

4. Общие положения, требования и правила при выполнении схем автоматизации

Схема - конструкторский документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними. При выполнении схем используются следующие термины.

Элемент схемы - составная часть схемы, которая выполняет определенную функцию в изделии и не может быть разделена на части, имеющие самостоятельное назначение (резисторы, трансформаторы, диоды, транзисторы и т.п.).

Устройство - совокупность элементов, представляющая единую конструкцию (блок, плата, шкаф, панель и т.п.). Устройство может не иметь в изделии определенного функционального назначения.

Функциональная группа - совокупность элементов, выполняющих в изделии определенную функцию и не объединенных в единую конструкцию (панель синхронизации главного канала и др.).

Функциональная часть - элемент, функциональная группа, а также устройство, выполняющее определенную функцию (усилитель, фильтр).

Функциональная цепь - линия, канал, тракт определенного назначения (канал звука, видеоканал, тракт СВЧ и т.п.).

Линия взаимосвязи - отрезок прямой, указывающий на наличие электрической связи между элементами и устройствами.

Классификацию схем по видам и типам устанавливает [ГОСТ 2.701-84](#). Виды схем определяются в зависимости от видов элементов и связей, входящих в состав изделия, и обозначаются буквами русского алфавита. Различают десять видов схем:

- электрическая - Э;
- гидравлическая - Г;
- пневматическая - П;
- газовая - Х;
- кинематическая - К;
- вакуумная - В;
- оптическая - Л;
- энергетическая - Р;
- деления - Е;
- комбинированная - С.

Функциональные схемы систем автоматизации

Схемы функциональные разъясняют определенные процессы, протекающие в отдельных функциональных цепях изделия или в изделии в целом. Этими схемами пользуются для изучения принципов работы изделия, а также при их наладке, контроле, ремонте.

Функциональная схема по сравнению со структурной более подробно раскрывает функции отдельных элементов и устройств.

Функциональные схемы являются основным техническим документом, определяющим функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащение объекта управления приборами и средствами автоматизации (в том числе средствами телемеханики и вычислительной техники).

общие принципы, которыми следует руководствоваться при разработке функциональных схем автоматизации:

- 1) уровень автоматизации технологического процесса в каждый период времени должен определяться не только целесообразностью внедрения определенного комплекса технических средств и достигнутым уровнем научно-технических разработок, но и перспективой модернизации и развития процессов. Должна сохраняться возможность наращивания функций управления;
 - 2) при разработке функциональных и других видов схем автоматизации и выборе технических средств должны учитываться: вид и характер процесса, условия пожаро- и взрывоопасное, агрессивность и токсичность окружающей среды и т.д.; параметры и физико-химические свойства измеряемой среды; расстояние от мест установки датчиков, вспомогательных устройств, исполнительных механизмов, приводов машин и запорных органов до пунктов управления и контроля; требуемая точность и быстродействие средств автоматизации;
 - 3) система автоматизации процессов должна строиться, как правило, на базе серийно выпускаемых средств автоматизации и вычислительной техники. Необходимо стремиться к применению однотипных средств автоматизации и предпочтительно унифицированных систем, характеризующихся простотой сочетания, взаимозаменяемостью и удобством компоновки на щитах управления. Использование однотипной аппаратуры дает значительные преимущества при монтаже, наладке, эксплуатации, обеспечении запасными частями и т. п.
 - 4) в качестве локальных средств сбора и накопления первичной информации (автоматических датчиков), вторичных приборов, регулирующих и исполнительных устройств следует использовать преимущественно приборы и средства автоматизации Государственной системы промышленных приборов (ГСП);
 - 5) в случаях, когда функциональные схемы автоматизации не могут быть построены на базе только серийной аппаратуры, в процессе проектирования выдаются соответствующие технические задания на разработку новых средств автоматизации;
 - 6) выбор средств автоматизации, использующих вспомогательную энергию (электрическую, пневматическую и гидравлическую), определяется условиями пожаро- и взрывоопасное автоматизируемого объекта, агрессивности окружающей среды, требованиями к быстродействию, дальности передачи сигналов информации и управления и т.д.;
 - 7) количество приборов, аппаратуры управления и сигнализации, устанавливаемой на оперативных щитах и пультах, должно быть ограничено. Избыток аппаратуры усложняет эксплуатацию, отвлекает внимание обслуживающего персонала от наблюдения за основными приборами, определяющими ход технологического процесса, увеличивает стоимость установки и сроки монтажных и наладочных работ. Приборы и средства автоматизации вспомогательного назначения целесообразнее размещать на отдельных щитах, располагаемых в производственных помещениях вблизи технологического оборудования.
- Перечисленные принципы являются общими, но не исчерпывающими для всех случаев, которые могут встретиться в практике проектирования систем автоматизации технологических процессов. Однако для каждого конкретного случая их следует иметь в виду при реализации технического задания на автоматизацию проектируемого объекта.

