

УСТРОЙСТВО СЧПУ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

Схема управления станком с ЧПУ

- Под ЧПУ оборудования понимают управление при помощи программ, заданных в алфавитно-числовом коде;
- При обработке на станках с ЧПУ инструмент перемещается по задаваемым в программе траекториям;
- При этом, например, для токарных станков программируется перемещение вершины резца, а для фрезерных – перемещение оси фрезы.

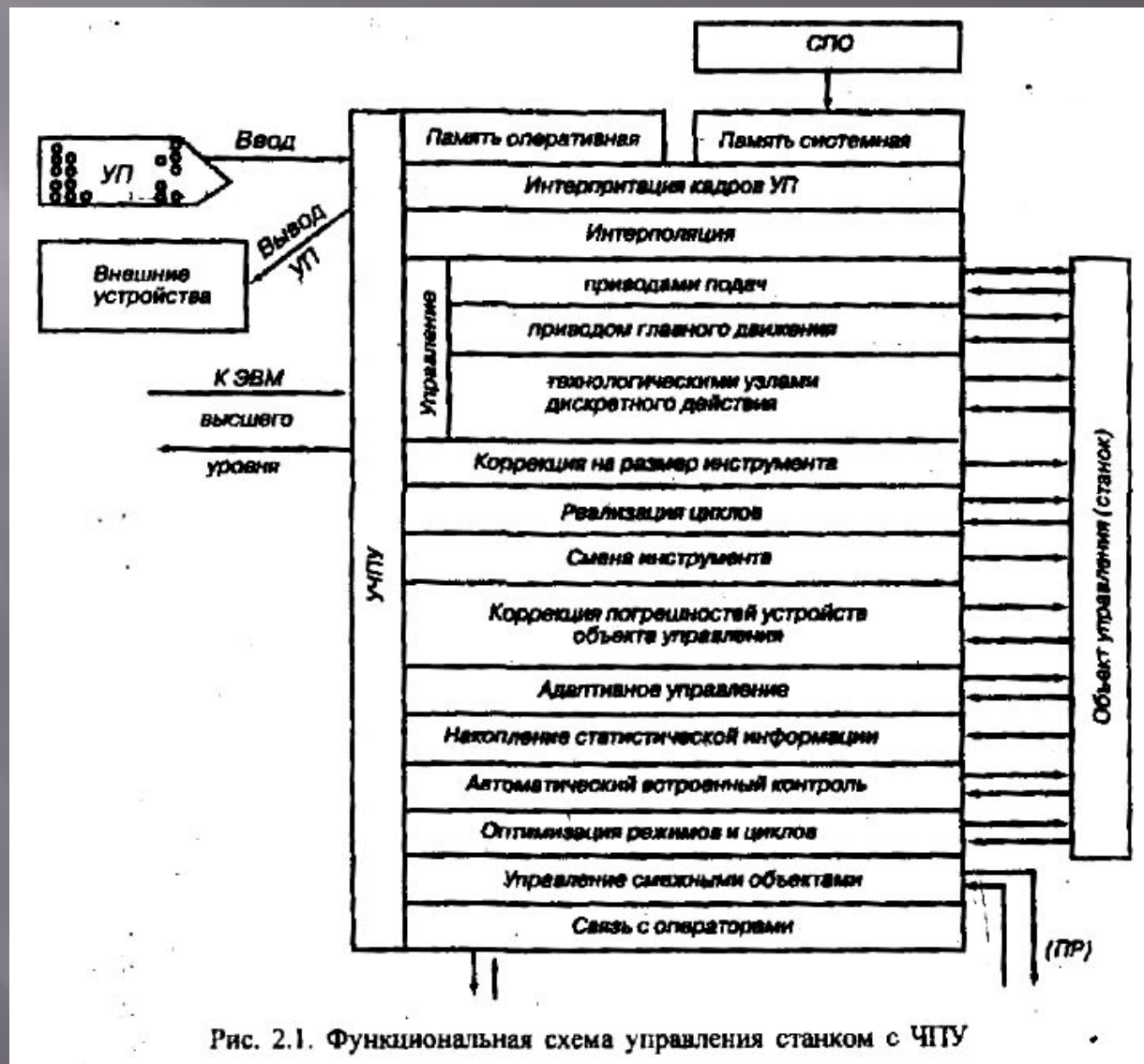


Рис. 2.1. Функциональная схема управления станком с ЧПУ



1 – станина, 2 – основание, 3 – плоскость, 4 – поперечина, 5 – шпиндельная бабка, 6 – стойка (кронштейн) копировального прибора, 7 – копировальный прибор, 8 – копировальный палец, 9 – концевая фреза, 10 – стол копира, 11 – стол заготовки, 12 – балка.

Первые станки с ЧПУ появились в 1957 - 60 г.г. Первый станок с ЧПУ появился на основе копировально-фрезерного станка. В копировально-фрезерном станке носителем программы, задающий траекторию движения рабочих органов станка являлся жесткий копир, т. е. жёсткий программноноситель.

Недостатки копира:

- 1) громоздкость
- 2) износ → искажение программы
- 3) трудность изготовления копиров
- 4) длительное время переналадки (установки нового копира), когда старый изнашивался.

Копир был заменён на мягкий копиرونоситель, вначале на магнитную ленту в унитарном коде, затем магнитная лента была заменена на бумажный копиرونоситель – перфоленту в коде БЦК - 5, а в последствии тоже на бумажную перфоленту в коде ISO - 7 бит.

Три поколения станков с ЧПУ

1-ое поколение: обычные универсальные станки в которых ручное управление заменили управлением от стойки или пульта ЧПУ, с носителем программы на магнитной ленте али перфоленте

2-ое поколение: (70-е г. г.) станки имеют усовершенствованную конструкцию самих станков для целей с ЧПУ, изменена компоновка узлов станка, увеличена скорость быстрых перемещений. Эти станки стали более точными и более высокопроизводительными. 2-ое поколение станков характеризуется производством специальных станков (только фрезерные, только токарные, и т. д.).

