

Калинкин В.И.

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СТАНКАМИ



Содержание

Введение	2
1. Классификация систем автоматического управления	4
2. Аналоговые системы управления	8
3. Цикловые системы управления	14
4. Системы числового программного управления (ЧПУ)	19
5. Классификация систем ЧПУ	33
6. Типовые структуры устройств ЧПУ	38
7. Кодирование управляющей информации	45
8. Преобразование контроль и ввод управляющей информации	52
9. Интерполяторы	58
10. Блок управления скоростью подач	65
11. Информационные каналы ЧПУ	68
12. Системы автоматического управления промышленными роботами	74
13. Лабораторная работа № 1	77
Рекомендуемая литература	87

ВВЕДЕНИЕ

Управление станком можно представить как процесс воздействия на него для обеспечения выполнения требуемого технологического процесса обработки детали с заданными точностью, производительностью и себестоимостью обработки. Оно может осуществляться вручную — человеком или без участия человека — системой автоматического управления (САУ).

При управлении станком вручную рабочий преобразует информацию чертежа детали в определенные движения рук, осуществляя управление циклом работы станка и перемещениями его рабочих органов. При этом рабочий использует свой опыт и знания о методах обработки, последовательности выполнения технологических переходов, применяемых режимах обработки, возможностях и особенностях конструкции станка, режущих инструментов и др.

При управлении станком вручную обеспечиваются большая универсальность и высокая мобильность. Действительно, любое изменение чертежа детали может быть учтено рабочим при управлении станком, очень быстро и без больших затрат производится переход на обработку других деталей. Однако управление станком вручную значительно ограничивает возможность повышения производительности обработки, а во многих случаях также снижает или делает нестабильной точность обрабатываемых деталей.

При применении САУ управление станком производится на основе заранее разработанной программы, воплощенной в программоноситель (кулачках, копире, перфоленте и др.).

Система автоматического управления представляет собой комплекс устройств и средств связи, обеспечивающих точное и согласованное во времени взаимодействие рабочих и вспомогательных исполнительных механизмов станка в соответствии с программой управления, разработанной на основе принятого технологического процесса обработки. Программа управления — это последовательность команд, обеспечивающих заданное функционирование рабочих органов

станка. Элемент или комплекс элементов, несущих на себе программу управления, называется программоносителем.

1.Классификация систем управления

Существует множество различных систем автоматического управления станками отличающихся принципом действия, способом переработки информации и т.д. Все системы автоматического управления классифицируются:

- по типу программносителя**
- по виду начальной информации**
- по наличию обратной связи**

По типу программносителя

Системы автоматического управления (САУ) делятся на аналоговые, числовые и цикловые.

В аналоговых системах в качестве программносителя используется физический аналог обрабатываемой детали. В качестве физического аналога (программносителя) используются кулачки, копиры, шаблоны.

В числовых системах в качестве носителя информации используется числовая кодовая комбинация, описывающая геометрию детали и основные технологические функции для ее выполнения (Y, S, T). В качестве программносителя используются перфоленты, магнитные ленты, оперативные запоминающие устройства.

В цикловых системах в качестве программносителя используются штеккерные панели, наборные поля и т.д., которые используются для задания последовательности элементарных циклов из которых строится полный цикл обработки детали, а так же командоаппараты, жесткие упоры, путевые выключатели с помощью которых программируются величины перемещений в элементарных циклах.

По виду начальной информации

По этому признаку все системы автоматического управления делятся на две группы.

К первой группе относятся САУ, работающие на основе полной, заранее разработанной программы управления. САУ данной группы выполняют программу без ее изменения и коррекции.

К данной группе относятся системы управления с распределительным валом, копировальные системы управления, цикловые системы управления и некоторые числовые системы управления.

Ко второй группе относятся САУ, работающие на основе неполной начальной информации или информации, которую можно изменять в процессе обработки на основе использования текущей технологической информации об управляемом процессе, получаемой с помощью различных датчиков, с целью оптимизации обработки детали.

К данной группе относятся самоприспосабливающиеся (адаптивные), самонастраивающиеся и самообучающиеся системы.

В самоприспосабливающих системах управления оптимальное управление осуществляется изменением управляющего воздействия. В самонастраивающихся системах оптимальное управление осуществляется изменением параметров системы станок – приспособление – инструмент - деталь, а в самообучающихся системах – изменением структуры алгоритма управления.

По наличию обратной связи системы автоматического управления делятся на системы разомкнутые и замкнутые.

В разомкнутых системах имеется только один поток информации от управляющей программы к процессу резания, при помощи которого информация заложенная в программноноситель переносится на деталь. В этих системах отсутствует контроль действительного положения И.У. Точность перемещения рабочего органа, а следовательно и точность обработки будут зависеть от точности передаточных механизмов приводов подач (рис. 1.1).

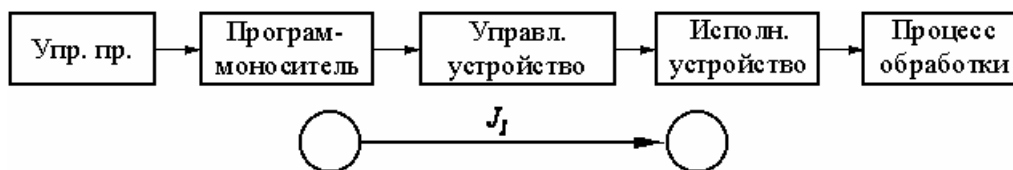


Рис.1.1 Разомкнутая САУ

Разомкнутыми системами управления являются системы с Р.В, механические копировальные системы, системы ЧПУ с маховыми приводами подачи.

Замкнутые системы предполагают два и более потоков информации. Один из которых прямой, а остальные дополнительные обратные потоки информации. Замкнутые системы бывают двух типов:

- 1) Системы управления с обратной связью по положению исполнительного органа (рис. 1.2).

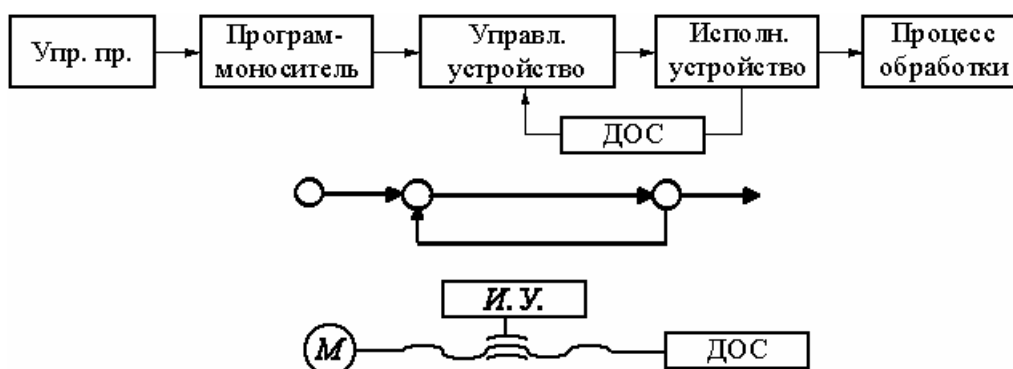


Рис.1.2. Замкнутая САУ по положению исполнительного органа

К этой группе относятся следящие копировальные системы, системы ЧПУ замкнутого типа.

- 2) Системы управления с обратной связью по положению и с датчиками измеряющими параметры процесса резания (силу, температуру, вибрации) для дополнения и коррекции прямого потока информации (рис.1.3).

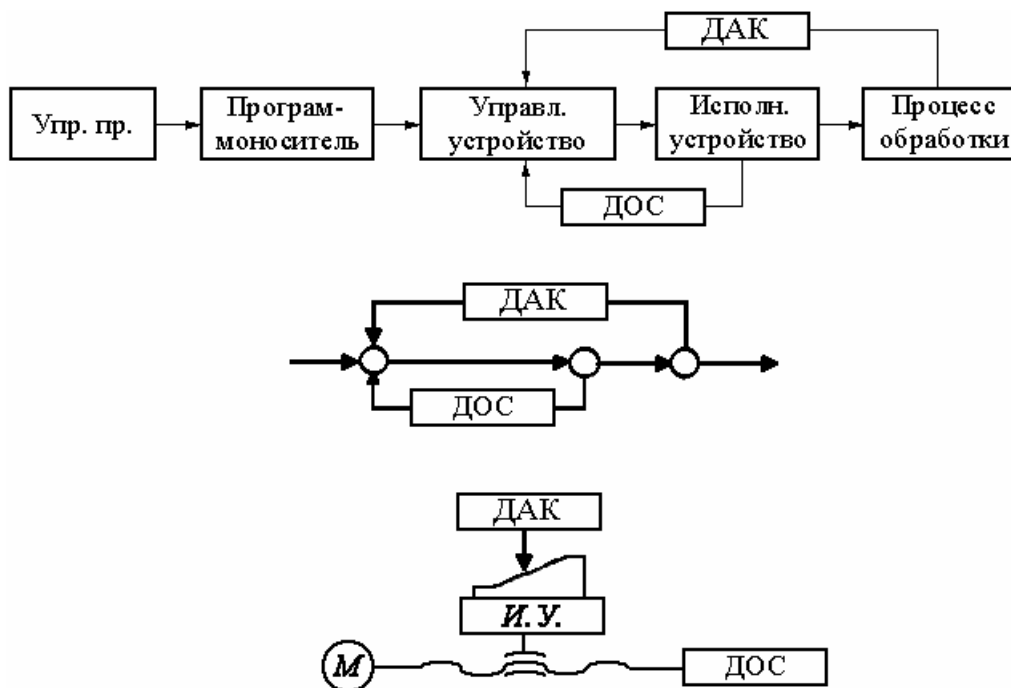


Рис.1.3. Замкнутая САУ по положению исполнительного органа и контролем параметров процесса резания

К ним относятся системы числового программного управления с дополнительными блоками, позволяющими оптимизировать процесс обработки

2. Аналоговые системы управления.

Системы управления с аналоговым программносителем делятся на две большие группы:

1. Системы управления с распределительным валом

2. Копировальные системы управления.

2.1. Системы управления с распределительным валом (РВ).

Системы управления с РВ можно представить как механические копировальные системы, копиры которых обернуты на цилиндры и установлены на один вал

Такие системы позволяют путем построения циклограммы заранее спроектировать и рассчитать рабочий цикл обработки любой сложности. Цикл обработки выполняется за один оборот распределительного вала.

Программа управления рассчитывается на основании данных чертежа и воплощается в программносителе, которым является кулачок для одного исполнительного органа (И.О.) или система кулачков (рабочих и командных) установленных в соответствии с циклограммой на РВ.

Величины перемещений И.О. задаются подъемом на кулачке h_k , а длительность углами на холостых ходах β_1 , β_2 и на рабочем ходе α (рис.2.1).

и

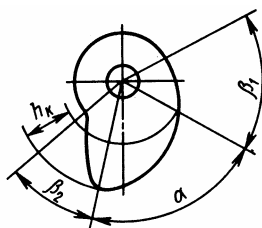


Рис.2.1. Кулачок

Эти системы широко применяются в специальных универсальных автоматах и полуавтоматах.

По принципу совершения холостых ходов системы управления с РВ делятся на 3 группы (рис. 2.2).

Системы управления 1-ой группы (Рис.2.1,а). Особенностью системы управления этой группы является то, что частота вращения РВ – const для каждой настройки звена Y в течении всего времени цикла обработки детали. В этих системах продолжительность холостых ходов зависит от продолжительности рабочих ходов.

Системы этой группы применяются в основном в фасонно-отрезных автоматах для изготовления простых деталей.

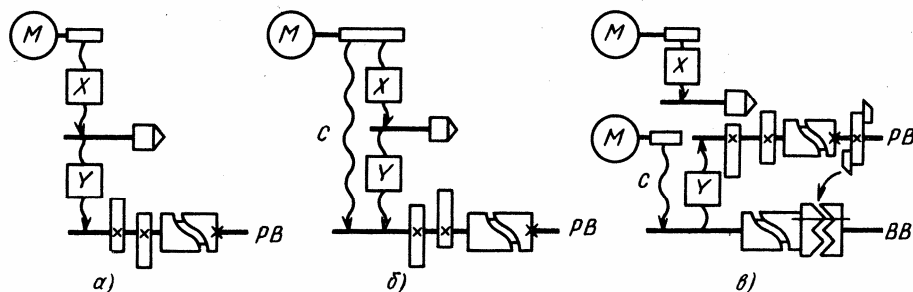


Рис.2.2. Структурные схемы систем управления с распределительным валом

Системы управления второй группы (Рис.2.2,б). Особенностью этих систем является то, что РВ в течении цикла обработки одной детали имеет две частоты вращения. Медленное вращение через звено настройки Y, при выполнении рабочих ходов и быстрое вращение при выполнении холостых ходов, которое передается по связи C.

В этих системах изменение времени рабочих ходов не влияет на продолжительность холостых ходов.

Эти системы применяются для обработки сложных деталей. Системами этой группы оснащаются как правило многошпиндельные автоматы и одношпиндельные автоматы продольного точения 1А10П, 1П12 и др.

Системы управления третьей группы (Рис.2.2,в). Системы этой группы представляют собой сочетание 1-ой и 2-ой групп. Распределительный вал здесь вращается с постоянной частотой при выполнении всех рабочих и части холостых ходов (подвод и отвод поперечных суппортов).

Остальные х.х. (подача и зажим прутка, поворот Р.Г, переключение частот вращения шпинделя) выполняются с помощью вспомогательного вала ВВ, частота вращения которого значительно выше частоты вращения Р.В.

Системами этой группы оснащены токарно-револьверные автоматы модели 1Б118, 1Б136 и др.

Если теоретическая производительность автомата более 10 шт/мин, то берут автомат оснащенный системой 1-ой группы, если меньше 1 то системой 2-ой группы, если от 1 до 10 шт / мин то системой 3-ей группы.

Система управления с РВ является очень надежными САУ.

2.2.Копировальные системы управления

Копировальные системы управления могут быть, как *замкнутые* так и *незамкнутые*. Программоносителем является шаблон или копир. Данные системы делятся на две группы: 1) **механические копировальные системы с прямым копированием**; 2) и **следящие копировальные системы с усилителями**.

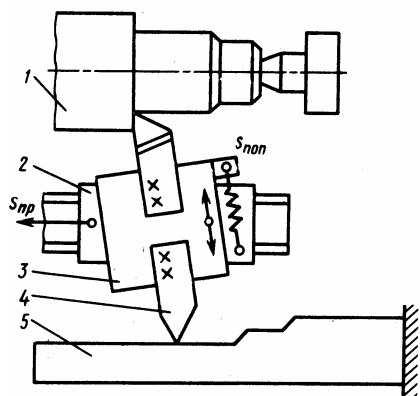


Рис.2.3. Механическая копировальная система

В системах с прямым копированием (Рис2.3), функции управления и тягового устройства для одной координаты совмещены. В данных системах на шупе возникают значительные удельные давления в зоне контакта шупа и шаблона, а, следовательно, деформации и износ. Салазкам 2 сообщается продольная подача. Копир 5 через шуп 4 управляет перемещением суппорта 3, сообщая ему поперечную подачу. Роль ведущей подачи выполняет $S_{пр}$, а роль следящей – $S_{поп}$.

Хотя данные системы конструктивно просты и надежны, при их работе возникают большие потери, а так же имеет место повышенный износ копира из-за действия на него силы резания, что влияет и на точность обработки. Данные системы применяются весьма редко особенно в последнее время.

Следящие копировальные системы управления. В отличии от механических копировальных систем, где копир выполняет две функции – управления перемещением исполнительного органа и его подачи, в следящих копировальных системах копир выполняет только функцию управления. Для сообщения подачи применяют различного типа усилители (гидравлические, электрические), которые снижают нагрузку на копир. Наличие усилителей в этих системах требует жесткой обратной связи между инструментом и обрабатываемой заготовкой.

Данные системы делятся на две группы в зависимости от вида управляющего сигнала на дискретные и непрерывные. Типичным представителем дискретной следящей копировальной системы является электромеханическая система с трех или пятипозиционной головкой

На рисунке 2.4,а представлен копировально-фрезерный станок, оснащенный электромеханической копировальной системой. В основе работы этой системы является принцип рассогласования положения щупа следящего устройства и инструмента.

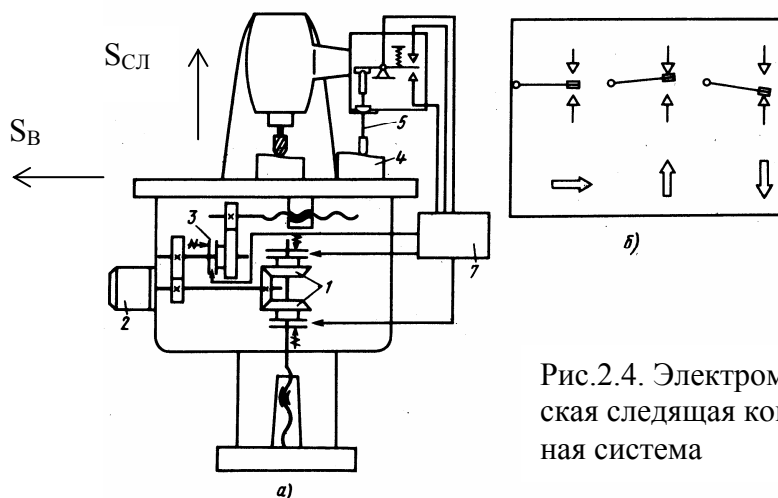


Рис.2.4. Электромеханическая следящая копировальная система

На горизонтальном столе устанавливается обрабатываемая деталь и копир 4. К шпиндельной бабке станка жестко крепится электроконтактная головка, которая через усилитель 7 управляет электромагнитными муфтами в приводе подачи станка. В копир 4 упирается щуп 5 и через систему рычагов управляет положением среднего контакта (рис.2.4,б). В начальный момент обработки щуп настраивается так, что контакт находится в среднем положении. Движение от электродвигателя 2 через включенную электромагнитную муфту 3 передается на винт продольной подачи, который осуществляет ведущую подачу S_B . При этом щуп скользит по копиру и замыкает верхний или нижний контакт. Электромагнитная муфта 3 отключается и включается одна из электромагнитных муфт реверсивного механизма 1 вертикального перемещения стола, т.е. включается следящая подача S_C . Жесткая обратная связь в данной системе выполнена в виде кронштейна, которым крепится корпус электромеханической головки к шпиндельной бабке станка.

Типичным представителем следящей копировальной системы с непрерывным управляющим сигналом служит гидравлическая следящая копировальная система. Схема системы, управляющей фрезерным гидрокопировальным станком представлена на рисунке 2.5.

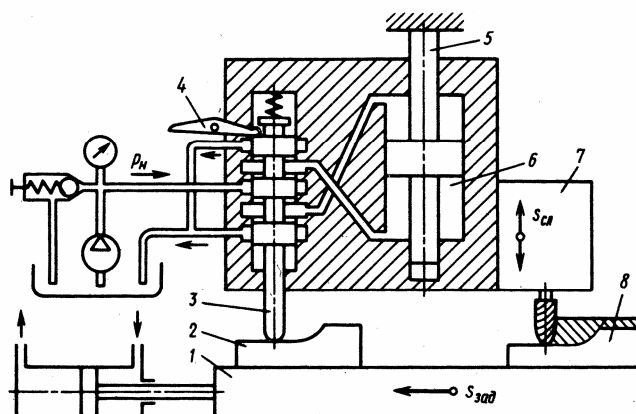


Рис.2.5. Схема гидравлической следящей копировальной системы

Большим недостатком этих систем управления является независимость ведущей S_B или задающей $S_{зад}$ и следящей подач $S_{сл}$, что приводит к различной подаче S_K вдоль контура и значит к неодинаковому качеству обработки поверхности. Скоростная диаграмма таких систем управления представлена на рисунке 2.6.

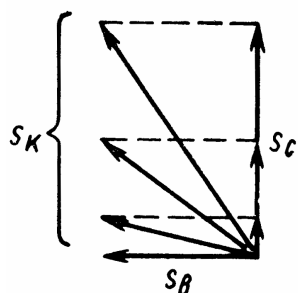


Рис.2.6. Скоростная диаграмма копировальной системы с прямым действием

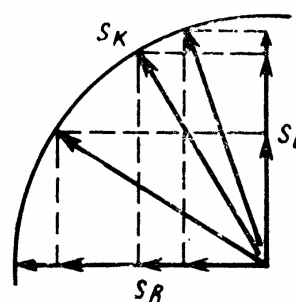


Рис.2.7. Скоростная диаграмма копировальной следящей системы

Для обеспечения постоянства контурной скорости подачи необходимо иметь связь между ведущей и следящей подачами. Системы с такой связью имеют скоростную диаграмму представленную на рисунке 2.7.

Для этого применяют системы со специальными схемами слежения. Однако такие системы достаточно сложны в настройке и требуют тщательных расчетов в особенности динамических характеристик. Пример такой системы управления приведен на рис. 2.8. Ведущая подача S_B обеспечивается гидроцилиндром 1, скорость движения поршня которого автоматически управляется гидро распределителем 2 в функции изменения следящей подачи S_C . При увеличении скорости следящей подачи возрастает давление на выходе масла из гидроцилиндра 3, а значит, в верхней части регулятора 2, золотник которого, перемещаясь, увеличивает дросселирование масла, выходящего из гидроцилиндра 1, тем самым уменьшая скорость задающей подачи S_B . Настройкой дросселей 4 и 5 добиваются возможно большего постоянства результирующей подачи S_K вдоль обрабатываемого контура.