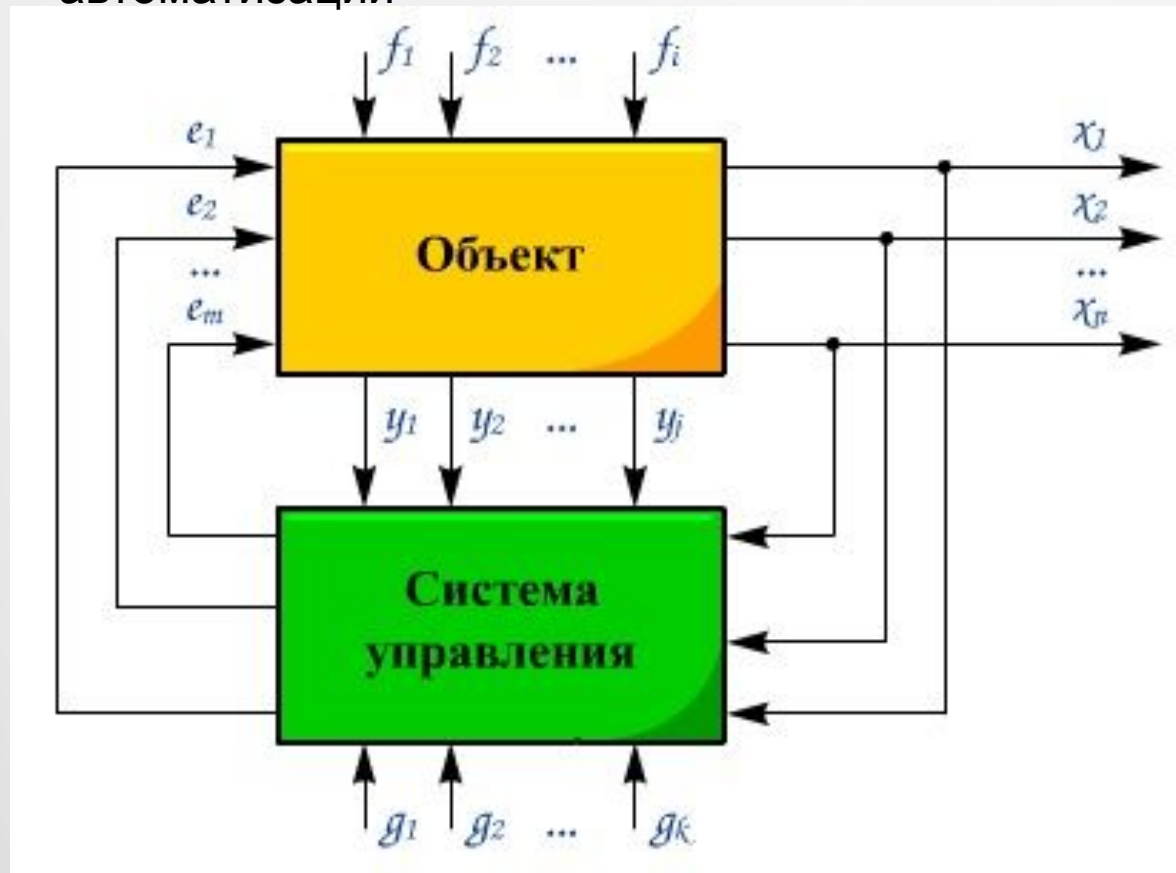
Структурные схемы систем автоматизации

Схемы структурные определяют основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи и служат для общего ознакомления с изделием. На структурной схеме раскрывается не принцип работы отдельных функциональных частей изделия, а только взаимодействие между ними. Поэтому составные части изделия изображают упрощенно в виде прямоугольников произвольной формы.

Допускается применять условные графические обозначения.