3-е поколение: это много операционные, многоцелевые станки типа обрабатывающий центр (машинный центр) «ОЦ» (МЦ) - это универсальные многокоординатные станки имеют 4, 6, 8, 12,16, 24 управляемые координаты, которые позволяют вести комплексную обработку деталей, т. е. с одного установка на них обеспечивается обработка различно ориентированных в пространстве поверхностей детали.

Станки типа «ОЦ» являются основой современного гибкого производства.

Основные преимущества использования станков с системами ЧПУ

- В условиях единичного и мелкосерийного производства станки с ЧПУ являются основным средством повышения производительности труда.
- В среднесерийном и крупносерийном производстве станки с ЧПУ являются единственным средством, обеспечивающим гибкость перенастраиваемость, переналаживаемость производства с одной серии на другую.

Основные недостатки использования станков с системами ЧПУ

- Высокая стоимость станка.
- Увеличение сложности ремонта.
- Требуется переподготовка кадров.

Интерполятор

Любую траекторию перемещения, которую должен пройти режущий инструмент при механообработке, можно разложить на элементарные перемещения из отрезков прямых линий и дуг окружности. Такие перемещения в ЧПУ называются интерполяциями (от латинского слова *interpolatio* – «обновление», «изменение»). Все производимые в настоящее время системы ЧПУ оснащаются специальным электронным блоком – интерполятором, благодаря которым они имеют способность управлять взаимным перемещением инструмента и заготовки по прямой линии или по окружности путем автоматического расчета промежуточных точек траектории выполняемого перемещения.

Интерполятор выдаёт управляющие импульсы на шаговые двигатели приводов станка с ЧПУ (в станке с ЧПУ все приводы автономны). В любом станке с ЧПУ имеется **цена импульса** (дискрета, разрешающая способность станка) – величина микроскопического перемещения рабочего органа станка (в мм, мкм) в ответ на получение одного управляющего импульса, $q_x = 0,001$ мм.