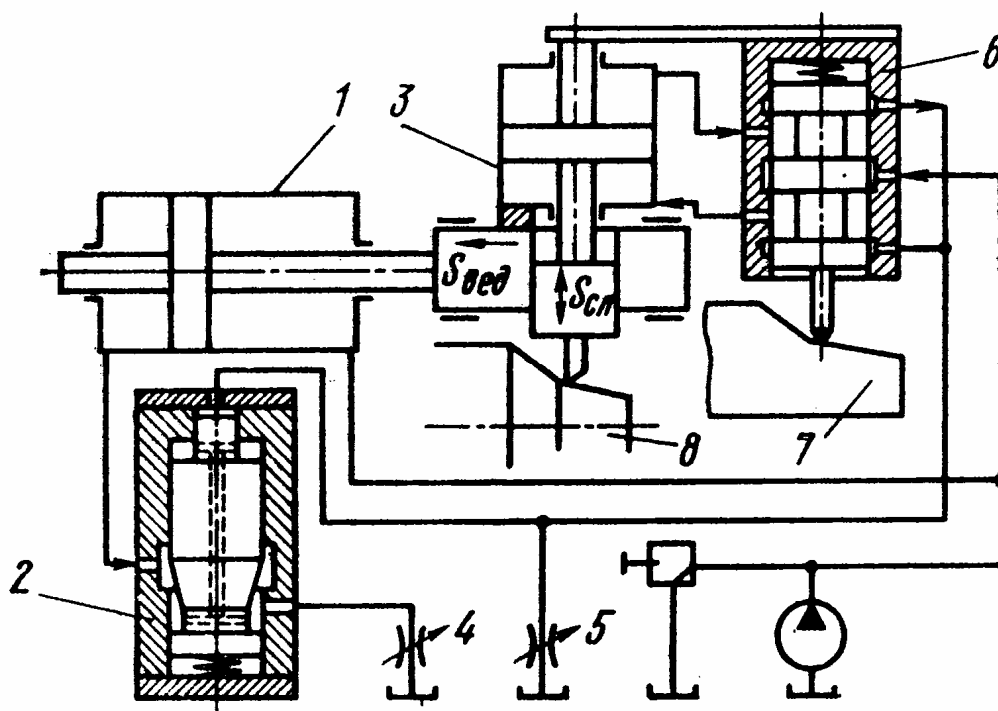


Рис.2.8. Схема гидравлической копировальной системы с зависимыми подачами.

3. Системы циклового управления станками.

Цикловое программное управление применяют для автоматизации процессов прямоугольного формообразования. Данные системы являются дальнейшим развитием систем управления с распределительным валом.

В системах ЦПУ одна часть программы управления – информация о цикле и режимах обработки – задается на пульте управления штеккерами, переключателями или вводится на перфокартах и др. Другая часть – размерная информация, характеризующая величины перемещений рабочих органов станка, устанавливается с помощью кулачков, установленных на исполнительных узлах станка и воздействующих на путевые выключатели (датчики).

Цикл обработки на станках с такой системой управления состоит из набора элементарных циклов, каждый из которых осуществляет управление исполнительными органами станка в заранее определенной последовательности. Например элементарный цикл резьбонарезания плашкой или метчиком системы ЦПУ токарно-револьверного станка осуществляет следующие действия: задание вращения шпинделя; ускоренный подвод револьверного суппорта к детали; нарезание резьбы; реверс шпинделя; свинчивание резьбонарезного инструмента; ускоренный отвод револьверного суппорта.

Структурная схема устройства ЦПУ представлена на рис.3.1.

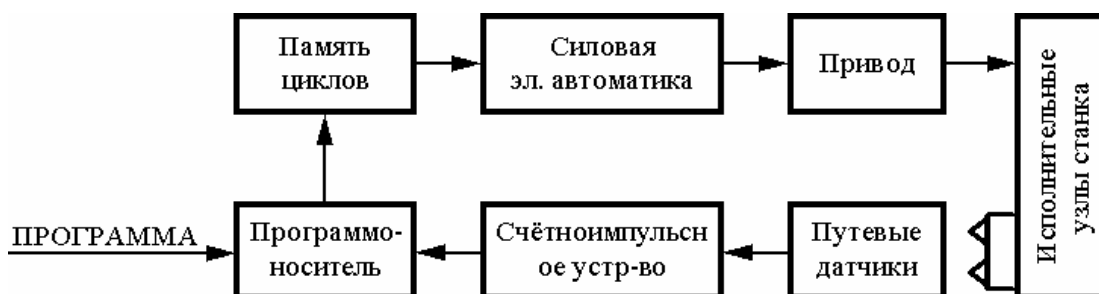


Рис.3.1. Структурная схема устройства циклового программного управления

Как говорилось выше, управляющая программа состоит из двух частей, одна из них, которая содержит информацию о наборе элементарных циклов и их последовательности заносится на программноноситель, а вторая часть – размерные перемещения задается соответствующей настройкой кулачков на исполнительных узлах. В качестве программноносителя используются штеккерные панели, командоаппараты и др. Блок памяти циклов содержит информацию о всех элементарных циклах используемых данной системой управления в виде электрических цепей, которые по команде от счетно-импульсного устройства подключаются к силовой электроавтоматике станка, которая управляет приводами и перемещением исполнительных узлов станка. Кулачки, установленные на исполнительных узлах, воздействуют на путевые датчики, которые управляют элементами электрических цепей соответствующего элементарного цикла. Команду счетно-импульсному устройству на считывание очередной порции информации подает путевой выключатель возврата исполнительного узла станка в исходное положение после отработки очередного элементарного цикла.

В свое время широкое распространение получили системы ЦПУ со штеккерными панелями. Штеккерная панель (рис.3.2) представляет собой прямоугольную решетку из изолированных горизонтальных и вертикальных металлических полос (шин). В местах пересечения полосы имеют соосные отверстия (гнезда).

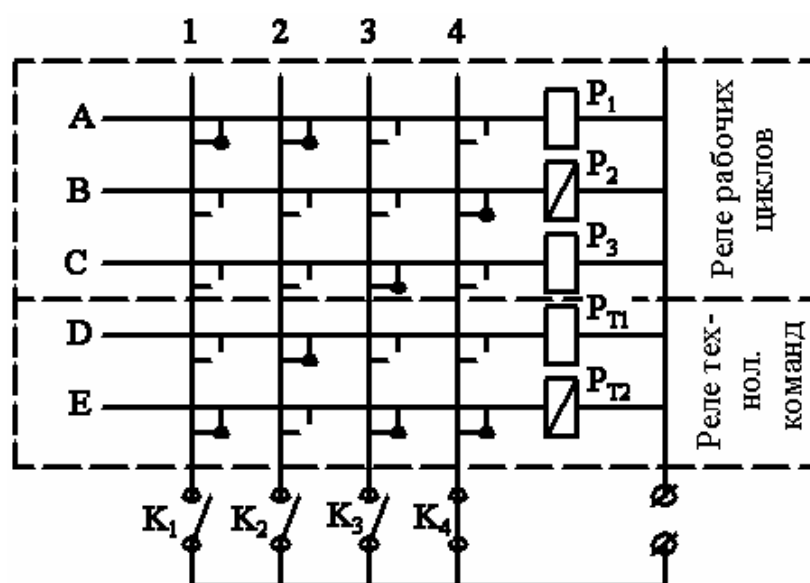


Рис.3.2. Схема штеккерной панели

В эти отверстия вставляют штекеры (металлические штифты с изолированным наконечником), соединяющие шины друг с другом. Присоединяя к горизонтальным шинам те или иные электрические цепи элементарных циклов, можно посредством штекеров осуществить многочисленные комбинации их соединения. Количество горизонтальных шин определяется количеством элементарных циклов и технологических команд. Количество вертикальных шин определяется конструктивными особенностями станка.

Панель снаружи закрыта листом тонкого изолирующего материала с отверстиями для штекеров. Счетно-импульсное устройство последовательно замыкая контакты K включает те реле P рабочих элементарных циклов и реле P_T технологических команд, в гнезда которых вставлены штекеры. Эти реле осуществляют подключение электрических цепей соответствующих элементарных циклов и технологических команд.

Разновидностью систем ЦПУ являются программируемые контроллеры (ПК).

Устройства программируемого бесконтактного логического управления получили название программируемых контроллеров (ПК) или программируемых командоаппаратов. Программируемые контроллеры в качестве элементной базы используют микроэлектронные интегральные схемы. Это позволяет создать малогабаритные универсальные системы управления с широкой областью применения взамен специализированных систем, что приводит к сокращению времени проектирования, изготовления и наладки электрооборудования станков. При этом сохраняется простота внесения изменений при отладке станка, возможность изменения программы, возможность простой замены неисправного шкафа управления исправным. К тому же в таких системах достигается более высокая надежность работы.

ПК – это устройство, осуществляющее управление электроавтоматикой с помощью определенных алгоритмов, реализованных программой, хранящейся в памяти устройства. По своим функциям программируемые контроллеры сходны с обычными управляющими процессорными устройствами, однако имеют и некоторые особенности: они преимущественно осуществляют логические операции,

счет импульсов и выдержки времени; допускают облегченное программирование по принципиальной электрической схеме и логическим описаниям. При этом не требуется специальной подготовки персонала, как это необходимо при обучении программистов ЭВМ. Программу вводят нажатием клавиш с обозначениями логических элементов. При этом в блоке логического управления формируются соответствующие логические функции. На клавиши часто наносят условные графические обозначения контактов релейно-контактной схемы. В этом случае при программировании составляют сначала принципиальную релейно-контактную схему цепей управления. Затем нажимают клавиши с обозначениями контактов, входящих в одну из цепей принципиальной схемы. При этом в блоке управления образуется логический бесконтактный эквивалент данного элемента. Затем переходят к следующей цепи принципиальной схемы.

Структурная схема программируемого контроллера представлена на рис.3.3

Модуль ввода формирует сигналы, поступающие от различных периферийных устройств. Модуль вывода подает сигнал на исполнительные устройства электроавтоматики станка. Процессор решает логические задачи управления модулем вывода на основе информации, поступающей на модуль ввода и алгоритмов управления, введенных в память.



Рис.3.3. Структурная схема программируемого контроллера

[illegible]

Рис.2. Штекерная панель

4. Системы числового программного управления станками

Числовое программное управление является разновидностью автоматического управления и предусматривает запись программы в условном цифровом коде на перфолентах, магнитных лентах. Программа в этом случае может быть записана также непосредственно в памяти управляющей ЭВМ.

Этапы изготовления детали на станке с ЧПУ

- 1 – изучение чертежа
- 2 - преобразование информации чертежа в текстовую или табличную формы с помощью символов, составление программы
- 3 – запись программы на программоноситель или ввод ее в память управляющей ЭВМ
- 4 – реализация программы на станке.

Таким образом, обеспечивается работа станка без создания аналоговой модели программы.

4.1. Функции числового программного управления.

Все функции, выполняемые СЧПУ можно разделить на четыре класса:

1. Управление формообразованием (геометрическая задача).
2. Управление дискретной автоматикой станка (логическая задача).
3. Управление рабочим процессом станка (технологическая задача)
4. Взаимодействие с окружающей производственной средой (терминальная задача), которая проявляется через диалог с оператором или с управляющим устройством более высокого ранга.

Геометрическая задача управления. Геометрическая задача исторически возникла первой и у первых систем ЧПУ была единственной. Геометрическая задача формулируется следующим образом: отобразить геометрическую информацию чертежа в совокупность таких формообразующих движений станка, которые материализуют чертеж в конечном изделии. Перемещение осуществляется по траек-

тории, которую необходимо делить на участки, описываемые однообразными уравнениями прямой или окружности. Точки, помещенные на стыках участков, называются опорными (рис.4.1,а). Опорной так же считается точка пересечения дуги окружности с осью проведенной из центра этой окружности. Перемещение инструмента или заготовки может осуществляться как по контуру заданному чер-

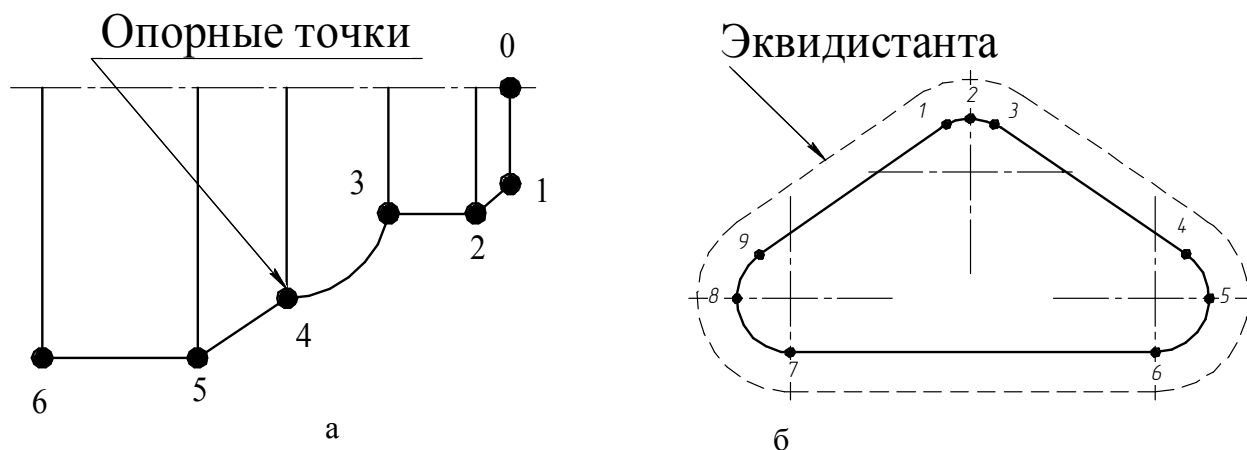


Рис.4.1 Траектория перемещения инструмента или заготовки

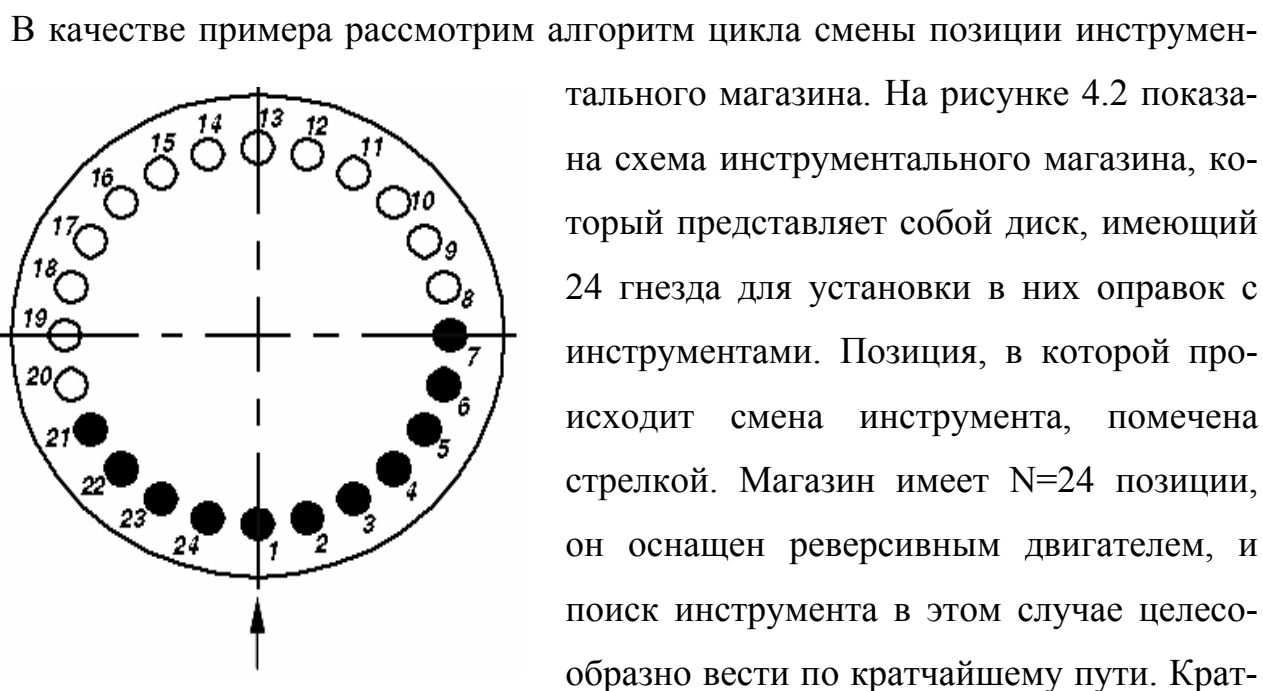
тежом (рис.4.1,а), так и по эквидистанте (рис.4.1,б).

Процесс управления заключается в перемещении инструмента или заготовки между опорными точками. Процедура вычисления координат всех промежуточных точек называется интерполяцией. Интерполяция осуществляется над целыми числами, каждая единица которых соответствует наименьшему перемещению или углу поворота рабочего органа станка, контролируемого в процессе управления. Такое соответствие трактуют как дискретность перемещения. Поскольку контроль перемещения на станке вдоль каждой координатной оси выполняет датчик обратной связи по положению следящего привода подачи, постольку и дискретность перемещения определяется ценой деления шкалы этого датчика.

Перемещения задаются в кадрах управляющей программы. Последовательное выполнение всех кадров приводит к последовательному обходу вдоль всего контура. Во избежании приостановки при переходе от одного кадра к другому, каждый последующий кадр должен быть заранее подготовлен к оперативным расчетам и отработке, такой кадр называется буферным. Запись кадров управляющей программы осуществляется на языке ISO 7bit.

Логическая задача управления. Выполнением основных операций по перемещению далеко не исчерпывается задача управления. На современных станках процесс сопровождается выполнением множества вспомогательных операций, к которым относятся: смена инструмента, переключение в приводах главного движения и подач, управление зажимными устройствами, охлаждением и т.д. Все эти функции выполняются цикловой электроавтоматикой станка, под которой понимают систему автоматического управления механизмами, поведение которых определяется множеством дискретных операций. Причем часть операций выполняется безусловно (охлаждение), а часть в зависимости от осведомительных сигналов, поступающих со станка (скорость главного движения, поворот инструментальной головки т.д.)

Для решения логической задачи числового программного управления создают системы цикловой электроавтоматики. Эта задача состоит из ряда подзадач, которые описывают циклический процесс дискретных механизмов станка (включение шпинделя, смена позиции инструментальной головки, управление тактовым столом и т. д.). Все сложные циклические процессы представляют в виде циклов автоматики. Циклом автоматики называют последовательность действий дискретного механизма, выполняемых после команд: например, «Скорость главного движения



чайший путь будет определяться направлением вращения магазина по часовой стрелке или против, и зависит от соотношения номеров исходной позиции $N_{И}$ и заданной позиции N_3 . Очевидно, что вращение по часовой стрелке будет оптимальным при условии по парного выполнения или не выполнения неравенств

$$N_3 > N_{И} \text{ и } (N_3 - N_{И}) < N/2$$

Если же одно из этих неравенств будет выполняться, а второе не выполняться, то оптимальным будет вращение против часовой стрелки. Выражение в скобках берется по модулю. В таблице 4.1 Приведен пример анализа направления вращения инструментальной головки.

Таблица 4.1

N	N	$N_3 > N_{И}$	$(N_3 - N_{И}) < N/2$	Направление вращения
8	1	Да	Да	По часов
24	1	Да	Нет	Против час
2	24	Нет	Нет	По часов
20	24	Нет	Да	Против часов

Перечень действий (основных операций) при смене позиций будет следующий: проверка номера позиции; разжим диска; проверка разжима; определение направления вращения; поворот; проверка номера позиции; зажим; проверка зажима. Наименование, обозначение и состояние элементов управления, необходимых для выполнения перечисленных выше действий, представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2.

Наименование	Обозначение	Состояние «1»	Состояние «0»
Датчик номера позиции (вращения)	Д1	Не совпадает	Совпадает
Электромагнит механизма зажима	ЭМ1	Включен (разжат)	Выключен (зажат)
Датчик механизма зажима – разжима	В	Разжат	Зажат

Датчик направления вращения	Д2	По час.	Против час.
Эл.маг.пускатель вращения по час.	ЭМ2	Пуск	Стоп
Эл.маг.пускатель вращения против час.	ЭМ3	Пуск	Стоп

Рассмотрим алгоритм смены позиции инструментального магазина (рис. 4.3). По команде с адресом Т инициируется автоматический цикл, который начинается со сравнения кодов номеров заданной и исходной позиций датчиком Д1, если коды совпадают, то подаются команды на останов вращения, зажим диска, проверка зажима и подтверждение выполнения команды (стоп). Если коды номеров не сов-

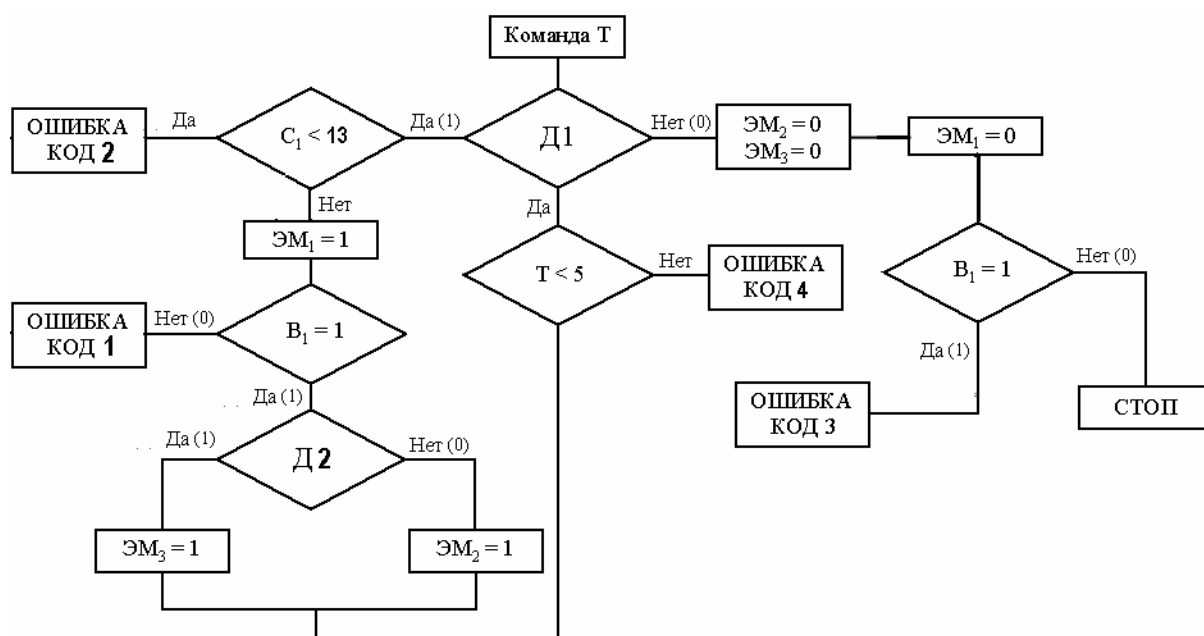


Рис.4.3. Блок-схема управления инструментальным магазином

падают, то подается команда на разжим. Далее осуществляется проверка разжима датчиком. Если разжим произошел, то датчиком направления вращения Д2 осуществляется управление включения правого или левого вращения диска. При прохождении каждой позиции диска осуществляется сравнение кода текущей позиции и кода заданной позиции датчиком Д1. Если коды совпадут, то произойдет останов диска, зажим диска и стоп команды Т. Если при выполнении операции «зажим» выработается ошибка «Код 3», при выполнении операции «разжим» выработается ошибка «Код 1», то произойдет прерывание выполнения команды Т.

