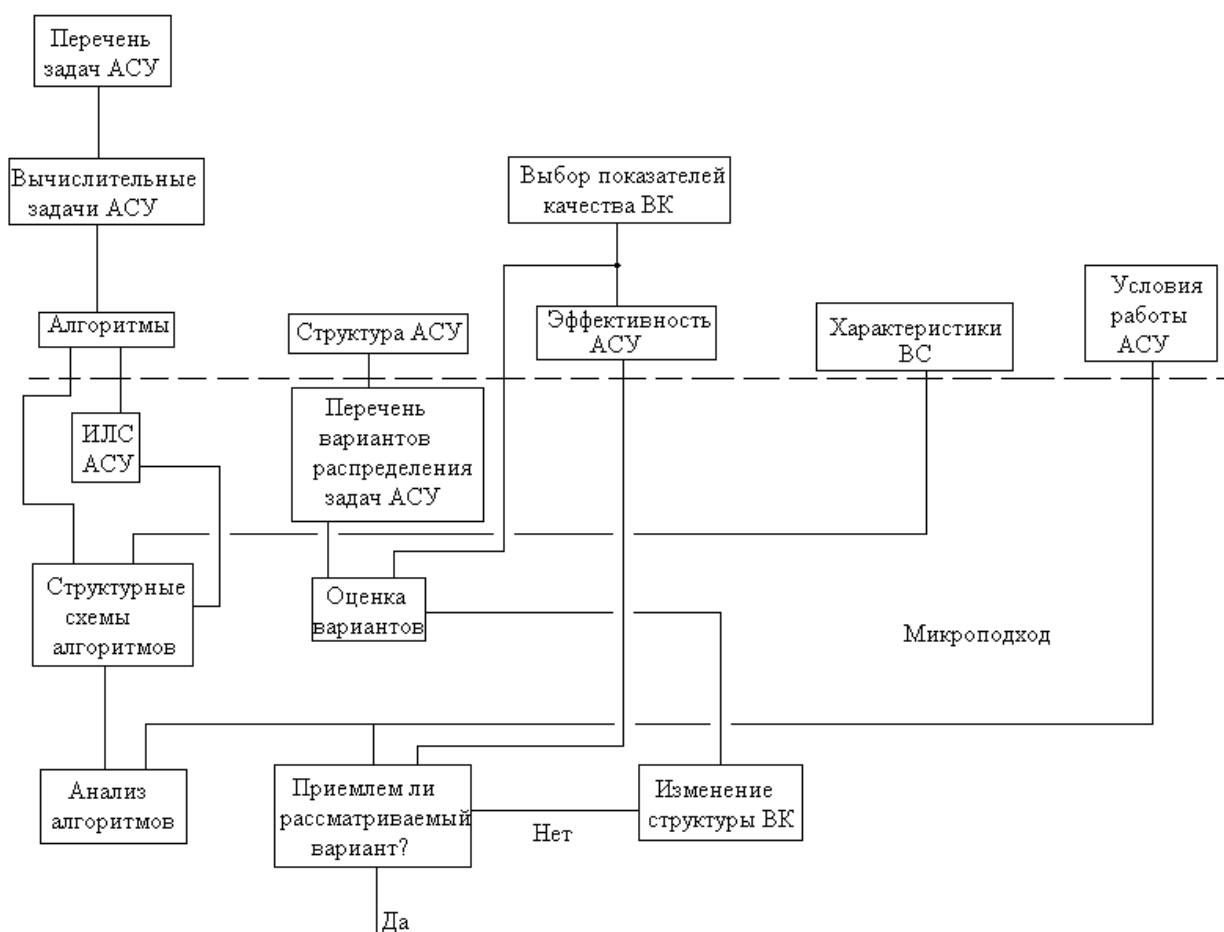


Рис. 21. Блок-схема алгоритма выбора рациональной структуры ВК

Схема описывает информационно-логическую структуру (ИЛС) системы и представляет собой основу дальнейшего синтеза ВК. Она дает точные сведения о путях обмена информацией между всеми алгоритмами системы. Составление ИЛС системы считается законченным после того, как будет достигнута совместимость ИЛС.

Под совместимостью ИЛС понимается, во-первых, полное обеспечение каждого алгоритма информацией, требуемой для его реализации, и, во-вторых, отсутствие бесполезных (нигде не используемых) потоков информации. Здесь же выбираются структурные схемы самих алгоритмов.

Следующий шаг - анализ всех алгоритмов системы в отдельности. Цель анализа - определение требований к объему и качеству вычислительной работы, необходимой для реализации каждого алгоритма системы. Для этого на этапе макроподхода задаются характеристики существующих или гипотетических вычислительных машин. Следующий этап состоит в перечислении возможных вариантов привязки отдельных алгоритмов к отдельным ВС. Это производится с помощью ИЛС и структурной схемы системы и равносильно составлению списка вариантов распределения вычислительных функций системы по отдельным ВС. Далее оценивается каждый вариант распределения посредством показателей качества ВК с учетом условий работы системы, затем выбирается оптимальный вариант. Эта процедура основана на априорном выборе первоначального решения с последующим постепенным улучшением плана в результате внесения в него целенаправленных изменений. Такова одна из возможных схем выбора рациональной структуры ВК.

При втором подходе к синтезу структуры необходимо получить некоторый исходный вариант структуры, который совершенствуется в дальнейшем. В качестве такого исходного варианта может быть принят простейший вариант функционально необходимой структуры, т.е. базовый набор средств из выбранного комплекса технических средств, выполняющий заданные функции.

Типичной особенностью АСУТП является иерархический характер ее структуры независимо от типа и конфигурации объекта управления. Нижний ярус структуры образуют местные системы управления - датчики, автоматические регуляторы и исполнительные механизмы, которые сохраняются, несмотря на наличие в системе средств вычислительной техники, исходя из требований безопасности, надежности или экономической целесообразности. Второй ярус структуры составляют информационно-вычислительные или управляющие вычислительные системы, выполняющие ряд функций контроля, регулирования и непосредственного управления объектом и корректирующие работу устройств нижнего яруса. В ряде случаев сами информационно-вычислительные системы имеют иерархическую структуру и содержат многомашинные вычислительные комплексы. Таким образом, АСУТП, как правило, имеют иерархическую структуру с двумя или тремя (редко с четырьмя) уровнями иерархии. Это делает оправданным в некоторой степени подход к синтезу структуры, при котором заранее считается, что структура системы иерархическая и осуществляется распределение алгоритмов и параметров ЦВМ по уровням иерархии (ступеням) для получения минимального значения критерия оптимальности.

Одним из примеров, уменьшающих размерность задачи и сложность ее решения, является использование принципа иерархической декомпозиции, заключающегося в последовательном рассмотрении системы на различных уровнях (система - подсистема - функциональные группы устройств - отдельные устройства) при движении сверху вниз с постепенной детализацией решений, принятых ранее, и их корректировкой при необходимости.

Задачи определения элементов структуры АСУТП и их последовательность показаны на рис. 22.

На первом этапе рассматривается система в целом, и на основе анализа задач АСУ, особенностей и требований объекта (размещения агрегатов, рабочих мест и т.д.) выделяются задачи и функции АСУ, реализуемые традиционными средствами автоматизации и новой техникой, включая средства вычислительной техники (СВТ),

Далее рассматривается структура информационно-вычислительной (ИВС) или управляющей вычислительной системы (УВС) и устанавливаются типы основных подсистем и связей между ними.

Основными подсистемами ИВС или УВС являются: информационная, вычислительная и управляющая. Подсистемы содержат устройство связи с объектом (УСО), вычислительный комплекс (ВК), набор устройств ввода-вывода (УВВ) и устройства связи с оператором (УСОП). Для рассредоточенных объектов добавляются устройства передачи данных (УПД) или устройства телемеханики (УМ).

Рассматривая далее каждую функциональную группу на уровне устройств, уточняют возможность связи и согласования с другими группами и определяют типы основных устройств.

Тип устройства выбирают по функциональному назначению в соответствии с алгоритмом переработки информации, а параметры определяют на основе характеристик информационных потоков, требований по быстродействию, объему памяти и т.д. с учетом результатов моделирования, эскизного программирования и опыта разработки аналогичных систем. Число устройств определяют путем сравнения требуемых значений параметров с техническими характеристиками устройств известных типов.

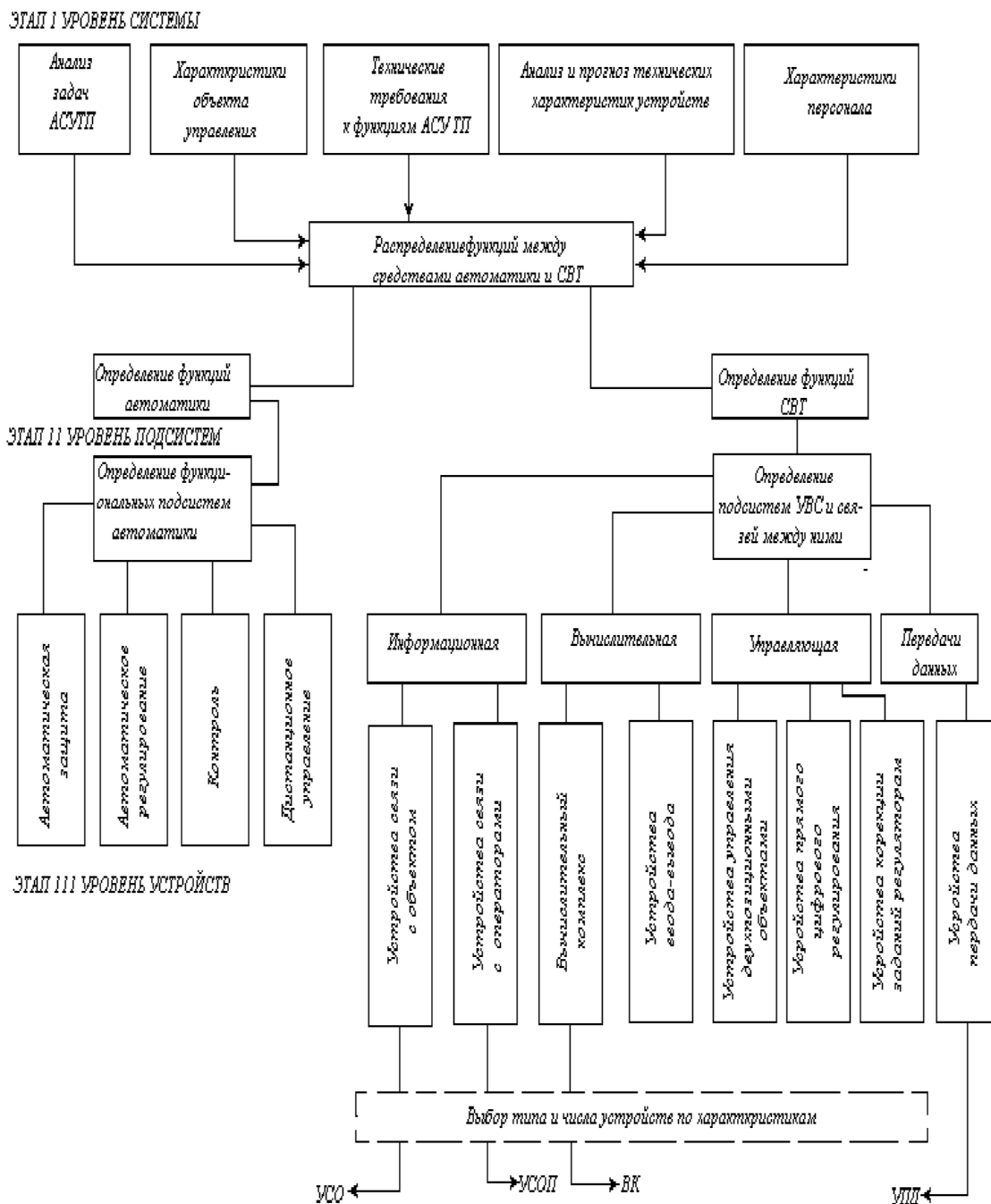


Рис. 22. Последовательность определения элементов структуры АСУТП

Кроме рассмотренных материалов в состав рабочего проекта включается также схема электрическая структурная, аналогичная по содержанию и исполнению структурной схеме КТО, но дополнительно содержащая указания кодов выборки подключаемых устройств и распределение приборов и средств автоматизации по входам-выходам модулей УВК. На электрической схеме выявляются резервные места в стойках типового (базового) комплекса или определяются количе-

ство и типы дополнительных стоек. На ней показывают размещение функциональных модулей в типовых конструкциях (шкафах, тумбах), блоков питания, вентиляторов.

Схема электрическая общая разрабатывается для определения способов подключения модулей друг к другу и к источникам питания, также для определения номенклатуры требуемых жгутов и источников питания. Поэтому на ней показывают все функциональные модули, блоки питания и управления, блоки интерфейсные, разъемы, марки используемых жгутов, электрические связи между модулями и др.

Кроссовые ведомости содержат четкие указания о том, какие кабели и жилы приходят от объекта, на какую сторону кросса, к каким калибровочным сопротивлениям или блокам нормализации подключены линии связи и каким образом они переадресовываются на машинную сторону кросса. В кроссовых ведомостях приводятся тип модуля, на который направляется информация, его адрес и номер разъема, тип используемого жгута/адрес панели кроссовой, маркировка жил в жгуте, адрес клемм на панели кроссовой, назначение и адресация жил кабеля, пришедшего от объекта.

Монтажный чертеж размещения средств вычислительной техники разрабатывается на все устройства УВК независимо от места их размещения (в машинном зале или вне его) с учетом допустимых длин линий связи и расстояний до другого оборудования и строительных конструкций. На монтажном чертеже размещения средств вычислительной техники дается план помещения, в котором размещаются устройства управляющего вычислительного комплекса, размещение устройств с указанием основных размеров между устройствами и способов крепления (установки) устройств.

5. Математическое и программное обеспечение АСУТП

Под математическим обеспечением АСУТП понимается совокупность математических методов, моделей и алгоритмов, используемых при разработке и функционировании таких систем. По мере развития применения вычислительной техники в АСУТП их математическое обеспечение вместе с построенным на его основе программным обеспечением приобретает всё большее значение и становится соизмеримым, а иногда и превышает по стоимости комплекс используемых технических средств. Управление объектом включает в себя комплекс операций, необходимых для формирования соответствующих целенаправленных воздействий на управляемый объект. Для этого каждую задачу управления надо сформулировать математически. Математическая формулировка любой задачи оптимального управления включает в себя два элемента: математическую модель объекта и критерий управления. Под математической моделью понимают систему математических соотношений, описывающих поведение объекта управления и те условия (возмущения, ограничения и т.д.), в которых он работает. Для представления модели в аналитической форме необходимо знать физическую природу управляемого объекта, его структуру и конструктивные особенности. Модель всегда в той или иной степени приближена и может не учитывать ряда тонких явлений, происходящих в объекте, и в то же время может с успехом использоваться для определения управляющих воздействий при различных совокупностях значений параметров объекта. Это можно сделать как в темпе с ходом процесса, так и в режиме опережающего анализа, поскольку большое быстродействие современных вычислительных машин позволяет произвести соответствующие опережающие расчеты. Если характеристики управляемого объекта подвержены изменениям, то соответствие модели объекту должно непрерывно проверяться и уточняться на основе информации о состоянии объекта. Модель закладывается в машину (т.е. хранится в ее запоминающем устройстве в виде программы). Пользуясь моделью, можно испытать различные управляющие воздействия, получить и зафиксировать реакции модели на эти воздействия, а затем выбрать те из них, которые в наибольшей степени удовлетворяют оптимальному критерию. О том, как надо обработать информацию об управляемом объекте, чтобы получить целесообразные управляющие воздействия, говорится в инструкциях, которые отражаются в алгоритмах управления. Алгоритм управления, отражающий общую цель системы управления, довольно сложен и может быть расчленен на большое число подалгоритмов, соответствующих отдельным задачам (функциям) системы управления. Эти подалгоритмы связаны между собой так, что в оп-

ределенных производственных ситуациях "работают" отдельные звенья общего алгоритма.

Форма математического обеспечения АСУТП основана на применении прогрессивного принципа модульности, в соответствии с которым математическое обеспечение можно разложить на совокупность (или синтезировать из совокупности) автономных частей алгоритмических модулей.

Алгоритмический модуль представляет собой законченное решение частной задачи алгоритмизации, возникающей при исследовании объектов автоматизации, синтезе систем контроля и управления. Совокупность алгоритмических модулей в целом образует упорядоченную иерархическую структуру. Модули более высокого уровня могут включать модули более низкого уровня, образуя составной модуль (макромодуль). В условиях конкретной системы макромодуль выступает в качестве самостоятельного алгоритма.

Описание алгоритмического модуля является основной частью задания на программирование. Описание модуля в проектном документе по своей полноте удовлетворяет условию возможности его практического применения без использования дополнительных источников информации, за исключением общедоступных материалов (ГОСТ, ОСТ и т.п.). Программное обеспечение охватывает круг решений, связанных с разработкой и эксплуатацией программ ЭВМ. Под программой принято понимать алгоритм, представленный в форме, воспринимаемой вычислительной машиной.

Программное обеспечение АСУТП представляет собой совокупность общего (ОПО) и специального (СПО) программного обеспечения.

Общее программное обеспечение АСУТП поставляется комплектно со средствами вычислительной техники. Поэтому в части ОПО в проекты АСУТП включают только элементы, дополняющие или заменяющие по функциональному назначению программы, поставляемые комплектно с вычислительной техникой.

ОПО АСУТП включает в себя программы, предназначенные для использования самостоятельно или в составе других программ (ранее разработанных и находящихся в отраслевом фонде для повторного применения), для решения на средствах вычислительной техники задач АСУТП.

Специальное программное обеспечение АСУТП оформляется как программные модули (ПМ), пакеты программных модулей (ППМ) и пакеты прикладных программ (ППП).

Программный модуль представляет собой совокупность программы на машинных носителях, чтение с которых возможно непосредственно аппаратурой вычислительных машин, и программной документации, необходимой для изготовления, сопровождения и эксплуатации программы. Программные модули в отдельности или в сочетании с другими программными модулями, реализуют применительно к конкретным вычислительным средствам одно или несколько взаимосвязанных типовых решений (или решений одноразового применения) задач функционирования АСУТП, оформленных в виде алгоритмических модулей. Минимальным ПМ является программа, дальнейшее деление которой приводит к потере функционального смысла.

Программный модуль рассматривается как основная форма разработки, организации и оформления СПО, обеспечивающая возможность повторного применения ранее разработанных ПМ в новых разработках, снижения трудоемкости создания программного обеспечения путем компоновки единой исходной или исполнительской программы из готовых ПМ, унификации и повышения эффективности разработки программной документации, автоматизации проектирования ПО АСУТП.