мм.

В продольном направлении $q_y = 0,005$ мм.

$L=100$ мм $q_x = 0,001$ мм $0,002$ мм.

мм

Количество

импульсов:

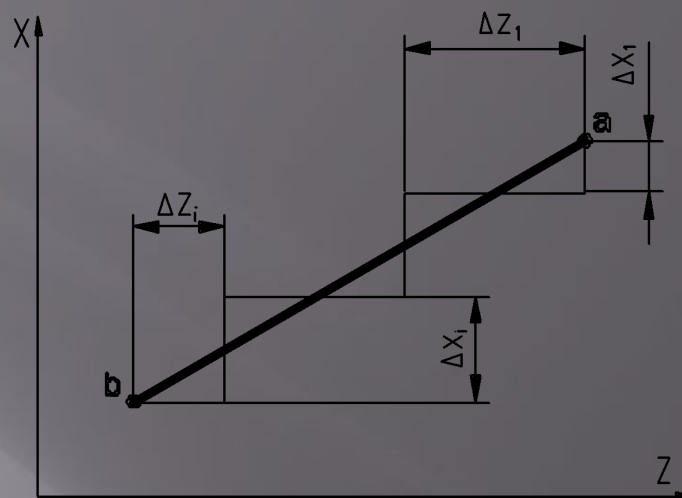
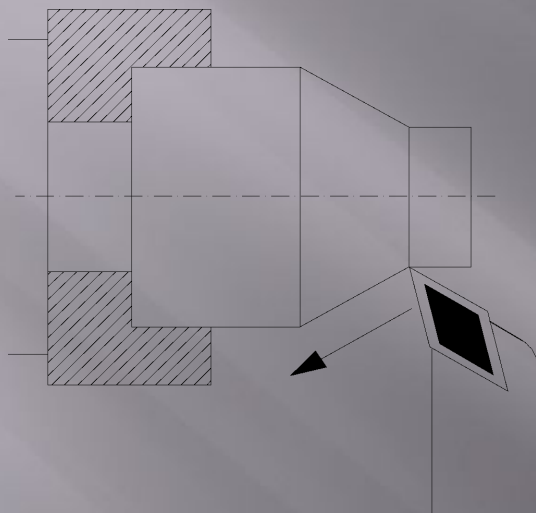
$$Kq = L/q = 100/0,001 = 100000$$

импульсов

Чем ↑ частота, тем ↑ скорость.

Виды интерполяции

1) Линейная интерполяция

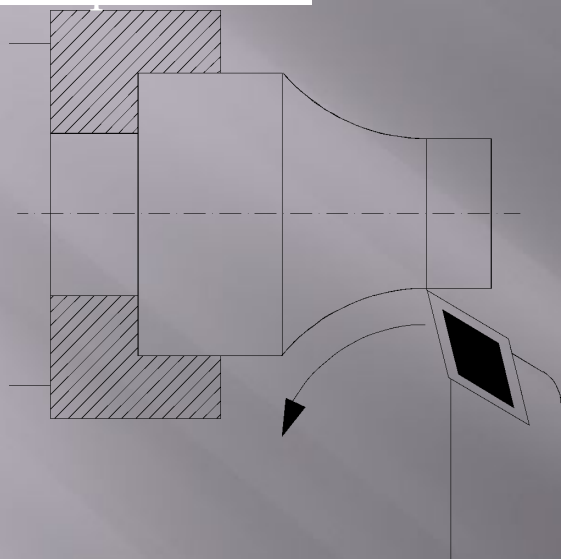


Прямолинейное перемещение режущего инструмента (линейная интерполяция)