Ошибка «Код 1» будет означать неисправность механизма разжима. Ошибка «Код 3» будет означать неисправность механизма зажима. Для предотвращения заклинивания вращения диска служит счетчик С1 позиций диска, проходящих мимо исходной позиции. В случае, если количество позиций будет больше двенадцати, то выработается ошибка «Код 2». Эта ошибка может обозначать либо поломку датчиков Д1 или Д2, либо неисправность элементов управления приводом вращения диска. В случае, если продолжительность прохода позиций диска мимо исходной позиции составит более пяти секунд, то выработается ошибка «Код 4», которая может обозначать неисправность привода вращения диска. При выработке ошибок «Код 2» и «Код 4» произойдет прерывание выполнения команды Т.

Терминальная задача. Устройство ЧПУ первоначально было создано как проблемно-ориентированная вычислительная машина реального времени. Однако затем, по мере возрастания активной роли оператора в управлении, все более увеличивался удельный вес интерактивных (диалоговых) процедур и связанных с ними процессов машинного масштаба времени. Постепенно сформировался достаточно автономный круг задач, решение которых не требовало специальной и даже специализированной аппаратуры ЧПУ, но вполне могло быть выполнено универсальными вычислительными средствами на основе взаимодействия оператора с терминалом (пассивным или активным). Так оформилась терминальная задача ЧПУ.

К терминальной задаче ЧПУ отнесем все проявления взаимодействия устройства ЧПУ с окружающей средой: прежде всего это диалог с оператором; кроме того, диалог с другими системами управления. Техническими средствами поддержания диалога являются прежде всего пассивный терминал (панель оператора) или активный терминал (персональный компьютер), а кроме того, интерфейс с управляющими устройствами внешней среды. Терминальная задача обозначилась столь явно, что терминал устройства ЧПУ все чаще становится отдельным конструктивным элементом.

Инструментом общения оператора с панелью оператора, какому бы терминалу (пассивному, активному) она ни принадлежала, являются дисплей и клавиату-

ра. Клавиатура предназначена для выбора режима работы; ввода алфавитно-цифровых данных; управления курсором с целью редактирования вводимой информации; смены страниц информации, выводимой на дисплей; изменения системы отсчета, выбора дискретности перемещений; ввода исполнительных команд типа «включить», «выключить», «пуск», «стоп»; задания элементов геометрии; задания укрупненных команд типа технологических циклов и др. Пример организации панели оператора показан на рис. 4.4.

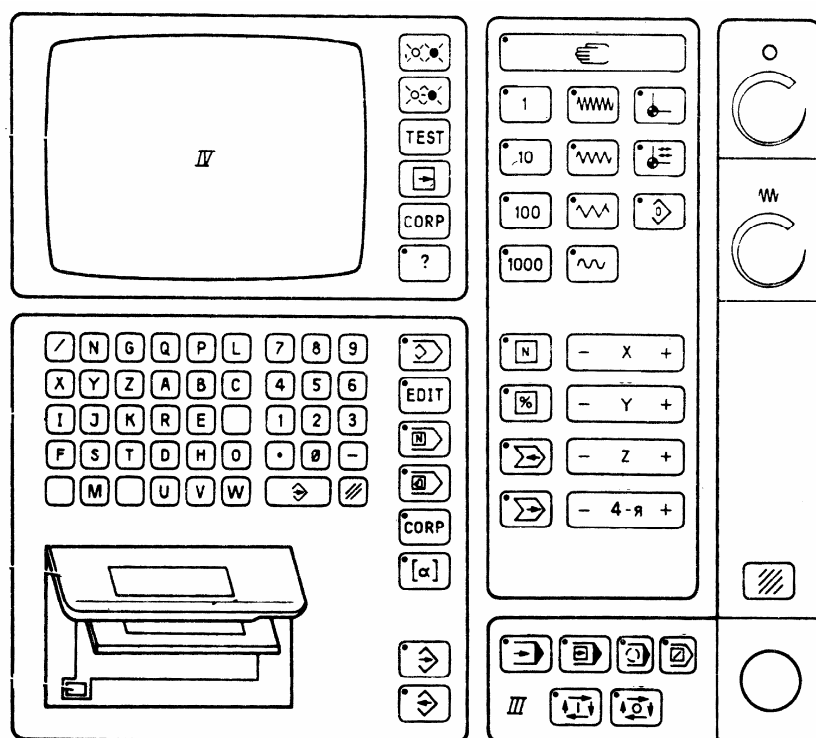


Рис.4.4. Панель оператора

Экран дисплея предоставляет информацию следующего вида: состояние системы управления (указание режима и подрежимных ветвлений, сообщение об ошибках и сбоях); состояние управляемого объекта, т. е. станка (положения рабочих органов в различных системах координат, подача, частота вращения шпинделя, имена выполняемых циклов автоматики, сведения о выполняемой управляющей программе); описание всех «прошлых» действий оператора; описание стандартных циклов обработки, включая их графическую интерпретацию; представление статико-графической модели управляющей программы (наложенные эскизы заготовки и изделия с указанием всех рабочих и вспомогательных проходов);

представление динамико-графической модели процесса обработки (изображение текущего состояния и его развития в реальном времени).

Информация, появляющаяся на экране дисплея, отражает ту часть решения терминальной задачи, которая в данный момент интересует оператора.

Объем предоставляемой оператору информации, т. е. объем дисплейных функций, во многом определяет функциональные возможности устройства ЧПУ.

В связи с анализом дисплейных функций целесообразно ввести три понятия: формат, глава, страница. Под форматом понимают способ деления поверхности экрана на функциональные зоны. Главу определяют как способ заполнения функциональных зон определенной информацией. Страницей называют фрагмент главы, визуализируемый на экране в данный момент времени. Таким образом, глава состоит из одной или нескольких страниц, а разнородные главы могут быть организованы в разных или одинаковых форматах.

Технологическая задача ЧПУ состоит в достижении требуемого качества деталей с наименьшими затратами. В этом плане технологическая задача состоит из двух частей: управление точностью и эффективностью обработки.

Рассмотрим механизм формирования заданной точности обработки в связи с особенностями начальной установки, статической и динамической настроек детали.

При размещении обрабатываемой детали в рабочем пространстве станка (т. е.

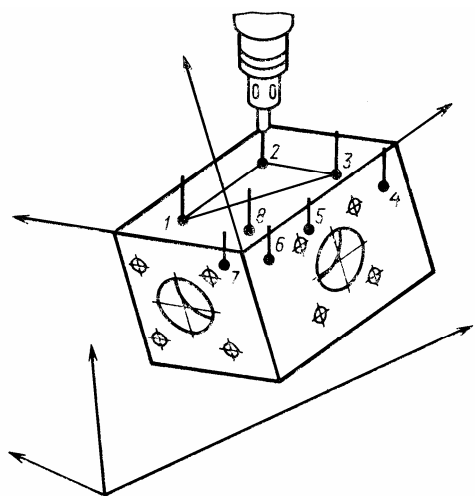


Рис.4.5. Измерительные циклы для обследования детали

при включении детали в кинематические и размерные цепи станочной системы) необходимо обеспечить начальную установку, т. е. управление точностью начального положения относительно баз станка или приспособления. Заготовку закрепляют на столе станка или в приспособлении.

Погрешность установки детали, как правило, не может быть определена расчетным путем, поэтому после установки обследуют по-

верхности детали с помощью измерительных головок в рамках специальных автоматических измерительных циклов (рис. 4.5). По результатам измерений погрешности установки детали вводятся в память устройства ЧПУ, и таким образом координатные системы станка и детали оказываются согласованными, а управляющая программа ЧПУ в системе координат детали — пригодной для своего воспроизведения в координатной системе станка.

Статическая настройка детали есть процесс управления первоначальным установлением точности относительного движения и положения (без резания) инструмента, оборудования и приспособления.

Установленная первоначально точность относительного движения и положения снижается при обработке вследствие различного рода погрешностей, носящих систематический или случайный характер. Примером систематической погрешности может послужить переменная в координатах рабочего пространства станка погрешность шариковой пары винт — гайка. Примером случайной погрешности может послужить размерное изнашивание многократно используемого в различных операциях инструмента.

Размерная поднастройка (как компонент статической настройки) — это управление восстановлением (при обработке) точности относительного движения и положения инструмента, оборудования и приспособления для продолжения рабочего процесса с заданным качеством. Размерную поднастройку с целью компенсации систематических погрешностей осуществляют путем периодического обращения к таблицам коррекций соответствующих погрешностей, хранимым в памяти устройства ЧПУ (например, к таблицам систематических погрешностей шариковых пар винт — гайка).

Для осуществления статической настройки на станке с ЧПУ используют в принципе три метода:

1. метод, связанный с установлением координат инструмента в системе координат детали (метод пробных проходов);
2. метод, связанный с установлением координат инструмента в системе координат станка (абсолютный метод);

3. метод, связанный с установлением координат инструмента в промежуточной системе координат, положение которой относительно координатной системы станка известно (относительный метод).

Два последних метода реализуют обычно с помощью измерительных головок.

Динамическая настройка представляет собой этап управления точностью обработки непосредственно в условиях резания когда искажению точности способствуют деформационные, тепловые и динамические процессы. В основе указанных процессов лежат различные физические эффекты (упругие и контактные деформации, температурные деформации, трение, изнашивание, вынужденные колебания, автоколебания), однако влияние любых факторов на точность обработки проявляется, в конечном счете, через размерные связи станочной системы. Под действием этих факторов происходят изменения размеров и относительных поворотов поверхностей. В результате возникают отклонения от заданной при статической настройке точности относительного положения и движения инструмента, баз станка и обрабатываемой заготовки. Эти отклонения носят переменный характер и изменяются случайно или по определенному закону в функции времени, в функции координат.

Для обеспечения динамической настройки станок должен быть оснащен датчиками, позволяющими осуществлять оперативный контроль процессов, и соответствующим программно математическим обеспечением, позволяющим оперативно вносить коррективы в измерительные системы.

Из сказанного вытекает способ решения той части технологической задачи, которая относится к управлению качеством. Управляющая программа должна иметь в своем составе кадры с описаниями измерительных циклов. Измерительные циклы формируют массивы коррекций разнообразного назначения, что и обеспечивает, в конечном счете, статическую настройку. В процессе резания измеряют параметры динамической настройки с помощью датчиков силовых параметров резания (силы резания, вращающего момента на шпинделе); датчиков температуры, вибраций, виброакустического спектра; датчиков деформаций и

смещений и др. Подобная информация позволяет при соответствующей ее обработке управлять динамической настройкой.

Вторая часть технологической задачи – это управление эффективностью обработки.

Обычно под экономическим режимом резания понимают такой период стойкости и соответствующие ему параметры режима резания, при которых стоимость операции будет наименьшей. Запись критериев оптимальности основана на известных зависимостях между скоростью резания, подачей, глубиной и периодом стойкости.

Для чистовых операций период стойкости может быть менее важным, чем точность достигаемого размера и чистоты поверхности; однако для черновых операций необходимо снимать наибольшее количество материала в единицу времени. Таким образом, проблема управления с целью установления экономических режимов резания актуальна именно в отношении черновых режимов. Математическая формулировка этой проблемы может выглядеть различным образом, например, так: оптимизация процесса резания путем максимизирования отношения объема снимаемого металла к износу инструмента; оптимизация процесса резания путем минимизирования отношения затрат к объему снимаемого металла за период стойкости инструмента, а также и др.

Проблему оптимизации чаще всего сводят к определению оптимальных режимов резания (скорости резания, подачи).

Системы управления станками, обеспечивающие поиск и поддержание технологических параметров рабочего процесса, удовлетворяющих критерию оптимизации и действующим ограничениям, получили наименование адаптивных.

Для решения данной части технологической задачи устройство ЧПУ должно содержать адаптивный блок, имеющий структурную схему показанную на рис. 4.6. Блок (модуль) адаптивного управления может быть частью устройства ЧПУ, а может быть и автономным устройством. Устройство ЧПУ управляет технологическим процессом лишь косвенно: через приводы подачи, главного движения, автоматики. Таким образом, только адаптивное управление способно снизить отрица-

тельное влияние действующих на технологический процесс возмущений, а также отрицательные последствия несовершенной управляющей программы ЧПУ.

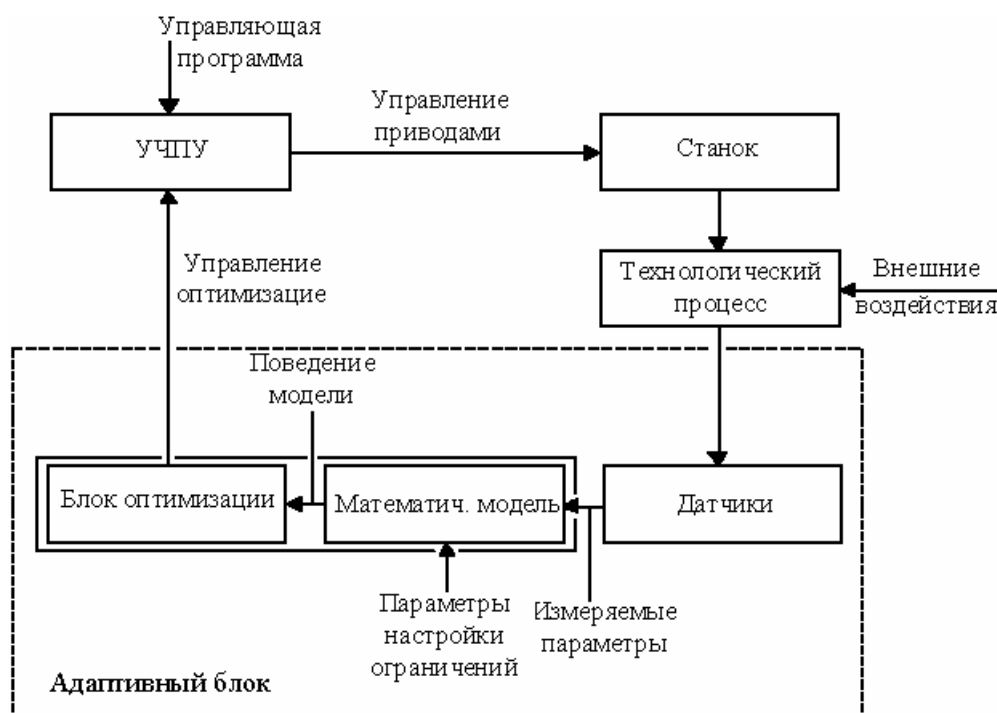


Рис.4.6. Обобщенная структурная схема адаптивного управления

Измеряемые параметры зависят от искомых технологических; обычно измеряют силу резания, мощность, износ инструмента и т. д. К параметрам настройки относятся коэффициенты уравнений, определяющих математическую модель. Ограничения составляют систему неравенств, каждое из которых устанавливает пределы варьирования измеряемых и искомых параметров. Математическая модель связывает критерий оптимальности с искомыми технологическими и измеряемыми параметрами. Блок оптимизации действуя в соответствии с постоянным или выбираемым алгоритмом находит такие значения искомых технологических параметров, которые обеспечивают критерию оптимальности максимум или минимум. При этом учитываются необходимые ограничения.

Рассмотрим стратегию адаптивного управления на примере фрезерной обработки. В качестве искомых технологических параметров примем подачу S и час-

тоту вращения n шпинделя. Это значит, что оптимальный режим будем искать на плоскости (S, n) , называемой производственной характеристикой станка.

Определим оптимальный режим как такую точку на плоскости производственной характеристики, которая соответствует минимуму приведенных затрат, т.е. некоторую функцию $Q_{\min} = (B, h, n, S)$. Где B и h — соответственно ширина и глубина фрезерования, причем эти параметры являются по своему смыслу возмущениями; n и S — регулируемые параметры, оптимальное соотношение которых и требуется отыскать.

В процессе оптимизации режима фрезерования приходится учитывать ограничения:

n_{\min} — минимальная частота вращения фрезы может определять условиями стружкообразования или нижней границей диапазона регулирования привода главного движения;

n_{\max} — максимальная частота вращения фрезы может определять периодом стойкости инструмента или верхней границей диапазона регулирования;

$S_{z\min}$ — минимальная подача на зуб определяется опасностью возникновения высокочастотных колебаний инструмента, которые приводят к интенсивному износу его;

$S_{z\max}$ — максимальная подача на зуб определяется требованиями к шероховатости или прочностью инструмента;

S_{\min} и S_{\max} — минимальная и максимальная минутные подачи ограничиваются возможностями привода подач;

$M_{кр\max}$ — максимальный крутящий момент определяется прочностью инструмента или элементов привода станка;

N_{\max} — максимальная мощность определяется кинематическими возможностями привода.

Все ограничения по S и n , наложенные на производственную характеристику станка образуют технологическую зону (рис.4.7,а), а ограничения по M и N делят эту зону на четыре области. Из них только одна третья зона является областью допустимых значений точек соответствующих сочетанию S и n (рис. 4.7,б).

Эту третью область рассматривают вместе с функцией Q_{\min} , которая представляется семейством кривых (рис.4.8), рассчитанных для некоторых значений B и h .

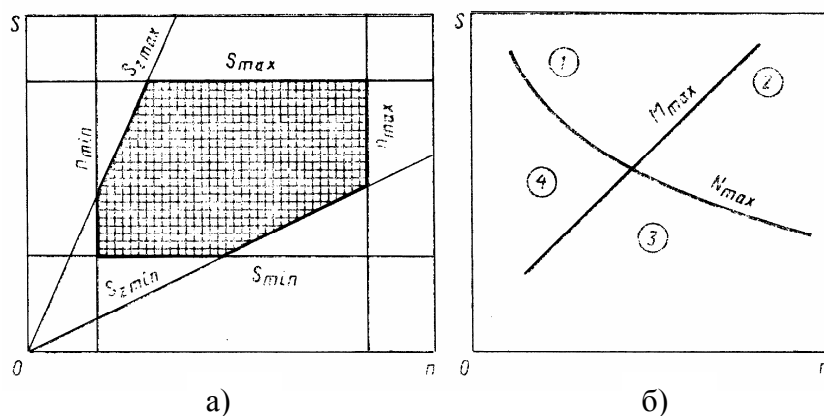


Рис.4.7. Производственная характеристика станка

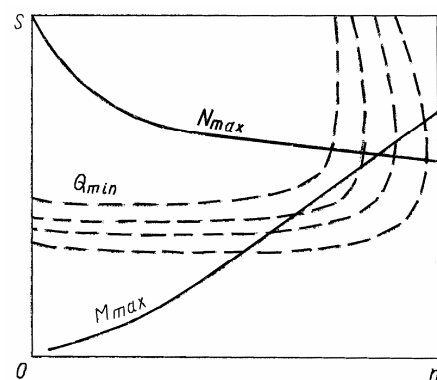


Рис.4.8. Линии соответствующие минимуму затрат

Стратегия оптимизации заключается в следующем. Прежде всего устанавливается положение рабочей точки относительно области конструктивных и технологических ограничений. Если точка находится вне технологической области, подаются команды на введение ее внутрь области. Если точка заходит в пределах технологической области, то с помощью датчиков мощности и вращающего момента регистрируется положение рабочей точки относительно четырех областей 1—4 (см. рис. 4.7,б). Далее подаются команды на достижение оптимальной точки. Процедура повторяется с некоторой частотой сканирования.

5.Классификация систем числового программного управления

В зависимости от назначения оборудования с ЧПУ (по технологическим признакам) системы управления делятся на позиционные и контурные. На рисунке

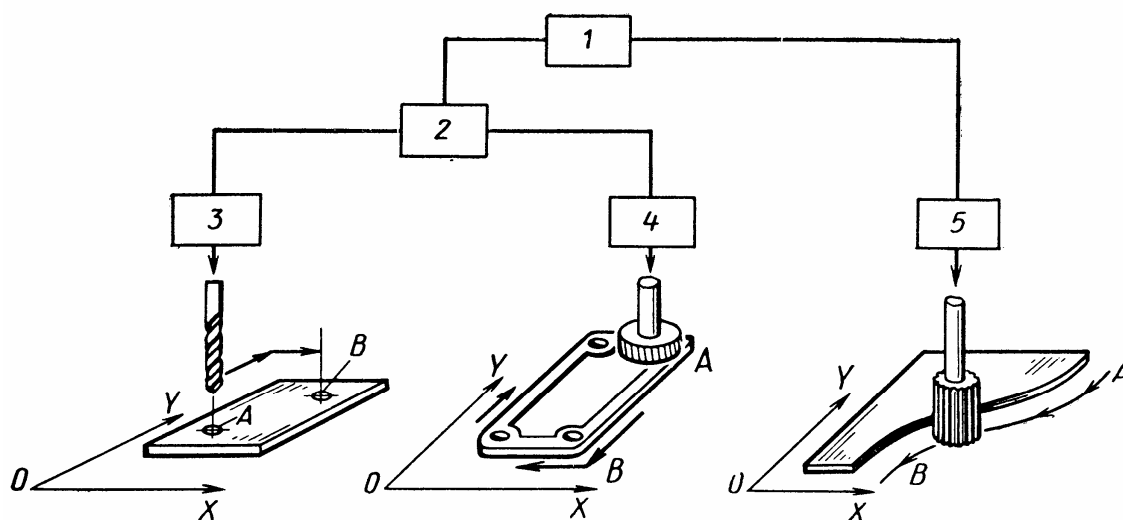


Рис.5.1 Классификация систем ЧПУ по технологическому назначению

5.1 приведена классификационная схема по технологическому назначению.