Пакет программных модулей представляет собой комплекс программных модулей, обеспечивающий реализацию функционально законченного алгоритма. ППМ могут обладать собственной базой данных, подсистемой управления ею и специализированным входным языком для настройки и общения с пользователем. Пакет прикладных программ АСУТП - это часть программного обеспечения АСУТП, представляющая собой совокупность программ, реализующих группу однородных подфункций АСУТП, и программу их настройки для конкретного, технологического объекта управления. Пакет программных модулей и пакет прикладных программ АСУТП разрабатываются в виде совокупности программ на машинных носителях и программной документации, необходимой для изготовления, сопровождения и эксплуатации пакетов.

Программы, определяющие работу АСУТП в целом (например, программы запуска системы), оформляются, как и другие элементы специального программного обеспечения, в виде ПМ,

ППМ или ППП АСУТП.

Программная документация на элементы СПО АСУТП должна включать в себя документы, предусмотренные стандартом.

6. Человек в АСУТП

В существующих системах управления технологическими объектами на человека возлагается выполнение самых разнообразных операций. Иногда он выступает в роли исполнительного механизма, выполняющего несложные операции по сигналам командного устройства или другого человека, а иногда осуществляет наиболее ответственные, сложные и тонкие операции по управлению целыми технологическими комплексами.

Вследствие этого одной из центральных проблем создания АСУТП является реализация оптимального взаимодействия «человек–машина», т.е. такая организация потоков информации к человеку и командной информации от него, при которой обеспечивается наилучшее, наиболее полное использование всех его творческих возможностей. Отсюда следует, что рабочее место человека в АСУТП должно быть оснащено соответствующими средствами взаимодействия «человек–машина». Обычно человек - наименее точный элемент в цепи управления, поэтому любые меры, предпринимаемые с целью повышения точности работы человека, существенны для повышения результирующей точности всей системы. К таким эффективным мерам относятся: четкое определение функций, выполняемых человеком; согласование характеристик системы и человека; рациональная конструкция средств представления информации и органов управления; относительное расположение их на панелях щитов и пультов; специальные тренировки персонала; организация режима работы и условий труда и др. По надежности работы человек также в значительной мере уступает многим другим звеньям АСУ. Он довольно быстро утомляется, качество его работы существенно зависит от большого числа факторов (в том числе психологических). Однако при благоприятных условиях работы благодаря ряду значительных преимуществ перед автоматическими управляющими устройствами введение человека в систему управления коренным образом улучшает надежность ее работы. Человека в АСУТП чаще всего называют оператором или диспетчером. Обычно считают, что оператор управляет технологическим процессом непосредственно или с помощью специальных средств, прямо участвуя в производстве продукции. В то же время диспетчер с помощью своих технических средств и через других людей направляет ход такого производства, влияя на него косвенно, например путем оперативного перераспределения ресурсов, заданий и т.п. При управлении технологическим процессом оператор получает разнообразную информацию в различных формах: в виде цифр, показаний приборов, в графической форме, в виде мнемосхем, диаграмм, на световых табло, на печатающих устройствах и т.д. Поэтому важно эту информацию о состоянии управляемого объекта представлять оператору в такой форме, которая наиболее полно соответствует закономерностям восприятия и дальнейшей переработке ее человеком. В связи с этим конструирование средств представления информации на основе только технических предпосылок, как это еще нередко бывает, не может обеспечить надежной и высокоэффективной работы оператора. Здесь необходимо привлечение данных инженерной психологии, эргономики, физиологии, гигиены.

Немаловажное значение имеет также применение специальных методов художественного конструирования и технической эстетики.

Глава V АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТНЫХ РАБОТ

1. Задачи и функции САПР

Проект должен содержать все новейшие достижения научно-технической мысли. Он будет отвечать всем предъявляемым к нему требованиям при глубоком продумывании решений, сравнении различных вариантов, всесторонней оценке свойств того или иного варианта, применении

лучших решений из всех рассмотренных вариантов. Но время, которое можно затратить на это, ограничено.

Всегда наступает момент, когда следует отвечать на вопрос, не устареет ли проект, если его продолжать улучшать, до того как он выйдет в законченном варианте.

В современных условиях повышение качества и сокращение сроков разработки проектов может быть обеспечено лишь на основе широкого использования математических методов и электронных вычислительных машин в проектных, конструкторских, технологических организациях и на предприятиях. Для повышения производительности труда в проектировании известны различные приемы. Изготовление макетов дает возможность наглядно представить проектируемый объект. Применение темплетов позволяет наиболее рационально разместить оборудование. Типовые решения и бланки типовой технической документации дают возможность многие удачные варианты использовать в различных проектах.

Выбирать отдельное оборудование можно с помощью перфокарт с краевой перфорацией или любой другой информационно-поисковой системы. Но это решение отдельных задач.

Комплексно проблему можно решать с помощью вычислительной техники. Работы по машинному проектированию в нашей стране и за рубежом ведутся уже несколько лет. Делаются попытки разработать универсальные программы. Начаты и довольно успешно ведутся работы над автоматизацией творческие инженерных задач, в том числе и методами эвристического программирования.

Автоматизация проектирования особенно эффективна, когда от автоматизации выполнения отдельных инженерных расчетов переходят к комплексной автоматизации, создавая для этой цели системы автоматизированного проектирования.

Анализ процессов развития объектов новой техники как объектов проектирования, планирования и управления позволяет сделать вывод о том, что главной задачей современного проектанта - системотехника или специалиста по системному проектированию - является не столько расчет конструкций, функциональных схем и выпуск чертежей, сколько программирование всего жизненного цикла целого поколения объектов новой техники и определение последствий запуска в производственную сферу народного хозяйства поколений новой техники. Тем самым глубина прогнозирования последствий ввода в народное хозяйство новой техники и мощность совмещаемых взаимосвязей объектов новой техники на этапе их постройки и использования в сфере эксплуатации определяют задачи проектирования как задачи системных исследований.

В связи с этим автоматизация проектирования объектов новой техники составляет качественно новое содержание, не имеющее практически ничего общего с традиционными задачами автоматизации инженерных расчетов и автоматизации чертежно-графических работ.

Возникновение и формирование концепции автоматизированного проектирования происходило примерно по следующей схеме.

Сначала автоматизировали чертежные работы как одну из самых трудоемких частей любого процесса проектирования и одновременно вели работы по автоматизации инженерных расчетов на базе математических методов. Эти работы оправдали затраченные средства, свели до минимума ошибки вычислений, повысили культуру проектирования, однако не привели к какому-либо существенному сокращению сроков проектирования и не внесли ничего принципиально нового, улучшающего проект.

Следующий этап - создание автоматизированных рабочих мест конструктора. Рабочие места оказались непосредственно связанными с ЦВМ, появились простейшие дисплеи, позволившие конструктору реализовать обратную связь с ЦВМ. Однако автоматизация рабочих мест конструктора также не решила основной проблемы.

Стала очевидной необходимость создания интегрированной системы автоматизированного проектирования, включающей автоматизированную систему управления процессом проектирования, автоматизированную информационную систему, систему имитационного моделирования и разнообразные диалоговые процедуры, автоматизированные рабочие места конструкторов рабочего профиля, автоматизацию всех графических и расчетных работ и др. Построение современных САПР является одной из наиболее актуальных проблем автоматизации проектирования, в которой

сконцентрировались самые сложные задачи практически всех уровней (концептуального, теоретического, методологического, технологического) исследования САПР.

Это обусловлено несколькими причинами.

Системы автоматизированного проектирования занимают первое место в ряду других автоматизированных систем, осуществляющих компьютеризацию процессов постройки и программированной эксплуатации больших технических систем (БТС) как объектов новой техники. Это положение возлагает на САПР функции «системного ядра» в интеграции автоматизированных систем, структурно объединяемых жизненным циклом поколений объектов новой техники. Современные САПР должны обладать готовностью к перманентной смене объектов проектирования и способностью к адекватному развитию функциональных компонент и инструментария системы в целом. Это развитие должно быть обеспечено совершенствованием архитектуры и организации САПР, "удаляющим" пользователя-проектанта от рутинных процессов и "приближающим" его к поставщику проблемных задач в проектной ситуации.

Автоматизация проектирования по своей глубине и охвату сфер автоматизации является третьим (завершающим) этапом автоматизации, которому предшествовали автоматизация управления технологическими процессами и автоматизация процессов управления предприятием. Построение современных САПР вызывает необходимость развития системы научных взглядов и формирование структуры проектировщиков, принимающих решения в процессе автоматизированного проектирования.

Система автоматизированного проектирования - это организационно-техническая система, состоящая из комплекса средств автоматизации проектирования, взаимосвязанного с подразделениями проектной организации, и выполняющая автоматизированное проектирование.

Основная функция САПР состоит в осуществлении автоматизированного проектирования на всех или отдельных стадиях проектирования объектов и их составных частей на основе применения математических и других моделей, автоматизированных проектных процедур и средств вычислительной техники. Функционирование САПР должно обеспечивать получение проектных документов, выполненных в заданной форме и содержащих проектные решения или результаты проектирования.

Уровень автоматизации процесса проектирования - это компромисс между потребностями проектной организации и возможностями разработчиков системы автоматизации, планово-снабженческих организаций, поставляющих техническое обеспечение, а также возможностями подготовки кадров.

Потребности проектной организации и автоматизации процесса проектирования определяются характером и сложностью проектируемых объектов строительства, возможностями выполнения проектов в установленные сроки, квалификацией персонала.

Уровень автоматизации проектных работ можно оценивать как процент работ, выполняемых ЭВМ в общем объеме работ проектной организации; он может служить критерием для оценки потребности в средствах вычислительной техники.

При создании САПР следует различать два разных, но важных подхода: 1) создание САПР в крупных, ведущих проектных и конструкторских организациях; 2) широкое распространение типовых расчетов, алгоритмов и программ в средних и заводских проектно-конструкторских организациях.

Возможность размножать, широко распространять в проектных и конструкторских организациях наиболее прогрессивные, а также типовые и стандартные методы расчетов, различные нормативные и справочные данные предопределяет высокую эффективность САПР.

Даже небольшая проектная организация получает возможность применять самые совершенные и эффективные методы инженерных расчетов, заимствуя их у организаций - разработчиков САПР.

2. Цели создания САПР и их классификация

Система автоматизированного проектирования создается и функционирует в проектной организации или на предприятии как самостоятельная система. Она может быть связана с подсистемами и банками данных других автоматизированных систем.

САПР создаются в следующих целях: повышения качества и технико-экономического уровня проектируемой и выпускаемой продукции; повышения эффективности объектов проектирования, уменьшения затрат на их создание и эксплуатацию; сокращения сроков, уменьшения трудоемкости проектирования и повышения качества проектной документации.

Достижение цели создания САПР обеспечивается путем: систематизации и совершенствования процессов проектирования на основе применения математических методов и средств вычислительной техники; комплексной автоматизации проектных работ в проектной организации с необходимой перестройкой ее структуры и кадрового состава; повышения качества управления проектированием; применения эффективных математических моделей проектируемых объектов, комплектующих изделий и материалов; использования методов многовариантного проектирования и оптимизации; автоматизации трудоемких и рутинных проектных работ; замены натуральных испытаний и макетирования математическим моделированием (в тех случаях, когда это осуществимо).

Целью функционирования САПР в проектной организации является получение проектного решения. Результатом проектирования в САПР является совокупность законченных проектных решений, удовлетворяющих заданным требованиям. Эта совокупность содержит всю необходимую информацию для создания технологии постройки и эксплуатации объекта проектирования.

Создание и развитие САПР осуществляется самой проектной организацией с привлечением при необходимости других организаций-соисполнителей, в том числе научно-исследовательских институтов и высших учебных заведений.

Задачам каждой стадии проектирования соответствуют свои САПР, отличающиеся алгоритмами проектирования, составом и структурой ЭВМ, аппаратных средств, их общим и специальным программным обеспечением.

Прежде всего следует отметить, что САПР различаются по степени формализации решаемых в них задач. От этого зависят принципы построения САПР, их алгоритмы и программное обеспечение. Можно разделить системы на три группы.

Во-первых, системы, построенные на полностью формализуемых методах решения проектных задач. В таких системах четко выделяются три составные части: подсистема формирования входной информации исходных данных. Эта подсистема может быть построена по различным методам: ввод данных с помощью перфокарт, перфолент или с пультовых устройств, включая оперативно-цифровые дисплеи; собственно система проектирования, реализованная в виде макетов прикладных и управляющих программ, заложенных в общее и специальное математическое обеспечение системы: обработка входной информации в таких системах происходит без участия и вмешательства человека и может продолжаться непрерывно достаточно длительное время; подсистема формирования выходной информации - результатов работы системы и выдачи ее пользователям. Если результаты оказались неприемлемыми или если необходимо проработать другие варианты, весь процесс повторяется. Такие системы по существу являются автоматическими. Они являются необходимыми составными частями любых систем автоматизации проектирования.

Во-вторых, системы автоматизированного проектирования, которые в отличие от автоматических позволяют вести проектные работы, не поддающиеся полной формализации. Автоматизированные системы включают как обязательное условие участие человека-оператора во всем процессе проектирования. При этом человек не только контролирует ход решения задачи, но, самое главное, принимает решения, которые не поддаются формализации, и тем самым направляет решение всей задачи к определенной цели. Взаимодействие человека и машинной системы устанавливается алгоритмом проектирования, в котором определяются задачи и способ действия человека в системе. Наиболее эффективным взаимодействием человека и машинной части системы является режим диалога.

В-третьих, системы, в которых организуется поиск решений неформализуемых задач. Решение этих задач обычно опирается на опыт, интуицию, искусство проектировщиков. Например, выбор наилучших решений, оценка которых не имеет количественных объективных выражений, поиск новых комбинаций, принятие условных решений, зависящих от множества изменчивых факторов и т.д. Рациональным и подчас единственным путем решения подобных задач технического проектирования с помощью ЭВМ является использование эвристических алгоритмов.

Эвристические алгоритмы основаны на моделировании умственной деятельности человека, которая не поддается математическому описанию известными методами, В этих алгоритмах используются универсальные логические процедуры, способы подобных рассуждений, основанные на прошлом опыте, аналогиях, ассоциациях с решениями других похожих проблем.

Эвристические методы позволяют сократить количество рассматриваемых вариантов при поиске решения задачи, отсекая невыгодные ветви.

В тех случаях, когда имеется опыт решения сводных проблем, эвристические методы могут привести к более быстрому решению рассматриваемой проблемы.

По задачам и функциональным возможностям САПР целесообразно разделить на следующие группы: расчетно-оптимизационные системы; графоаналитические системы; системы автоматизированного проектирования конструкций; графические системы; система подготовки технической документации.

В зависимости от объектов проектирования возможны и другие виды САПР: системы научных исследований; поиск новой организации рабочего процесса; поиск новых видов конструкций; разработка технологических, экономических вопросов и др.

Расчетно-оптимизационные САПР имеют цель определить на основе системных, т.е. взаимно связанных расчетов, оптимальные для заданных условий и ограничений параметры и характеристики проектируемой системы или конструкции. Основой таких САПР является комплекс пакетов прикладных и управляющих программ.

Последние определяются алгоритмом обработки прикладных модулей и режимом работы системы. Режим работы может быть как пакетный, так и диалоговый. В последнем случае предусматривается возможность корректировки исходных данных в процессе решения задачи и доопределение промежуточных заданий. Графика в таких САПР имеет вспомогательные значения. Она используется для визуального наблюдения результатов работы системы в виде расчетных кривых, номограмм и других форм отображения.

Другой разновидностью САПР являются графоаналитические системы. В этих системах первоначально формируется на экране графического дисплея изображение или расчетная схема проектируемого объекта. Затем из библиотеки прикладных программ вызываются необходимые программные модули, с помощью которых проводится расчетная оценка сформированной схемы или конструкции. Расчетная обработка графического изображения может быть поручена специальной расчетной системе, которая действует по заранее составленному алгоритму обработки.

Результаты расчетной обработки представляются оператору, который в случае необходимости вносит изменения в сформированное изображение и дает команду на повторную расчетную обработку. Таким образом, методом последовательных приближений достигают наиболее рационального решения. Полученный окончательный результат вместе с расчетными данными отправляется в базу данных и может быть получен в виде чертежа с помощью чертежного автомата.

Графоаналитические САПР в рамках проектируемых изделий должны обладать достаточной универсальностью и не ограничивать возможностей операторов по проработке различных вариантов. Библиотека прикладных программ должна содержать разнообразные программные модули для оценки различных параметров и критериев создаваемой конструкции.

Системы проектирования конструкций являются наиболее перспективными разновидностями САПР. Их разработка представляет в настоящее время большую проблему. Проектирование конструкций является единым процессом создания нового, ранее не существовавшего, технического устройства, начиная от его идеи и принципиальной схемы и кончая разработкой конкретных форм деталей, их рабочего взаимодействия, обеспечения работоспособности всего устройства.

Следующей разновидностью САПР являются графические системы, предназначенные для

непосредственного вычерчивания на экране различных конструкций, схем и других изображений. Графические системы особенно необходимы на стадии технического проектирования, где выполняется большой объем чертежных работ и выпускается большое количество чертежно-графической документации. Задачи графических систем состоят в том, чтобы облегчить и ускорить доработку конструкций, уменьшить вероятность появления технических ошибок.

Разработка специальных систем для подготовки и выпуска технической документация в большей степени связана с разработкой форм и унификаций документов для автоматизированного их выпуска.

Кроме того, классификацию САПР, проведенную В.М.Глушковым, можно рассматривать по классу используемых вычислительных средств.

1. Первый класс САПР составляют малые системы автоматизации технологического проектирования, построенные на основе небольших ЭВМ. Чаще всего это обыкновенные миникомпьютеры или отдельные ЭВМ среднего класса, в основном настроенные на автоматизацию технологического проектирования: проектирование фотошаблонов для интегральной технологии печатных плат, проектирование технологии различных деталей на станках с программным управлением.

2. Ко второму классу САПР следует отнести средние системы. Они, как правило, опираются на вычислительные комплексы, состоящие из двух, трех, а иногда и большего количества ЭВМ одинакового типа. Работа в системах среднего класса чаще всего происходит в диалоге, но, как правило, с одного пульта, хотя допускается и много пультов, и в системе заявки обрабатываются последовательно.

3. Более сложные задачи проектирования требуют создания системы третьего класса - больших САПР. В них в обязательном порядке предусматривается система разделения времени и наличие многопультовых устройств. Их создание особенно целесообразно в тех случаях, когда в пределах одной или нескольких соседних, близко расположенных конструкторско-проектных организаций имеется большое количество пультов, допускающих одновременную работу над одним и тем же проектом или же раздельную работу над различными проектами, а также их частями. Таким образом, в зависимости от режима они могут выполнять ту или иную работу.