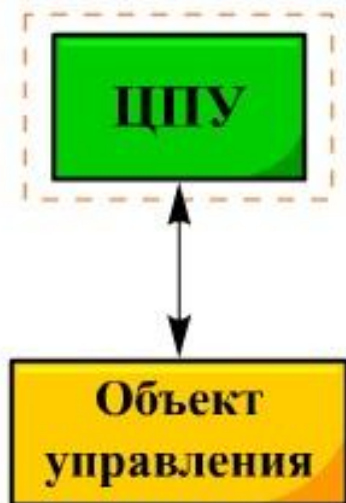
Под структурой управления понимается совокупность частей автоматической системы, на которые она может быть разделена по определенному признаку, а также пути передачи воздействий между ними. Графическое изображение структуры управления называется структурной схемой. Хотя исходные данные для выбора структуры управления и ее иерархии с той или иной степенью детализации оговариваются заказчиком при выдаче задания на проектирование, полная структура управления должна разрабатываться проектной организацией.

Структурная схема системы автоматизации

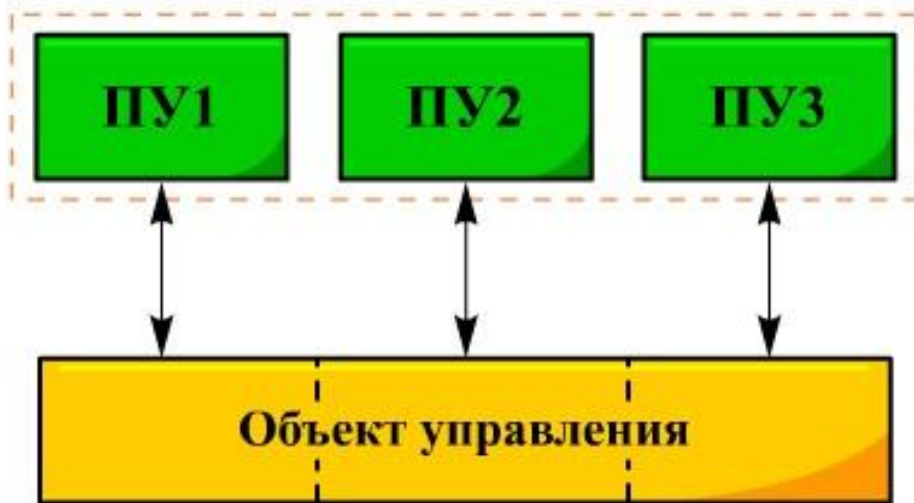


В процессе работы на объект поступают возмущающие воздействия f_1, f_2, \dots, f_i , вызывающие отклонения параметров x_1, x_2, \dots, x_n от их требуемых значений. Информация о текущих значениях $x_1, x_2, \dots, x_n, y_1, y_2, \dots, y_i$ поступает в систему управления и сравнивается с предписанными им значениями g_1, g_2, \dots, g_k , в результате чего система управления вырабатывает управляющие воздействия e_1, e_2, \dots, e_m для компенсации отклонений выходных параметров.