Позиционные системы управления 2 могут быть с управлением положения отдельных точек 3, когда технологическая операция обработки происходит после позиционирования инструмента или заготовки, и с управлением перемещениями вдоль отрезков прямых 4, параллельных направляющим исполнительных узлов. В этом случае, как правило, исполнительные узлы работают поочередно. В позиционных системах управления перемещения исполнительных узлов функционально не связаны.

Представителями указанных систем ЧПУ являются сверлильные и расточные станки, а также фрезерные с программированием прямоугольного цикла.

Контурные системы управления 5 предназначены для управления функционально связанными исполнительными узлами. Эти системы обеспечивают сложную траекторию обработки. Контурные системы различают по количеству функционально связанных координатных перемещений. Представителями указанных систем являются токарные и фрезерные станки для обработки криволинейных поверхностей.

Станки, оснащенные позиционной системой ЧПУ имеют в обозначении модели литеры Ф2, контурной системой Ф3. Станки оснащенные цифровыми измерительными системами перемещения исполнительных узлов имеют в обозначении модели литеры Ф1. Станки с ЧПУ оснащенные магазинами, имеют в обозначении модели литеры Ф4.

По количеству потоков информации системы ЧПУ делятся на: разомкнутые (один поток информации, рис.5.2) и замкнутые (с двумя потоками информации, рис 5.3).

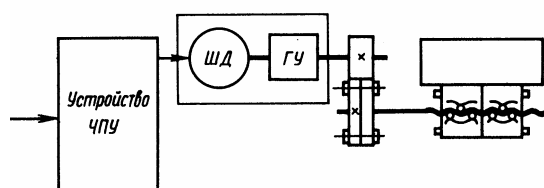


Рис. 5.2. Разомкнутая система

Разомкнутая система ЧПУ отличается простотой и невысокой стоимостью. Однако надежность такой системы невелика. Такие системы требуют высокоточные приводы (жесткость, кинематическая точность, отсутствие зазоров).

Замкнутая система ЧПУ предусматривает наличие обратной связи и действие управления по принципу слежения.

Точность обработки заданных движений в замкнутых системах зависит от степени охвата обратной связи элементов привода. В качестве примера рассмотрим структурные схемы представленные на рис. 5.3.

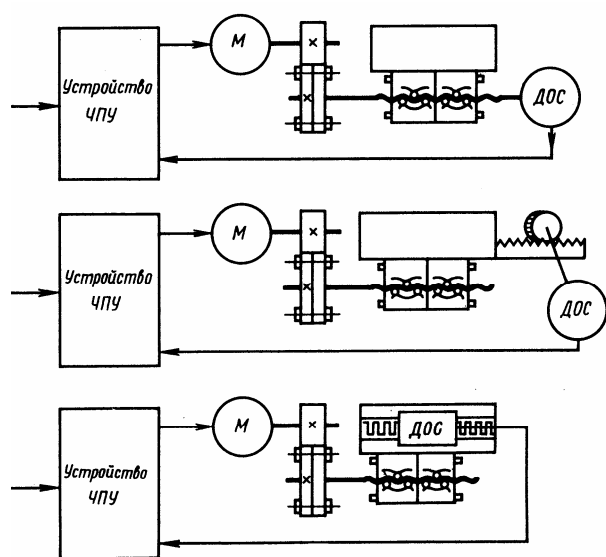


Рис.5.3. Замкнутые системы

- В замкнутых системах ЧПУ
- а) первого типа (рис.5.3,а) производится косвенное измерение положения рабочего органа с помощью кругового датчика обратной связи (ДОС), установленного на ходовом винте. Данная схема достаточно проста и удобна с точки зрения установки ДОС. Габаритные размеры применяемого датчика не зависят от величины измеряемого перемеще-
 - б)
 - в)

ния. При применении круговых ДОС, устанавливаемых на ходовом винте, высокие требования предъявляются к точностным характеристикам передачи винт — гайка (точность изготовления, жесткость, отсутствие зазоров), которая в этом случае не охватывается обратной связью. Применение в приводах подач станков с ЧПУ точно изготовленных шариковых винтовых пар и создание в них предварительного натяга для устранения зазоров и увеличения жесткости позволяют широко применять замкнутые системы ЧПУ этого типа.

В замкнутых системах ЧПУ второго типа (рис.5.3,б) также используют круговой ДОС, но измеряющий перемещение рабочего органа станка через реечную передачу. Хотя в данном случае система обратной связи охватывает все передаточные механизмы привода подачи, включая и передачу винт — гайка, в измерения вносится погрешность реечной передачи. Поэтому необходимо применять прецизионную реечную передачу с рейкой, длина которой зависит от величины хода рабочего органа станка. Это усложняет и удорожает систему обратной связи.

Замкнутые системы ЧПУ третьего типа (рис.5.3,в) оснащены линейными ДОС, обеспечивающими непосредственное измерение перемещения рабочего органа станка. Это позволяет охватить обратной связью все передаточные механизмы привода подачи, что обеспечивает высокую точность перемещений. Однако линейные ДОС сложнее и дороже, чем круговые; их габаритные размеры зависят от длины хода рабочего органа станка.

В зависимости от типа датчика обратной связи существуют следующие основные разновидности замкнутых систем.

Аналоговые системы. В аналоговых системах информация поступает в сравнивающее устройство от задающей программы и от ДОС в аналоговой форме. Используется аналог — напряжение, фаза, пропорциональный заданному числу. Здесь используются ДОС индуктивные и потенциометрические.

Кодовые системы. Эти системы основаны на использовании специальных кодовых датчиков. Показания о фактическом перемещении в числовом коде снимают с ДОС и сравнивают с программой импульсные системы.

Импульсные системы. Импульсные системы используют принцип сравнения числа импульсов, выработанных ДОС, с числом импульсов, поступающих с исходной программы.

За время применения систем ЧПУ, они в своем развитии уже прошли несколько этапов, определяемых уровнем развития электронной техники. При этом разработчики систем ЧПУ использовали различные элементные базы: релейно-контакторную, транзисторную, микросхемы малой и средней степени интеграции, мини-ЭВМ и, наконец, микропроцессорные наборы и большие интегральные схемы памяти.

Широко применяемые в настоящее время в промышленности системы ЧПУ класса NC (Numerikal Control) построены по принципу цифровой модели, где все операции, составляющие алгоритм работы, выполняются параллельно с помощью отдельных цепей или устройств (блоков), реализующих ту или иную функцию (агрегатно-блочное построение). Данные системы ЧПУ называют системами с жесткой структурой. При усложнении задач управления увеличивается число составляющих блоков, что удорожает систему ЧПУ. Весьма ограничены на этих системах возможности вмешательства оператора в процесс отработки заданной программы управления. Если эти системы оснащены расширенным электронным устройством для запоминания программ (системы класса SNC), то устройство для считывания программы управления с перфоленты применяется только один раз — для ввода программы управления в электронный запоминающий блок. В результате повышается надежность работы станка с ЧПУ из-за сокращения его простоев по причине отказов фотосчитывающего устройства и самой перфоленты.

Разработка систем ЧПУ с использованием мини-ЭВМ, а затем микропроцессоров и, БИС-памяти, получивших название систем класса CNC(Computed Numerikal Control), привела к коренным изменениям в технике программного управления станками. Особенностью систем управления класса CNC является их структура, соответствующая структуре управляющей ЭВМ, включающая вычислительное устройство (процессор), блоки памяти и ввода-вывода информации. При этом объем функций, характер проводимых операций и их последовательность опреде-

ляются не специальными схемами, как было раньше в системах класса NC, а специальными программами функционирования, которые вводятся в блок памяти устройства и хранятся там постоянно или до замены. Переработка исходной информации, содержащейся в программе управления, ведется в соответствии с программами функционирования. Согласно этим же программам формируются команды на приводы подач станка и его электроавтоматику.

По своим функциональным характеристикам современные микропроцессорные системы управления можно разделить на два типа: с вводом программы управления на перфоленте и с вводом вручную.

Второй тип систем ЧПУ получил название систем класса HNC (Hand Numerikal Control). Программа управления в этих системах вводится оператором с помощью клавишей на панели управления и хранится в памяти системы. Поэтому при применении данных систем ЧПУ повышается роль и значение квалифицированного оператора, который может сам составлять и вводить программу управления.

Наряду с автономными системами ЧПУ в промышленности применяют системы прямого числового программного управления группой различных станков от единой ЭВМ, получившие название систем класса DNC (Direct Numerikal Control). Основными функциями этих систем являются централизованное хранение в памяти ЭВМ программ управления и их распределение по запросам от станков. При этом предусматривается также возможность редактирования программы управления. Кроме непосредственного управления группой станков системы класса ОМС, часто управляют также другим вспомогательным оборудованием, обслуживающим участок станков (автоматизированными складами заготовок и инструментов, загрузчиками и др.) и др.

6.Типовые структуры устройств числового программного управления

Из всего многообразия типов систем числового программного управления рассмотрим наиболее часто встречающиеся. Как говорилось выше, по некоторым особенностям функционирования и способов переработки информации все системы ЧПУ делятся на две большие группы типа NC и CNC.

Структурная схема систем ЧПУ класса NC.

В общем виде структуру числового программного управления можно представить в виде 3-х блоков: управляющая программа, устройство ЧПУ, станок.

Управляющая программа содержит укрупненное кодированное описание всех стадий обработки детали. В качестве программносителя чаще всего используется перфолента или магнитная лента. В устройстве ЧПУ управляющая программа транслируется в результате чего происходит формирование команд в реальном масштабе машинного времени станка.

Станок представляет собой основной потребитель управляющей информации, а более конкретно – механизмы координатных подач, регулируемый привод главного движения, устройство смены инструмента, устройство зажима заготовки.

Рассмотрим структурную схему системы ЧПУ типа NC (рис.6.1)

Устройство ввода – предназначено для по кадрового ввода управляющей программы. Для этой цели применяются фотосчитывающие устройства (ФСУ).

Блок запоминания – предназначен для хранения в в буферной памяти информации одного кадра, необходимый из-за того, что информация с перфоленты считывается последовательно, а используется параллельно, т.е. вся сразу. В этом блоке осуществляется контроль и формирование соответствующего сигнала в случае возникновения ошибки. Во многих СЧПУ этот блок может принимать информацию от ЭВМ минуя ФСУ.

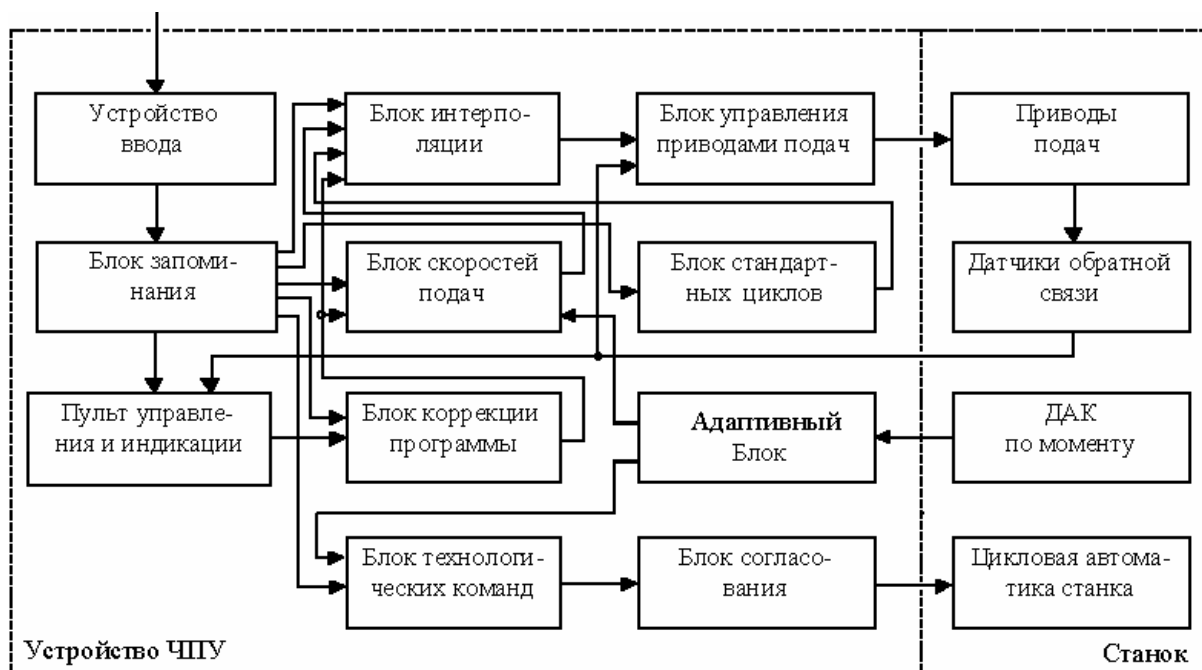


Рис.6.1. Структурная схема устройства ЧПУ типа NC

Пульт управления и индикации – служит для связи СЧПУ с оператором. С пульта осуществляется пуск и останов системы, переключения режима работы.

Блок интерполяции – формирует траекторию движения инструмента между двумя или более точками, заданными в программе. Наиболее часто используют линейную и круговую интерполяцию. Этот блок представляет специализированное цифровое вычислительно устройство для решения одной-двух задач. Выходная информация интерполятора обычно представлена в импульсной форме, частота которых определяет скорость подач, а общее количество – пройденный путь. Основной характеристикой интерполятора является максимальная частота импульсов на выходе.

Блок управления приводом подач –служит для преобразования информации, получаемой с выхода интерполятора в форму, пригодную для приводов подач. При поступлении каждого импульса управляемый объект перемещается на определенную величину, называемую ценой импульса (0,01 – 0,02 мм).

Блок скоростей подач – обеспечивает заданную скорость подачи вдоль контура, а также процессы разгона и торможения по заданному закону.

Блок коррекции программы служит для изменения запрограммированных параметров обработки: скорости подачи и размеров инструмента. Изменение скорости подачи возможно от 5 до 120% от номинала. Изменение длины инструмента возможно в пределах от 0 до 100 мм.

Блок технологических команд служит для управления цикловой автоматикой станка, включающей поиск и смену инструмента, смену скорости шпинделя, зажим-разжим координат станка и состоит в основном из исполнительных элементов типа пускателей, электромагнитных муфт, соленоидов, концевых и путевых выключателей, реле тока, давления и т.д.

Блок стандартных циклов служит для облегчения программирования и сокращения длины программы при позиционной обработке повторяющихся элементов детали. Например: сверление и растачивание отверстий, нарезание резьбы. На перфоленте не программируются также операции как быстрый подвод и отвод сверла – это заложено в соответствующем стандартном цикле.

Адаптивный блок осуществляет оптимизацию режимов резания на основании информации поступающей с датчика активного контроля (ДАК).

Управляющая программа, записанная на программоноситель, через устройство ввода записывается по кадрам в блок запоминания. После считывания всего кадра содержимое блока запоминания передается в другие специализированные блоки. Информация о величине перемещения исполнительного узла поступает на один из входов интерполятора, информация о скорости подачи поступает в блок скоростей подач, информация о номерах используемых корректоров поступает в блок коррекций, технологические команды передаются в блок технологических команд, информация об используемых стандартных циклах передается в блок стандартных циклов.

В блоке технологических команд информация дешифруется и через блок согласования передается на станок для управления цикловой автоматикой. С выхода блока коррекций информация о величине коррекции скорости подачи передается в блок скоростей подач, а величина коррекций перемещений в интерполятор. На выходе блока скоростей подач формируется последовательность импульсов, час-

тота которых пропорциональна скорости подачи и передается на вход интерполятора. Информация о всех циклических перемещениях стандартного цикла так же поступает в интерполятор. На основании всех исходных данных, поступивших на вход интерполятора, последний начинает рассчитывать траекторию перемещения исполнительного узла от одной опорной точки контура детали до другой. Управляющее воздействие в виде унитарной последовательности импульсов заданного количества и заданной частоты поступает на блок управления приводом подач и далее на привод. Информация о текущем положении исполнительного узла через датчик обратной связи поступает на пульт управления и индикации для визуализации и в блок управления приводами подач. Информация о протекании процесса резания через датчик активного контроля поступает на вход адаптивного блока на выходе которого формируются значения скорости подачи, скорости главного движения, обеспечивающие оптимальную обработку.

Структурные схемы систем ЧПУ класса CNC.

С появлением систем класса CNC значительно расширились функциональные возможности программного управления, появились функции, которые раньше не могли быть реализованы: хранение программы управления и ее редактирование непосредственно на рабочем месте, расширенные возможности индикации на дисплее, диалоговое общение с оператором, широкие возможности коррекции, в том числе и погрешностей станка и др. Появление микропроцессоров и микро-ЭВМ привело к качественным изменениям в технике программного управления. Появилась возможность унифицировать аппаратные части УЧПУ для различных групп станков, что позволило резко сократить число модификаций устройств, уменьшить время их проектирования и изготовления.

Несмотря на относительно малый срок применения систем ЧПУ данного типа, они в своем развитии прошли несколько этапов, определяемых уровнем развития электронной техники.

Первые устройства этого типа напоминали микро ЭВМ и имели структуру представленную на рис. 6.2.

Связь со станком в этих системах осуществляется через интерфейсный блок привода, через который осуществляется обмен управляющими сигналами на привод и сигналами с датчиков обратной связи.

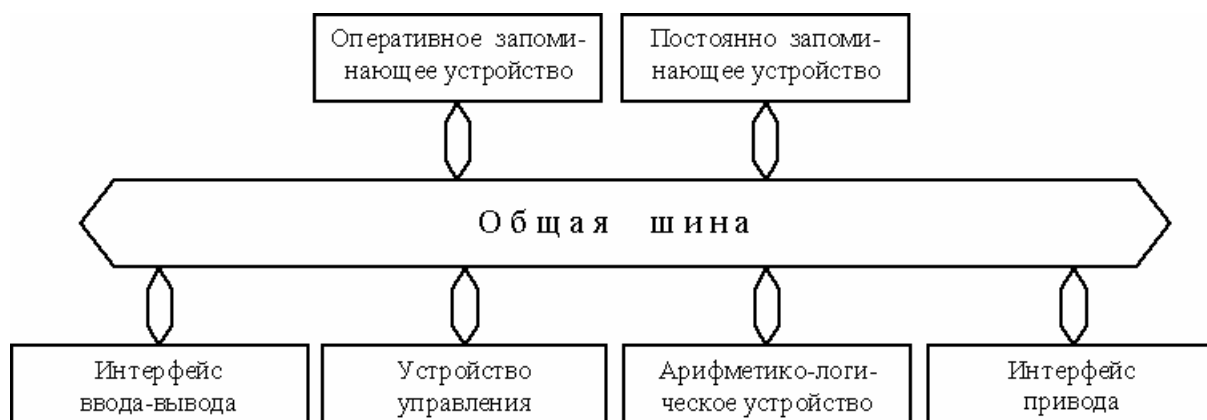


Рис.6.2. Обобщенная структура системы ЧПУ на базе микро ЭВМ

Основным недостатком систем данного типа является малая скорость выдачи управляющих команд в приводы металлорежущего станка, так как микро ЭВМ решает здесь все задачи связанные с управлением приводами, первичной обработкой данных, диспетчирования и некоторые другие.

Для снятия этого ограничения получили распространение системы управления с микропроцессором на входе (рис.6.3).

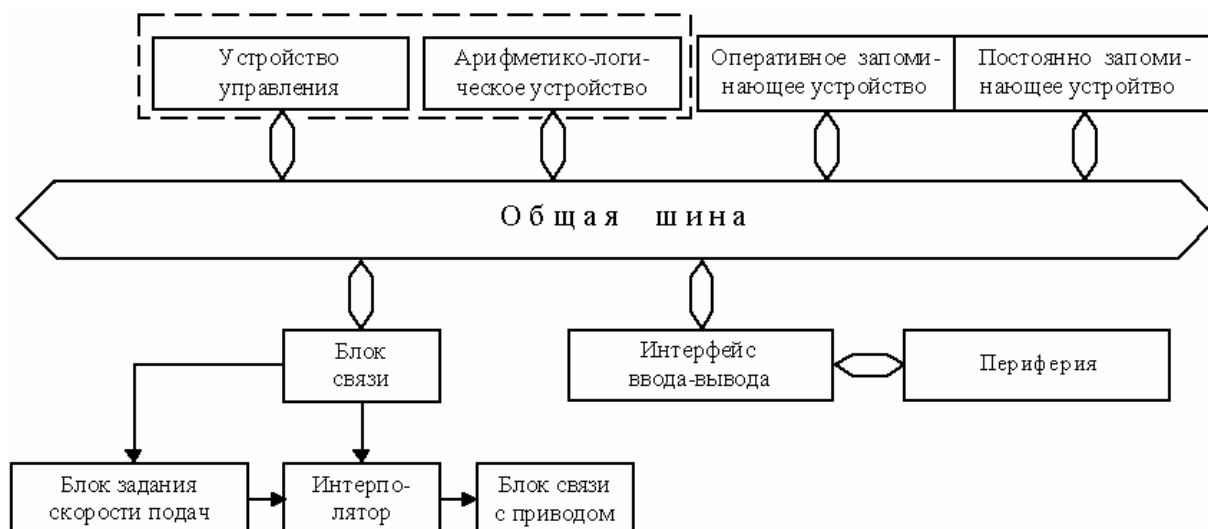


Рис.6.3. Обобщенная структурная схема системы ЧПУ с микропроцессором на входе

Микропроцессорный узел здесь обладает определенной автономией и решает задачи распределения в памяти управляющей технологической программы, первичной переработки информации, обращение к периферии, обработки прерываний и др. Задача формирования траектории решается специализированными блоками. Недостатком таких систем является наличие специализированных блоков.

Современные устройства ЧПУ типа CNC строят на базе одного или нескольких процессоров. Структурная схема такой системы ЧПУ «Электроника НЦ – 31» представлена на рисунке 6.4.