4. Четвертый класс САПР - сверхбольшие системы. Это сети ЭВМ и ВЦ коллективного пользования, нацеленные на решение сложных задач САПР.

Рассмотренные разновидности САПР доказывают возможности автоматизированного решения разнообразных задач проектирования.

3. Структура и состав САПР

Основными структурными звеньями САПР являются подсистемы. Подсистемой САПР называется выделенная по некоторым признакам часть САПР, обеспечивающая получение законченных проектных решений и соответствующих проектных документов.

Различают объектно-ориентированные (объектные) или проектно-технологические и объектно-независимые (инвариантные) подсистемы САПР.

Объектная подсистема осуществляет проектирование некоторого объекта (класса объектов) на определенной стадии проектирования. Сюда можно отнести подсистемы: технологического проектирования; проектирования деталей и электронных блоков, электроснабжения предприятий; силового электрооборудования; смет.

Инвариантная подсистема осуществляет функции управления и обработки информации, не зависящие от способностей проектируемого объекта. Сюда можно отнести подсистемы: управления САПР; ввода, обработки и вывода графической информации; информационно-поисковых процедур; диалоговых процедур; оптимизации.

По назначению подсистемы САПР можно разделить на проектирующие и обслуживающие. К проектирующим (функциональным) относятся подсистемы, выполняющие проектные процедуры и операции. К обслуживающим относятся подсистемы, предназначенные для поддержания работоспособности проектирующих подсистем.

Структурное объединение подсистем в систему обеспечивается связями между компонентами САПР, входящими в подсистемы.

Компонентом САПР называется элемент средств обеспечения, выполняющий определенную функцию в подсистеме САПР. Структурное единство подсистемы САПР обеспечивается связями между компонентами различных средств обеспечения САПР, образующих подсистему.

К обеспечивающим средствам систем автоматизированного проектирования относятся: методическое, программное, техническое, информационное, организационное и кадровое обеспечение.

Компонентами методического обеспечения являются документы, в которых полностью или со ссылкой на первоисточники отражены: теория, метода, способы, математические модели, алгоритмы, алгоритмические специальные языки для описания объектов, терминология, нормативы, стандарты и другие данные, обеспечивающие методологию проектирования в подсистемах САПР. Из состава методического обеспечения могут выделяться компоненты математического и лингвистического обеспечения.

Компонентами программного обеспечения являются документы с текстами программ, программы на машинных носителях и эксплуатационные документы, обеспечивающие функционирование соответствующих подсистем САПР. Программное обеспечение подразделяют на общесистемное и прикладное.

Компонентами общесистемного программного обеспечения являются операционные системы, трансляторы с алгоритмических языков, эмуляторы и супервизоры.

Компонентами прикладного программного обеспечения являются программы и пакеты прикладных программ, предназначенные для получения проектных решений.

Компонентами технического обеспечения являются устройства вычислительной и организационной техники, средства передачи данных, измерительные и другие устройства или их сочетания, обеспечивающие функционирование соответствующих подсистем САПР. Совокупность компонентов технического обеспечения образует комплекс технических средств (КТС) САПР.

Компонентами информационного обеспечения являются документы, содержащие описания стандартных проектных процедур, типовых проектных решений, типовых элементов, комплектующих изделий, материалов и другие данные, а также и блоки данных на машинных носителях с записью указанных документов, обеспечивающие функционирование соответствующих подсистем САПР. Совокупность компонентов информационного обеспечения образует информационную базу (базу данных) САПР.

Компонентами организационного обеспечения САПР являются методические и руководящие материалы, положения, приказы, штатные расписания, квалификационные требования и другие документы, обеспечивающие взаимодействие подразделений проектной организации при создании, эксплуатации и развитии САПР.

Кадровое обеспечение - персонал, обеспечивающий нормальное функционирование систем автоматизированного проектирования, это специалисты по организации и координации разработок, изготовления, внедрения и функционирования системы; теории и методам автоматизации проектирования; информационному и программному обеспечению; техническому, организационно-правовому и кадровому обеспечению, а также административно-хозяйственному управлению и снабжению.

Формируя структуру САПР, ее функциональные возможности для решения определенного класса задач, разработчики САПР вынуждены исходить из достигнутого уровня развития ЭВМ, наличия, стандартных электронных устройств, их стандартного программного обеспечения и разработанных языков программирования.

Однако развитие методов автоматизированного проектирования, расширение возможностей САПР будут, несомненно, выдвигать новые специальные требования к создателям ЭВМ, разработке программного обеспечения и языков. На разработчиках САПР не лежит задача внесения каких-либо изменений или дополнений в стандартное программное обеспечение (ПО), но знать это ПО, уметь владеть им, особенно операционной системой (ОС), совершенно необходимо. Это вытекает из того, что при разработке специального ПО и комплексов управляющих программ приходится согласовывать и увязывать функционирование специальных программ со стандартным ПО,

особенно ОС, и пользоваться стандартным пакетом прикладных программ, чтобы не дублировать их в составе специального ПО.

Владение стандартным ПО связано с владением языками программирования, принятыми в используемом комплексе ЭВМ и ее периферийных устройствах.

В качестве входных языков этих систем ЭВМ приняты алгоритмические языки программирования высокого уровня: Фортран, Алгол, Кобол и др. По целому ряду причин в настоящее время наибольшее распространение получил язык Фортран. Дальнейшее усовершенствование языков в направлении упрощения программирования, расширения возможностей при работе с системами ЭВМ и периферийных устройств привело к созданию языков общего назначения, в числе которых весьма перспективным для САПР является язык ПЛ/1. Он является универсальным многоцелевым языком программирования и в значительной мере объединяет в себе возможности трех вышеназванных языков. В то же время он обладает рядом новых свойств и особенностей.

Кроме алгоритмических языков в системе автоматизированного проектирования используются входные языки для работы с графической информацией, информационно-поисковые языки, применяемые при разработке информационного обеспечения. Имеются также внутренние машинно-ориентированные языки и ассемблеры.

Совсем по другому обстоит дело с методическим обеспечением. При создании САПР основная тяжесть работ ложится на разработчиков по проектированию методического обеспечения. При этом методическое обеспечение наиболее тесно связано с содержательной стороной обрабатываемой информации, т.е. с конкретными задачами САПР, с видами изделий и их типовыми узлами.

Методическое, математическое и программное обеспечения тесно связаны между собой. Математическое обеспечение представляет собой разработку для САПР различных математических методов, предусмотренных методикой автоматизированного проектирования и не содержащихся в стандартном программном обеспечении. В качестве примеров можно привести методы решения систем дифференциальных и алгебраических уравнений, применение матричных методов, разработку различных методов оптимизации, использование других дискретных методов вычислительной математики и др.

Отличительной чертой прикладного математического обеспечения является его независимость от типа ЭВМ. Наоборот, алгоритмы функционирования САПР, ее специальное ПО целиком связаны с характеристиками ЭВМ, на которых строится САПР.

Другие разделы САПР - информационное и организационное обеспечения - представляют собой особые самостоятельные направления разработки. Однако и они связаны с тематикой и методами автоматизированного проектирования.

Проблема создания мощных информационно-справочных комплексов связана с разработкой структуры и содержания общих и проблемно-ориентированных баз данных. Для САПР важно не только количество и качество накапливаемой информации, но и роль баз данных как организующих посредников между машинными комплексами и пользователями.

Организационно-технические проблемы создания САПР являются особыми и весьма многосторонними. Помимо различных технических задач они затрагивают организационные проблемы комплектования и структуры технических средств САПР, организации методов взаимодействия пользователей и аппаратных средств, организации взаимодействия людей различных специальностей и рангов в САПР при совместном выполнении задания, организации управления процессом проектирования, обслуживания САПР и т.д.

Решение организационных проблем оформляется соответствующим комплектом документов. В системы автоматизированного проектирования в качестве их составных частей входят подсистемы автоматической обработки информации или так называемые подсистемы автоматического проектирования, в которых участие человека в процессе решения задачи на ЭВМ полностью исключается. Пользователи таких подсистем осуществляют лишь ввод задачи. При этом подготовленные колода перфокарт, содержащие рабочие и управляющие программы, массив исходных данных, заранее вводятся в память машины. С помощью операционной системы ЭВМ проводится обработка введенной задачи, и спустя определенное время пользователь получает результат решения задачи. Вмешательство в ходе решения задачи и контроль за ходом решения не производятся.

Подсистемы автоматического проектирования могут эффективно использоваться только при решении достаточно узкого класса задач, алгоритм которых хорошо разработан.

На долю ЭВМ в этом случае приходится проведение большого объема вычислительных и логических операций, включая управление ходом решения задач.

К задачам, которые могут решаться в автоматическом режиме, можно отнести: проведение комплексных расчетов, выявление функциональных зависимостей, численное экспериментирование, поиск оптимальных решений, поиск информации, содержащейся в информационном банке, и т.д. В автоматическом режиме подсистема может управлять графопостроителями и выполнять графические работы, выдавая схемы и чертежи в качестве выходной завершающей информации.

Применение автоматических подсистем, их функционирование предусматривается общей методикой и алгоритмом всей САПР. Автоматические подсистемы обеспечиваются всем составом технических, программных, информационных и организационных средств. В этом отношении автоматические подсистемы каких-либо отличий не имеют. Автоматические подсистемы намного облегчают работу пользователей-проектировщиков. Однако стремиться к тому, чтобы сделать весь процесс проектирования автоматическим, бесполезно и принципиально ошибочно. Проектирование и разработку сложных объектов невозможно полностью формализовать. В процессе проектирования решается много творческих задач, ведется анализ возникающих результатов, принимаются по ним решения. Все это требует интеллектуальной деятельности человека, которая не поддается формализации и не может быть заменена грубыми дискретными действиями вычислительных машин.

Системный подход к исследованию САПР как больших организационно-технических систем позволяет сформулировать ряд принципов, которые должны лежать в основе создания таких систем, их компонент и обеспечений. Эти принципы определяют внутреннюю структуру автоматизированной системы.

При создании и развитии САПР рекомендуется применять следующие общесистемные принципы: включения; системного единства; развития комплексности; информационного единства; совместимости; инвариантности; новых задач; системного подхода к проектированию; первого руководителя; стандартности.

Принцип включения предусматривает, что требования к созданию, функционированию и развитию САПР определяются со стороны более сложной, включающей в себя САПР, системы - отрасли и (или) проектной организации.

Принцип системного единства состоит в том, что на всех стадиях создания, функционирования и развития САПР целостность системы должна обеспечиваться связями. Между подсистемами САПР, а также функционированием подсистемы управления САПР.

Принцип развития требует, чтобы САПР разрабатывалась и функционировала как развивающаяся система, для этого в САПР должно предусматриваться наращивание и совершенствование компонентов САПР и связей между ними.

Принцип комплексности требует, чтобы в САПР обеспечивалась связность проектирования отдельных элементов и всего объекта в целом на всех стадиях проектирования; для этого в подсистемах должны предусматриваться компоненты САПР, осуществляющие комплексное согласование и контроль характеристик элементов и объекта в целом.

Принцип информационного единства состоит в том, что в подсистемах, средствах обеспечения и компонентах САПР должны использоваться термины, символы, условные обозначения, проблемно-проектированные языки программирования и способы представления информации, установленные в отраслях соответствующими нормативными документами.

Принцип совместимости состоит в том, что языки, символы, кода, информационные и технические характеристики структурных связей между подсистемами, средствами обеспечения и компонентами САПР должны быть согласованы так, чтобы обеспечивалось совместное функционирование всех подсистем и сохранялась открытая структура системы в целом.

Принцип инвариантности предопределяет, что подсистемы и компоненты САПР должны быть по возможности универсальными или типовыми, т.е. инвариантными к проектирующим объектам и отраслевой специфике.

При системном подходе к проектированию в качестве объекта исследований и разработки должна рассматриваться логическая пара: объект проектирования как целевая категория и процесс проектирования как категория средств достижения цели.

Принцип первого руководителя заключается в том, что организация процесса решения проблемы построения полного проектного решения при проектировании сложного объекта представляется в виде логической схемы решения задач проектирования. Построение такой схемы осуществляется непосредственно первым руководителем процесса.

Принцип стандартности заключается в проведении унификации, типизации и стандартизации подсистем и компонентов САПР, инвариантных к проектируемым объектам и отраслевой специфике, а также в установлении правил с целью упорядочения деятельности в области создания и развития САПР. Необходимость соблюдения этого принципа вытекает из двух основных задач. Во-первых, следует максимально сократить усилия по созданию типовых средств системы и не выполнять одну и ту же разработку несколько раз. Во-вторых, необходимо повысить качество разработок инвариантных подсистем и компонентов САПР, сосредоточив на них имеющиеся в распоряжении ресурсы.

Стандартизация основывается на достижениях науки и техники и передового опыта, определяет основу не только настоящего, но и будущего развития и должна осуществляться неразрывно с научно-техническим прогрессом.

Единство общесистемных требований при разработке и развитии САПР (подсистем САПР) обеспечивается проектной организацией - пользователем САПР.

При разработке САПР необходимо осуществить информационную увязку с системами внешнего уровня различного назначения. САПР может быть связана с подсистемами и банками данных других автоматизированных систем (ОАСУ, АСУ, АСНИ, АСУТП, АСПЭ) жизненных циклов больших технических систем (ЖЦ БТС).

4. Информационное обеспечение САПР

Процессы проектирования неразрывно связаны с организацией и преобразованием информации на всех этапах от получения задания до защиты проекта и оказывают непосредственное влияние на объективность принимаемых решений. Информационное обеспечение представляет собой совокупность информационных процессов, методов и средств их организации и преобразования, которые осуществляются в процессе автоматизированного проектирования.

Основой для создания информационной структуры процесса проектирования является установление Функциональной общности и взаимосвязей проектных процедур, отраженных в их формальных моделях. Исходя из структуры и задач информационного обеспечения проекта, можно определить требования к программному обеспечению и осуществить выбор технического комплекса системы. Исходные данные для разделов проекта различаются содержанием, объемом и формами их представления. Все разделы, являясь самостоятельными частями проекта, связаны между собой функциональными, временными и пространственными отношениями. Основная функция проектных данных заключается в обеспечении разработчика необходимым объемом сведений для принятия решения на всех этапах проектирования. Носителями сведений являются организационные, методические, нормативные и справочные проектные документы. В процессе создания проекта на сбор, анализ и обработку информации приходится свыше 30% общих трудовых затрат. Система проектирования должна иметь развитую информационную базу.

Назначение информационного обеспечения САПР - предоставление пользователям САПР необходимых исходных данных для выполнения предусмотренных в САПР проектных операций и процедур. При применении ЭВМ эти данные фигурируют как исходные данные для прикладных программ, исполняемые в указанных пользователем маршрутах.

Основу информационного обеспечения САПР составляет банк данных (БНД), состоящий из базы данных (БД) и системы управления базой данных (СУБД). База данных САПР представляет собой совокупность данных, удовлетворяющих следующим требованиям: 1) коллективное многоразовое использование, т.е. в БД могут входить только те данные, которые могут потребо-

ваться многим пользователям (многим прикладным программам) при выполнении многих маршрутов проектирования; 2) данные представлены в одной из форм, допустимых в рассматриваемом банке данных. Система управления базой данных – это совокупность программных средств, предназначенных для реализации доступа к БД, т.е. для извлечения данных, их накопления и корректировку.

Банки данных принято делить на общецелевые и специализированные. Общецелевые банки ориентированы на применение в крупных информационных системах и в АСУ различного типа. Создание общецелевого банка сводится к созданию общецелевой СУБД, в то время как конкретное содержимое БД определяется пользователем.

Общецелевые СУБД обладают широкими возможностями управления данными. Специализированные БД разрабатываются для конкретных применений, они менее универсальны, однако характеризуются сравнительно малыми временами доступа к данным, в них упрощаются процедуры обновления данных и снижаются требования к емкости оперативной памяти, требуемой для размещения программ СУБД.

Данные, хранимые в БД САПР, можно разделить на две большие группы.

1. Архив, включающий сведения, изменяемые наименее часто, - это справочные данные о типах, параметрах, структуре унифицированных деталей и приборов, типовых проектах и технологических процессах/материалах, правилах и ограничениях, регламентируемых ГОСТами и нормами, физических константах, типовых графических изображениях на чертежах и т.п.

2. Рабочий массив (РМ), содержащий результаты выполнения предыдущих этапов проектирования конкретных объектов, предназначенные для использования на последующих этапах. Например, сюда могут входить массивы кодов, представляющие собой конструкторские документы и технические описания, выраженные на соответствующем языке. Эту часть БД можно назвать информацией о проекте. Особенность РМ - более частое обновление данных, чем в архиве.

5. Математическое и программное обеспечение САПР

Находясь за пультом терминального устройства и ведя диалог с ЭВМ на принятом в данном САПР языке, инженер должен хорошо ориентироваться также в вопросах математического обеспечения САПР. Именно математическое обеспечение определяет внутреннее содержание процедур взаимодействия инженера с ЭВМ. Знание особенностей математических моделей, методов и алгоритмов решения проектных задач необходимо инженеру для постановки задач, для правильной формулировки исходных данных и интерпретации получаемых результатов, при принятии решений об использовании тех или иных компонентов математического обеспечения в процессе решения проектных задач как в пакетном, так и в диалоговом режимах.

При автоматизации проектирования специфика проектируемых объектов находит отражение прежде всего в их математических моделях. Однако, несмотря на то, что математические модели разных объектов также различны, имеется ряд общих положений, справедливых для многих областей техники и относящихся к принципам и методам моделирования.

Блочнo-иерархическое представление объектов проектирования естественным образом включает в себя и математическое представление, т.е. на каждом иерархическом уровне используются свои математические модели, сложность которых согласована с возможностями анализа.

К математическим моделям предъявляют требования точности, экономичности, универсальности.

Точность математической модели - ее свойство, отражающее степень совпадения предсказанных с помощью модели значений параметров объекта с истинными значениями этих параметров.

Экономичность математических моделей (в частности, и машинных расчетных методов) оценивается затратами машинного времени T_m , а также числом внутренних параметров, используемых в ней.

Степень универсальности математических моделей определяется их применимостью к анализу более или менее многочисленной группы однотипных объектов, к их анализу в одном или многих режимах функционирования.

Математическая модель представляет собой приближенное описание какого-либо класса объектов (или явлений) при помощи символов математики и логики. Поэтому говорят еще о логико-математических моделях. Математическая модель относится к классу знаковых моделей, в которых, в отличие от предметной модели, используются знаковые образования: схемы, графики, чертежи, формулы, графы, слова и т.д. В математической модели символы математики и логики всегда рассматриваются вместе с определенными математическими и логическими операциями над ними, которые выполняют человек или машина. Совокупность математических приемов и операций, подчиненных решению конкретной задачи (или определенного класса задач), принято называть математическим методом.