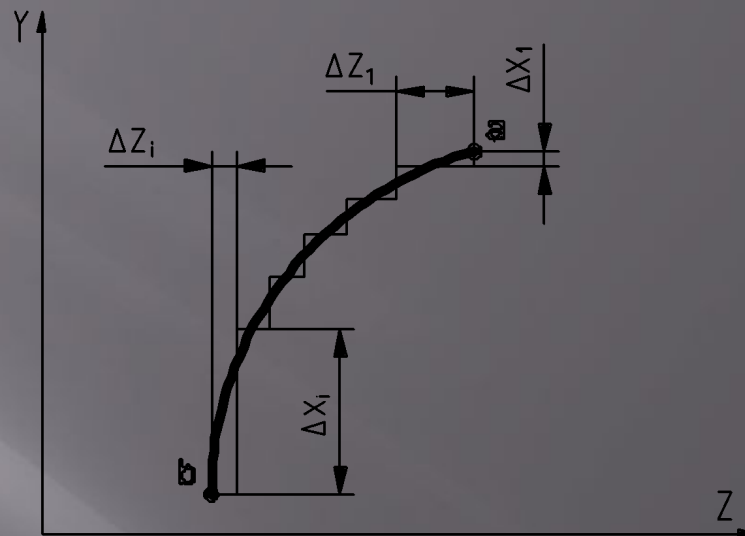
Аппроксимация линейной интерполяции

- На рисунке линиями от точки а до точки б показана траектория перемещения инструмента, заданная управляющей программой. Отрезками от X_1 до X_i и Z_1 до Z_i показаны замены заданных перемещений на элементарные перемещения соответственно вдоль координатных осей X и Z. Элементарные перемещения не всегда одинаковы по своей величине в процессе одного заданного перемещения.

2) Круговая интерполяция



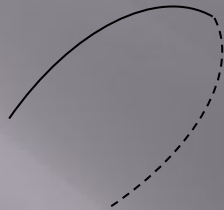
Перемещение режущего инструмента по дуге (круговая интерполяция)



Аппроксимация круговой интерполяции

- Система ЧПУ сама определяет величину каждого элементарного перемещения, исходя из двух условий:
 - Отклонение траектории элементарного перемещения от траектории заданного перемещения не должно превышать установленную программой величину аппроксимации (общепринятым считается погрешность аппроксимации равная 15-25% всего поля допуска на неточность обработки данного размера);
 - Элементарные перемещения вдоль разных координатных осей должны быть так согласованы между собой, чтобы они одновременно начались в исходной точке и прекратились так же одновременно при достижении конечной точки заданного перемещения.