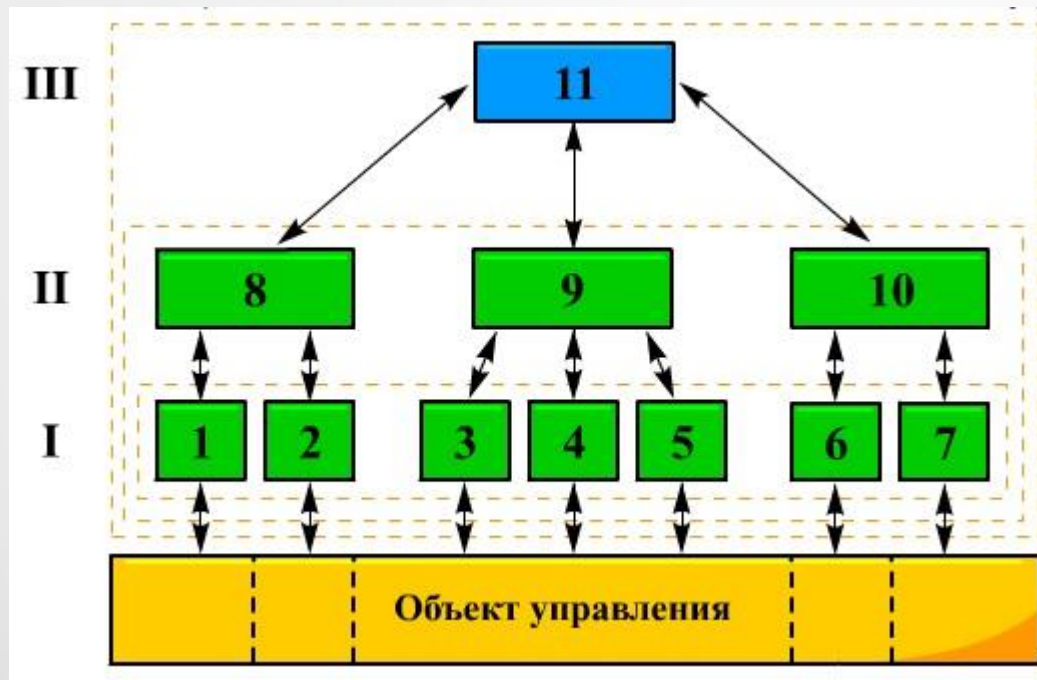
Централизованная система



Децентрализованная система



Примеры одноуровневых систем управления



Пример трехуровневой системы управления:

I - III - уровни управления

Для первого уровня при проектировании целесообразно предусматривать три режима управления:

командами, поступающими от уровня более высокого ранга;

командами, формирующимися непосредственно на первом уровне;

командами, поступающими как с уровня более высокого ранга, так и формирующимися непосредственно на первом уровне.

Для уровня второго ранга и выше возможны четыре режима работы:

аппаратура данного i -го ранга принимает и реализует в

управляющие воздействия команды $(i + 1)$ -го ранга;

команды формируются непосредственно на аппаратуре i -го ранга;

все функции управления с i -го ранга передаются на аппаратуру $(i - 1)$ -го ранга;

часть команд на аппаратуру i -го ранга поступает с $(i + 1)$ -го ранга,

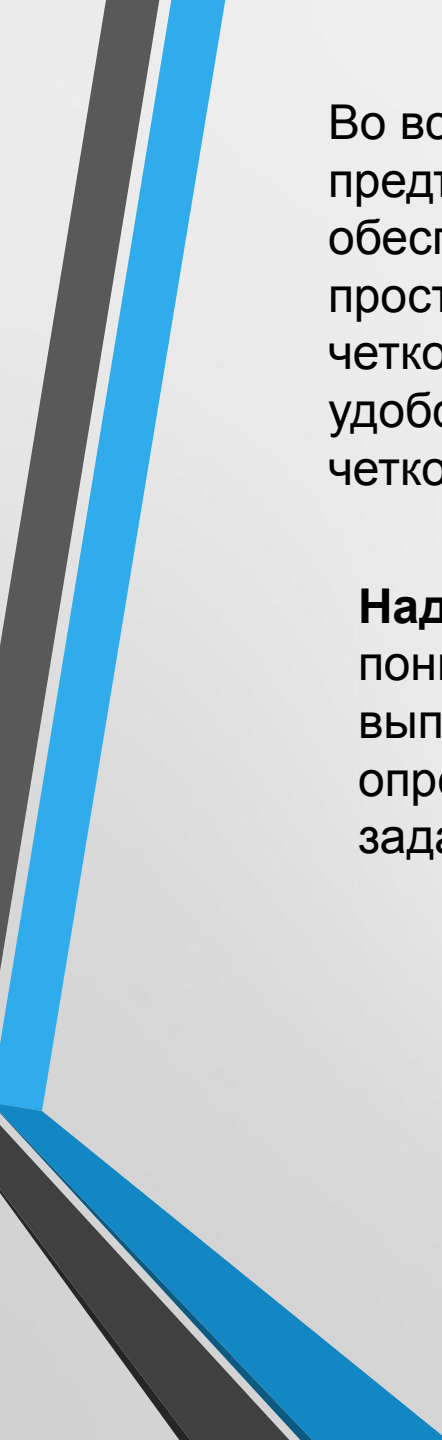
часть команд формируется на i -м ранге, часть функций управления передана на аппаратуру $(i - 1)$ -го ранга.

Принципиальные электрические схемы систем автоматизации

Принципиальные электрические схемы определяют полный состав приборов, аппаратов и устройств (а также связей между ними), действие которых обеспечивает решение задач управления, регулирования, защиты, измерения и сигнализации. Принципиальные схемы служат основанием для разработки других документов проекта: монтажных таблиц щитов и пультов, схем внешних соединений и др.

Эти схемы дают детальное представление о работе системы и служат также для изучения принципа действия системы, они необходимы при производстве наладочных работ и в эксплуатации.