Таким образом, при математическом моделировании имеется знаковая модель объекта и осуществляется целенаправленное воздействие на нее при помощи математических методов.

При неавтоматизированном проектировании человек также имеет дело с моделями проектируемого объекта - чертежами, схемами и т.д. и использует совокупность определенных операций, в том числе математических и логических. Однако для выполнения этих операций человеку не требуется слишком формального их описания, так как он в значительной мере опирается на знания, опыт и интуицию.

При автоматизированном проектировании, когда часть проектных операций возлагается на вычислительную машину, математическое моделирование процесса проектирования обязательно.

Переход от математической модели к машинной программе возможен через промежуточное звено - алгоритм.

В математике под алгоритмом понимают точно определенные правила действия, для которых даны указания, как и в какой последовательности эти правила необходимо применять к исходным данным задачи, чтобы получить конечный результат.

Основными характеристиками алгоритма являются определенность, дискретность, результативность и массовость.

Применительно к задаче автоматизированного проектирования (введено понятие алгоритм проектирования. Под алгоритмом проектирования понимается (по ГОСТ 22487-77) совокупность предписаний, необходимых для выполнения проектирования. Алгоритм проектирования должен обладать всеми вышеперечисленными свойствами алгоритма.

Математическое обеспечение САПР включает внутреннее и внешнее математическое обеспечение. Внутреннее математическое обеспечение (программное обеспечение, поставляемое с ЭВМ) - это машинно-ориентированная совокупность управляющих, служебных программ и средств автоматизации программирования, библиотеки стандартных машинных программ, предназначенные для повышения эффективности использования машин, облегчения ее эксплуатации и снижения трудоемкости подготовительной работы при решении задач на машине.

Внутреннее математическое обеспечение еще называют общим математическим обеспечением ЭВМ. Общее МО решает задачу применения ЭВМ как некоторой универсальной системы обработки информации. Общее математическое обеспечение состоит из операционной системы; набора пакетов прикладных программ; комплекса программ технического обслуживания; системы документации на математическое обеспечение. Операционная система объединяет средства организации и управления процессом функционирования машины в различных режимах. Пакеты прикладных программ предназначены для решения типовых научно-технических, инженерно-экономических и специфических задач.

Комплекс программ технического обслуживания предназначен для профилактического контроля машины во время планового обслуживания, для контроля и локализации неисправностей в процессе эксплуатации ЭВМ (внеплановое обслуживание), для оперативной проверки работоспособности внешних устройств в мультипрограммном режиме, а также для наладки серийных образцов машин. В комплекс входят тестовые программы двух групп: программы, работающие под управлением операционной системы, и программы, работающие независимо от операционной системы.

К программам 1-й группы относятся программы сбора и редактирования информации, о сбоях процессора, селекторных и мультиплексных каналов, программы восстановления ЭВМ после сбоя, программы оперативной проверки устройств.

В состав программ 2-й группы входят: система наладочных тестовых программ проверки и обнаружения неисправностей отдельных устройств и модели в целом при их наладке; управляющая программа тест - монитор - самостоятельная программа, предназначенная для управления выполнением проверочных и диагностических тестов; система проверочных тестовых программ для контроля правильности функционирования всех устройств модели; диагностические средства, предназначенные для локализации места неисправности аппаратуры; служебные программы, предназначенные для генерации и обслуживания тестовых программ на магнитных носителях.

Наконец, четвертая часть общего математического обеспечения: - это система документации на математическое обеспечение.

Внешнее математическое обеспечение - совокупность проблемно-ориентированных, программ (пакетов прикладных программ по подсистемам) решения задач, а также программ управления вычислительным процессом и обслуживающих программ, дополняющих внутреннее математическое обеспечение.

Внешнее математическое обеспечение должно содержать решения общесистемных вопросов, а также постановки и алгоритмы решения задач.

Внешнее математическое обеспечение или специальное совместно с общим математическим обеспечением обеспечивает функционирование ЭВМ как некоторой специализированной системы обработки информации.

Специальное МО разрабатывается пользователем ЭВМ для решения своих конкретных задач с учетом всех возможностей, предоставляемых общим МО. В состав специального МО могут входить трансляторы с новых языков (не входящие в общее МО), разработанные пользователем, дополнительные программы контроля ЭВМ, программы решения отдельных задач или классов задач.

При создании САПР наибольшие затраты времени и средств обычно приходится на разработку программного обеспечения. В программном обеспечении воплощаются результаты исследований по математическому, лингвистическому и методическому обеспечению. От характеристик и особенностей программ и реализованных в них моделей и алгоритмов определяющим образом зависят показатели эффективности САПР.

Общее программное обеспечение САПР составляют операционные системы используемых ЭВМ, а специальное программное обеспечение - пакеты прикладных программ (ППП). Инженер-пользователь САПР должен знать состав ППП, области применения и возможности каждой из программ, уметь задавать исходные данные, объединять программы в требуемые последовательности (маршруты). В ряде случаев от пользователя САПР может потребоваться включение в ППП отдельных оригинальных программных модулей.

Программное обеспечение ЭВМ есть совокупность программ, процедур и правил вместе со всей связанной с этими компонентами документацией, позволяющая использовать вычислительную машину для решения различных задач. Часть программного обеспечения, предназначенную для планирования и организации процесса обработки, ввода - вывода, управления данными, распределения ресурсов, подготовки и отладки программ и других вспомогательных операций обслуживания, называют операционной системой (ОС).

В САПР общее (системное) программное обеспечение и представляет собой операционную систему,

В отличие от программ операционной системы программы пользователей называют прикладными или проблемными программами. Следовательно, по отношению к операционной системе все программы специального программного обеспечения САПР являются прикладными.

Операционные системы включают в себя программы двух групп:

- 1) обрабатывающие, составляющие подсистему подготовки программ или внешнее программное обеспечение;
- 2) управляющие, образующие группу исполнения программ или внутреннее программное обеспечение.

Обрабатывающие программы - это в первую очередь трансляторы с алгоритмических языков. Кроме того, к ним относят библиотеки стандартных программ для решения типовых задач и системные обслуживающие (сервисные) программы.

В ОС ЕС имеются трансляторы с языков Фортран, ПДД, Алгол-60, Кобол, Ассемблера ЕС, причем для языка Фортран есть три транслятора, различающиеся по сложности и эффективности создаваемых объектных программ. Прикладную программу пользователя, написанную на алгоритмическом языке, называют исходным модулем.

Программа пользователя перед исполнением проходит на машинах ЭВМ преобразования из исходного через объектный в загрузочный модуль в ОС ЕС. Эти преобразования осуществляются обрабатывающими программами - редактором связей, программой выборки, загрузчиком.

К обрабатывающим программам относят также программу сортировки и объединения для организации расположения информации на внешних запоминающих устройствах; программу-отладчик - для отладки программ, т.е. облегчения и ускорения поиска допущенных ошибок; программу перезаписи - для перемещения и печати файлов (файл - массив данных, расположенный во внешней памяти); программу библиотекарь - для корректирования и обслуживания библиотек, входящих в ОС.

Управляющие программы составляют три группы программ: 1) управления задачами; 2) управления заданиями; 3) управления данными.

Управление задачами осуществляется основной управляющей программой - супервизором (ее иногда называют диспетчером, монитором или резидентной программой). Супервизор при исполнении программ пользователя находится в оперативной памяти и выполняет все необходимые диспетчерские функции - переключение с выполнения одной программы на выполнение другой, распределение ресурсов времени и оперативной памяти между программами. Другими словами, именно супервизор реализует мультипрограммный режим или режим разделения времени.

Программы управления заданиями выполняют интерпретацию директив языка управления заданиями. Такой язык должен быть в любой ОС для описания последовательности действий вычислительной системы при решении задач. Язык управления заданиями определяет те услуги, которые ОС предоставляет пользователю. Например, с помощью этого языка можно задать машине такую последовательность действий: ввод, трансляция, загрузка в память машины, решение, вывод информации. Эта группа программ реализует приоритетное исполнение программ, т.е. организует очереди заданий на каждом приоритетном уровне.

Программы управления данными обеспечивают поиск, хранение, загрузку в оперативную память и обработку файлов.

Существующие ОС, в том числе ОС ЕС, являются универсальными, рассчитанными на решение разнообразных задач (а большинство традиционных задач - это научные задачи и задачи обработки экономической информации). Но такая универсальность делает системы далекими от оптимальных с позиций конкретных задач конкретного пользователя. В этом смысле существующие ОС не являются оптимальными для применения в САПР.

Возможны два подхода к созданию общего программного обеспечения САПР: 1) создание проблемно-ориентированной ОС вместо универсальной ОС; 2) использование иерархического построения программного обеспечения с универсальной ОС на верхнем уровне и подчиненными, "вложенными" ОС на следующих уровнях.

Специфические для САПР требования к общему программному обеспечению удовлетворяются при создании "вложенной" операционной системы - мониторинговой системы САПР.

6. Техническое обеспечение САПР

Техническое обеспечение САПР - совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих технических средств (ТС), предназначенных для выполнения автоматизированного проектирования.

В техническом обеспечении САПР выделяют средства программной обработки данных, подготовки и ввода данных, передачи данных, отображения и документирования данных и архива проектных решений.

К техническим средствам в САПР предъявляются следующие требования: 1) достаточные производительность и емкость памяти используемых ЭВМ для решения задач всех этапов проектирования; 2) приемлемая стоимость; 3) удобство взаимодействия инженера-

проектировщика с ЭВМ; 4) возможность одновременного обслуживания необходимого числа пользователей из различных проектных подразделений предприятия; 5) открытость комплекса ТС для расширения, модернизации и замены устаревших устройств более современными.

Два первых требования противоречивы. При проектировании сложных систем во многих областях техники встречается ряд задач, для решения которых уровень достаточной производительности лежит за пределами возможностей современной вычислительной техники. Поэтому для комплекса ТС САПР часто выбирают ЭВМ наибольшей производительности среди серийно выпускаемых промышленностью и обеспечивают решение всех необходимых проектных задач на основе блочно-иерархического подхода с помощью приспособления математического и программного обеспечений к возможностям выбранных ЭВМ. Для сравнительно небольших проектных организаций второе требование имеет большее значение. В САПР таких организаций используются ЭВМ средней производительности, при этом круг задач, решаемых на ЭВМ в автоматическом режиме сужается.

Удобство взаимодействия инженера с ЭВМ включает в свои несколько аспектов. Во-первых, устройства ввода-вывода информация из ЭВМ должны позволять оперативный обмен информацией. Во-вторых, эта информация должна иметь удобную для человека форму, например форму таблиц, графиков, чертежей. Последнее обуславливает необходимость иметь в составе ТС САПР специальные устройства машинной графики. В-третьих, устройства оперативного обмена информацией должны быть приближены к рабочему месту проектировщика. Следовательно, ЭВМ и некоторые устройства ввода-вывода, называемые терминалами, оказываются удаленными друг от друга на расстояниях от нескольких десятков метров до нескольких километров.

Для одновременного обслуживания необходимого числа пользователей ТС САПР должны включать в себя много терминалов, территориально разнесенных по различным подразделениям предприятия, и группируемые в комплексы, управляемые периферийными мини-ЭВМ, а центральная ЭВМ должна работать в режиме разделения времени, распределяя свои ресурсы между всеми обращающимися к ней пользователями.

Таким образом, удовлетворение требований, предъявляемых к ТС САПР, обуславливает организацию ТС в виде вычислительной сети - совокупности взаимодействующих и территориально разнесенных устройств хранения, переработки и ввода-вывода информации.

Вычислительная сеть включает в себя группы оборудования, называемые узлами и абонентскими пунктами. Узлы состоят из ЭВМ и служат для обработки информации и хранения базы данных. Абонентские пункты (удаленные терминалы) состоят из устройств ввода-вывода и служат для приема и выдачи информации человеку, работающему с вычислительной сетью. Кроме того, в вычислительную сеть входит аппаратура передачи данных (АПД), предназначенная для передачи информации между узлами и абонентскими пунктами. Необходимы также специальные технические средства для сопряжения ЭВМ и АПД.

Наиболее распространены вычислительные сети САПР с радиальной (централизованной или звездной) структурой. В такой сети одна или несколько ЭВМ высокой производительности составляют узел, называемый центральным вычислительным комплексом ЦВК. Абонентские пункты устанавливаются в помещениях проектных подразделений и называются автоматизированными рабочими местами АРМ инженеров-проектировщиков. Все АРМ связаны с ЦВК, но не имеют непосредственных связей друг с другом.

Существует несколько разновидностей АРМ. Обычно в АРМ входит набор устройств подготовки, ввода, отображения, документирования и хранения данных, которые в совокупности представляют собой достаточно сложный комплекс технических средств. Автономная связь каждого из этих устройств с ЦВК нерациональна: ЦВК перегружается работой по обмену информацией и управлению периферийными устройствами, растет стоимость АПД или время ожидания при обмене информацией. Поэтому в состав АРМ вводят дополнительную ЭВМ (обычно это мини- или микро-ЭВМ) - вычислительную машину меньшей производительности, но и меньших стоимости и габаритных размеров в сравнении с ЭВМ, применяемыми в ЦВК. Теперь связь всех устройств внутри АРМ реализуется с помощью внутреннего интерфейса - "общей шины", а выход на ЦВК происходит через мини-ЭВМ. С помощью мини-ЭВМ решается ряд простых задач, для кото-

рых совершенно не обязательно применять мощные вычислительные средства.

Обращения к ЦВК происходят только в случаях решения сложных задач или при запросах сведений из базы данных, находящейся в ЦВК.

Таким образом, ЦВК и множество АРМ образуют два иерархических уровня в структуре ТС САПР. Часто в САПР выделяется специальный уровень, называемый технологическим комплексом и включающий в себя ЭВМ и периферийное оборудование, предназначенное для получения управляющей информации для программно-управляемых технологических автоматов, таких, как металлорежущие станки с числовым программным управлением. Примерами оборудования в технологическом комплексе являются координатографы, фотонаборные установки для изготовления фотошаблонов интегральных схем и т.п. При наличии в САПР такого технологического комплекса оказываются тесно связанными средства автоматизации проектирования и изготовления изделий, что характерно для современных гибких автоматизированных производств.

Вычислительные сети крупных САПР могут иметь более сложную структуру, например, радиально-кольцевую или распределенную. Для таких САПР характерно наличие узлов с ЭВМ средней производительности, занимающих промежуточный уровень между ЦВК и АРМ. Каждый из этих узлов управляет работой нескольких АРМ, образуя вместе с ними радиальную подсеть. Между собой узлы промежуточного уровня связаны или в кольцо, или по схеме "каждый с каждым". Связь промежуточного уровня с ЦВК обычно осуществляется через один из узлов этого уровня.

Рассмотрим возможности и характеристики различных ТС в составе САПР.

Средства вычислительной техники разделяются на следующие подгруппы: электронные вычислительные машины; устройства ввода-вывода; устройства диалогового взаимодействия человека с ЭВМ; устройства подготовки данных; обучающие устройства.

Электронно-вычислительные машины, применяемые для систем автоматизированного проектирования, принадлежат к машинам третьего поколения и поэтому образуют программно-аппаратный комплекс, состоящий из аппаратных средств ЭВМ и операционной системы ее.

В состав ЭВМ входят функциональные части: процессор; оперативная память; каналы ввода-вывода; накопители прямого доступа на магнитных барабанах и на магнитных дисках; накопители последовательного доступа на магнитных лентах.

Устройства ввода-вывода ЭВМ предназначены для автоматического ввода в ЭВМ программ и буквенно-цифровых исходных данных, заранее подготовленных (записанных) на машинных носителях: cd-дисках и дискетах, а также для автоматического вывода из ЭВМ буквенно-цифровых и графических результатов расчетов в форме, предназначенной для восприятия человеком, а также в форме, предназначенной для восприятия вычислительной машиной с машинных носителей информации.

Устройства диалогового взаимодействия человека с ЭВМ являются наиболее гибкими техническими средствами автоматизированного проектирования, так как позволяют создать эффективные человеко-машинные системы автоматизированного проектирования. Такие системы объединяют в себе творческие возможности человека по неформализованной переработке информации с высоким быстродействием ЭВМ, выполняющих формализованную переработку информации по указаниям человека-проектировщика, взаимодействующего с ЭВМ.

Устройства подготовки данных позволяют оператору перенести данные, подлежащие обработке с помощью ЭВМ, на машинные носители с документов, предназначенных для восприятия человеком.

В ряде устройств подготовки данных возможно применение специализированных мини-ЭВМ, особенно в устройствах, работающих с магнитной лентой, и для цифровой записи графической информации.

Для обучения и профессиональной подготовки персонала, обслуживающего технические средства, могут использоваться специальные обучающие экзаменуемые машины и тренажеры, выполняемые, как правило, на основе использования средств вычислительной техники, в том числе и мини-ЭВМ.

Основными критериями при выборе технических средств для САПР являются: быстродействие, объем оперативной памяти и номенклатура устройств ввода-вывода; стоимость.

7. Режимы функционирования САПР

Пользователь-проектировщик может взаимодействовать с САПР в одном из двух режимов: пакетном или диалоговом.

Пакетный режим является наиболее простым режимом проектирования. В этом режиме ЭВМ решает автоматически все проектные задачи. Проектировщик должен лишь загрузить программу в ЭВМ и получить на АЦПУ или графопостроителе результаты проектирования. Однако пакетный режим применим лишь в том случае, когда в каждый момент разработки проекта программой предусмотрены все необходимые действия.

Диалоговый режим - режим проектирования, при котором периодически повторяется цикл: выдача машине задания, получение ответа и анализ ответа. Для эффективного применения диалогового режима необходимо, чтобы среднее время реакции ЭВМ было достаточно мало: от долей до нескольких секунд. Этот режим применяется в том случае, если при проектировании не удается заранее запрограммировать все действия. Достаточно часто возникает ситуация, когда невозможно установить дальнейшее направление проектирования. В этих случаях необходимо предварительно проанализировать промежуточные результаты, уточнить дополнительные данные, просмотреть возможные варианты решений, отобрать наилучшие и лишь после этого продолжить проектирование.

Эффективная реализация диалогового режима работы человека с ЭВМ стала возможна благодаря созданию индивидуальных пультов проектировщика, называемых автоматизированными рабочими местами (АРМ) проектировщика. В состав технических средств АРМ входят мини- или микро-ЭВМ, устройства отображения и ввода алфавитно-цифровой и графической информации. АРМ имеют связь с более крупной ЭВМ, расположенной в центральном вычислительном комплексе (ЦВК) или на следующем уровне иерархии САПР.