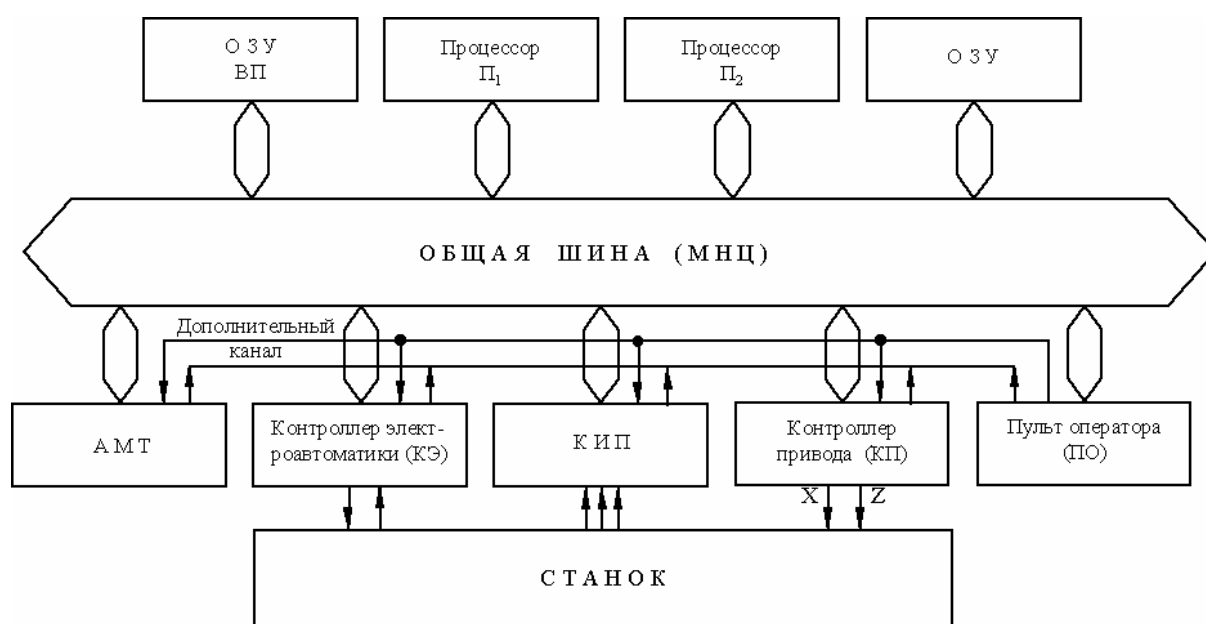


Рис.6.4. Структурная схема устройства ЧПУ «Электроника НЦ – 31»

УЧПУ предназначено для управления токарными станками со следящим приводом подач и импульсными датчиками обратной связи.

КИП – контроллер импульсных преобразователей в код угла поворота по осям x, z шпинделя и штурвала

АМТ – адаптер магистрали МНЦ и программируемой таймер

ВП – внешняя память

Блоки П₁, П₂, ОЗУ и АМТ – образуют вычислительную часть

Блоки ПО, КП, КИП, КЭ реализуют связь со станком. Все функциональные модули взаимодействуют между собой через магистраль МНЦ. Все модули делят-

ся на ведущие и ведомые. Ведущие модули П1, П2, АМТ, К.Э., КИП, ПО в процессе работы требуют обмена информацией с другими модулями или прервать работу другого модуля. Ведомые модули ОЗУ, ОЗУ-ВП, КП участвуют в обмене информацией.

Обмен информацией по МНЦ между модулями осуществляется 16 разрядными словами. Адрес хранения слова также представляется в виде 16-разрядного двоичного хода. Магистраль МНЦ представляется одному из ведущих модулей по специальному алгоритму процессором П1.

Дополнительный канал управления увеличивает функциональную гибкость УЧПУ и позволяет сократить аппаратную часть в модулях К.Э., КИП, КП, ПО.

Процессоры П1 и П2 совместно выполняют программу работы УЧПУ.

Модуль КЭ обеспечивает необходимое электрическое согласование сигналов между УЧПУ и электроавтоматикой

Модуль КИП выполняет следующие функции: преобразует сигналы между УЧПУ и датчиками угла поворота; преобразует унитарный ход в 16-ти разрядный двоичный ход.

Модуль КП, обеспечивающий управление подачей режущего инструмента по осям x и z, преобразует двоичный ход скорости подачи в пропорциональный этому ходу аналоговый сигнал. Аналоговый сигнал изменяется в диапазоне от -10В до $+10\text{В}$ с шагом 5 мВ .

Модуль АМТ выполняет функцию преобразования МНЦ в радиальный канал управления модулями К Э, КИП, КП, ПО.

7. Кодирование управляющей информации.

Кодирование управляющей информации является одним из основных этапов подготовки производства с применением станков с ЧПУ. Управляющую программу разрабатывают на основе технологического процесса изготовления детали и записывают на программноноситель или в ОЗУ УЧПУ в системе кодирования. Наибольшее распространение получила система кодирования ISO –7bit ГОСТ 20999-78.

Основу системы составляет двоичная система счисления. Кодирование информации осуществляется адресным способом, т.е. задается адрес буквой латинского алфавита, который определяет действие. За адресом следует его содержимое в числовом ходе. При использовании в качестве программноносителя бумажной перфоленты для кодирования букв и служебных знаков используется семь разрядов (дорожек) двоичного хода. Кодирование числовой информации осуществляется в двоично-десятичном ходе и используется четыре младших разряда. Пример двоичного кода натурального ряда чисел представлен в таблице 7.1.

Таблица 7.1

Натуральный ряд чисел	Двоичный код				2^3 2^2 2^1 2^0
0	0	0	0	0	$0 \cdot 8 + 0 \cdot 4 + 0 \cdot 2 + 0 \cdot 1 = 0$
1	0	0	0	1	$0 \cdot 8 + 0 \cdot 4 + 0 \cdot 2 + 1 \cdot 1 = 1$
2	0	0	1	0	$0 \cdot 8 + 0 \cdot 4 + 1 \cdot 2 + 0 \cdot 1 = 2$
3	0	0	1	1	$0 \cdot 8 + 0 \cdot 4 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 1 = 3$
4	0	1	0	0	$0 \cdot 8 + 1 \cdot 4 + 0 \cdot 2 + 0 \cdot 1 = 4$
5	0	1	0	1	$0 \cdot 8 + 1 \cdot 4 + 0 \cdot 2 + 1 \cdot 1 = 5$
6	0	1	1	0	$0 \cdot 8 + 1 \cdot 4 + 1 \cdot 2 + 0 \cdot 1 = 6$
7	0	1	1	1	$0 \cdot 8 + 1 \cdot 4 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 1 = 7$
8	1	0	0	0	$1 \cdot 8 + 0 \cdot 4 + 0 \cdot 2 + 0 \cdot 1 = 8$
9	1	0	0	1	$1 \cdot 8 + 0 \cdot 4 + 0 \cdot 2 + 1 \cdot 1 = 9$

Ниже приведен пример записи числа 596 в двоично-десятичном коде

5 9 6

0 | 1 | 0

1 | 0 | 1

0 | 0 | 1

0 | 1 | 0

Управляющая информация записывается на программноносителе или в ОЗУ кадрами. Каждый кадр содержит информацию для выполнения одного перехода. В каждом последующем кадре задается информация, изменяющаяся по отношению к предыдущему. Кадры состоят из слов. Слово – это некоторое число строк, определяющих одно понятие (подача, главное движение, подготовительная функция и т.д.). Слово состоит из двух частей: первая часть – адрес; вторая часть – содержимое адреса. Адрес определяет действие, которое надо выполнить, а содержимое адреса определяет количество этого действия.

Каждый кадр программы управления должен содержать следующие слова:

Слово «Номер кадра»

Информационные слова

Символ «Конец кадра»

Информационные слова в кадре должны записываться в следующей последовательности:

Слово (или слова) «Подготовительная функция»

Слова «Размерные перемещения»

Слово «Функция подачи»

Слово «Скорость главного движения»

Слово «Функция инструмента»

Слово (или слова) «Вспомогательная функция»

В пределах одного кадра слова с одинаковыми адресами не должны повторяться кроме M, G. Кадр, содержащий всю технологическую информацию для обработки ряда однотипных поверхностей, называется главным и обозначается « :

». Линейные размеры выражаются в миллиметрах, а угловые в градусах. Правило записи информации определяется форматом системы ЧПУ. Ниже приведен пример формата.

N03 G2 X + 042 Y032 Z + 032 F04 S03 T2 M2

Запись X + 042 указывает правило кодирования информации при программировании перемещения по оси X и расшифровывается следующим образом:

+ - означает что цифры могут быть как положительные, так и отрицательные.;

4 - до запятой 4 цифры;

2 - после запятой 2 цифры;

0 – незначащие нули возможно опускать.

Ниже приведены значения наиболее часто употребляемых групп подготовительных и вспомогательных функций.

G – 01 – линейная интерполяция

G – 02 ÷ 03 – кадровая интерполяция

G – 08 – разгон

G – 09 – торможение

G – 33 – нарезание резьбы

G – 80 – отмена цикла

G – 81÷89 – постоянные циклы

В одном кадре не должны программироваться G, принадлежащие к одной группе.

M 00 – программируемый останов

M 02 – конец программы

M 04 – вращение сил

M 03 – вращение сил

M 08 – включение охл.

M 09 – включение охл.

M 10 – зажим

M 11 – разжим

Кодирование скорости подачи осуществляется адресом F, скорости главного движения M

Подача и скорость главного движения могут кодироваться следующими методами*:

Метод прямого обозначения.

метод геометрической прогрессии

метод арифметической прогрессии

символический метод

При кодировании резбонарезания в кадре должны быть записаны:

Слово «Подготовительная функция», определяющее режим резбонарезания G 33, G 34, G 35

Слово «Размерное перемещение» x, y или z, определяющее длину участка резьбы.

Слово «Размерное перемещение» I, J, K, определяющее шаг резьбы вдоль оси x, y, z.

Отмена режима резбонарезания производится подготовительной функцией G 01, G 02, G 03.

* - к сожалению данные положения ГОСТа не всегда выполняются разработчиками систем ЧПУ. Это надо иметь ввиду при изучении конкретных систем.

При нарезании резьбы резцом используются многопроходные циклы в которых поперечная подача на один проход может осуществляться одним из способов:

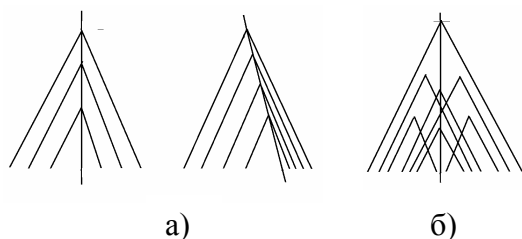


Рис.7.1. Способы подачи резца при резбонарезании

радиальная подача (рис. 7.1,а); подача в разбег (рис. 7.1,б).

При радиальной подаче перемещение резца может осуществляться как перпендикулярно к оси детали, так и под некоторым углом. Перемещение под углом перераспределяет припуск между левой и правой режущими кромками резца, что улучшает стружкообразование и повышает стойкость резца. Такими же свойства-

ми обладает способ подачи в разбег. Угол наклона и величина разбега как правило задаются параметрами цикла.

Кодирование перемещений вдоль координатных осей (интерполяцию) производят на определенной части заданной траектории. Интерполируемая часть траектории называется участком интерполяции и может быть записана в одном или нескольких кадрах программы управления.

Тип интерполяции определяется соответствующей подготовительной функцией.

Начальная точка интерполяции совпадает с конечной точкой предыдущего участка. Каждый последующей точке, лежащей на участке интерполяции и имеющей определенные координаты, соответствует отдельный кадр информации с адресами x, y, z .

Если УЧПУ допускает задание размеров как в абсолютных значениях, так и в приращениях, то соответствующий режим работы УЧПУ выбирается применением соответствующей подготовительной функцией $G 90, G 91$.

Прямолинейный участок интерполяции задается в одном кадре, который должен содержать следующую информацию:

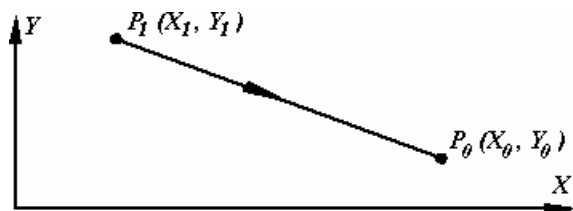


Рис.7.2. Линейная интерполяция

Слово «Подготовительная функция» координаты конечной точки, которые должны быть заданы в абсолютных значениях или в приращениях с соответствующими адресами перемещений (рис.7.2).

P_0 и P_1 – начальная конечная точки интерполяции

Абсолютный размер $x = x_1$ $y = y_1$

Размер в приращениях $X = x_1 - x_0$ $Y = y_1 - y_0$

Дугу окружности, лежащую в одной из трех координатных плоскостей, задают в одном или нескольких кадрах программы управления (рис.7.3).

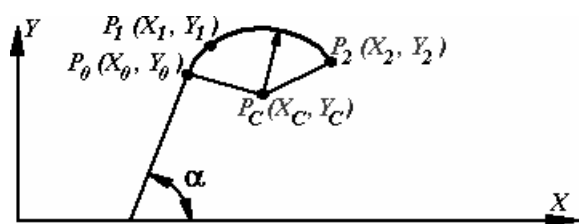


Рис.7.3. Круговая интерполяция

При программировании дуги окружности в одном кадре он должен содержать следующую информацию:

Слово «Подготовительная функция»;

G 02 – круговая интерполяция против часовой стрелки;

Координаты конечной точки, которые должны быть заданы в абсолютных значениях или в приращениях с соответствующими адресами перемещений (x, y, z);

Параметры интерполяции с адресами I, J, K. Которые смогут быть координатами центра дуги окружности.

Вместо координат центра дуги окружности в качестве параметров интерполяции смогут быть использованы радиус и угол наклона касательной к начальной точке участка интерполяции.

При задании дуги окружности на участке интерполяции координатами трех точек промежуточная и конечная точки должны быть записаны в двух кадрах программы управления, следующих один за другим.

Первый кадр должен содержать слово «Подготовительная функция» G 02 или G03, координаты промежуточной точки

Второй кадр должен содержать координаты конечной точки.

Координаты обеих точек должны быть заданы в абсолютных значениях или в приращениях с соответствующими адресами. Ниже приведены примеры.

Использование конечной точки и центра окружности

Абсол.размер	размер в приращениях
--------------	----------------------

$X = X_2$	$X = X_2 - X_0$
-----------	-----------------

$Y = Y_2$	$Y = Y_2 - Y_0$
-----------	-----------------

$I = X_C$	$I = X_C - X_0$
-----------	-----------------

$Y = Y_C$	$Y = Y_C - Y_0$
-----------	-----------------

Использование конечной точки угла и радиуса

$X = X_2$	$X = X_2 - X_0$
-----------	-----------------

$$Y = Y_2$$

$$Y = Y_2 - Y_0$$

$$I = \alpha$$

$$I = \alpha$$

$$J = K$$

$$J = K$$

Использование конечной и промежуточной точек

$$1\text{- кадр } X = X_1$$

$$X = X_1 - X_0$$

$$Y = Y_1$$

$$Y = Y_1 - Y_0$$

$$2\text{-кадр } X = X_2$$

$$X = X_2 - X_1$$

$$Y = Y_2$$

$$Y = Y_2 - Y_1$$

8. Преобразование, контроль и ввод информации.

Преобразование информации из одной системы счисления в другую осуществляется с помощью различных шифраторов. Наибольшее распространение для этих целей получили диодные матрицы.

Диодная матрица образуется из скрещивающихся шин. В необходимых точках эти шины либо закорачиваются, либо соединяются посредством диодов с целью предотвращения возникновения ложного сигнала. Ввод информации осуществляется с помощью клавиатуры. После замыкания какого-либо контакта срабатывает одно реле или их комбинация. Каждое реле обеспечивает работу одного пуансона при записи информации на программноноситель. При записи информации в ОЗУ сигнал или их комбинация поступают на вход схемы комутации, которая управляет записью информации в регистры запоминающего устройства. На рисунке 8.1 представлена диодная матрица для кодирования натурального ряда чисел.

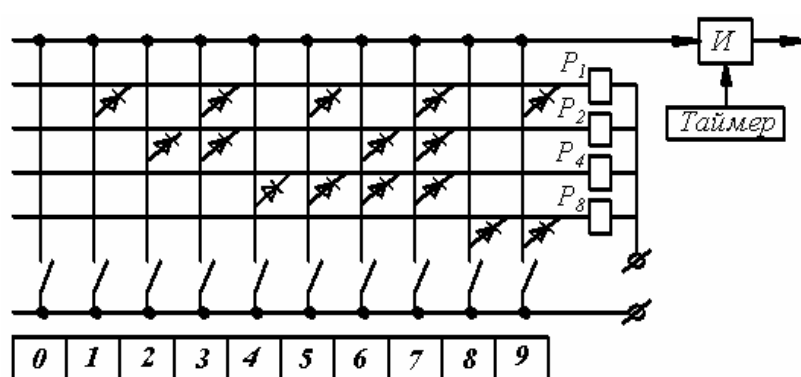


Рис.8.1. Диодная матрица

Для уменьшения вероятности возникновения ошибок, которые могут возникать из-за сбоев, например устройства подготовки данных на перфоленте, вводимую информацию проверяют на четность или нечетность суммы кодовой комбинации. Для этого служит восьмая дорожка перфоленты. В системах класса NC эта проверка реализуется специальной схемой. Схема пропустит сигнал только в случае четной суммы кодовой комбинации (рис.8.2). Рассмотрим принцип действия такой схемы на примере проверки фрагмента перфоленты содержащей только чи-

словую информацию т.е. четыре младших разряда $p_1 - p_8$ (дорожки 1 – 4) и дополнительный разряд p_d (нижняя дорожка). На фрагменте перфоленты (рис.8.2,а) в первой строке закодирована цифра 5. Сумма кодовой комбинации ее равна двум т.е. четна, поэтому отверстие на дополнительной дорожке в этой строке отсутствует. Во второй строке закодирована цифра 8. Сумма кодовой комбинации ее равна единице т.е. нечетна, поэтому отверстие на дополнительной дорожке в этой строке присутствует. При протягивании перфоленты через специальное светодиодное устройство будут срабатывать разрядные реле $P_1 - P_8, P_d$ в том случае, если мимо соответствующего светодиода будет находиться в данный момент времени отверстие. При срабатывании реле его контактная группа меняет свое состояние. Контакты этих реле скомутированы по схеме изображенной на рис. 8.2,б. На вход этой схемы подается сигнал синхродорожки, который присутствует в каждой

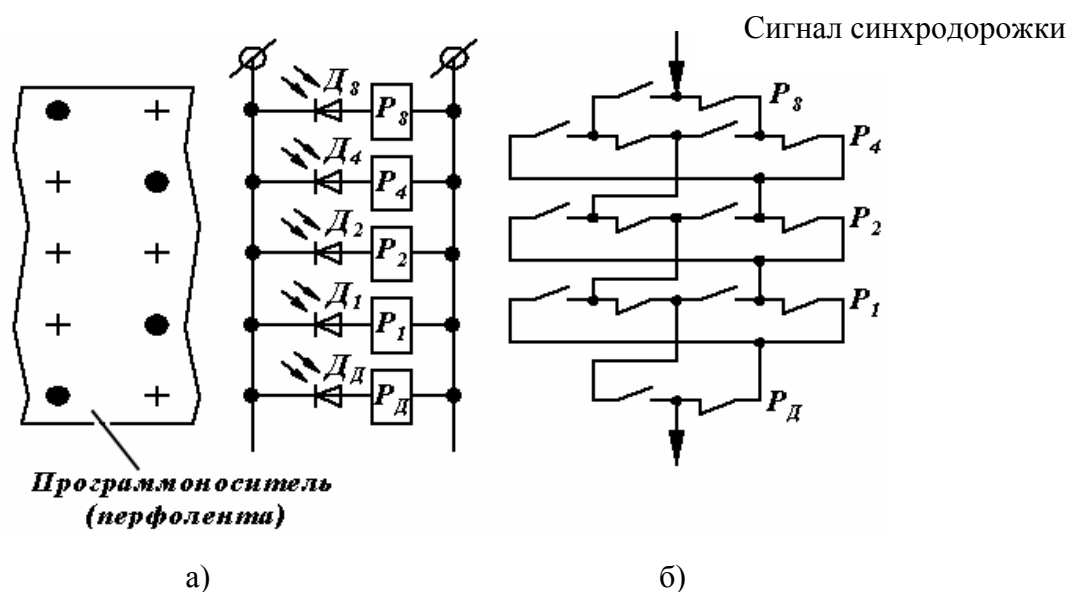


Рис.8.2. Схема контроля числовой информации

строке (на рисунке не показан). Так при прохождении мимо светодиодного устройства первой строки сработают реле P_1 и P_4 , изменится состояние их контактных групп, т. е. Нормально разомкнутые контакты замкнутся, а нормально замкнутые разомкнутся. Если сигнал синхродорожки пройдет, то ошибки нет, если же будет пробито одно отверстие или три, то сигнал не пройдет, что будет означать наличие ошибки.

В системах класса CNC эта проверка реализуется микропроцессором, управляющим вводом посредством специальной программы.

Проверенная информация вводится последовательно в запоминающее устройство, дешифруется, заносится в соответствующие регистры памяти, откуда целиком поступает на обработку.

Рассмотрим принцип действия запоминающего устройства, структурная схема которого представлена на рис.8.3. На схеме приняты следующие сокращенные обозначения:

ФСУ – фотосчитывающее устройство;

ЗУ - регистры памяти;

К - коммутаторы;

И - логический элемент;

АД - адресный дешифратор;

СС - сигнал синхродорожки.