При всем многообразии принципиальных электрических схем в различных системах автоматизации любая схема, независимо от степени ее сложности, представляет собой определенным образом составленное сочетание отдельных, достаточно элементарных электрических цепей и типовых функциональных узлов, в заданной последовательности выполняющих ряд стандартных операций: передачу командных сигналов от органов управления или измерения к исполнительным органам, усиление или размножение командных сигналов, их сравнение, превращение кратковременных сигналов в длительные и, наоборот, блокировку сигналов и т.п. К элементарным цепям могут быть отнесены типовые схемы включения измерительных приборов различного назначения



Во всех случаях помимо полного удовлетворения требований, предъявляемых к системе управления, каждая схема должна обеспечивать высокую надежность простоту и экономичность четкость действий при аварийных режимах, удобство оперативной работы, эксплуатации, четкость оформления.

Надежность. Под надежностью схемы понимают ее способность безотказно выполнять свои функции в течение определенного интервала времени в заданных режимах работы.

Простота и экономичность проектируемых схем обеспечивается применением стандартной, наиболее дешевой аппаратуры и типовых (нормализованных) узлов; сокращением до минимума числа элементов в схеме и ограничением их номенклатуры; применением систем электропривода производственных механизмов, обеспечивающих высокие энергетические показатели в установившихся и переходных режимах работы, и т.п.

Четкость действия схемы при аварийных режимах. Каждая принципиальная электрическая схема в системах автоматизации технологических процессов должна быть построена таким образом, чтобы при возникновении аварийных режимов, вызванных неисправностями в цепях управления, а также при полном исчезновении или снижении и последующем восстановлении напряжения питания в главных (силовых) цепях управления обеспечивалась безопасность обслуживающего персонала и предотвращалось дальнейшее развитие аварии, приводящее к повреждению механического или электрического оборудования и браку продукции.

Удобство оперативной работы.

Принципиальная электрическая схема должна обеспечивать оптимальные условия для работы оперативного персонала.

Четкость оформления. Оформление любой электрической схемы следует выполнять ясно, просто и компактно. Графическое оформление схемы должно способствовать наилучшему восприятию содержания схемы.

В процессе проектирования систем автоматизации различных процессов принципиальные электрические схемы разрабатывают обычно в следующем порядке:

- 1) на основании функциональной схемы автоматизации составляют четко сформулированные технические требования, предъявляемые к принципиальной электрической схеме;
- 2) применительно к этим требованиям устанавливают условия и последовательность действия схемы;
- 3) каждое из заданных условий действия схемы изображают в виде тех или иных элементарных цепей, отвечающих данному условию действия;
- 4) элементарные цепи объединяют в общую схему;
- 5) производят выбор аппаратуры и электрический расчет параметров отдельных элементов (сопротивлений обмоток реле, нагрузки контактов и т. п.);
- 6) корректируют схему в соответствии с возможностями принятой аппаратуры;
- 7) проверяют в схеме возможность возникновения ложных или обходных цепей или ее неправильной работы при повреждениях элементарных цепей или контактов;
- 8) рассматривают возможные варианты решения и принимают окончательную схему применительно к имеющейся аппаратуре.

Алгоритмизация в автоматизированных системах

Алгоритм - совокупность предписаний, выполнение которых приводит к решению поставленной задачи.

Алгоритм управления - алгоритм, формализующий процесс управления некоторым объектом.

Алгоритмизация - процесс получения и формулирования алгоритма.

Алгоритмический язык - формальный язык, разработанный для представления алгоритмов.

Входной язык - см. "Алгоритмический язык".

Буквы - элементарные символы языка.

Слова - наименьшие смысловые единицы языка, представляющие собой последовательности букв.

Алфавит - набор букв, употребляемых в языке.

Выражение - синтаксическая форма, образованная из слов.

Идентификатор - произвольная последовательность букв, служащая для обозначения переменных, меток, функций, переключателей, процедур.

Описание - словесная характеристика некоторых свойств величин, используемых в программе, служащая для связи этих величин с идентификаторами.

Ассемблер - машинно-ориентированный язык программирования.

Мнемокод - см. "Ассемблер".

Процедурно-ориентированный язык - алгоритмический язык, не привязанный к конкретной ЭВМ (например, ФОРТРАН, АЛГОЛ-60).

Проблемно-ориентированный язык - алгоритмический язык, содержащий понятия и методы, связанные с данной областью науки, с определенным классом решаемых задач.

Оператор - указание о выполнении некоторых вычислений или операций.