К устройствам отображения алфавитно-цифровой и графической информации относятся алфавитно-цифровой (АЦД) и графический (ГД) дисплеи, чертежные автоматы (ЧА). На экранах АЦД отображается текстовая информация, состоящая из букв, цифр, различных специальных символов. Эта информация необходима проектировщику для анализа процесса проектирования и принятия решений.

На ЧА отображается как текстовая, так и графическая информация в виде рисунков, чертежей, графиков и т.п. Информация, получаемая на ЧА, является документируемой, и ее можно хранить или включать в комплекты конструкторской документации.

Для ввода алфавитно-цифровой информации в ЭВМ применяются клавиатуры дисплеев, пульты-вые пишущие машинки типа "Консул-260". Ввод в ЭВМ графической информации практически любой сложности осуществляется с помощью устройств кодирования графической информации.

Перечисленное периферийное оборудование свидетельствует о широких возможностях АРМ в САПР. Они могут освободить проектировщика практически от всех графических и расчетных работ. С помощью САПР можно получить готовые чертежи и требуемые текстовые материалы, очень просто вводятся корректировки полученных результатов, причем корректировки автоматически вводятся во все выходные проектные документы быстро и точно.

Повышение эффективности использования АРМ в САПР достигается путем применения режима разделения времени. Действительно, получая информацию на видеотерминале АРМ о промежуточных результатах процесса проектирования, проектировщик должен обдумать и принять очередное решение. При этом ЦВК не загружен вычислениями и бездействует. Это снижает эффективность его использования. Для увеличения загрузки ЭВМ к ней подключается несколько АРМ. ЭВМ опрашивает поочередно АРМ и при наличии запроса обслуживает запрашивающего пользователя, а затем переходит к просмотру следующих терминальных устройств. Если запросов нет, то ЭВМ может решать какие-либо задачи пакетного режима, называемые фоновыми. Эти задачи могут не относиться непосредственно к данному процессу проектирования, но их решение увеличивает эффективность загрузки ЭВМ.

8. Экономическая эффективность САПР

Экономическая эффективность систем автоматизированного проектирования определяется следующими положениями: все задачи, решения которых целесообразно автоматизировать, разделяют на три класса:

- 1) простые (массовые) задачи, решение которых выполняется с достаточной точностью без применения ЭВМ в срок до 10 дней;
- 2) задачи средней сложности, решение которых традиционными методами выполняется в течение нескольких месяцев;
- 3) сложные (уникальные) задачи, возникающие при проектировании сложных объектов с использованием новых проектных решений и при поиске оптимальных проектных решений, которые при традиционных методах проектирования решаются весьма приближенно или совсем не решаются.

Годовая экономическая эффективность в рублях определяется по следующей формуле:

$$C = \sum_1^m [n * (C_1 - C_2) + \Delta C]$$

где m - количество объектов, рассчитанных по данной программе за год; n - количество задач, решенных по программе для каждого объекта; C_1 - средняя стоимость задачи при традиционном способе проектирования с учетом средней квалификации исполнителя; C_2 - средняя плановая стоимость решения задачи с применением ЭВМ; ΔC - экономия стоимости строительства проектируемого объекта, грн.

Для простых задач и задач средней сложности величина C первоначально оценивается на основе ориентировочных (прогнозируемых) данных, а затем уточняется после годовой эксплуатации программ.

Для сложных задач величина C_2 практически отсутствует, поэтому при оценке экономической эффективности программы для решения задач данного типа не учитывается. Величина ΔC , полученная за счет уточнения решения задач, дает экономию материалов и оборудования, а также за счет внедрения новых прогрессивных решений, полученных при помощи ЭВМ. Для проектных задач (массовых) величина ΔC не имеет практического смысла, так как составные ее части при решении на ЭВМ практически не влияют на экономический эффект. При решении задач подобного рода экономятся лишь трудозатраты на проектирование. Для сложных задач величина ΔC должна определяться по каждому объекту индивидуально.

Г л а в а VI

МОНТАЖ И НАЛАДКА ЛОКАЛЬНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

1. Организация работ по монтажу средств и систем автоматизации

Научная организация труда при производстве монтажа средств и систем автоматизации - важнейшее условие выполнения производственного плана в сроки, предусмотренные сетевым графиком. После изучения проекта автоматизации и составления проекта производства работ приступают к организации производства монтажных работ. Работы по монтажу средств автоматизации проводятся по мере завершения строительства производственных помещений и выполняются в две стадии. На первой стадии выполняются работы, зависящие от монтажа технологического оборудования: расчистка трасс, установка несущих конструкций для трубных и электрических проводок, щитов, пультов и местных приборов, проверка наличия закладных частей и проемов в строительных конструкциях и элементах зданий, установка отборных устройств, диафрагм, регулирующих органов, датчиков и других устройств, связанных с технологическим оборудованием, трубопроводами и строительными конструкциями. Работы первой стадии выполняют одновременно с основными строительными и механомонтажными работами. На второй стадии производит прокладку трубных и электрических проводок, испытание проводов, установку щитов и пультов, приборов и средств автоматизации, подключение

трубных и электрических проводок к приборам.

Работы второй стадии в производственных помещениях выполняют после окончания строительных и основных отделочных работ одновременно с работами других специализированных монтажных организаций по совмещенному графику. При полносборном монтаже основные работы разделяют следующим образом:

1) монтаж соединительных проводок. Трубные блоки поставляют в монтажную зону в законченном для монтажа виде с присоединительными и крепежными изделиями. Для трубных проводок систем пневмоавтоматики применяют пневмокабели (трубные кабели) или полиэтиленовые трубы взамен медных и стальных. В ряде случаев вместо защитных труб для электропроводок применяют защитные металлические короба;

2) монтаж щитов и пультов в операторных помещениях. Щиты и пульты поставляют блоками с полностью выполненными внутренними трубными и электрическими проводками, с установленной аппаратурой и приборами;

3) монтаж местных приборов и щитов.

К монтажу соединительных проводок приступают после монтажа технологического оборудования. Монтаж щитов и пультов в щитовых помещениях начинают после окончания всех строительных и отделочных работ, выполнения проемов, каналов и установки всех закладных частей. Монтаж местных приборов начинают после окончания строительных работ при заканчивающейся обвязке технологического оборудования; при этом должны быть выполнены все врезки отборных устройств, установлены регулирующие и запорные органы, а также приборы, монтируемые непосредственно в трубопровода.

Монтажные работы завершаются сдачей эксплуатационному персоналу заказчика установленных и подключенных приборов и средств автоматизации.

В сдаточном акте отмечают: проект, по которому были выполнены монтажные работы; срок начала и окончания монтажа результаты внешнего осмотра приборов и средств автоматизации; оценку работы и перечень недоделок, не препятствующих нормальной эксплуатации приборов, с указанием срока устранения указанных дефектов.

К сдаточному акту прилагают рабочие чертежи проекта с изменениями, внесенными в процессе монтажа. Чертежи проекта с внесенными исправлениями оформляются подписями ответственных лиц.

Кроме рабочих чертежей, к сдаточному акту прилагают: перечень документов, разрешающих отступления от рабочих чертежей, ведомость смонтированных приборов и средств автоматизации с перечислением всей сдаваемой аппаратуры; указываются номера позиций по проектным спецификациям, наименование, тип и заводские номера приборов и аппаратуры, паспорта, инструкции, чертежи и прочую документацию заводов-изготовителей приборов и средств автоматизации, сдаваемых заказчику согласно упомянутой выше ведомости.

В заключении комиссия по приемке объекта в эксплуатацию дает оценку о качестве выполненных монтажных работ и состоянии готовности объекта к пусконаладочным работам. Комплексное опробование и пусконаладочные работы выполняются силами специализированной пусконаладочной организации. Окончанием пусконаладочных работ считается нормальная работа приборов и средств автоматизации в течение 72 ч. пробной эксплуатации объекта. По требованию заказчика организация, монтировавшая приборы и средства автоматизации, может быть привлечена к участию в индивидуальном опробовании и комплексном испытании технологического оборудования.

2. Монтаж датчиков и вторичных приборов

Различные чувствительные элементы контактного или бесконтактного типа, которые являются первичными воспринимающими устройствами (датчиками) приборов и регуляторов, в системах автоматического контроля непосредственно реагируют на изменение параметров процесса в объекте. В ряде случаев чувствительный элемент находится в первичном измерительном приборе, при этом связь чувствительного элемента с объектом и воздействие на него контактирующей с ним контролируемой среды осуществляется при помощи отборного устройства и сигнальной (им-

пульсной) линии связи.

Средства автоматизации, устанавливаемые непосредственно на технологическом оборудовании и его коммуникациях, должны устанавливаться в строгом соответствии с рабочими чертежами проекта автоматизации, инструкциями заводов-изготовителей и требованиями технологического процесса. Монтаж их должен удовлетворять следующим требованиям.

1. Реакция датчика на изменение регулируемого или контролируемого параметра должна с предельной точностью отражать истинное состояние объекта в наиболее характерной для данного процесса рабочей зоне.

2. Место установки и конструктивное решение узла не должны влиять на точность измерений.

3. При установке датчиков или отборе сигналов на ответвленных потоках параметры последних должны соответствовать параметрам основной рабочей зоны.

4. При использовании датчиков для автоматического регулирования место установки должно обеспечивать минимально возможное транспортное запаздывание.

5. Первичный воспринимающий элемент не должен оказывать влияние на процесс.

6. Место установки устройства должно быть удобным для его обслуживания, монтажа, проверки, чистки, ремонта, оно должно обеспечивать сохранность устройства и соблюдение условий техники безопасности.

7. Размеры погружаемой части датчика должны обеспечивать размещение его в той зоне, где следует отбирать сигнал, определяющий необходимое состояние контролируемого параметра.

8. Метод крепления датчика на оборудовании должен по возможности обеспечивать быстрый съем или замену без выключения данного технологического звена либо с кратковременными прекращениями режима работы.

Перед монтажом датчики сверяют с принципиальной схемой и спецификацией, а также проверяют согласно инструкции.

Приборы и средства автоматизации размещают строго по проекту. При этом их монтаж должен обеспечивать получение точности измерений, предусмотренной проектом, свободный доступ к приборам и их запорным и настроечным органам, хорошую освещенность шкал и диаграмм, удобство обслуживания и наблюдения.

Приборы "по месту" монтируются на специальных металлоконструкциях или индивидуальных малогабаритных щитах. При этом стремятся к объединению приборов в группы, что удобно для их обслуживания и наблюдения. Место установки должно быть удобно для обслуживания, приборы хорошо видны, шкалы расположены на уровне глаз человека (1500 - 1700 мм от пола). Температура окружающей среда должна быть в пределах от +5 до +50°C при относительной влажности воздуха до 80%. Наиболее благоприятны условия работы приборов при температуре (20+5)°C и влажности до 60%. При необходимости монтажа приборов в зоне температуры ниже +5°C так же, как и выше 50°C, применяют закрытые шкафы с обогревом либо с усиленной вентиляцией.

Не рекомендуется монтировать приборы в местах, не защищенных от налета, с повышенной влажностью или наличием агрессивных паров или газов. Следует избегать установки приборов в местах с сильной вибрацией и с сильными магнитными полями. При необходимости установки приборов в подобных местах применяют защитные приспособления в виде герметизированных шкафов, шкафов с избыточным давлением, в виде экранов и подобных приспособлений.

Приборы крепят типовыми деталями. Крепежные детали не должны иметь сорванных резьб, шлицев и граней, должны обеспечивать тугую затяжку резьбовых соединений. При наличии вибрации в местах крепления приборов резьбовые соединения крепятся пружинными шайбами, контргайками либо шплинтами.

У приборов, имеющих кабельные выводы должны быть установлены соединительные коробки, оборки зажимов или штекерные разъемы для соединения выводов с внешними проводками.

Приборы, питаемые электрическим током от сети, должны иметь индивидуальное отключение на щитке Питания, помимо выключающего устройства в самом приборе. Приборы заземляются в соответствии с указаниями монтажно-эксплуатационных инструкций.

Окончательная регулировка схем, приборов и средств автоматизации, их настройка на технологический процесс и комплексное опробование систем автоматизации производятся в период

пусконаладочных работ после монтажа специализированными наладочными организациями.

После завершения монтажа приборов производится сдача выполненных работ: осмотр и индивидуальное опробование. Сдача работ оформляется актом, к которому прилагают: рабочие чертежи с изменениями, внесенными в процессе монтажа, перечень документов, разрешающих отступления от рабочих чертежей проекта; акты на скрытые работы; протоколы испытаний на прочность и плотность трубных проводок; протоколы испытаний на плотность защитных трубопроводов электрических проводок во взрывоопасных помещениях; протоколы измерения сопротивления изоляции проводов и кабелей; протоколы прогрева кабелей перед прокладкой в зимних условиях; протоколы стендовых проверок приборов и средств автоматизации; паспорта, инструкции и чертежи заводоизготовителей; ведомость смонтированных приборов и средств автоматизации.

Монтаж приборов, датчиков и регуляторов является одним из важнейших этапов монтажа производственных систем автоматизации, поскольку от правильности установки, поверки и наладки приборов зависит надежность и бесперебойность работы системы в целом.

3. Монтаж регулирующих органов и исполнительных механизмов

Регулирующие органы (РО) и исполнительные механизмы (ИМ) необходимо монтировать в строгом соответствии с проектом и рабочими чертежами, учитывая важную роль этих элементов в САР и их влияние на работу системы и качественные ее показатели. Основными типами РО являются клапаны, задвижки или заслонки. В качестве сервоприводов к ним можно применять в зависимости от рода энергоносителя электрические, пневматические и гидравлические исполнительные механизмы.

В зависимости от типа РО и его ИМ выбирают их местоположение относительно регулируемого объекта. Значительное удаление РО от объекта вызывает повышенное запаздывание в передаче регулирующего воздействия.

При монтаже РО и ИМ следует обеспечить: удобство эксплуатации и ремонта, возможность их отключения без необходимости отключения технологического трубопровода или объекта, равномерность и установившийся режим потока регулируемой среды в месте установки РО, свободное перемещение движущихся частей, соблюдение правил техники безопасности. Перед монтажом необходимо проверить соответствие устанавливаемых РО и ИМ их проектным данным и характеристикам.

В ряде случаев в качестве РО можно применять групповые реостаты и плоские конструкции контролеров для автоматического регулирования частоты вращения электродвигателей питателей топлива. Электрические регулирующие органы монтируют в соответствии с правилами монтажа электроаппаратуры.

Монтаж гидравлических и пневматических ИМ ведется с учетом монтажно-эксплуатационных инструкций. Основное внимание уделяется герметичности трубных линий, подводящих к ИМ сигналы давления.

Монтаж электрических ИМ также ведется в соответствии с инструкциями, причем особое внимание уделяется соблюдению правил устройства электроустановок. Электрические проводки к ИМ производятся так же, как и к приборам.

После установки РО и ИМ проверяют соответствие проекту или инструкции характеристик, надежности действия, отсутствие перекосов, заеданий и других помехообразующих факторов, могущих нарушить правильность работы.

При установке на трубопроводах, кроме рейдирующих органов, запорной арматуры и обводных (байпасных) линий следует соблюдать условие создания прямых участков до и после регулирующего органа, причем запорная арматура, как правило, устанавливается на основном трубопроводе.

Часто исполнительные механизмы САР снабжаются, помимо автоматического, также дистанционным управлением и указателями положения, устанавливаемыми на щите. В системе дистанционного управления должно быть также проверено соответствие фактических положений ИМ и РО положениями ключа дистанционного управления, а также показаниям указателя положения на щите.

4. Монтаж щитов и пультов

Щиты и пульты устанавливаются после окончания всех строительных и основных отделочных работ. Должны быть также закончены работы по сооружению кабельных каналов, устройству проемов для ввода кабелей и труб, сооружению фундаментов и металлоконструкций, устройству освещения, отопления и вентиляции.

Щиты и пульты, поступающие на монтажную площадку, должны по ГОСТ 3244-68 иметь вырезы и отверстия под приборы, предусмотренные проектом, конструкции для укрепления приборов и вспомогательной аппаратуры (кронштейны, скобы и т.п.), а также все электрические и трубные проводки (коммутации), подготовленные к подключению внешних цепей и приборов, устанавливаемых на них. Каждый шкафовый щит должен иметь внутреннее освещение.

Щиты и пульты в защищенном исполнении с уплотнением должны иметь уплотнение дверей, ограничивающее попадание пыли внутрь щита или пульта.

Условия установки щитов и пультов определяются проектом и должны удовлетворять следующим требованиям.

1. Расстояния между оборудованием, установленным внутри щитов и пультов, а также между этим оборудованием и стенами помещения снаружи должны быть не менее 0,8 м.

2. Щиты длиной по фронту более 7 м должны иметь не менее двух выходов.

3. Малогабаритные шкафовые щиты монтируются обычно на колонках, стенах и других строительных конструкциях при помощи болтов (навесной монтаж), отверстия под которые расположены на задней стенке щита или на полу на стойках. Высота их расположения должна быть такова, чтобы показывающие приборы и сигнальная аппаратура располагались на высоте 800-2100 мм, самопишущие приборы - на высоте 1000-1600 мм, аппаратура управления (ключи, кнопки и т.п.) - на высоте 700-1600 мм.

4. Полногабаритные шкафовые (и панельные) щиты устанавливаются на опорных стальных рамах для на бетонном (кирпичном) основании.

Пространственное положение щитов должно быть строго вертикальным и горизонтальным, что проверяется соответственно по отвесу и уровнемеру.

5. В месте установки щитов и пультов, как правило, не должно быть вибрации. При наличии значительной вибрации применяются специальные амортизирующие устройства.

6. Щитовые помещения не должны располагаться над производственными помещениями категории А и Б, под и над вентиляционными камерами общеобменной вентиляции. Полы в щитовых помещениях делают не электропроводными. Отопление целесообразно применять воздушное.

Вводы электрических и трубных проводок в щиты осуществляются, как правило, снизу и выполняются через защитные гильзы для изоляции проводок от возможных механических повреждений.

Уплотненные герметические вводы в щиты выполняются через сальниковые уплотнения, а трубные проводки - через переборочные соединения. Электрической проводкой называется совокупность проводов и кабелей с относящимися к ним креплениями, поддерживающими и защитными конструкциями, обеспечивающих электрическую связь между приборами, регуляторами, аппаратурой управления и другими средствами, входящими в систему автоматического контроля и управления.

В зависимости от места прокладки электропроводки подразделяются на внутренние, прокладываемые внутри производственных помещений, и наружные, прокладываемые по наружным технологическим установкам.

Трубной проводкой называется совокупность труб и трубных кабелей с относящимися к ним креплениями, поддерживающими и защитными конструкциями. По своему назначению трубные проводки могут быть импульсные, командные, питающие, выбросные, обогревные, охлаждающие и вспомогательные.