Информация, считываемая по строчно фотосчитывающим устройством блока ввода попадает на вход дешифратора. В адресном дешифраторе по коду адреса происходит его распознавание и по соответствующему адресному каналу на один из входов адресной схемы «И» подается сигнал. На второй вход всех адресных схем «И» подается сигнал синхродорожки. На выходе той схемы, на входе которой присутствуют оба сигнала, сформируется сигнал и поступит на вход соответствующего коммутатора, который приготовит к записи информации соответствующий регистр памяти. Следующая за кодом адреса, информация содержимого адреса поступает непосредственно на вход в сех адресных регистров памяти, но запишется только в ток, который подготовлен для записи соответствующим коммутатором. Адрес «конец кадра» записывается в соответствующий регистр и поступает на один из входов схемы «И». После этого блок переходит в ждущий режим пока не отработается предыдущий кадр. После чего формируется сигнал «конец

отработки кадра», который через регистр КОК поступает на второй вход схемы «И». На выходе этой схемы формируется сигнал, поступающий на все адресные регистры, после чего информация из них одновременно пресылается в другие функциональные блоки.

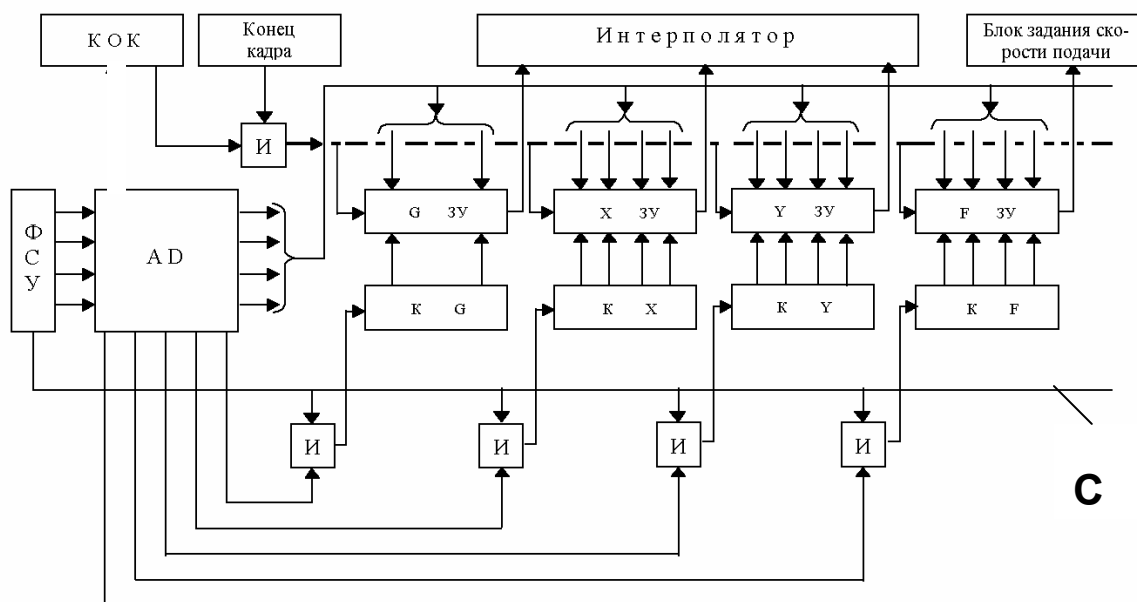


Рис.8.3. Структурная схема блока запоминания

Коммутаторы предназначены для распределения информации по соответствующим десятичным разрядам регистров памяти.

Как уже говорилось выше числовая информация записывается в двоично-десятичном коде. После ввода ее в систему ЧПУ ее необходимо преобразовать в двоичный код.

Преобразование двоично-десятичного кода в двоичный сводится к последовательному выполнению операции деления на два (сдвиг) с последующей коррекцией соседних разрядов с учетом переноса. При делении на два могут возникнуть две ситуации в зависимости от того делится ли число без остатка в десятичном разряде или нет. В первом случае переносов в младший разряд нет. Во втором случае возникает остаток 0,5, который при переносе в младший разряд дает число 5 (0101) на которое должно быть скорректировано число в младшем разряде.

На рисунке 8.4 представлена граф-схема управляющего автомата преобразования двоично-десятичного кода в двоичный код.

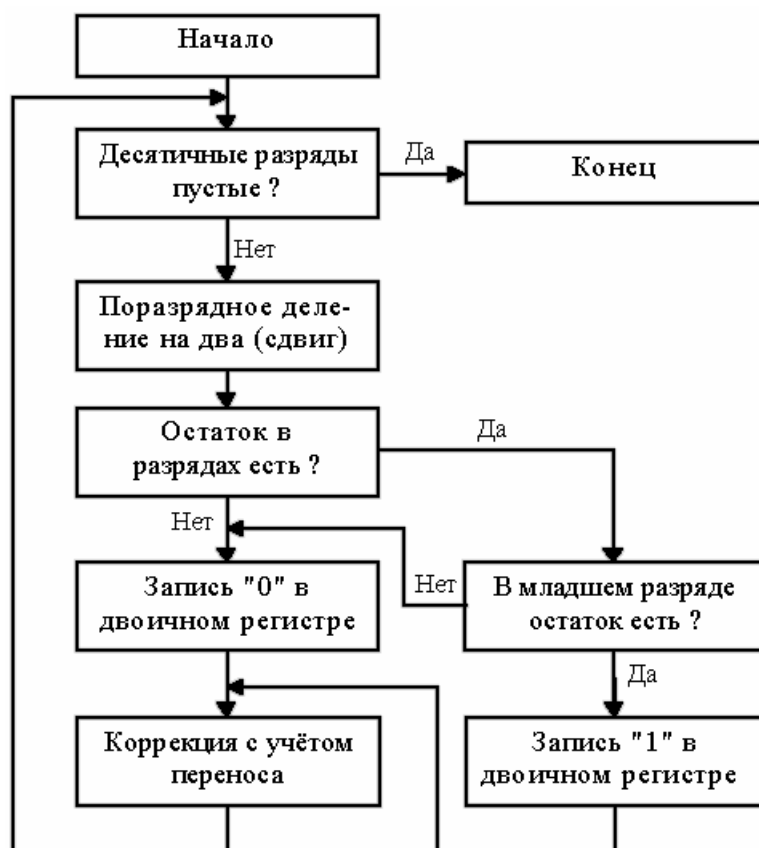


Рис.8.4. Граф-схема управляющего автомата преобразования двоично-десятичного кода в двоичный

Процесс преобразования числа 17 из двоично-десятичного кода в двоичный код представлен в таблице 8.1.

Таблица 8.1

Номер цикла	Операция	Десятичное число		Двоично-десятичный код		Двоичный код
		1	7	0001	0111	
1	Сдвиг	0,5	3,5	0000,1	0011,1	1
	Коррекция	0	8	0000	1000	
2	Сдвиг	0	4	0000,0	0100,0	01
	коррекция	0	4	0000	0100	
3	Сдвиг	0	2	0000,0	0010,0	001
	коррекция	0	2	0000	0010	

4	Сдвиг	0	1	0000,0	0001,0	0001
	коррекция	0	1	0000	0001	
5	Сдвиг	0	0,5	0000,0	0000,1	10001
	коррекция	0	0	0000	0000	

Проверка:

$$2^4 + 0^3 + 0^2 + 0^1 + 2^0 = 16 + 0 + 0 + 0 + 1 = 17.$$

9. Преобразование кодированной информации в управляющие сигналы. Интерполяторы.

Одним из важных этапов обработки управляющей информации является выдача сигналов для исполнительных приводов станка. Этот процесс называется интерполяцией, т.е. выдачей информации о траектории движения инструмента в интервале между координатами опорных точек заданных в управляющей программе. Если траектория задана прямой, то выполняют линейную интерполяцию, если окружностью, то круговую интерполяцию.

Интерполяцию выполняют либо специализированные устройства (NC) либо специальные программы ПМО (CNC).

Рассмотрим алгоритмы линейно-круговой интерполяции. Наибольшее распространение получили способы: 1) способ в основу которого положено решение алгебраических выражений (метод оценочной функции). и 2) опирающийся на решение дифференциальных уравнений прямой и окружности (метод ЦДА); В большинстве УЧПУ интерполяция производится по методу оценочной функции.

Разберемся в сущности метода оценочной функции на примере линейной интерполяции.

Линейная интерполяция. Запишем уравнение интерполируемой прямой (рис.9.1) в отрезках

$$\frac{X_i - X_0}{X_k - X_0} = \frac{Y_j - Y_0}{Y_k - Y_0} \quad (1)$$

так как $X_0 = 0$ и $Y_0 = 0$ то уравнение (1) можно записать в виде

$$Y_j X_k - X_i Y_k = 0 \quad (2)$$

Выражение с лева называется оценочной функцией и обозначается F_{ij} . Интерполируемая прямая разделяет плоскость координат на две области: $F > 0$, где значения оценочной функции F положительны; и $F < 0$. Отрезок ОК представляет собой область, где $F = 0$.

Принимаем следующую стратегию управления при перемещении из начальной точки О в конечную точку К. Если точка лежит в области $F \geq 0$, то делается

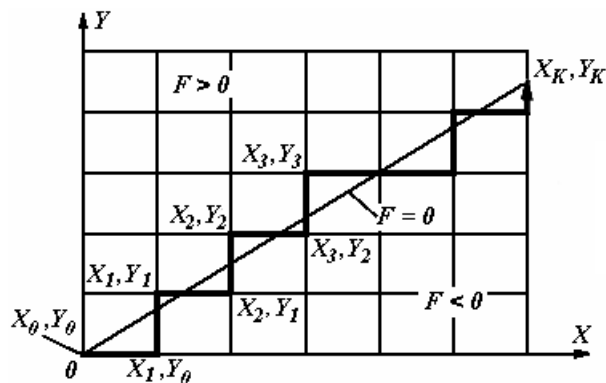


Рис.9.1. Линейная интерполяция методом оценочной функции

один шаг вдоль оси х (рис.9.1), если в области $F < 0$, то шаг делается вдоль оси у. Шаги делаются непрерывно с частотой задаваемой блоком задания скорости до тех пор, пока траектория не достигнет точки с координатой x_k, y_k . Текущие значения оценочной функции определяются следующим образом:

При шаге по оси х

$$F_{i+1,j} = Y_j \cdot X_k - (X_i + 1) \cdot Y_k = F_{ij} - Y_k \quad (3)$$

При шаге по оси у

$$F_{i,j+1} = (Y_{j+1} + 1) \cdot X_k - X_i \cdot Y_k = F_{ij} + X_k \quad (4)$$

Из выражений (3) и (4) видно, что текущие значения оценочной функции зависят её значений на предыдущем шаге и от координат X_k, Y_k . Но так как начальной значение оценочной функции всегда равно 0, то все последующие её значения будут определяться координатами X_k, Y_k .

На основании вышеизложенного структурная схема интерполятора будет иметь следующий вид (рис.9.2).

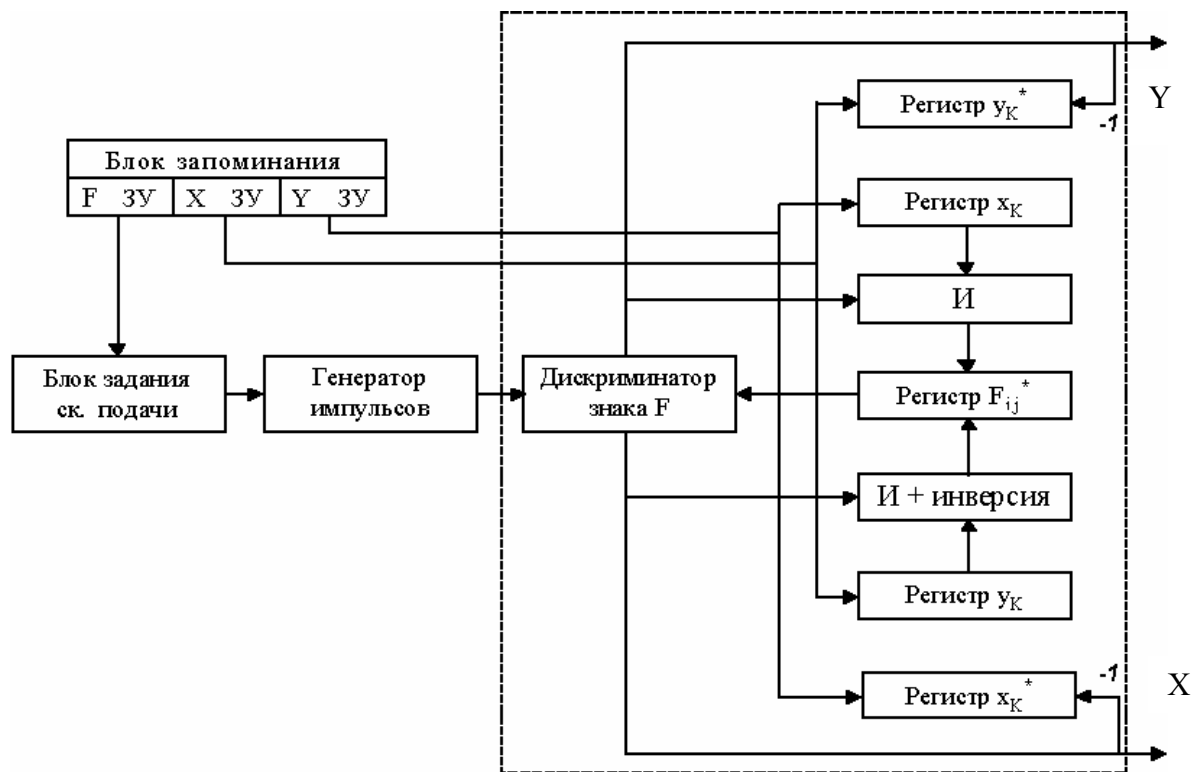


Рис.9.2. Структурная схема линейного интерполятора

Из адресных регистров памяти информация поступает в блок задания скорости и регистры интерполятора X_k , Y_k . В начале цикла в регистре F_{ij} записаны нули. Согласно принятой стратегии управления дискриминатор посылает первый импульс с ГИ в канал X. Этот импульс пойдет: 1) на вход блока управления привода подачи по оси X на отработку единичного шага; 2) на вход схемы И, которая сложит (с учетом знака) содержимое регистра Y_k с содержимым регистра F_{ij} ; 3) уменьшит на единицу содержимое регистра X_k^* .

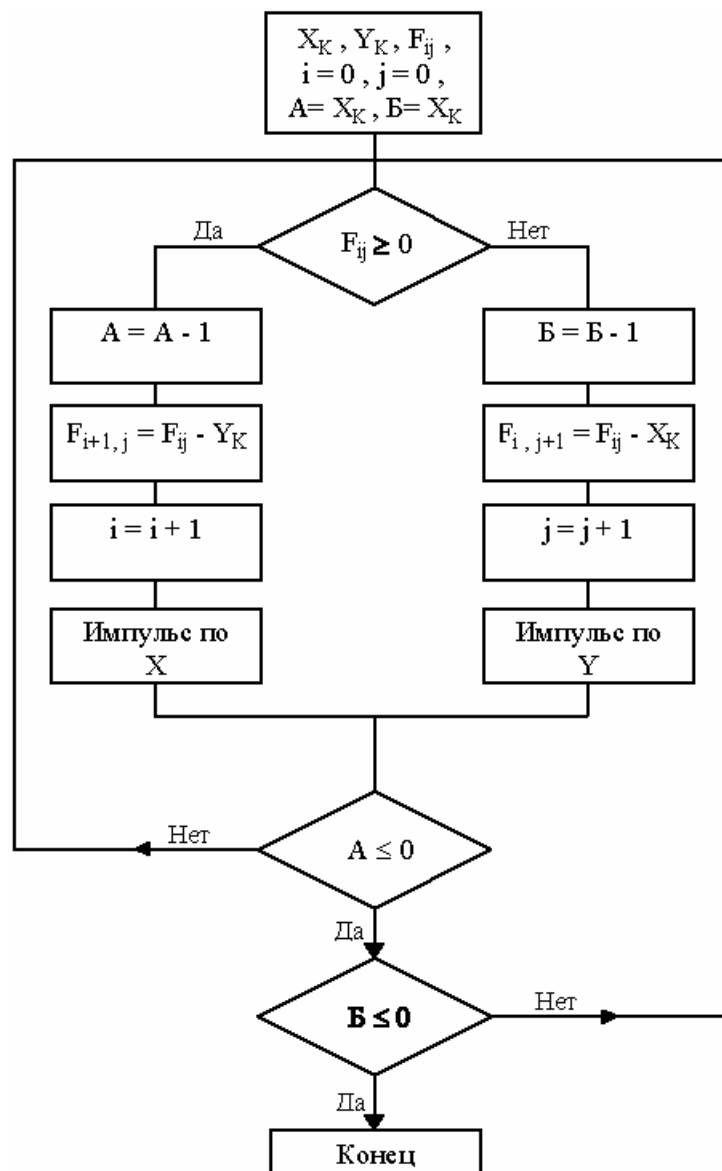


Рис.9.3.Алгоритм линейной интерполяции

Весь цикл будет повторяться до тех пор, пока содержимое регистров X_K^* и Y_K^* не станет равно нулю. В системе типа CNC микропроцессор в своем ПМО должен содержать программу, работающую по следующему алгоритму.

Круговая интерполяция. Интерполируемый отрезок дуги (рис.9.4) разделяет плоскость хоу на две области: $F > 0$, где значения оценочной функции F положительны; и $F < 0$, где значения оценочной функции отрицательны. Дуга ОК представляет собой область, где $F = 0$.

Значения оценочной функции при круговой интерполяции определяются из выражения

$$F_{i,j} = X_i^2 + Y_j^2 - R^2 \quad (5)$$

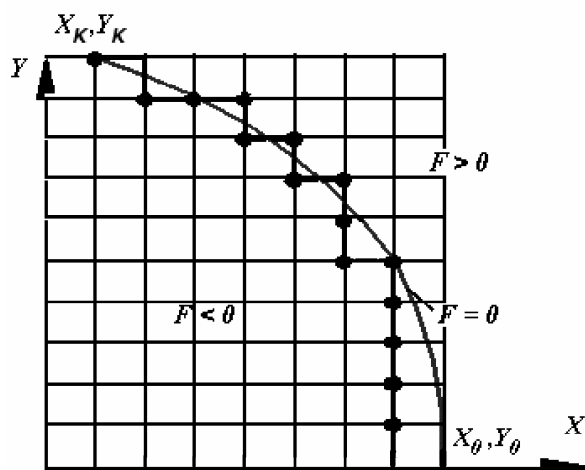


Рис.9.4. Круговая интерполяция методом оценочной функции

Принимаем следующую стратегию управления при перемещении из начальной точки О в конечную точку К. Если точка лежит в области $F \geq 0$, то делается один шаг вдоль оси -х (рис.9.4), если в области $F < 0$, то шаг делается вдоль оси у. Шаги делаются непрерывно с частотой задаваемой блоком задания скорости до тех пор, пока траектория не достигнет точки с координатой x_k, y_k . Текущие значения оценочной функции после единичных шагов по оси X и по оси Y будут определяться из выражений

$$F_{i+1,j} = (X_i - 1)^2 + Y_j^2 - R^2 = F_{i,j} - 2X_i + 1 \quad (6)$$

$$F_{i,j+1} = (Y_j + 1)^2 + X_i^2 - R^2 = F_{i,j} + 2Y_j + 1 \quad (7)$$

Таким образом, для формирования нового значения оценочной функции необходимо знать значение её на предыдущем шаге, значения координат текущей точки. Структурная схема устройства, реализующего данный алгоритм, представлена на рис.9.5.

Из адресных регистров памяти информация поступает в блок задания скорости и регистры интерполятора X_k, Y_k . В начале цикла в регистре F_{ij} записаны ну-

ли. Согласно принятой стратегии управления дискриминатор посылает первый импульс с ГИ в канал X. Этот импульс пойдет: 1) на вход блока управления привода подач по оси X на отработку единичного шага; 2) на вход регистра текущей координаты X_i , увеличив её на единицу; 3) на вход схемы И, которая сложит (с учетом знака) содержимое регистра X_i с содержимым регистра F_{ij} ; 4) уменьшит на единицу содержимое регистра X_k , 5) увеличит содержимое регистра F_{ij} на единицу.

Весь цикл будет повторяться до тех пор, пока содержимое регистров X_k и Y_k не станет равно нулю. В системе типа CNC микропроцессор в своем ПМО должен содержать программу, работающую по аналогичному представленному на рисунке 9.3.

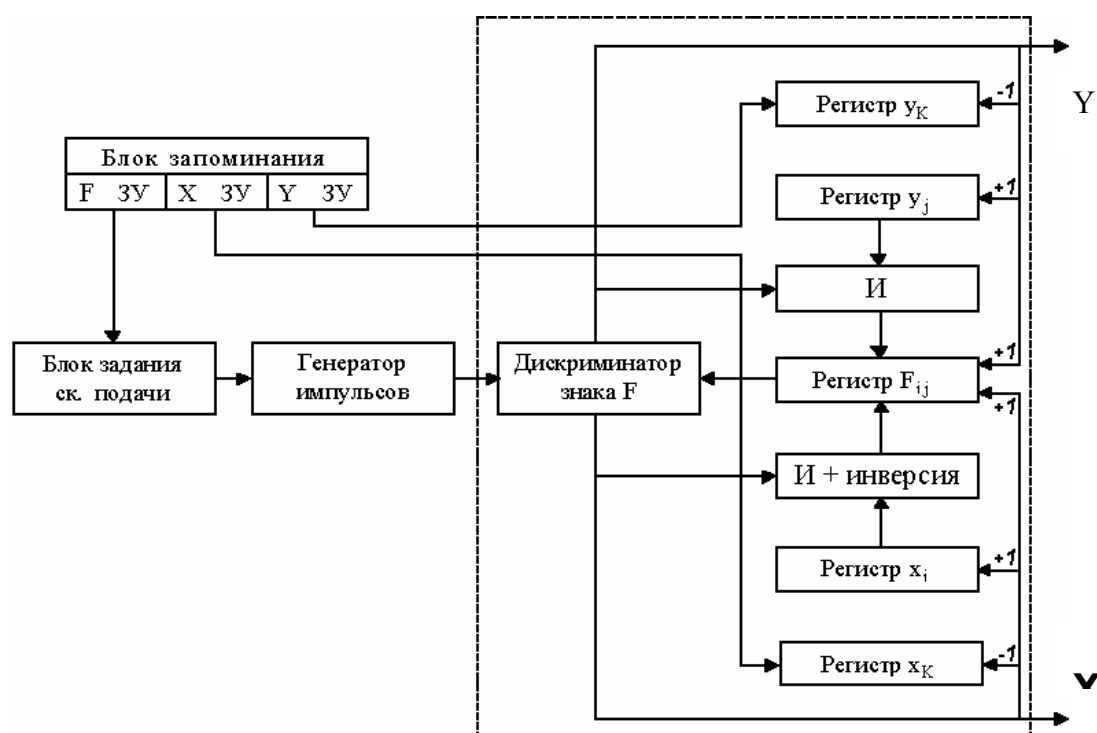


Рис.9.5. Структурная схема кругового интерполятора

Второй способ - это интерполяции по методу ЦДА. Этот метод заключается в моделировании дифференциального уравнения воспроизводимой траектории с помощью дифференциальных анализаторов.