3) Параболическая интерполяция



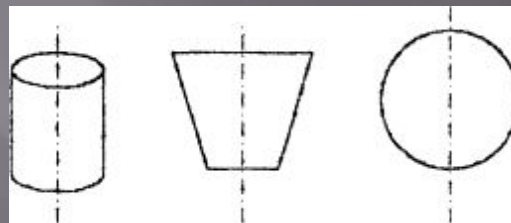
Общая формула:
 $y = ax^2 + bx + c$

4) Гиперболическая интерполяция



Общие формулы:
 $x^2/a^2 - y^2/b^2 = 1$
 $y^2/b^2 - x^2/a^2 = 1$

5) Винтовая (движение по пространственной спирали) интерполяция



Общие формулы (винтовой

линии):
На пл. $x^2 + y^2 = a^2$

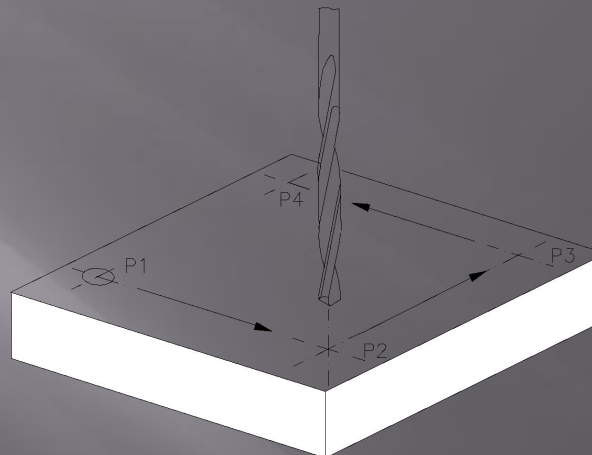
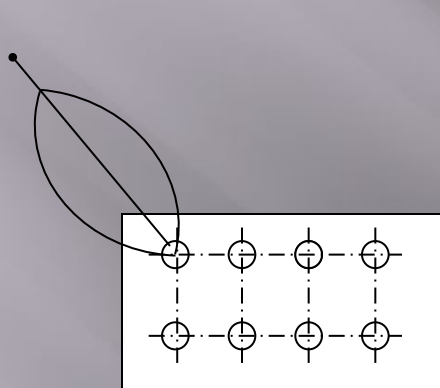
хОу:
На пл. $y = a * \sin(z/b)$

уОz:
На пл. $x = a * \cos(z/b)$

хОz:

Классификация систем ЧПУ

1) Позиционный вид управления должен обеспечивать точное позиционирование инструмента в заданную точку или координату, в основном используется для осевой позиционной обработки.

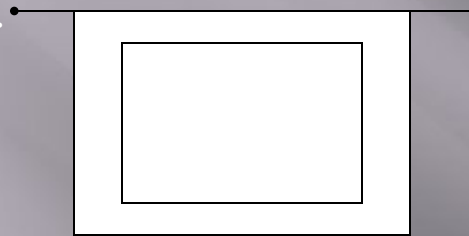


- Перемещение из позиции в позицию совершается на максимальной скорости. Перемещение в процессе обработки после достижения заданной позиции допускается исключительно по прямой линии и с рабочей подачей.
- Позиционные системы ЧПУ используются, когда обработка происходит только в определенных позициях на плоскости, например, в сверлильных и координатно-расточных станках.
- Принятое обозначение для советских станков с ЧПУ – Ф1 (6560Ф1-фрезерный станок с устройством цифровой индикации, ЗЭ11ВФ1 – плоскошлифовальный станок).

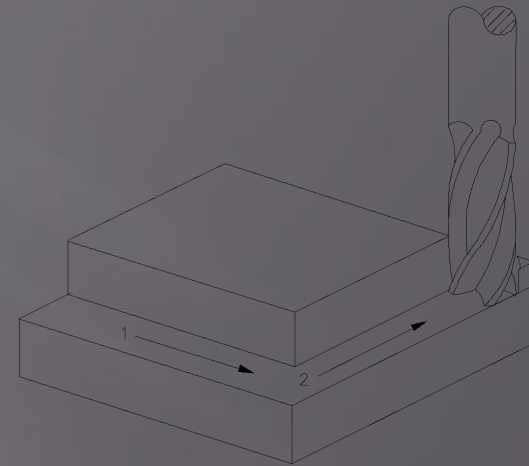
2) Преимущественный или ступенчатый вид управления.

Здесь осуществляется контурная обработка, но только ограниченного вида.

И.
Т.

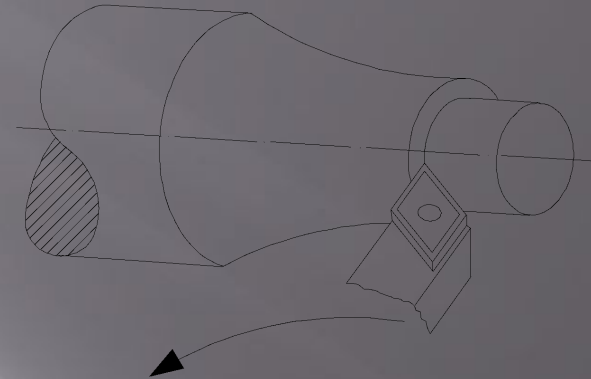
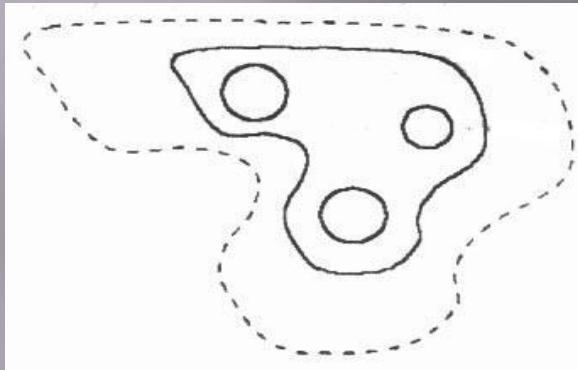