5. Организация и назначение наладочных работ

Наладочные работы выполняются специализированными наладочными организациями. В районах деятельности монтажных управлений создаются наладочные участки, располагающие постоянным штатом наладчиков, лабораториями, контрольной аппаратурой, поверочными стендами и другим оборудованием, необходимым для проведения наладочных работ.

Основными задачами подразделений по наладке КИПиА являются: анализ проектной документации; проверка правильности и качества монтажа и снятие характеристик отдельных аппаратов устройств и оборудования; наладка устройств в целом и ввод их в эксплуатацию; составление отчетной документации; сдача устройств эксплуатационному персоналу.

Пусконаладочные работы - это комплекс работ по созданию систем автоматизации и доведению этих систем до состояния, при котором они могут успешно эксплуатироваться. Цель наладки - обеспечение установленных показателей функционирования комплекса смонтированных и исправных технических средств в составе автоматических систем управления технологическими процессами. Предусматривают два этапа пусконаладочных работ: подготовительный, когда работы ведутся на неработающем технологическом оборудовании, и заключительный, когда наладка систем автоматизации производится на технологическом режиме.

В объем наладочных работ входят следующие операции.

Подготовительная работа, в процессе которой наладчики совместно с монтажным персоналом подробно рассматривают проектную и другую технологическую документацию, вносят в нее необходимые изменения, знакомятся с объектами наладочных работ: технологией производства, основным и вспомогательным оборудованием, после чего составляют программу предстоящих наладочных работ.

Стандартная поверка и регулирование приборов и аппаратуры автоматизации, проводимые на стендах в лаборатории наладочного участка. При стендовой поверке устанавливают, соответствует ли аппаратура проектной документации, а также сопроводительной технической документации заводов-изготовителей. Если какой-либо прибор не соответствует указанной технической документации, его нельзя использовать при монтаже.

Индивидуальное опробование аппаратуры после окончания монтажа. Опробование проводят на неработающем технологическом оборудовании посредством искусственно подаваемых сигналов на тот или иной прибор или элемент схемы автоматизации. При этом устанавливают соответствие смонтированной аппаратуры и соединительных проводок рабочим чертежам проекта и строительным нормам и правилам (СНиП), а также проверяют работоспособность приборов и средств автоматизации, правильность и надежность срабатывания их при подаче искусственных сигналов.

Наладка приборов и средств автоматизации на оптимальный режим работы при работающем технологическом оборудовании. При наладке снимают необходимые технические характеристики, выполняют динамическую настройку регулирующих устройств на технологический режим и корректировку показаний приборов. При стендовой поверке приборов на каждый прибор оформляют протокол, содержащий необходимые технические данные: характеристики поверяемых и контрольных приборов, значения погрешности поверяемых приборов по оцифрованным точкам шкалы, значения катушек сопротивления, сопротивление изоляции и др. Дают общее заключение о пригодности прибора к монтажу. В процессе наладки составляют акт на каждый узел регулирования, содержащий также технические данные о настройке регуляторов на регулирующие параметры, установках их срабатывания и др.

После окончания наладочных работ установки сдают в промышленную эксплуатацию с оформлением соответствующей приемосдаточной документации, включающей протоколы стендовых испытаний, акты о наладке узлов схемы регулирования, паспорта и инструкции, полученные с приборами от заводов-изготовителей, исполнительные чертежи схем и конструкций с изменениями, внесенными в процессе монтажа и наладки.

6. Наладка систем контроля, защиты, сигнализации и управления

Цель пусконаладочных работ - отрегулировать весь комплекс устройств и настроить их на заданный технологический режим. Предварительное опробование и наладку систем автоматизации выполняют в соответствии с технологическими режимными картами, представляемыми заказчиком.

Наладку и подготовку к пуску начинают с устройств, питающих приборы и системы автоматизации сжатым воздухом и электроэнергией. Затем приступают к подготовке приборов, их наладке и опробованию.

Качество осушенного воздуха необходимо периодически проверять путем отбора проб и анализа их в лаборатории на содержание влаги; допускается не более 0,1 г влаги на 1 м³.

Подготовку к пуску систем контроля, защиты, сигнализации и управления начинают с контрольной проверки правильности монтажа измерительных и регулирующих схем, включая отборные узлы, датчики, вторичные приборы, соединительные линии, пневматическую и электрическую вспомогательную аппаратуру, исполнительные механизмы. Убедившись в правильности монтажа и исправности систем энергоснабжения, приступают к наладке и подготовке к пуску приборов и систем автоматизации. Для этого на все самопишущие приборы устанавливают бумагу и перья, заливают чернила, заряжают расходомеры переменного перепада давления ртутью или другими жидкостями в зависимости от типа приборов, устанавливают необходимую скорость перемещения бумаги, проверяют наложение стрелок и перьев при давлении сжатого воздуха, соответствующего нулевому значению шкалы. После этого приступают к наладке приборов и средств автоматизации - проверяют показания измерительных приборов и измерительных систем. Погрешность показаний должна соответствовать классу точности прибора. Практика показывает, что приборы даже после стендовой поверки индивидуального опробования нуждаются в частичной регулировке, выполняемой обычно на месте установки приборов. Наладив и отрегулировав приборы и средства автоматизации, проверяют правильность подключения соединительных линий к приборам. Схемы защиты и сигнализации обеспечивают предупреждение аварий технологического оборудования путем подачи сигналов обслуживающему персоналу или отключения его без вмешательства человека. Для большинства технологических объектов перечень параметров, контролируемых системами защиты и сигнализации, определяется специальными правилами и инструкциями. Для непрерывных технологических процессов требования к объему и надежности работы систем сигнализации и защиты определяются проектом автоматизации.

При анализе проектной документации наладчик обязан проверить по результатам изучения технологии производства, все ли величины, недопустимые значения которых могут привести к снижению качества продукции, выходу из строя оборудования или могут быть опасны для жизни человека, контролируются системами защиты и сигнализации. В проекте должны быть приведены перечни предельных значений параметров, контролируемых системами сигнализации, контроля и защиты, а также последовательность срабатывания отдельных элементов систем. Если по каким-либо причинам эти перечни отсутствуют в проекте, они должны быть выданы наладочной организации заказчиком. В целом наладка элементов схем контроля, сигнализации и защиты проводится по инструкциям заводов-изготовителей и весьма не затруднительна.

Схемы дистанционного управления объединяют исполнительные механизмы, управляющие регулирующими органами, ключи управления и дистанционные указатели положения. Ключи управления, как и указатели положения, обычно располагаются на щите или пульте в посту управления. При наладке схемы дистанционного управления концевые выключатели исполнительного механизма устанавливают в необходимое положение. Ключ управления переводят в положение "дистанционное". Ключом выбора направления замыкают поочередно контакты реверсивного магнитного усилителя и убеждаются в наличии реверсирования и отключения исполнительного механизма при срабатывании концевых выключателей в крайних положениях вала исполнительного механизма. Затем налаживают дистанционный указатель положений. Движок реостатного или плунжер индукционного датчика указателя положения устанавливают таким образом, чтобы стрелка указателя положения находилась на 0 или 100 делениях при крайних положениях регули-

рующего органа. Если имеются путевые выключатели, их устанавливают аналогично конечным или, если требуется по технология производства, - на более узкий диапазон. Наладкой, пуском и опробованием систем контроля, защиты, сигнализации и управления должны заниматься наиболее квалифицированные работники монтажных и наладочных участков, способные устранить выявленные дефекты монтажа и изменения в схемах обвязки, а при необходимости установить дополнительные устройства.

7. Наладка систем автоматизации на действующем оборудовании

При наладке систем автоматизации на действующем технологическом оборудовании необходимо обеспечить требуемую проектом точность измерений параметров технологического процесса. Точность измерений системы проверяют сравнением показаний приборов систем контроля с непосредственными измерениями параметров процесса или о данных, полученных в результате расчета. Непосредственное измерение параметров выполняют образцовыми приборами по месту. Например, уровни жидкости измеряют по водомерным стеклам, температуру - ртутными образцовыми термометрами, состав, плотность и другие физико-химические свойства - по данным лабораторных анализов. При определении точности работы систем контроля наладчик должен учитывать и вводить поправки на отклонение состояния измеряемых сред от расчетных. Как правило, точность работы систем автоматизации проверяют при показателях технологического процесса, близких к проектным, чтобы условия работы приборов также приближались к расчетным. Нельзя судить о точности работы расходомера переменного перепада при расходе среды, меньшем одной трети номинального. Это же требование - наличие средних нагрузок - в полной мере относится и к наладке систем регулирования и дистанционного управления.

При отклонении показаний системы контроля от расчетных проверяют все элементы системы, включая и соединительные линии, устраняют неисправности и повторно включают систему в работу.

Точная и надежная работа систем контроля в большей степени определяется качеством проведения предшествующих этапов наладочных работ, а систем регулирования - качеством, динамической настройки на действующем технологическом оборудовании.

Наладка автоматических систем регулирования (АСР) включает следующие работы: определение инерционности и коэффициента усиления регулируемых величин, расчет по полученным данным настроек регуляторов, установка и включение регуляторов с рассчитанными значениями настроек в работу, корректировка при необходимости установленных значений параметров динамической настройки регуляторов.

Инерционные свойства объекта могут быть определены как расчетным путем, так и экспериментально. В практике наладочных работ применяют различные экспериментальные методы оценки свойств регулируемых величин, так как они менее громоздки позволяют учесть все отклонения конструкций аппаратов и самих процессов от идеальных, принимаемых за основу при расчетных методах. Вид экспериментального метода выбирают с учетом требуемой точности получаемых данных, помехозащищенности процесса, возможных отклонений параметров участков регулирования от номинальных, необходимых для получения достоверных характеристик.

Обработка полученных экспериментальных данных позволяет получить информацию о свойствах участков регулирования, таких, как инерционность и коэффициент усиления. После настройки регуляторов системы включают в работу. Задания регуляторам по поддержанию регулируемых величин устанавливают в соответствии с требованиями проекта или технологического персонала. При работе систем дистанционного управления, входящих в автоматические системы регулирования, номинальное значение регулируемого параметра должно обеспечиваться при открытии регулирующего органа в пределах 40-75% от максимального.

Как правило, во время достижения проектной мощности технологических процессов значения сигнализируемых и ограничиваемых параметров меняются по сравнению с номинальными в широких пределах, что позволяет наладочному персоналу проверить надежность срабатывания систем сигнализации, защиты и управления на реальных средах.

Наладочные бригады на рассматриваемом этапе должны быть обеспечены многоточечными записывающими приборами с широким диапазоном изменения скорости регистрации и полуавтоматическими устройствами для снятия и обработки характеристик объектов регулирования.

Наладочные работы должны вестись согласованно с технологическим персоналом, осуществляющим пуск и наладку технологического оборудования. При оценке качества работы той или иной автоматической системы решающее слово остается за технологами.

Работа наладочных бригад в период пуска технологического оборудования осуществляется, как правило, круглосуточно. Начало и окончание работ по снятию характеристик, включению и выключению систем автоматизации фиксируются в сменном технологическом журнале. В журнале производства наладочных работ описывают все работы, выполненные на данном этапе, дают характеристики объектов, результаты обработки характеристик, расчет настройки систем и установленные регуляторам задания.

Глава VII

МОНТАЖ И ВНЕДРЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

1. Организация работ на стадии монтажа и внедрения АСУТП

Внедрение АСУТП сопряжено с выполнением больших объемов работ, требующих совместного участия специалистов технологического объекта управления, разработки, строительных, монтажных и наладочных управлений, заводов-изготовителей КТС и др.

Внедрение АСУТП является завершающей стадией создания АСУТП. Целью работ на этой стадии является физическая реализация системы и передача ее в промышленную эксплуатацию. Внедрение АСУТП осуществляется в соответствии с планом-графиком, утвержденным организацией-заказчиком и согласованным с организацией-разработчиком и соисполнителями. План-график работ по внедрению может предусматривать поочередный ввод системы. При этом предусматриваются следующие основные этапы работ: подготовка объекта к вводу АСУТП, наладка и испытания системы, опытная эксплуатация, приемо-сдаточные испытания. Подготовка объекта к вводу АСУТП включает в себя организационно-технические работы (в том числе строительные работы и модернизацию технологического оборудования), комплектацию системы, монтаж оборудования АСУТП. Комплектация системы производится в установленном порядке в соответствии с заказными спецификациями, разработанными на стадии рабочего проектирования. Монтаж оборудования АСУТП производится специализированными организациями, привлекаемыми заказчиком на основании и в соответствии с рабочей документацией на систему, проектом производства монтажных работ (ППР), а также отраслевыми и междуведомственными нормами. При выполнении работ обязательно соблюдение требований монтажно-эксплуатационной документации заводов-изготовителей технических средств, а также требований строительных норм и правил на монтаж приборов и средств автоматизации, инструктивных указаний по технике безопасности при монтаже и наладке приборов и средств автоматизации.

Качественное выполнение монтажных работ в сжатые сроки промышленными методами во многом зависит от глубины проработки и научно-технического уровня проекта производства работ.

К производству работ по монтажу элементов АСУТП можно приступать при условии строительной и технологической готовности ГОУ, а также при наличии всей документации, монтажных материалов и элементов АСУТП.

Оборудование, предназначенное для монтажа, должно пройти стендовую проверку.

Опробование и пусконаладочные работы ЭВМ выполняют после монтажа их в специальных помещениях представители завода-изготовителя ЭВМ. При выполнении монтажных работ следует учесть необходимость удобства ремонта, обслуживания и замены.

В АСУТП широко применяют различного типа преобразователя. При монтаже электропневматических преобразователей длина трассы передачи пневматических импульсов должна быть не более 300 м. Монтаж основного и вспомогательного оборудования КТС ЭВМ необходимо выполнять в специально оборудованных помещениях. Соединительные линии прокладывают на ос-

новании ППР.

Импульсные линии от датчиков КИП, преобразователей, чувствительных элементов, регуляторов и УСО ЭВМ должны обеспечить свободное и быстрое (с наименьшим запаздыванием) прохождение импульса и иметь сопротивление в допустимых пределах. При монтаже необходимо помнить, что в трубных импульсных линиях запаздывание может возрастать вследствие внутреннего загрязнения, воздушных мешков, водяных пробок, резких перегибов труб и т.д. При прокладке электрических соединительных линий необходимо строго соблюдать решение ППР, в котором предусмотрены соответствующие тип кабеля и способы защиты от возможных помех. В электрических линиях нужна хорошая изоляция проводов во избежание утечки электроэнергии, в результате которой могут быть получены заниженные показания (сигналы). Завершение всех работ по монтажу технических средств АСУТП в полном объеме фиксируется комиссией из представителей заказчика и исполнителя в виде двухстороннего акта. Наладка и испытания АСУТП охватывают отладку комплекса технических средств системы, ее программного обеспечения и проведение предварительных испытаний.

На этом этапе необходимо организовать и осуществить поэтапную приемку отдельных технических средств, специального программного обеспечения, отдельных функций и в целом АСУТП в опытную эксплуатацию.

Руководство внедрением на всех этапах осуществляет подразделение АСУТП данного предприятия. Начальник подразделения АСУТП является организатором и руководителем работ по внедрению, он несет ответственность за следующие показатели: выполнение планов и программ на всех этапах внедрения; высокий уровень эксплуатации внедренных систем, в том числе и на этапе "опытная эксплуатация", организация работ в подразделениях АСУТП; разработка планов перспективного развития предприятия в части АСУТП. Ответственный руководитель работ по созданию АСУТП на предприятии должен обеспечить: организацию мероприятий по подготовке предприятия и ТОУ к внедрению АСУТП и собственно внедрение АСУТП; необходимые условия для эффективного сотрудничества привлекаемых к созданию АСУТП организаций с коллективом предприятия в целом и персоналом, обслуживающим данный технологический объект. Для принятия отдельных этапов работ и оформления соответствующих документов ответственный руководитель работ должен быть уполномочен для подписания соответствующих решений.

2. Требования к монтажу оборудования в центральном пункте управления

Монтаж основного и вспомогательного оборудования КТС ЭВМ необходимо выполнять в специально оборудованных помещениях вычислительного центра (ВЦ), машинном зале, помещении подготовки данных, помещении для устройств автоматической связи с объектом и др. В центральном пункте управления в этом случае, кроме щитов и пультов с аппаратурой контроля и управления, мнемосхемами монтируют также устройство печати и индикация данных и другие средства оперативного отображения информации и связи.

При размещении органов управления необходимо выполнять следующие требования: они должны располагаться в зоне досягаемости моторного поля; связанные с определенной последовательностью действий оператора, они должны группироваться так, чтобы действия оператора осуществлялись слева направо и сверху вниз; функционально идентичные органы управления необходимо располагать единообразно на всех панелях рабочего места; органы управления и функционально связанные с ними индикаторы следует располагать вблизи друг от друга так, чтобы органы управления или рука оператора при манипуляциях с ними не закрывали индикатора; органы управления, применяемые только для технического обслуживания и регулировки, должны размещаться отдельно от остальных органов. Средства отображения необходимо группировать и располагать в группу друг относительно друга в соответствии с последовательностью их использования слева направо или сверху вниз. Лицевые поверхности индикаторов следует располагать в оптимальной зоне информационного поля в плоскости, перпендикулярной нормальной линии взора оператора.