Пусть имеем алгебраическое уравнение прямой линии

$$Y_j X_k = X_i Y_k \quad (8)$$

Продифференцируя его по x получим дифференциальное уравнение

$$\frac{dy}{dx} = \frac{X_k}{Y_k} \quad (9)$$

Полученное дифференциальное уравнение может быть приведено к двум параметрическим с параметром $\omega = l/T$, где T – полное время отработки кадра

$$\frac{dy}{dt} = \omega \cdot X_k; \frac{dx}{dt} = \omega \cdot Y_k \quad (10)$$

Заменяя полное время отработки кадра на период несущей частоты τ (скорость подачи), уравнения (10) можно записать в виде

$$\frac{dy}{dt} = \frac{l}{\tau} \cdot \Delta \bar{y}; \frac{dx}{dt} = \frac{l}{\tau} \cdot \Delta \bar{x} \quad (11)$$

где $\Delta \bar{x}$ и $\Delta \bar{y}$ – средние межтактовые приращения по соответствующим координатам. Для того, чтобы получить суммарные кадровые приращения, надо проинтегрировать параметрические уравнения (11).

$$Y = \frac{l}{\tau} \int_0^t \Delta \bar{y} dt; X = \frac{l}{\tau} \int_0^t \Delta \bar{x} dt \quad (12)$$

Вычисление данных интегралов заменяют приближениями Эйлера.

10. Блок управления скоростью подач

В начале и конце перемещения исполнительного узла возникают недопустимо большие перепады в значениях скорости подачи. При этом возникают большие динамические нагрузки на элементы привода, а так же возникают большие динамические погрешности в управлении. Во избежании этого системы ЧПУ имеют в своем составе устройства обеспечивающие автоматический постепенный разгон в начале отработки кадра и автоматическое плавное торможение в конце отработки кадра. В системах ЧПУ типа NC данные функции выполняет блок управления скоростью подачи. Структурная схема этого блока представлена на рис.10.1.

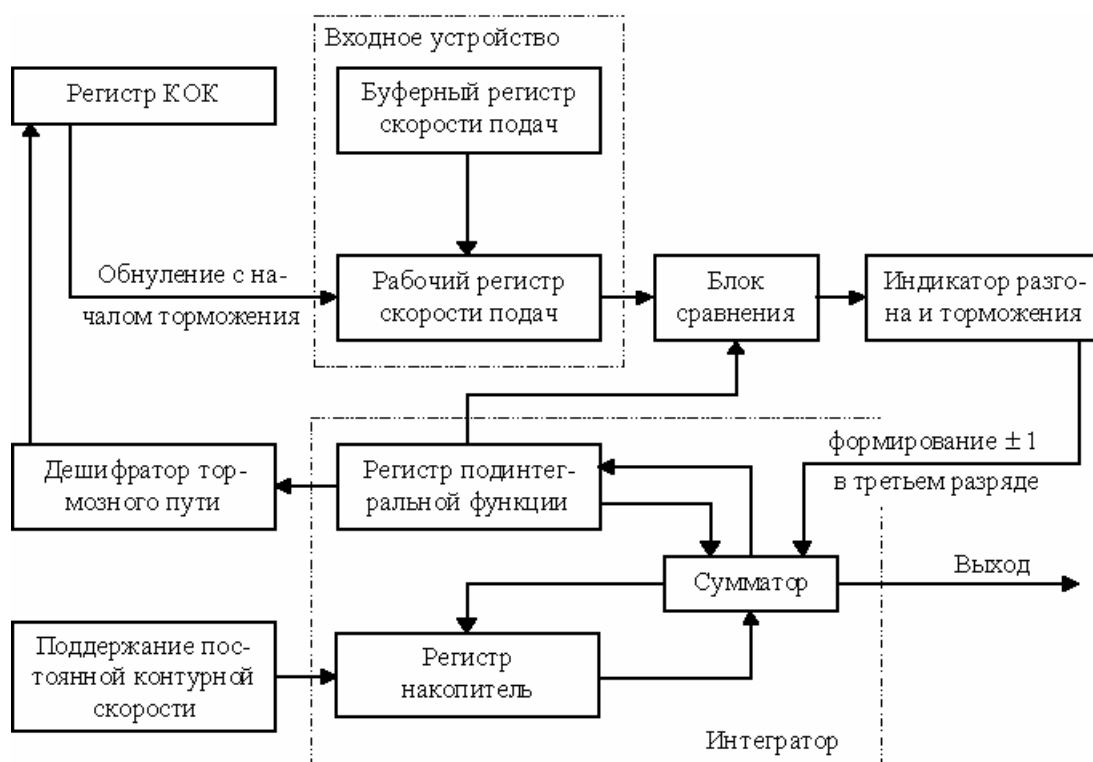


Рис.10.1. Структурная схема блока управления скоростью подачи

Входное устройство этого блока состоит из рабочего и буферного регистров памяти. В рабочем регистре хранится значение скорости подачи, задаваемой к концу переходного процесса. Интегратор предназначен для формирования уни-

тарной последовательности импульсов. Он состоит из регистра подинтегральной функции, регистра накопителя и сумматора. В регистре подинтегральной функции хранится текущее значение скорости подачи. В установившемся режиме это запрограммированная скорость подачи данного кадра, при разгоне или торможении это непрерывно меняющиеся значения. В регистре накопителе осуществляется непрерывное сложение содержимого регистра подинтегральной функции. Импульсы переполнения этого регистра являются импульсами задания скорости подачи.

Рассмотрим принцип действия данного блока для различных режимов.

Режим разгона. В рабочем регистре содержится значение скорости подачи заданной в данном кадре управляющей программы. Допустим, исполнительный узел находился в состоянии покоя. Тогда в обоих регистрах интегратора содержатся «0». На выходе блока сравнения появляется сигнал идентифицирующий режим разгона. В соответствии с этим сигналом в регистр подинтегральной функции начинает записываться 1. Содержимое этого регистра будет непрерывно возрастать, пока его содержимое не сравняется с содержимым рабочего регистра. Одновременно с возрастанием содержимого регистра подинтегральной функции будет плавно возрастать частота импульсов переполнения регистра накопителя, т.е. будет плавно осуществляться разгон.

Установившийся режим. В рабочем регистре и регистре подинтегральной функции хранятся одинаковые числа. В соответствии с нулевым сигналом на выходе блока сравнения индикатор разгона – торможения не работает. С каждым управляющим тактом содержимое регистра накопителя возрастает на постоянную величину, хранящуюся в регистре подинтегральной функции (заданная скорость подачи), а следовательно и частота следования импульсов переполнения будет постоянной, соответствующей заданной скорости подачи.

Режим торможения. В рабочем регистре содержится значение скорости подачи заданной в данном кадре управляющей программы (допустим меньшей, чем в предыдущем). Регистр подинтегральной функции содержит значение скорости подачи предыдущего кадра. Схема сравнения идентифицирует режим торможения.

ния. При этом из регистра подинтегральной функции начинает вычитаться 1. Содержимое этого регистра будет непрерывно уменьшаться, пока его содержимое не сравняется с содержимым рабочего регистра. Одновременно с уменьшением содержимого регистра подинтегральной функции будет плавно уменьшаться частота импульсов переполнения регистра накопителя, т.е. будет осуществляться плавное торможение.

11. Информационные каналы ЧПУ

Информационные каналы являются основными связующими элементами систем ЧПУ, поэтому от качества их работы зависят общая помехоустойчивость и надежность работы. В УЧПУ на базе микро ЭВМ «Электроника – 60» (УЧПУ 2Р22), имеются два канала: информационный канал микро-ЭВМ типа «Общая шина» и канал модуля связи со станком – «Станочная магистраль».

Канал ЭВМ «Общая шина» имеет совмещенные шины адреса и данных. Физически канал представляет собой совокупность печатных проводников, соединяющих контакты разъемов для подключения процессора и интерфейсных блоков модулей.

Для повышения нагрузочной способности канала он разбит на две секции, одна из которых реализована в виде генмонтажной панели микро ЭВМ, вторая в виде генмонтажной панели логического блока устройства ЧПУ.

Электрические параметры канала настраиваются с помощью шинных согласователей (Ш.С.) – специальных резисторных делителей с определенным эквивалентным сопротивлением. Это обеспечивает надежную работу подключаемых интерфейсных блоков - модулей устройства ЧПУ.

Интерфейс связи со станком формирует второй информационный канал - станочную магистраль. Этот канал состоит из трех шин.

Интегрированной адресной шины (ИАШ) – представляющей собой совокупность однонаправленных линий для передачи сигналов выбора одной из четырех групп субблоков модуля связи со станком (блоков управления приводами, блоков датчиков обратной связи, блока адаптивного управления, блока входных. и выходных. сигналов.).

Адресной шины (АШ) – являющейся продолжением адресной шины канала микро ЭВМ в виде ее четырех младших разрядов. АШ служит для выбора конкретного субблока в группе.

Двунаправленной шины данных (Ш.Д.), предназначенной для обмена данными между Ц.П. и субблоками модуля связи.

Для увеличения нагрузочной способности ШД разделена на две секции, а в месте стыка секций установлены усилители сигналов шины.

Интерфейсные блоки функциональных модулей УЧПУ.

Функциональные модули УЧПУ подключаются к информационному каналу ЭВМ с помощью типовых интерфейсных блоков, построенных по следующей стр.схеме

Интерфейсный блок состоит из пяти основных узлов:

Канальные приемо - передатчики

Селектор адреса

Дешифратор команд

Выходной регистр

Схема управления прерыванием.

Данный интерфейс блок предназначен для обмена информацией между ЦП и периферийным устройством. Данный блок предусматривает два режима работы:

1. Обмен с опросом готовности периферийного устройства к работе.
2. Обмен с использованием средств прерывания работы процессора.

Первый режим применяется в том случае, если время работы процессора на данное устройство не ограничено или информация от устройства является вспомогательной. Инициатором обмена в этом случае является Ц.П.

Во втором режиме инициатором обмена является периферийное устройство.

Обмен информацией между устройством и ЦП осуществляется с помощью двух регистров интерфейсного блока – регистра состояния и регистра данных.

Регистр состояния предназначен для сообщения процессору о состоянии, в данный момент, интерфейсного блока.

Регистр данных предназначен для приема информации от Ц.П и хранения ее перед выдачей на периферийное устройство или для приема информации от периферийного устройства и хранения ее перед выдачей с Ц.П.

Модуль связи со станком

Модуль состоит из четырех групп блоков:

Группа блоков входных сигналов

Группа блоков выходных сигналов

Группа блоков цифроаналоговых преобразователей

Группа блоков аналогоцифровых преобразователей

Модуль связи имеет свой информационный канал – станочную магистраль, связанную с информационным каналом микроЭВМ с помощью интерфейсного блока.

Блоки входных сигналов обеспечивают устойчивый прием дискретных сигналов электроавтоматики станка и построены по схеме (рис.11.1).

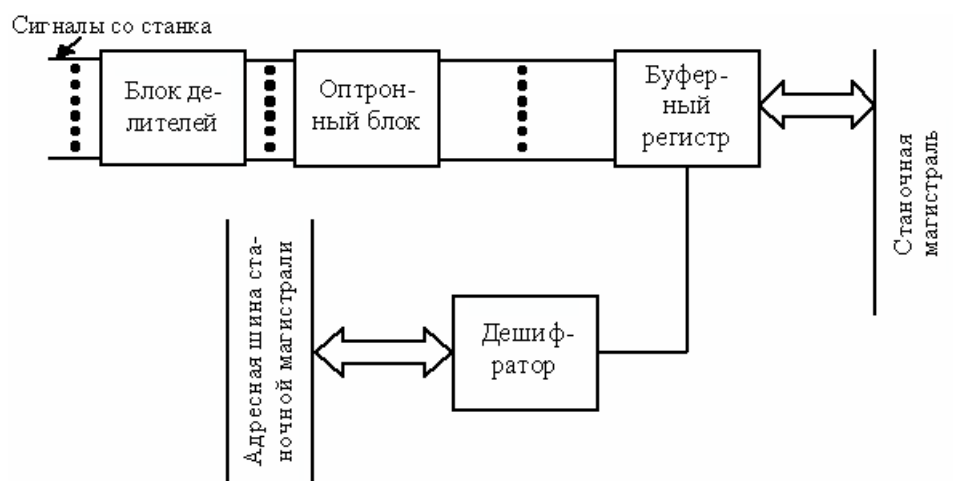


Рис.11.1. Структурная схема блока входных сигналов

Входные сигналы, полученные в станке (включение реле, концевых выключателей и т.п.) с помощью входных делителей подаются на оптроны и на входы буферного регистра и сразу же записываются в него.

Каждый разряд регистра соответствует одному дискретному сигналу со станка. Чтение информации с буферного регистра выполняется по инициативе центрального процессора. Выбор конкретного набора сигналов осуществляется с по-

мощью дешифратора, на вход которого подаются сигналы адресной шины станочной магистрали.

Аналогично функционируют блоки выходных сигналов.

Цифроаналоговый преобразователь (ЦАП). ЦАП преобразует цифровой код подачи или частоты вращения шпинделя в соответствующий аналоговый сигнал, поступающий на привод исполнительного привода станка.

Структурная схема ЦАП показана на рис.11.2.

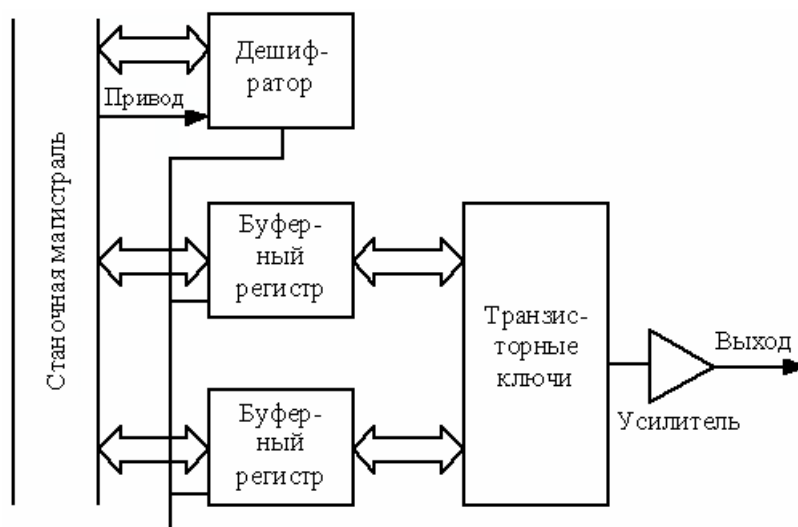


Рис.11.2. Структурная схема цифроаналогового преобразователя

Цифровой код, выставленный на станочной магистрали сигналом «Привод» записывается в буферные регистры. Выборка разрядов записи осуществляется дешифратором. Выходы регистров управляют транзисторными ключами.

Токи транзисторных ключей суммируются на усилителе. С выхода усилителя, напряжение соответствующее заданному коду выдается на привод станка.

Аналогоцифровой преобразователь (АЦП, измерительная система).

Измерительная система предназначена для постоянного контроля положения рабочего органа станка с выдачей измеряемой координаты в цифровом виде. Измерительная система состоит из трех блоков:

генератор тактовых импульсов;

формирователь питающих напряжений;

блок оцифровки выходного сигнала.

Структурная схема измерительной системы представлена на рис. 11.3.

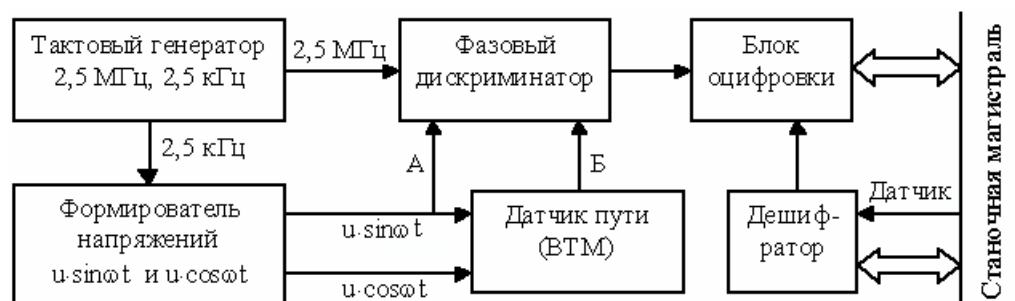


Рис.11.3. Структурная схема аналогоцифрового преобразователя

Импульсы тактового генератора при помощи тактового делителя делятся в две импульсные последовательности с частотой 2,5 МГц и 25 КГц. Импульсы с частотой 25 КГц поступают в формирователь напряжений, где с помощью интегратора и усилителя преобразуется в синусоидальное питающее напряжение $U \sin \omega t$, и с помощью фазосдвигающей цепочки сдвигается на 90 градусов, и формируется напряжение $U \cos \omega t$. Эти сигналы подаются на первую и вторую статорные обмотки обмотки вращающегося трансформатора (датчика пути). Выходной сигнал с ротора вращающегося трансформатора так же представляет собой гармонический сигнал той же частоты и амплитуды, но сдвинутый по фазе относительно питающего напряжения $U \sin \omega t$ на величину пропорциональную углу поворота ротора датчика, связанного с исполнительным органом станка. Сдвиг фазы 2π соответствует одному обороту ротора датчика. Фазовый дискриминатор определяет угол сдвига фаз между сигналами А и Б, и пропускает число импульсов с частотой 2,5 МГц в блок оцифровки пропорциональное фазе, т.е. углу поворота ротора или величине перемещения исполнительного узла станка. Блок оцифровки представляет собой совокупность счетчика и регистра накопителя. Данные с регистра накопителя считываются ЦП через станочную магистраль по сигналу «Датчик». Адресация процессора к конкретному блоку оцифровки, а следовательно, к измерительной системе выбранной координаты осуществляется дешифратором.

12. Системы автоматического управления роботами

Робот как объект управления представляет собой сложную систему, состоящую из многозвенной механической конструкции. Задача управления роботом заключается в формировании управляющих воздействий для исполнительных двигателей, отработка которых гарантировала бы прохождение захватным устройством заданной траектории с заданной точностью.

Классификация систем автоматического управления роботами.

САУ роботами в соответствии с используемыми методами управления делятся на системы:

- программного управления, основой которых является метод движения манипулятора по заранее рассчитанной жесткой программе. Программа хранится на программноносителе и может быть изменена при перепрограммировании

- адаптивного управления, движение робота в этих системах организуется по гибко изменяемым программам. При этом перестройка программ происходит в ответ на изменение условий внешней среды. Для получения внешней информации адаптивные системы обеспечиваются разнообразными измерительными системами.

- интеллектуального управления, в которых программа движения робота вообще не задается, а синтезируется системой управления на основе описания внешней среды, совокупности правил поведения в среде и имеющейся целевой установки задачи.

Системы программного управления делятся на цикловые, позиционные и контурные.

Цикловые системы управления роботами.

Характерными особенностями цикловых систем управления являются:

- программирование логической и технологической информации дискретного вида, определяющей последовательность движения звеньев манипулятора, длительность позиционирования;

- выделение информации о перемещениях по отдельным степеням подвижности, задаваемых с помощью регулируемых упоров или датчиков положения;
- сравнение заданного и фактического положений звеньев манипулятора;
- управление по разомкнутому циклу.

В состав УЦПУ входят управляюще – вычислительный модуль, программно-носитель, блоки сопряжения, панель управления и пульт ручного управления обучением. Структурная схема представлена на рис.12.1.

Управляюще-вычислительный модуль (УВМ) формирует микрооперации (управляющие импульсы), соответствующие требуемому алгоритму, для выдачи их в операционные узлы и другие функциональные блоки. В качестве УВМ используются командоаппараты, микропрограммные автоматы различных типов.

Блок сопряжения выполняет функции формирования команд управления приводами, опроса состояния датчиков.

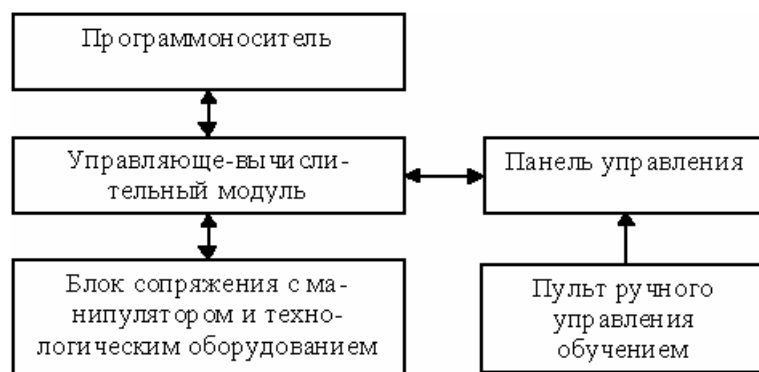


Рис.12.1. Структурная схема цикловой системы управления

Пульт ручного управления обучением служит для формирования управляющей программы. Процесс обучения заключается в ручной регулировке упоров, осуществляющих позиционирование робота и занесении в программноноситель информации о последовательности смены положений его отдельных звеньев.

Программирование управляющей информации производится по кадрам, состав и число которых определяются командами, выдаваемыми на приводы робота и технологическое оборудование.

Позиционно-контурные системы управления промышленными роботами

Применение систем позиционно-контурного управления значительно расширяет технологические возможности роботов и практически исключает ограничения, связанные с числом точек позиционирования захватного устройства.