Алгоритмы обнаружения событий

- **Алгоритм В.** Проверяется, какой из двух возможных уровней имел сигнал ("1" - событие произошло, "0" - событие не произошло). Проверка осуществляется в определенный момент времени, регистрируемый таймером.
- **Алгоритм GE.** Сигнал $I(T)$ о событии сравнивается с заданным эталонным значением E . Выходит значение логической переменной $B(T)$ по правилу
- **Алгоритм LE.** Аналогичен алгоритму GE, за исключением того, что значение логической переменной $B(T)$ вырабатывается по закону

$$B(T) = \begin{cases} 1, I(T) \geq E; \\ 0, I(T) < E. \end{cases}$$

$$B(T) = \begin{cases} 1, I(T) \leq E; \\ 0, I(T) > E. \end{cases}$$

- **Алгоритм Z.** Проверяется попадание сигнала о событии в определенную зону. Значение логической переменной $B(T)$ вырабатывается в соответствии с соотношениями

$$B(T) = \begin{cases} 1, I(T) \leq E & \& I(T) \geq E2; \\ 0, I(T) < E2 \vee I(T) > E1, \end{cases}$$

причем $E2 < E1$

$E1, E2$ - границы зоны

- **Алгоритм V.** Производится количественная оценка значения сигнала $I(T)$ в соответствии с метрической многоэталонной шкалой. Используется упорядоченная таблица эталонов, в которой производится поиск по дихотомическому методу.

Алгоритмы анализа ситуаций

Алгоритмы анализа ситуаций обеспечивают распознавание и классификацию ситуаций, возникающих в процессе эксплуатации объекта, и выявляют соответствующие последним классы допустимых управляющих воздействий. При этом вырабатываются рекомендации по ликвидации нарушений в ходе процесса и выделяются параметры, по которым в данной ситуации следует оптимизировать производство.

Основой алгоритмов анализа ситуаций являются обычные и временные булевы (логические) функции вида $f(x_1, x_2, \dots, x_n, t)$ где x_1, x_2, \dots, x_n - логические переменные, полученные в результате анализа состояния оборудования объекта; t - момент времени, когда производится анализ ситуации.

Алгоритмы подготовки советов и рекомендаций

К этой группе относятся алгоритмы первичной переработки информации, ее интегрирования, сжатия. При использовании УВМ в режиме "советчика" сохраняются местные устройства автоматики и защиты. Совет машины формируется в виде рекомендаций для обслуживания персонала (оператора), который может этими рекомендациями пренебречь и поступать по своему усмотрению. Управление механизмами объекта осуществляется по командам, которые формируются человеком с помощью различных управляющих органов (кнопки, манипуляторов, переключателей и т.п.) как с пультом управления, входящих в состав АСУ ТП, так и расположенных на объекте. Выполнение быстродействующих управляющих воздействий (например, сигналов аварийной защиты) возлагается на местные устройства автоматизации.

Алгоритм подготовки и принятия решений

Алгоритм подготовки и принятия решений строится по следующей схеме:

- 1) получение исходной информации от управляемого объекта;
- 2) анализ информации;
- 3) выявления проблемной ситуации;
- 4) формирование целей;
- 5) построение модели системы;
- 6) формирование критерия и (или) предпочтения;
- 7) поиск процедуры решения задач;
- 8) выбор решения;
- 9) корректировка решения;
- 10) реализация решения.

Алгоритмы вспомогательные

Для обеспечения надежности выполнения АСУ ТП используются следующие методы увеличения алгоритмической избыточности.

1. Счетные методы контроля:

- двойной счет;
- "усеченные" алгоритмы;
- просчет программы с выходом на контрольный результат;
- счетный контроль с получением контрольных сумм;
- счет записей;
- перекрестный контроль.

2. Математические методы проверок:

- способ подстановки;
- использование метода корреляционных связей;
- метод "вилки";
- метод статического прогноза.

3. Логические методы контроля:

- контроль по отклонениям;
- контроль заданной последовательности записей;
- контроль за временем решения задач на УВМ и периодичностью выдаваемых результатов.

4. Сложные методы контроля:

- метод контрольных испытаний;
- метод контрольных программ;
- контроль методом следствия.

Оформление алгоритмов работы АСУ производится в соответствии с [ГОСТ 19.701-90](#) ЕСПД (ИСО 5807 - 85) "Схемы алгоритмов, программ, данных и систем".

Область применения ГОСТа отражена в его названии. Он может применяться в схемах:

- 1) алгоритмов;
- 2) данных;
- 3) программ;
- 4) работы системы;
- 5) взаимодействия программ;
- 6) взаимодействия ресурсов систем.

Все регламентируемые ГОСТом символы делятся на четыре группы:

1. Символы данных (10 символов).
2. Символы процесса (7 символов).
3. Символы линий (4 символа).
4. Символы специальные (4 символа).