Мнемосхема должна наглядно отображать схему управляемого объекта и информацию, о его состоянии; сигнализировать обо всех существенных нарушениях в работе объекта; обеспечи-

вать быстрое выявление возможности локализации и ликвидации неисправности; обеспечивать оператору однозначное зрительное восприятие всех необходимых ему информационных материалов. Сигналы об изменении состояния объекта должны различаться особенно четко цветом, формой или другими признаками. Специальные сигналы (предупредительные, аварийные и т.п.) должны отличаться большей интенсивностью (на 30-40%) по сравнению с сигналами нормального режима или быть прерывистыми с частотой мигания 3-5 Гц и длительностью сигнала не менее 0,05 с. Размеры мнемознаков должны обеспечивать оператору однозначное зрительное восприятие. Для создания условий эффективной деятельности персонала и надежной работы технических средств помещение диспетчера следует проектировать светлым, звуко- и виброизолированным. Потолки и стены желательно облицовывать звукопоглощающими плитками. Для прокладки кабелей пол в помещении диспетчера выполняется двойным. Для ввода кабелей под типовые стойки и щиты предусматриваются проемы. Аппаратные размещаются в сухих отапливаемых помещениях и служат для размещения в них средств вычислительной техники. Система освещения помещений комбинированная - освещение общее и локализованное. Все подразделения АСУТП размещаются согласно технологическому процессу прохождения и обработки информации. Основными помещениями являются: помещение диспетчеров, операторов; машинный зал, аппаратная системы сбора и вывода информации; помещение для подготовки технических носителей информации. К вспомогательным помещениям относятся: кладовые для запасных частей, носителей, комната подготовки бумаги, административные помещения, мастерская для ремонта и наладки блоков УВК и др. Отличительной особенностью являются машинные залы, в которых располагаются магнитные носители информации (накопители на лентах и дисках). Для этих помещений устанавливаются более жесткие требования. Исходя из условий работы ВЦ рекомендуется в машинном зале, в зале подготовки данных, в архивах бумажных и магнитных носителей поддерживать одинаковые или незначительно отличающиеся температурно-влажностные параметры воздушной среды в течение всего года. В помещениях аппаратных размещают устройства внешней памяти ЭВМ, устройства связи с объектом, шкафы и панели с аппаратурой телемеханики, стойки связи и др. Оборудование в аппаратных располагают в соответствии с требованиями инструкции по его размещению и условиям эксплуатации. При расстановке необходимо учитывать, чтобы проход между двумя рядами шкафов, панелей или стоек был не менее 1 м; расстояние от стен до устанавливаемого оборудования не должно быть менее 0,8 м. Аппаратные должны иметь двойной пол, т.е. иметь еще так называемый технологический пол; образуемое межпольное пространство используют для разводки горизонтальных коммуникаций, размещения воздухопроводов охлаждения оборудования кондиционированным воздухом и трубопроводов подачи огнегасительной смеси в подпольное пространство. В помещении делается подвесной потолок. В межпотолочном пространстве прокладывают воздухопроводы забора воздуха из помещения, электропроводку осветительной сети и подводку огнегасительной смеси. В связи с круглосуточной работой оборудования система кондиционирования аппаратной должна обладать повышенной надежностью. Качество электроэнергии, вводимой в эти помещения, должно удовлетворять ГОСТ 13109-67. В помещение вводится трехфазное напряжение переменного тока 380-220 В (три фазы и ноль) частотой 50 Гц. Кабели подвода электропитания к оборудованию аппаратных должны быть проложены в скрытом виде: в кабельных каналах, шахтах, межстенных полостях. Для защиты обслуживающего персонала от поражения током в помещениях должно быть защитное заземление, соединяемое с нейтралью трансформатора, питающего эти помещения. Сопротивление заземления между корпусом любого устройства вычислительной техники и землей не должно превышать 4 Ом в любое время года.

При создании АСУТП основными средствами вычислительной техники являются управляющие вычислительные комплексы (УВК), построенные на базе семейства малых электронных вычислительных машин (СМ ЭВМ). Средства СМ ЭВМ представляют собой набор аппаратных и программных модулей, позволяющих компоновать при проектировании АСУТП управляющие системы, удовлетворяющие требованиям производства и технологических процессов, для управления которыми создается АСУ. Построение вычислительного комплекса различного назначения обеспечивается унификацией связей между агрегатными модулями и применением унифицированных типовых шкафов, тумб при изготовлении стоек, шкафов, приборных и вспомогательных

каркасов, блоков и пр.

Компоновка УВК производится заводом-изготовителем по проектной документации, разработанной для конкретной системы, как правило, на основе базового или типового комплекса с использованием дополнительных агрегатных модулей, устройств, системных изделий и пр. Установка и монтаж всех устройств комплекса на объекте осуществляются в соответствии с проектом. Прием средств вычислительной техники под монтаж осуществляется на складе заказчика после их распаковки при температуре 10-35°C. Во время приемки аппаратуры проверяется ее комплектность по формуляру завода-изготовителя, а также производится тщательный внешний осмотр. Обнаруженные дефекты заносятся в ведомость, а необходимость ремонта оформляется актом. Место установки шкафов с вычислительной техникой должно быть удобным для доступа как снаружи, так и изнутри при полностью открытых дверях и рамах с блоками.

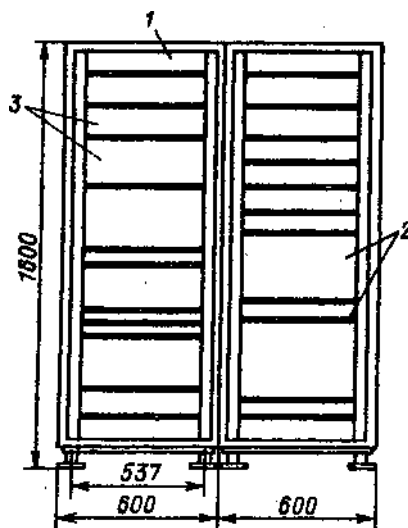


Рис. 23. Типовая стойка с блоками СМ 1 ЭВМ.

В зависимости от назначения модули и устройства на типовых стойках выполняют в виде печатных плат, блоков, объединенных каркасом, для установки на подставках и тумбах - в приборном исполнении. В типовой стойке 1 (рис. 23) автономные блоки 2 устанавливаются друг над другом на специальных направляющих. Передняя часть такого блока выполнена в виде панели, принятой для приборного исполнения. Свободные места на стойках закрывают заглушками 3. Типовые стойки укомплектованы источниками питания, к которым подключают устанавливаемые на них модули. Стойки с устройствами связи с объектом (УСО) устанавливают в непосредственной близости от процессора и тогда их соединяют стандартными жгутами. Если УСО удалено от стойки, то его соединяют с процессором кабелем. Технические средства вычислительного комплекса размещают с соблюдением необходимых расстояний между устройствами, фронта обслуживания и удобства эксплуатации (рис. 24). Технические средства УВК СМ размещают в отдельном помещении - машинном зале 1 вдоль канала 2, по которому прокладывают соединительные кабели и жгуты. Дисплейные модули 3, устройства печати 4, перфоленточный ввод 5 устанавливают на типовых тумбах или подставках. Процессоры, устройства оперативной памяти, дуплексный регистр и другие блоки и модули, входящие в базовый комплекс СМ-2М, устанавливают в типовых стойках 8. Блоки устройства связи с объектом устанавливают в типовых стойках 9. Для питания системы электроэнергией устанавливают распределительный щит 7. В машинном зале предусматривают схемное заземление (заземление логического нуля устройств УВК). Логический нуль устройств СМ выводят на шины, размещенные в шкафах устройств, и подсоединяют к опорному узлу комплекса радиально проводником сечением 10 мм². Опорный узел 6 представляет собой медную пластину размером 200x200 мм, толщиной 5-10 мм с отверстиями под болты для крепления выводов логических нулей. Опорный узел логического нуля комплекса соединяют с контуром заземления медной шиной.

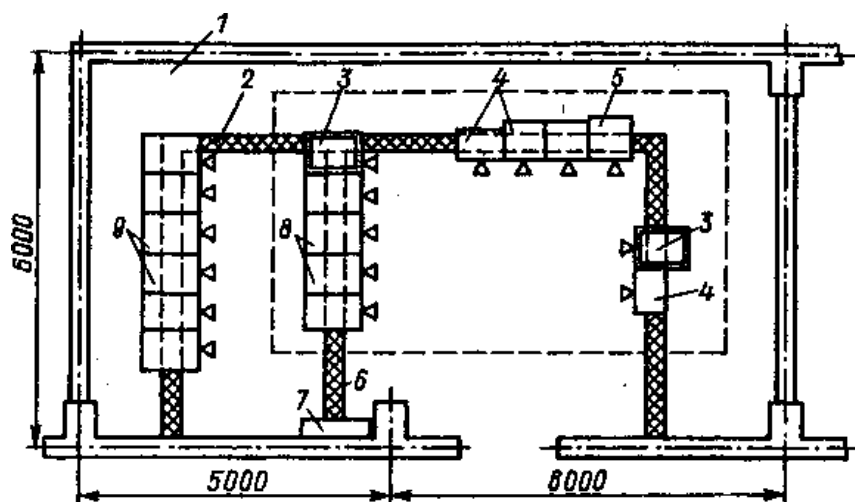


Рис. 24. План размещения средств УВК на базе СМ-2М ЭВМ в машинном зале.

Кроме СМ ЭВМ, которые в АСУТП составляют так называемый верхний иерархический уровень управления, в промышленности для АСУ отдельных процессов, агрегатов и других объектов применяются управляющие вычислительные комплексы, построенные на базе микроЭВМ, типа ПС-300, "Электроника-60", СМ-1800 и др.

3. Особенности монтажа и наладки АСУТП

Монтаж средств вычислительной техники является одним из этапов ее внедрения. Правильность выполнения монтажных работ проверяют по монтажным схемам и таблицам соединений методом "прозвонки". После "прозвонки" цепей кабели вновь подсоединяют к устройствам, аппаратура включается, и схемы проверяют под напряжением на соответствие техническим условиям. На стадии завершения работ по монтажу технических средств АСУТП производится их наладка.

Наладка технических средств АСУТП включает следующие этапы: подготовительный, связанный с анализом технической документации, определением степени готовности системы к наладке и проверкой правильности выполнения монтажа; наладка комплекса технических средств, включая вычислительный комплекс, устройства ввода-вывода и устройства связи с объектом, датчики, преобразователи, каналы связи с ЭВМ, телемеханические устройства передачи данных и т.п.; отладка программ математического обеспечения; комплексная наладка и предварительные испытания системы, а также корректировка эксплуатационной документации.

При подготовительном этапе проверяют комплектность технических средств и проектную документацию, правильность монтажа, устраняют неисправности, возникшие при транспортировке, установке и монтаже на объекте управления.

При наладке технических средств используется инженерный пульт, входящие в состав средств вычислительной техники, с помощью которого имитируются испытательные режимы, позволяющие проверять основные цели и функции устройства. Инженерный пульт снабжен средствами сигнализации, которые позволяют судить о правильности функционирования устройства. Если в составе средств вычислительной техники нет инженерного пульта, то в инструкции по наладке приводят перечень необходимых приборов для имитации режимов работы и указывают способы их подключения к налаживаемому устройству. Методику проверки и отыскания неисправностей устройства приводят в инструкциях по наладке и эксплуатации.

После проверки и наладки отдельных устройств приступают к комплексной наладке технических средств, цель которой заключается в отладке взаимодействия средств, обеспечивающих выполнение определенных функций АСУТП.

Комплексная наладка устройств АСУТП включает в себя стыковку отдельных устройств и наладку средств вычислительной техники (СВТ), входящих в систему.

По окончании наладки проводят автономные испытания СВТ без привязки к объекту совместно с представителями службы эксплуатации. Программа автономных испытаний предусматривает проверку

выполнения заданных функций, испытания при граничных климатических условиях и на длительность функционирования в нормальных условиях. Испытания на длительность проводятся в течение 72 ч, если в технических условиях не указаны другие сроки. Во время испытаний ведут журнал установленной формы, куда заносят все результаты. По результатам испытаний составляют протокол и акт, которые подписывают представители наладочной организации и заказчика.

Комплексная наладка АСУТП имеет свои особенности и сложности при отладке КТС системы, ее программного обеспечения и при проведении предварительных испытаний системы.

При подсоединении к средствам вычислительной техники внешних устройств (датчиков, вторичных приборов, преобразователей, исполнительных механизмов) необходимо согласовать полярности, величины и нагрузочные мощности источников и потребителей сигналов.

Рассмотрим особенности комплексной наладки АСУТП, включающей в себя управляющую вычислительную машину (УВМ) и средства локальной автоматики (СЛА).

Обобщенная структурная схема такой системы приведена на рис. 25.

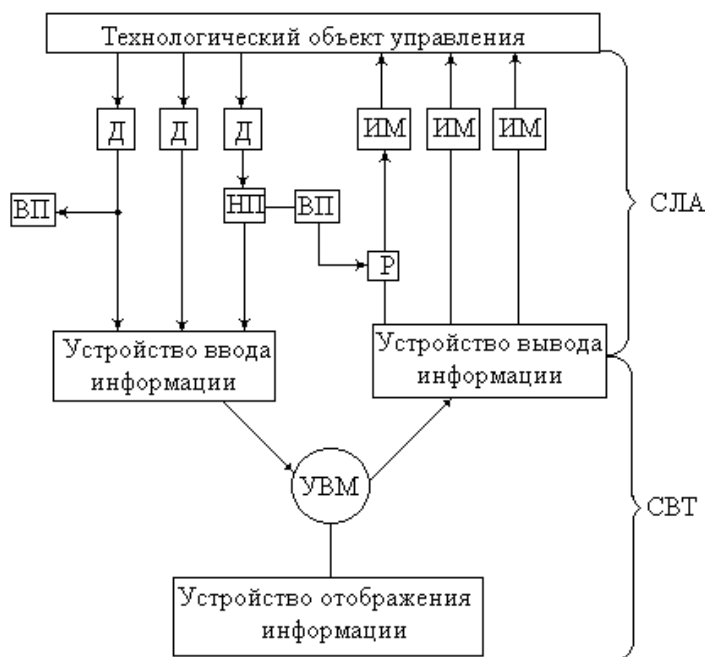


Рис. 25. Обобщенная структурная схема АСУТП

В общем виде АСУТП выполняет следующие функции: контроль технологических параметров средствами локальной автоматики (СЛА) с помощью датчиков (Д) и вторичных приборов ВП; регистрацию и сигнализацию технологических параметров, вышедших за норму; регистрацию параметров по вызову оператора; обнаружение и регистрацию аппаратных неисправностей; дистанционное управление исполнительными механизмами (ИМ); выполнение необходимых расчетов для формирования управляющих воздействий; локальное регулирование отдельных параметров, изменяющихся с высокой частотой; воздействие УВМ на задания локальных регуляторов (Р); прямое цифровое управление (ПЦУ) исполнительными механизмами; автоматическое программное управление.

При комплексной наладке используют как установленную аппаратуру (вторичные приборы, указатели положения), так и дополнительную (осциллографы, вольтметры, потенциометры и др.). При наладке отдельных контуров может использоваться УВМ, обладающая широкими возможностями формирования и контроля различных режимов.

Методика проведения комплексной наладки, которая должна быть отражена в эксплуатационных документах на систему в целом, определяет контуры наладки, последовательность соединения контуров, состав и последовательность действий наладчиков. Рассмотрим некоторые функции АСУТП.

Дистанционное управление исполнительными механизмами осуществляется оператором с помощью соответствующих ключей управления. Оператор переводит ключ управления с режима "УВМ" на режим "Д" (дистанционно) и по указателям положения или вторичным приборам управляет исполнительными механизмами. При наладке проверяется правильность действия всех устройств схемы, концевых и путевых выключателей, датчиков положения в исполнительных механизмах, магнитных пускателей или усилителей, указателей положения.

Выполнение необходимых расчетов для формирования управляющих воздействий сводится к наладке соответствующей программы. Для этого имитируют входные сигналы и вводят в УВМ. Запускается соответствующая программа расчета и производится печать полученных показателей.

В соответствии с контрольным примером должны быть получены правильные данные. Затем в машину вводят значения реальных датчиков и по полученным результатам расчета судят о правильности наладки программы и отсутствии сбоев.

Проверка контуров управления на УВМ ведется задатчиками локальных регуляторов или непосредственно исполнительными механизмами при соответствующих положениях ключей управления "задатчик Р" (соответствующего регулятора) или "ПЦУ" (прямое цифровое управление). Исполнительные механизмы в этом случае должны быть отключены от регулирующих органов.

Во время комплексной наладки проверяется также точность информационных каналов путем сравнения с показаниями измерительных приборов в локальных системах автоматики либо по заранее известным значениям имитационных сигналов, подаваемых на вход преобразователем.

Подвергаются проверке все подпрограммы управления во всех режимах. Проверяются соответствие знака и величины сигнала на выходе УВМ и результат его обработки исполнительными механизмами.

Математическое обеспечение (МО) АСУТП представляет собой совокупность математических методов, моделей и способов обработки массивов информации с применением СВТ. На основе МО проводится разработка программного обеспечения (ПО) При этом, если математическое обеспечение АСУТП фиксирует идейные аспекты организации управления, то ПО представляет собой конкретную реализацию комплекса машинных алгоритмов функционирования системы управления.

Программное обеспечение охватывает круг решений, связанных с разработкой и эксплуатацией программ ЭВМ. По своему функциональному назначению программное обеспечение делится на общее и специальное.

Общее программное обеспечение АСУТП поставляется в комплекте со средствами вычислительной техники и включает в себя совокупность программ, организующих функционирование вычислительного комплекса, компоновку программного обеспечения и другие служебные и стандартные программы (организующие программы, библиотеки стандартных программ и др.). Отладка ПО проводится обычно на этапе наладки средств вычислительной техники без связи с реальным объектом. Отладку ПО начинают с автономной отладки подпрограмм и блоков программ. Начинают автономную отладку с отладки подпрограмм, общих для всех задач и, в свою очередь, не использующих другие подпрограммы. Затем отлаживают другие программы и блоки. Ошибки в программе или блоке обнаруживают с помощью контрольных примеров, которые просчитываются вручную. При этом для проверки прохождения отдельных частей программы используют промежуточные результаты контрольных примеров. Специальное программное обеспечение (СПО) АСУТП разрабатывается или заимствуется из соответствующих фондов при создании конкретной системы и включает программы реализации основных (управляющих и информационных) и вспомогательных (обеспечение заданного функционирования КТС системы, проверка правильности ввода информации, контроль за работой системы и т.п.) функций АСУТП. Специальное программное обеспечение (СПО) разрабатывается на базе и с использованием программ общего программного обеспечения. СПО передается заказчику в виде программных носителей (cd-дисках, магнитной ленты и магнитных дисков), технического описания и специальных бланков (листингов) распечатанного текста - программы.

Отладку СПО проводят после наладки ЭВМ, на контрольных примерах. Отладка СПО позволяет обнаружить не только ошибки в программных носителях, но и скрытые дефекты ЭВМ, не

выявленные при ее тестовой проверке.

После окончания автономной отладки программы приступают к комплексной, которую обычно производят в двух режимах: статическая отладка программы без связи с объектом и динамическая отладка программы с реальным объектом.

Статическая отладка программы ведется в фиксированные моменты времени путем последовательного сопряжения ее блоков. Для программы с большим объемом входной информации наращивание программы ведется с начала, что позволяет уменьшить объем имитируемой информации. Однако в этом случае необходимы вспомогательные программы для вывода результатов решения на средства представления информации.

Поэтому при статической отладке программ, у которых объем результатов соизмерим с объемом входной информации, наращивание программ производят с конца. Для имитации исходной информации используют ручную подготовку, моделирующие программы или специальную аппаратуру.

При динамической отладке программы с реальным объектом уточняют значения параметров алгоритма, проверяют временные характеристики реакции программы на изменения переменных объекта, оценивают качество решения задачи. Основным принципом на всех этапах отладки является последовательное увеличение объема совместно функционирующих программ и итерационный характер выполнения отладки.