По способу обработки поступающей от робота геометрической информации системы делятся на системы с центральным вычислителем и системы с децентрализованной структурой, когда вычислитель входит в состав каждого координатного блока.

Структурная схема позиционного устройства управления представлена на рис.12.2.

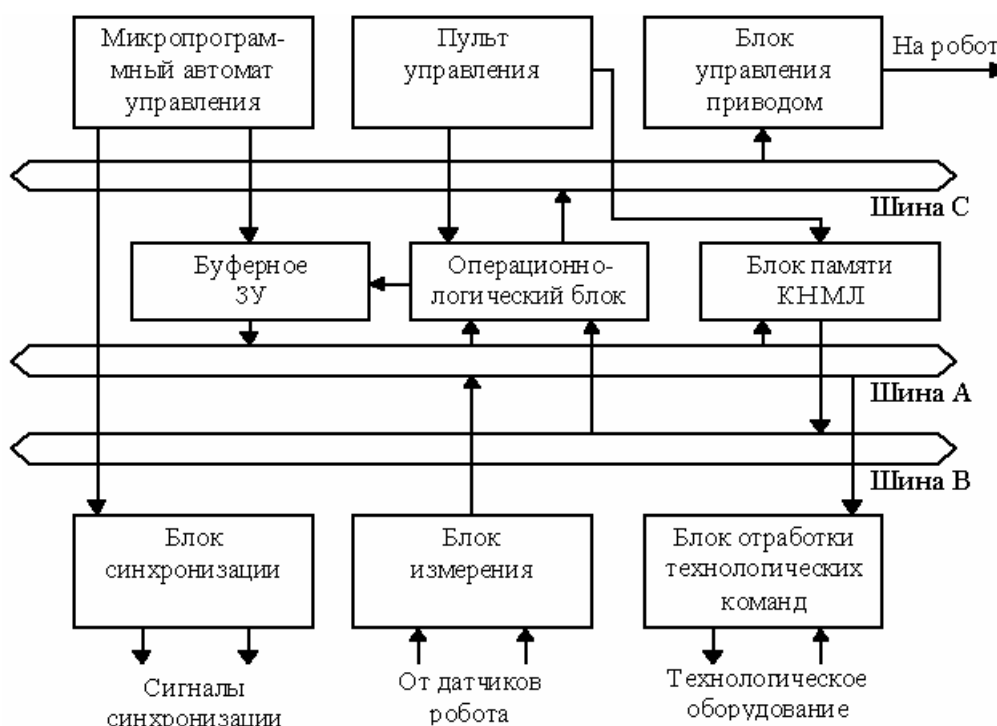


Рис.12.2. Структурная схема позиционного устройства управления

Операционно-логический блок реализует функции центрального управления и логическую обработку информации. Обмен информацией между функциональными блоками выполняется через шины А, Б, С.

Буферное ЗУ предназначено для оперативного хранения рабочей программы.

Блок синхронизации формирует последовательность импульсов, синхронизирующих функционирование устройства, выдержек времени.

Блок измерения обеспечивает цифровое измерение положений манипулятора и содержит преобразователи сигнала датчиков.

Лабораторная работа № 1

Цикловая система управления токарно-револьверным станком

ЦЕЛЬ РАБОТЫ.

В ходе лабораторной работы необходимо научиться составлять управляющие программы для станков, оснащенных цикловыми системами управления. В соответствии с этим необходимо:

1. Изучить кинематику станка;
2. Ознакомиться с устройством станка;
3. Ознакомиться с системой управления;
4. Составить управляющую программу.

1. Назначение и область применения станка.

Токарно-револьверный станок 1Г340ПЦ с горизонтальной осью револьверной головки с цикловым программным управлением предназначен для выполнения сверлильных, токарных, резьбонарезных работ в условиях серийного и мелкосерийного производства.

Станок может изготавливать детали из прутковых материалов и штучных заготовок.

Обработка из пруткового материала производится в автоматическом цикле, из штучных заготовок - в полуавтоматическом цикле. Задание программы осуществляется по элементарным циклам на штекерной панели. Регулирование частоты вращения шпинделя и величины подачи осуществляется автоматическими коробками скоростей и подач.

2. Кинематика станка.

Кинематическая схема станка представлена на рис. 1.

Движение от главного электродвигателя М1 через клиноременную передачу передается на автоматическую коробку скоростей (АКС), которая служит для регулирования частоты вращения шпинделя.

Переключение скоростей осуществляется электромагнитными муфтами. С выходного вала АКС движение через клиноременные передачи передаются на шпиндель (Ш) и автоматическую коробку подач (АКП). Переключение подач осуществляется электромагнитными муфтами.

С выхода АКП движение передается на фартук (Ф) для получения продольных подач револьверного суппорта (РС) и через клиноременную передачу для получения поперечных подач (вращательное движение револьверной головки (РГ) вокруг своей оси).

Двухскоростной электродвигатель М2 служит для ускоренного продольного перемещения РС со скоростями 6 м/мин и 3 м/мин.

Электродвигатель М3 служит для ускоренного вращательного движения РГ вокруг своей оси.

Для автоматического переключения элементарных циклов системы управления служит барабан жестких упоров и кулачков промежуточных команд (Б).

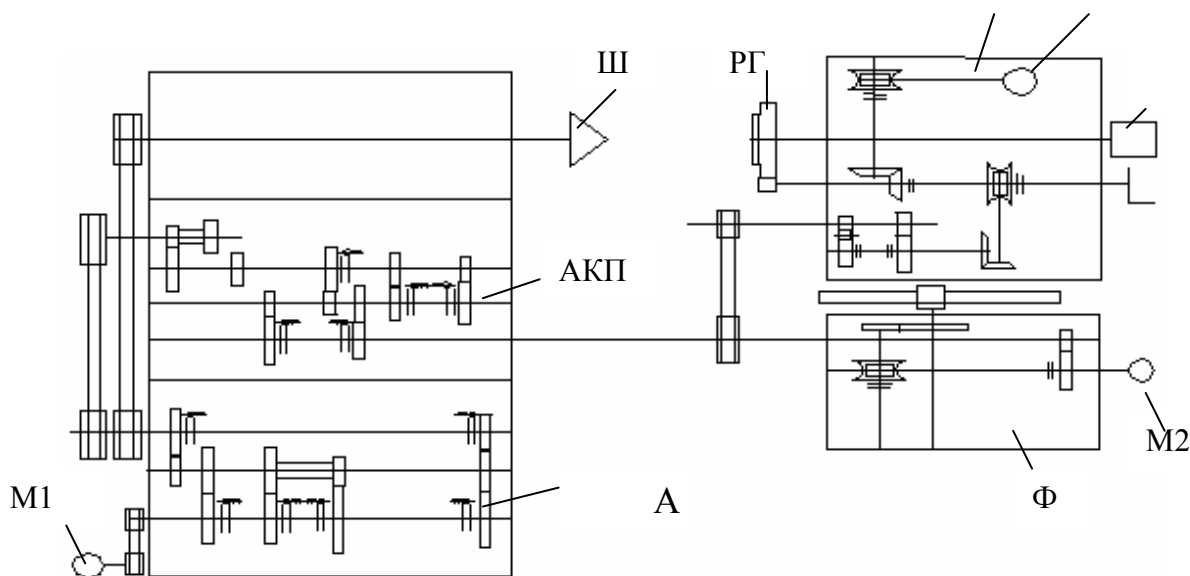


Рис.1. Кинематическая схема станка

3. Общие сведения о системе циклового программного управления

Для управления работой станка используется система циклового программного управления, выполненная на контактных элементах, в качестве которых используются электромагнитные реле, и бесконтактных элементах - тиристорных ключах.

Система циклового программного управления предусматривает автоматическую:

- подачу и зажим заготовки;
- смену инструмента;
- последовательность движений рабочих органов станка, задаваемую на штекерной панели при помощи штекеров.

Величины перемещений задаются настройкой упоров. Упоры воздействуют на конечные выключатели, установленные на станине и корпусе revolverного суппорта. Для получения заданных геометрических размеров по длине детали, регулируемые упоры устанавливаются на барабане (Б), а по диаметру - на revolverной головке (РГ).

Система управления станком обеспечивает выполнение 32 переходов, число которых равно числу позиций revolverной головки. На каждом переходе может быть использован один из 6 элементарных замкнутых циклов, или цикл начала обработки, или цикл конца обработки, или цикл подачи и зажима материала. Для каждого элементарного цикла задаются частота вращения шпинделя и подача (продольная и поперечная).

Каждый элементарный цикл является завершенной частью совокупности элементарных движений (например: быстрый подвод, рабочая подача, быстрый отвод, поворот revolverной головки).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Рис 2 Штекерная панель

Назначение горизонтальных строк штекерной панели следующее:

- 1 - начало цикла обработки детали;
- 2 - конец цикла обработки детали;
- 3 - команда подачи прутка до упора и включения зажимного устройства;
- 4 - простой цикл;
- 5 - цикл с поперечной подачей револьверной головки;
- 6 - простой цикл с отводом от обработанной детали (чистовое точение);
- 7 - цикл нарезания резьб метчиками или плашками;
- 8 - цикл обработки детали "за буртом";
- 9 - цикл глубокого сверления;

- 10 - включение охлаждения;
- 11 - выбор диапазонов вращения главного электродвигателя (1-й или 2-й);
- 12, 13, 14 - задание числа оборотов шпинделя;
- 15, 16, 17 - задание величин продольных подач револьверного суппорта;
- 18, 19, 20 - задание величин поперечных подач револьверной головки.

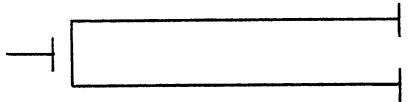
Программирование системы управления заключается в установлении штекеров в соответствующие отверстия штекерной панели, которые находятся на пересечении вертикальных и горизонтальных шин. Заполнение штекерной панели осуществляется по операционной карте.

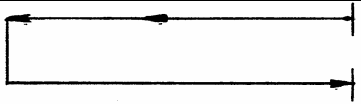
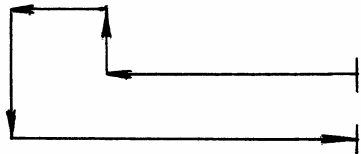
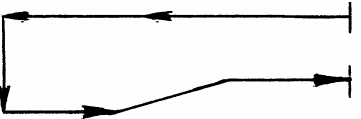
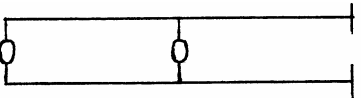
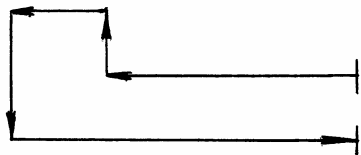
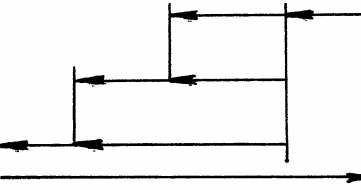
4. Элементарные циклы

Элементарные циклы предназначены для выполнения отдельных переходов при обработке детали. В таблице 1 приведены имена элементарных циклов, их содержание и циклограммы.

Элементарные циклы

Таблица 1

№ строки штекерной панели	Наименование цикла	Содержание цикла	Циклограмма
1	Начало цикла обработки		
2	Конец цикла обработки		
3	Подача и зажим материала	Движение суппорта с упором со скоростью 6 м/мин, останов суппорта, подача заготовки до упора, зажим заготовки, движение револьверного суппорта назад в исходное положение на скорости 6 м/мин.	
4	Простой цикл	Движение суппорта со скоростью 6 м/мин, движение на промежуточной скорости 3	

		м/мин, движение на рабочей подаче, движение револьверного суппорта (РС) назад в исходное положение на скорости 6 м/мин.	
5	Цикл с поперечной подачей РГ по часовой стрелке	Первая часть движения РС аналогична простому циклу, далее расфиксация РГ, поворот ее на рабочей подаче по часовой стрелке, поворот РГ на ускоренной подаче против часовой стрелки, фиксация РГ, быстрый отвод назад РС в исходное положение.	
6	Простой цикл с отводом инструмента от обрабатываемой заготовки (чистовое точение)	Первая часть аналогична простому циклу, после окончания рабочей подачи расфиксация револьверной головки (РГ), поворот РГ на рабочей подаче против часовой стрелки, движение РС назад, возврат РГ в исходное положение и фиксация РГ.	
7	Цикл нарезания резьбы метчиком или плашкой	Первая часть движения РС аналогична простому циклу, далее реверсируется шпиндель, движение РС на рабочей подаче назад до полного выхода инструмента, включение шпинделя на прямые обороты, ускоренное перемещение РС в исходное положение.	
8	Цикл обработки детали «за буртом»	Первая часть цикла аналогична простому циклу, далее расфиксация РГ, поворот РГ на рабочей подаче по часовой стрелке, движение РС вперед на рабочей подаче, останов, поворот РГ назад в исходное положение, быстрый отвод назад РС в исходное положение.	
9	Цикл глубокого сверления	Движение суппорта со скоростью 6 м/мин, движение на промежуточной скорости 3 м/мин, движение на рабочей подаче, далее РС ускоренно движется назад до выхода сверла из детали, ускоренно вперед до конца предыдущего рабочего хода. Совокупность этих переходов повторяется три раза.	

5. Разработка управляющей программы

Разработка управляющей программы начинается с составления операционной карты наладки. Карта наладки представляет собой, выполненную в масштабе схему развертки револьверной головки с установленными в гнездах инструментами. На каждой позиции вычерчивается обрабатываемая деталь и режущий инструмент в конечном рабочем положении для каждого перехода с указанием получаемого размера и величины перемещений. Слева против каждой позиции вычерчивается элементарный цикл перехода. Программа должна начинаться с команды «Начало цикла обработки», далее следует команда подачи прутка до упора. После этой команды следуют все элементарные циклы необходимые для полной обработки. **Для каждого цикла, в котором осуществляется резание, задаются диапазон вращения главного электродвигателя, частота вращения шпинделя, продольные и поперечные подачи.** В конце обработки задается команда «Конец цикла обработки».

6. Указания к выполнению работы.

1. Ознакомиться с кинематической схемой станка.
2. По заданному номеру варианта из таблицы приложения 1 зарисовать эскиз детали и обозначить все недостающие размеры.
3. Составить операционную карту наладки.
4. Запустить на выполнение программу с именем "CPU.EXE" или "CPUE.EXE".
5. Нажатием клавиши F2 войти в режим заполнения штекерной панели. Заполнить её по программе (по операционной карте). Выход из режима – Esk.
6. По нажатию клавиши F3 войти в режим задания размеров заготовки и задать диаметр и длину заготовки.
7. По нажатию клавиши F4 войти в режим выбора инструмента. Выбрать для каждого перехода (элементарного цикла) требуемый инструмент и задать его размеры.

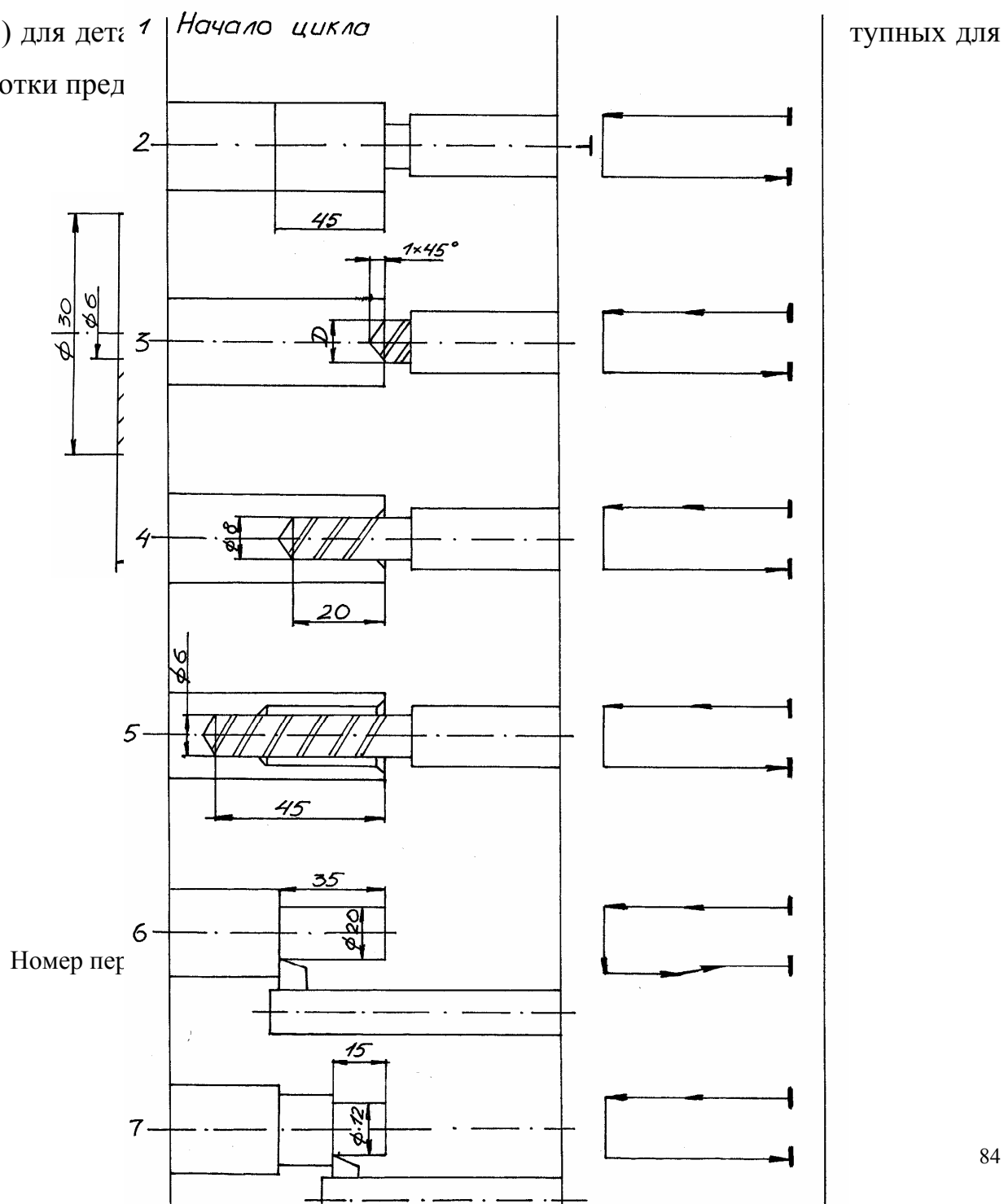
8. По нажатию клавиши F5 войти в режим расстановки путевых выключателей. Расставить путевые выключатели для каждого перехода. Величины расстановки берутся из чертежа или с карты наладки.

9.Отработать программу, нажав клавишу F6.

10.Записать программу в память, для чего необходимо нажать клавишу F7 и ввести имя файла «D номер группы - номер варианта» (например D405-36).

7. Пример программирования обработки

Ниже приведен пример операционной карты (рис.4), и штекерной панели (рис.5) для детали 1 *Начало цикла* обработки перед



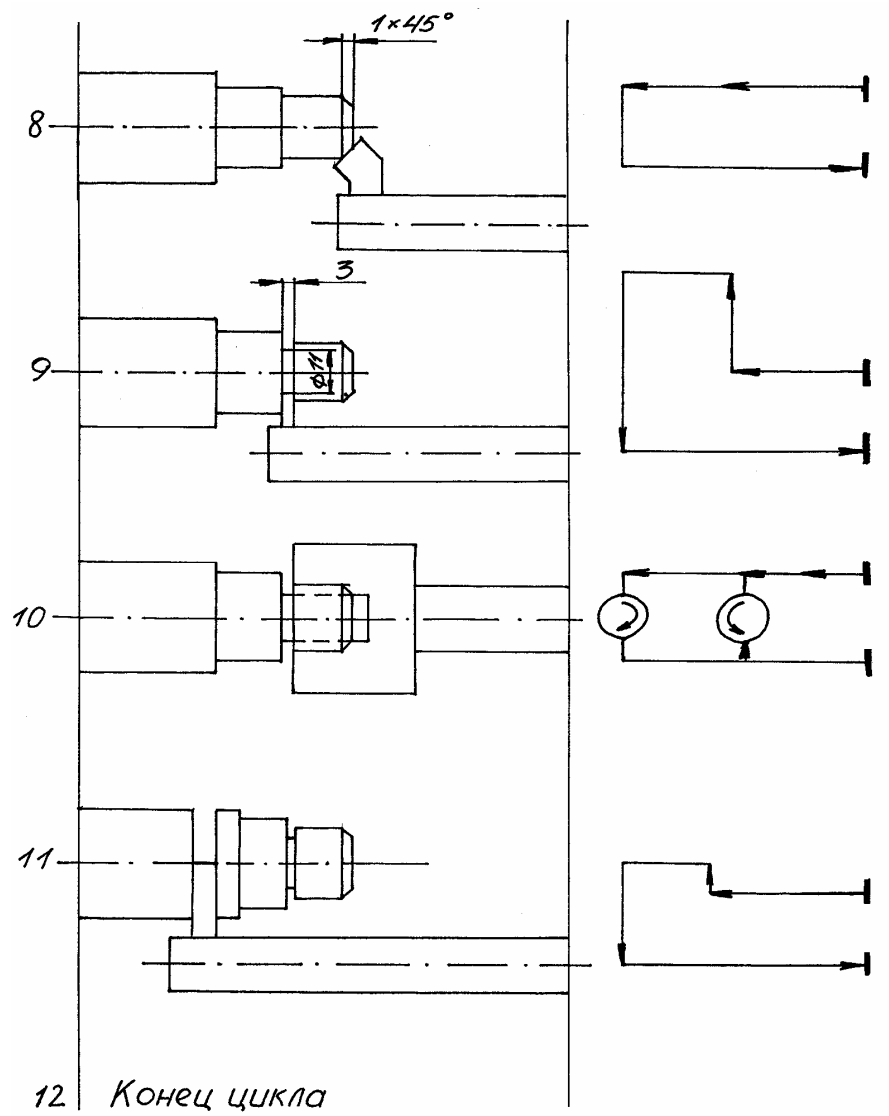


Рис.4. Операционная карта наладки

Рекомендуемая литература