Описание схем

Схема данных

Схемы данных отображают путь данных при решении задач и определяют этапы обработки, а также различные применяемые носители данных.

Схема данных состоит из:

- 1) символов данных (символы данных могут также указывать вид носителя данных);
- 2) символов процесса, который следует выполнить над данными (символы процесса могут также указывать функции, выполняемые вычислительной машиной);
- 3) символов линий, указывающих потоки данных между процессами и (или) носителями данных;
- 4) специальных символов, используемых для облегчения написания и чтения схемы.

Символы данных предшествуют и следуют за символами процесса. Схема данных начинается и заканчивается символами данных (за исключением специальных символов).

Схема программы

Схемы программ отображают последовательность операций в программе.

Схема программы состоит из:

- 1) символов процесса, указывающих фактические операции обработки данных (включая символы, определяющие путь, которого следует придерживаться с учетом логических условий);
- 2) линейных символов, указывающих поток управления;
- 3) специальных символов, используемых для облегчения написания и чтения схемы.

Схема работы системы

Схемы работы системы отображают управление операциями и поток данных в системе.

Схема работы системы состоит из:

- 1) символов данных, указывающих на наличие данных (символы данных могут также указывать вид носителя данных);
- 2) символов процесса, указывающих операции, которые следует выполнить над данными, а также определяющих логический путь, которого следует придерживаться;
- 3) линейных символов, указывающих потоки данных между процессами и (или) носителями данных, а также поток управления между процессами;
- 4) специальных символов, используемых для облегчения написания и чтения блок-схемы.

Схема взаимодействия программ

Схемы взаимодействия программ отображают путь активации программ и взаимодействий с соответствующими данными. Каждая программа в схеме взаимодействия программ показывается только один раз (в схеме работы системы программа может изображаться более чем в одном потоке управления).

Схема взаимодействия программ состоит из:

- 1) символов данных, указывающих на наличие данных;
- 2) символов процесса, указывающих на операции, которые следует выполнить над данными;
- 3) линейных символов, отображающих поток между процессами и данными, а также инициации процессов;
- 4) специальных символов, используемых для облегчения написания и чтения схемы.

Схема ресурсов системы

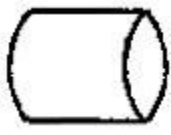


Схемы ресурсов системы отображают конфигурацию блоков данных и обрабатывающих блоков, которая требуется для решения задачи или набора задач.




Схема ресурсов системы состоит из:

- 1) символов данных, отображающих входные, выходные и запоминающие устройства вычислительной машины;
- 2) символов процесса, отображающих процессоры (центральные процессоры, каналы и т.д.);
- 3) линейных символов, отображающих передачу данных между устройствами ввода-вывода и процессорами, а также передачу управления между процессорами;
- 4) специальных символов, используемых для облегчения написания и чтения схемы.

Основные символы данных		
<i>Данные</i>	Символ отображает данные, носитель данных не определен	
<i>Запоминаемые данные</i>	Символ отображает хранимые данные в виде, пригодном для обработки, носитель данных не определен.	
<i>Специфические символы данных</i>	Символы данных	
<i>Оперативное запоминающее устройство</i>	Символ отображает данные, хранящиеся в оперативном запоминающем устройстве	
<i>Запоминающее устройство с последовательным доступом</i>	Символ отображает данные, хранящиеся в запоминающем устройстве с последовательным доступом (магнитная лента, кассета с магнитной лентой, магнитофонная кассета).	


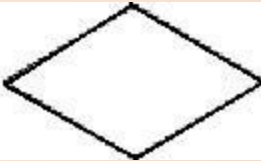

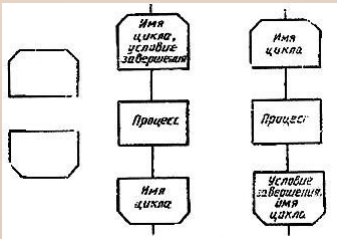
Описание символов

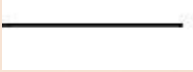
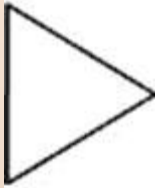

<p><i>Запоминающее устройство с прямым доступом</i></p>	<p>Символ отображает данные, хранящиеся в запоминающем устройстве с прямым доступом (магнитный диск, магнитный барабан, гибкий магнитный диск).</p>	
<p><i>Документ</i></p>	<p>Символ отображает данные, представленные на носителе в удобочитаемой форме (машинограмма, документ для оптического или магнитного считывания, микрофильм, рулон ленты с итоговыми данными, бланки ввода данных).</p>	
<p><i>Ручной ввод</i></p>	<p>Символ отображает данные, вводимые вручную во время обработки с устройств любого типа (клавиатура, переключатели, кнопки, световое перо, полосы со штриховым кодом).</p>	