При первой итерации основной целью отладки является устранение несоответствия между рабочими программами и исходным алгоритмом. После этого проводят отладку алгоритмов и программ по качеству решения задач управления. При отладке следует обратить внимание на то, что задачи АСУТП должны решаться в реальном масштабе времени, т.е. оперативность выполнения программ должна соответствовать реальному времени протекания технологического процесса. Комплексная отладка программного обеспечения должна обеспечить информационную связь между программами при последовательном их исполнении, а также взаимодействие программ, т.е. определение моментов и последовательности включения в работу программы.

В этом заключается одна из особенностей наладки автоматизированного технологического комплекса (АТК).

На этом этапе наладочных работ должны быть выполнены: подключение аппаратуры АСУТП к ТОУ; формирование постоянных, рабочих связей с объектом; проверка правильности решения функциональных задач и качества управления.

Программа наладочных работ автоматизированного технологического комплекса полностью подчинена программе работы технологического оборудования и должна предусматривать совместную настройку на заданный технологический режим оборудования и АСУ.,

Активное участие в проведении этого этапа работ принимает оперативный персонал предприятия.

4. Организация опытной эксплуатации и сдача АСУТП в промышленную эксплуатацию

Работы на этапе "Наладка АСУТП" завершаются предварительными испытаниями системы в целом на работоспособность.

Испытания проводятся последовательно: сначала отдельных функций, затем групп взаимосвязанных функций и системы в целом.

Результаты предварительных испытаний отдельных функций и системы в целом оформляются протоколом, который подписывается представителями основного исполнителя, соисполнителей и заказчика АСУТП. В протоколе приводятся условия и результаты испытаний, указываются необходимые доработки системы и сроки их выполнения, а также отмечается возможность передачи отдельных функций или системы в опытную эксплуатацию. Окончание предварительных испытаний (комплексного опробования) системы в целом оформляется актом, который служит основанием для передачи АСУТП в опытную эксплуатацию. При необходимости по результатам предварительных испытаний производится коррекция эксплуатационной документации.

Опытная эксплуатация АСУТП проводится силами заказчика с участием исполнителя с целью проверки работоспособности системы, готовности оперативного и ремонтного персонала к

работе в условиях промышленной эксплуатации системы и достижения проектной результативности автоматизированного технологического комплекса. Длительность опытной эксплуатации устанавливается 1-3 месяца.

Программа опытной эксплуатации АСУТП предусматривает: проверку технического состояния КТС АСУТП; проверку метрологических характеристик основных измерительных каналов; выявление фактов и причин неисправностей КТС и их устранение; определение качественных и количественных показателей выполнения функций; оценку качества работ, выполненных при создании системы; проверку готовности оперативного и ремонтного персонала к промышленной эксплуатации системы; доработку программного обеспечения и коррекцию эксплуатационной документации.

На этапе опытной эксплуатации разработчикам системы разрешается проведение экспериментов на автоматизированном технологическом комплексе с целью выявления особенностей функционирования и необходимости в корректировке отдельных решений, реализованных в системе. Во время эксплуатации осуществляется сбор данных по работе системы, отмечаются обнаруженные недостатки и способы их устранения, определяются характеристики точности и надежности работы отдельных узлов и системы в целом. Данные, собранные во время опытной эксплуатации, заносят в специальные формы журналов, таблиц, бланков. Фиксируются дата и время отказа, тип отказавшего устройства, место и причины отказа, меры по его устранению, длительность ремонта, дата и время включения устройства после ремонта. Результаты опытной эксплуатации оформляются протоколом, в который вносятся результаты обработки всей информации, результаты анализа данной информации, выводы и рекомендация (о доработке системы, представлений АСУТП на приемо-сдаточные испытания и т.п.).

Протокол подписывается представителями заказчика, исполнителя и соисполнителей, служит основанием для предъявления АСУТП на приемо-сдаточные испытания и в составе технической документации на систему представляется комиссии, проводящей эти испытания.

В течение всего времени проведения работ по внедрению АСУТП организации-соисполнители работ выделяют полномочных представителей для ведения авторского надзора и сдачи законченных работ. Авторский надзор проводится на протяжении всего периода строительства и приемки в эксплуатацию законченных строительством помещений, монтажа электрических трасс основного оборудования КИПиА и вычислительной техники, а также повышения ответственности проектных, строительно-монтажных организаций и заказчиков за обеспечение высокого качества создаваемой АСУТП и соблюдения сметной стоимости.

При проведении авторского надзора все возникшие уточнения и изменения по согласованию с заказчиком и генеральной подрядной строительно-монтажной организацией вносятся в проектно-сметную документацию.

Приемо-сдаточные испытания проводятся с целью проверки соответствия созданной системы общим техническим требованиям на АСУТП, требованиям, содержащимся в техническом задании на создание системы, и приемки системы в промышленную эксплуатацию. Приемо-сдаточные испытания АСУТП организуются и проводятся заказчиком совместно с комиссией и с участием основного исполнителя и соисполнителей.

Заказчик совместно с основным исполнителем представляет на приемо-сдаточные испытания следующую техническую документацию на систему: техническое задание, технико-экономическое обоснование, протокол опытной эксплуатации, проект программ и методику проведения приемо-сдаточных испытаний, эксплуатационную документацию.

По требованиям комиссии дополнительно могут представляться технический проект системы, рабочие чертежи, результаты предварительных испытаний и другие материалы опытной эксплуатации.

Комиссия после изучения представленных материалов принимает решение о готовности (неготовности) АСУТП для проведения приемо-сдаточных работ. Результаты отдельных испытаний комиссии оформляются протоколами.

После окончания приемо-сдаточных испытаний составляется акт, в котором формируется заключение о соответствии (несоответствии) рассматриваемой АСУТП предъявляемым к ней требованиям и целесообразности (нецелесообразности) передачи ее в промышленную эксплуатацию.

К акту составляется приложение, в котором указываются перечень недостатков, подлежащих устранению перед (после) передачей системы в промышленную эксплуатацию, а также оценка качества и научно-технического уровня системы.

Глава VIII ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

1. Основные задачи эксплуатации

На предприятиях различных отраслей промышленности находится значительное количество контрольно-измерительных, регулирующих приборов и средств автоматизации. Предусматривается значительно повысить степень автоматизации производственных процессов, что увеличит насыщенность промышленности контрольно-измерительными приборами и средствами автоматизации. Максимальную эффективность автоматизации можно получить только в том случае, если она безотказно работает и отвечает эксплуатационным требованиям.

Эксплуатацией средств и систем автоматизации называется обслуживание включенных и находящихся в работе автоматических устройств. Правильная организация эксплуатации установленных средств и систем автоматизации имеет исключительно важное значение для производства. Выход из строя отдельных приборов и систем автоматики, расположенных в цехах, лишает дежурный персонал возможности правильно вести технологический процесс, приводит к снижению производительности агрегатов, преждевременному износу оборудования, к различным неполадкам и даже авариям. Поэтому крайне важно обеспечить бесперебойную работу приборов и систем автоматизации, правильно организовав обслуживание работающих приборов, их своевременный качественный ремонт и проверку.

Для обеспечения нормальной эксплуатации средств и систем автоматизации следует знать основные причины, вызывающие их нарушения: конструктивные недоработки некоторых типов средств автоматизации (применение средств автоматизации общепромышленного назначения, не приспособленных для работы в условиях данной отрасли промышленности; низкая ремонтпригодность - недопустимость осмотра, замены или ремонта отдельных блоков без их демонтажа; недостаточная герметичность блоков и аппаратов); некачественное изготовление средств автоматизации на заводах; некачественный монтаж систем автоматизации; низкий уровень эксплуатации; несоблюдение порядка, объема и методов профилактических и ремонтных работ; неравноценная замена заводских деталей средств автоматизации деталями собственного изготовления; применение нестандартных предохранителей; отключение средств автоматизации на продолжительное время при мелких неисправностях; неточная установка напряжения питания; нарушение правил включения и отключения; переключение цепей под током; произвольная регулировка средств автоматизации; естественный износ, старение, окисление и другие изменения в средствах автоматизации.

В связи с этим при обслуживании средств и систем автоматизации следует выполнять: тщательную приемку вводимых в эксплуатацию средств и систем автоматизации; четкую организацию текущего надзора и обслуживания действующих систем автоматики; периодическое определение правильности показаний измерительных приборов; наблюдение за качеством работы устройств автоматического управления и регулирования и анализ их работы; наблюдение за действием устройств автоматического контроля и проведение периодической проверки их действия; текущий, средний и капитальный ремонт средств автоматизации; повышение точности измерений, улучшение качества работы и совершенствование средств автоматизации; периодическую поверку средств автоматизации.

Кроме того, на предприятиях должны быть организованы систематизация и распространение опыта эксплуатации средств и систем автоматизации; систематическая работа по повышению технической квалификации обслуживающего персонала и участие в составлении и обсуждении новых проектов автоматизации, а также наблюдение за качеством выполнения монтажных работ.

Как установлено практикой, большинство измерительных приборов, находящихся в эксплуатации, нуждается только в мелком ремонте и лишь незначительная часть требует капитально-

го ремонта. Учитывая небольшой объем работ по капитальному ремонту приборов, а также его сложность и необходимость специальных условий, целесообразно, как правило, капитального ремонта на предприятиях не производить, а сдавать приборы на прибороремонтные предприятия объединения по ремонту и юстировке контрольно-измерительных приборов.

Снабжение приборами и запасными частями к ним осуществляется через территориальные органы материально-технического снабжения Государственного комитета Совета Министров СССР по материально-техническому снабжению.

2. Организация службы контроля измерительных приборов и автоматики

Для практического обеспечения надежной работы измерительной техники, средств и систем контроля и автоматического управления производственными процессами на предприятиях создают специальную службу контрольно-измерительных приборов и автоматики (КИПиА). Организационная форма этой службы зависит от структуры и мощности предприятия.

Основной задачей службы КИПиА является обеспечение выполнения положения о планово-предупредительном ремонте контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации.

Сущность системы планово-предупредительного ремонта заключается в том, что через определенное число отработанных часов производятся осмотры, периодические проверки и различные виды ремонтов, чередование и периодичность которых определяется назначением прибора и условием его эксплуатации.

Служба КИПиА предприятия должна осуществлять следующие мероприятия: текущее обслуживание, проверку, техосмотр, ремонт измерительной техники, средств и систем контроля и автоматического управления производственными процессами; выполнение монтажных и наладочных работ в процессе эксплуатации; выполнение мероприятий по усовершенствованию и развитию автоматизации, рекомендованных вышестоящими организациями, проектными и научно-исследовательскими институтами, координационными совещаниями и семинарами по обмену передовым опытом и участие в соответствующих работах совместно с научно-исследовательскими и пусконаладочными организациями; выполнение необходимых измерений и наблюдений при испытаниях технологического оборудования; приемку измерительной техники, средств контроля и автоматического управления, поступающих на предприятие; составление соответствующих актов и рекламаций и соблюдение предусмотренных инструкциями условий хранения этих средств; составление квартальных, годовых и прочих заявок на измерительную технику, средства контроля и автоматического управления, лабораторное оборудование, материалы и запасные части, инвентарь и мебель, используемые службой КИПиА; изучение и обобщение опыта эксплуатации средств и систем контроля и автоматического управления в условиях данного предприятия и пропаганду достижений службы КИПиА с целью распространения опыта на других предприятиях. Обучение персонала производственных и вспомогательных цехов правильным методам эксплуатации средств и систем контроля и автоматического управления производственными процессами; повышение квалификации работников службы КИПиА, обучение их безопасным методам работы. Ведомственный надзор за измерительной техникой (в соответствии с "Положением о ведомственном надзоре") в тех случаях, когда служба КИПиА организационно совмещена с метрологической службой предприятия.

По характеру своей работы служба КИПиА делится на два основных участка: участок эксплуатации; ремонтно-поверочный участок.

Участок эксплуатации следит за правильностью эксплуатации приборов: производит периодические поверки и текущие ремонты приборов на месте, определяет дефекты приборов в случае выхода их из строя, сдает приборы на ремонтно-поверочный участок для текущего или капитального ремонта и участвует в проверке их качества (после ремонта).

Участок эксплуатации КИПиА состоит из отдельных групп по участкам, на которые разбито все предприятие. В основном каждый эксплуатационный участок охватывает соответствующий технологический цех. За обслуживающим персоналом эксплуатационных групп закрепляются определенные, по возможности однотипные установки с приборами, за которые они несут ответст-

венность. Однотипность установок на эксплуатационном участке улучшает условия эксплуатации этого оборудования. Количество и квалификация обслуживающего персонала каждого участка определяются количеством и сложностью установленных приборов.

Ремонтно-поверочный участок производит капитальный, а также текущий ремонт приборов предприятия, которые не могут быть отремонтированы на месте их эксплуатации, следит за правильностью работы лабораторных, контрольных и образцовых приборов, производит их ремонт и проверку, а также сдачу госповерителю как представителю ведомственного надзора. Все работы, связанные с ремонтом приборов, отмечаются в журнале ремонта контрольно-измерительных приборов.

Ремонтно-поверочный участок несет ответственность за сохранность и точность всех образцовых мер и измерительных приборов. Деятельность этого участка тесно связана с отделением Комитета стандартов, мер и измерительных приборов, которое обеспечивает контроль за правильным использованием мерами и измерительными приборами на предприятии.

Штат этого участка составляют прибористы, между которыми производится разделение функций в зависимости от группы обслуживаемых приборов. Один приборист может обслуживать несколько групп приборов (например, манометры и расходомеры и т.д.). Количество прибористов и их функции определяются количеством, видом и сложностью приборов и регуляторов, находящихся в эксплуатации на данном предприятии.

Для руководства всей работой по надзору за измерительными приборами при отсутствии группы надзора целесообразно назначить ответственного за измерительное хозяйство. На этого работника должны быть возложены следующие функции: паспортизация всех измерительных приборов, находящихся на предприятии; наблюдение за своевременным представлением измерительных приборов для поверки и ремонта; контроль за своевременным и качественным выполнением технического надзора, профилактического ремонта, различных работ по монтажу измерительной аппаратуры, наблюдение за своевременным возвратом измерительных приборов из поверки и ремонта; осуществление связи с учреждениями Комитета стандартов, мер и измерительных приборов, которые проводят технический надзор за измерительным хозяйством.

В том случае, если на предприятии производится строительство новых объектов, оснащенных средствами автоматизации, то из числа работников группы выделяется лицо, которое осуществляет технический надзор за монтажными и пуско-наладочными работами и принимает участие в оформлении всей промежуточной документации, свидетельствующей о качестве произведенных монтажных и наладочных работ.

Группа КИПиА по окончании строительства того или иного объекта обязательно должна принимать непосредственное участие в приемке средств автоматизации сдаваемого в эксплуатацию объекта.

Для выполнения монтажных и пусконаладочных работ необходимо привлекать специализированные монтажные и пусконаладочные организации, что обеспечивает качественный монтаж и наладку, а также квалифицированный инструктаж обслуживающего персонала. При испытаниях и внедрении новых типов приборов группа КИПиА обязана принимать активное участие и способствовать нормальным условиям испытаний, а также принимать участие в совершенствовании как вновь созданных, так и серийно выпускаемых приборов и средств автоматизации. Служба КИПиА должна быть расположена в сухом и светлом помещении, оборудованном необходимым инвентарем, приспособлениями и приточно-вытяжной вентиляцией. Помещение для работы с приборами с ртутным заполнением кроме десятикратного воздухообмена должно быть оборудовано в соответствии с правилами по технике безопасности при работе с открытой ртутью.

Штат службы КИПиА определяется в прямой зависимости от объема работ, выявляемого на основании единых норм времени на ремонтные и поверочные работы, от количества находящихся в эксплуатации приборов и регуляторов и от установленных сроков периодической поверки и сроков профилактического среднего и капитального ремонта.

3. Обслуживание и ремонт средств и систем автоматизации

В соответствии с назначением, объемом, составом работ и периодичностью их выполнения профилактические работы подразделяются на планово-предупредительные работы (ППР) и внеплановые.

В состав планово-предупредительных работ входят: ежесменное (ежесуточное) техническое обслуживание приборов, выполняемое в течение всей смены (суток); периодическое техническое обслуживание, выполняемое согласно плану-графику.

Ежесменное (ежесуточное) техническое обслуживание представляет собой комплекс мероприятий, направленных на создание наиболее благоприятных условий для работы средств и систем контроля и автоматического управления; текущее обслуживание заключается в систематическом выполнении операций, которые обеспечивают нормальное функционирование средств автоматизации (заливка чернил, заправка бумагой и т.п.), и в выявлении дефектов, возникающих при эксплуатации приборов и средств автоматизации.

Периодическое техническое обслуживание приборов и средств автоматизации (периодические поверки) проводится согласно утвержденному графику планово-предупредительных работ, разрабатываемому в зависимости от характера производства и режима работы (сменности) на предприятиях. В объем работы при проведении периодической проверки входят: осмотр прибора для определения его технического состояния, проверка точности прибора и определение при необходимости соответствующего вида ремонта.

Внеплановые работы сводятся в основном к оперативному ремонту или замене отказавших средств КИПиА.

Проверка точности показаний приборов производится в соответствии с нормами, предусмотренными ГОСТ, инструкциями Комитета стандартов, мер и измерительных приборов или техническими условиями, указанными в монтажно-эксплуатационных инструкциях.

Если по техническому состоянию прибор не требует текущего или капитального ремонта, период его эксплуатации продлевается до следующей плановой поверки.

В соответствии с назначением, характером и объемом выполняемых работ ремонты подразделяются на следующие виды: текущий и капитальный.

При текущем ремонте производится устранение мелких дефектов и отдельных неисправностей в узлах, препятствующих нормальной работе прибора. Текущий ремонт предусматривает чистку прибора с частичной его разборкой и заменой поврежденных мелких деталей и узлов. В случае ремонта измерительной части прибора производится обязательная его поверка. Текущий ремонт производится силами ремонтно-поверочного участка службы КИПиА либо непосредственно на месте, без снятия прибора с установки, либо в ремонтной мастерской. В последнем случае заполняется дефектный ярлык за подписью ответственного лица ремонтной службы.

При капитальном ремонте прибора приходится заменять основные детали, производить регулировку и подгонку как механических деталей, так и электрической схемы. Капитальный ремонт целесообразно проводить для приборов с периодичностью поверок не менее одного года.

Качество капитального ремонта и порядок приемки приборов должны соответствовать ГОСТ, инструкциям Комитета стандартов, мер и измерительных приборов или техническим условиям, установленным для новых приборов. После капитального ремонта все контрольно-измерительные приборы подлежат поверке и сдаче Госповерительно.

Ремонт приборов может производиться двумя способами: индивидуальным и обезличенным.

При индивидуальном способе основные детали и узлы после их ремонта устанавливаются на тот же прибор, с которого они были сняты.