Карта	Символ отображает данные, представленные на носителе в виде карты (перфокарты, магнитные карты, карты со считываемыми метками, карты с отрывным ярлыком, карты со сканируемыми метками).	
Бумажная лента	Символ отображает данные, представленные на носителе в виде бумажной ленты	
Дисплей	Символ отображает данные, представленные в человекочитаемой форме на носителе в виде отображающего устройства (экран для визуального наблюдения, индикаторы ввода информации).	

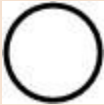
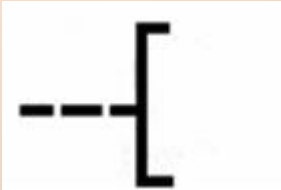
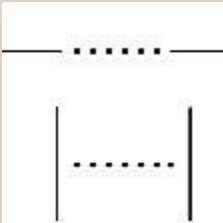
Основные символы процесса		
<i>Процесс</i>	Символ отображает функцию обработки данных любого вида (выполнение определенной операции или группы операций, приводящее к изменению значения, формы или размещения информации или к определению, по которому из нескольких направлений потока следует двигаться).	
Специфические символы процесса		
<i>Предопределенный процесс</i>	Символ отображает предопределенный процесс, состоящий из одной или нескольких операций или шагов программы, которые определены в другом месте (в подпрограмме, модуле).	
<i>Ручная операция</i>	Символ отображает любой процесс, выполняемый человеком	

Описание символов
Символы процесса

<p><i>Подготовка</i></p>	<p>Символ отображает модификацию команды или группы команд с целью воздействия на некоторую последующую функцию (установка переключателя, модификация индексного регистра или инициализация программы).</p>	
<p><i>Решение</i></p>	<p>Символ отображает решение или функцию переключательного типа, имеющую один вход и ряд альтернативных выходов, один и только один из которых может быть активизирован после вычисления условий, определенных внутри этого символа. Соответствующие результаты вычисления могут быть записаны по соседству с линиями, отображающими эти пути.</p>	
<p><i>Параллельные действия</i></p>	<p>Символ отображает синхронизацию двух или более параллельных операций</p>	
<p><i>Граница цикла</i></p>	<p>Символ, состоящий из двух частей, отображает начало и конец цикла. Обе части символа имеют один и тот же идентификатор. Условия для инициализации, приращения, завершения и т.д. помещаются внутри символа в начале или в конце в зависимости от расположения операции, проверяющей условие</p>	

<i>Основной символ линий</i>		
<i>Линия</i>	Символ отображает поток данных или управления. При необходимости или для повышения удобочитаемости могут быть добавлены стрелки-указатели	
<i>Специфические символы линий</i>		
<i>Передача управления</i>	Символ отображает непосредственную передачу управления от одного процесса к другому, иногда с возможностью прямого возвращения к иницирующему процессу после того, как иницированный процесс завершит свои функции. Тип передачи управления должен быть назван внутри символа (например, запрос, вызов, событие).	
<i>Канал связи</i>	Символ отображает передачу данных по каналу связи	
<i>Пунктирная линия</i>	Символ отображает альтернативную связь между двумя или более символами. Кроме того, символ используют для обведения аннотированного участка	

Символы линий

Специальные символы		
Соединитель	<p>Символ отображает выход в часть схемы и вход из другой части этой схемы и используется для обрыва линии и продолжения ее в другом месте.</p> <p>Соответствующие символы-соединители должны содержать одно и то же уникальное обозначение</p>	
Терминатор	<p>Символ отображает выход во внешнюю среду и вход из внешней среды (начало или конец схемы программы, внешнее использование и источник или пункт назначения данных).</p>	
Комментарий	<p>Символ используют для добавления описательных комментариев или пояснительных записей в целях объяснения или примечаний. Пунктирные линии в символе комментария связаны с соответствующим символом или могут обходить группу символов. Текст комментариев или примечаний должен быть помещен около ограничивающей фигуры</p>	
Пропуск	<p>Символ (три точки) используют в схемах для отображения пропуска символа или группы символов, в которых не определены ни тип, ни число символов. Символ используют только в символах линии или между ними. Он применяется главным образом в схемах, изображающих общие решения с неизвестным числом повторений</p>	

Символы линий (прод.)