ЭТОТ ВИД
отмирает



- Программируют перемещения исполнительных органов станка только поочередно вдоль одной из координатных осей. Скорость подачи при перемещении в заданную позицию и в процессе обработки задается управляющей программой.
- Прямоугольные системы ЧПУ используются в тех случаях, когда обрабатываемые контуры заготовки можно расположить параллельно осям координат, например при продольном точении или плоскопараллельной фрезеровке.
- Принятое обозначение для советских станков с ЧПУ – Ф2 (2Н55Ф2 – радиально-сверлильный станок, 2А622Ф2 – горизонтально-расточной станок).

3) Контурный вид управления. (Формообразующие системы ЧПУ)
Обеспечивает движение инструмента одновременно по 2, 3 и более осям.

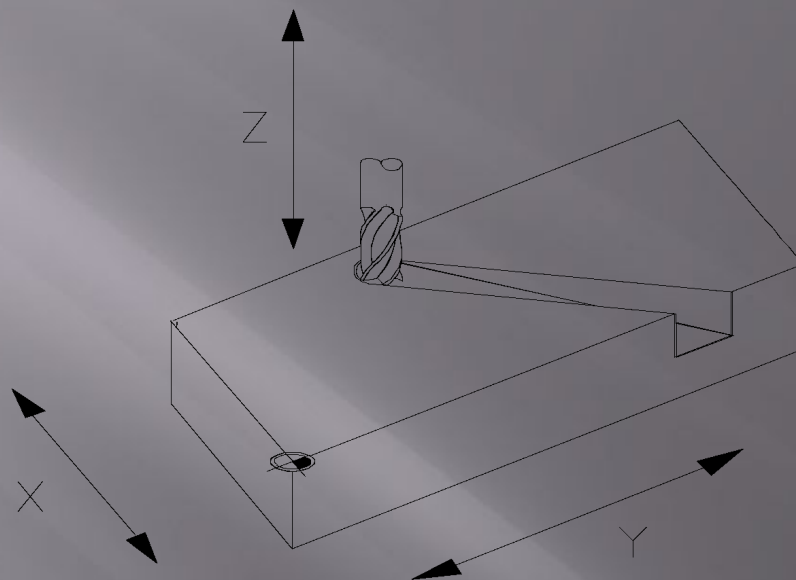


В данных системах используют многокоординатный (как минимум двухкоординатный) интерполятор, выдающий управляющие сигналы сразу на соответствующее количество приводов подач.

Формообразующие системы ЧПУ в настоящее время являются наиболее распространенным видом ЧПУ. Они имеют несколько уровней сложности, в зависимости от количества одновременно управляемых осей координат:

- 2D-формообразующие;
- 2½D-формообразующие;
- 3D-формообразующие;
- 4D-формообразующие;
- 5D-формообразующие.
- Принятое обозначение для советских станков с ЧПУ – ФЗ (16К20ФЗ- токарный станок, 6Р11ФЗ – фрезерный станок).

4) Позиционно - контурный вид управления. (3D - формообразующая система ЧПУ)



- Многоцелевые (сверлильно-фрезерно-расточные) станки с ЧПУ оснащаются, как правило, гибридными контурно-позиционными системами управления, позволяющие оптимизировать управление станка в зависимости от вида обработки.
- В настоящее время 3D-формообразующей системой ЧПУ оснащается большинство промышленных фрезерных станков с программным управлением.
- Принятое обозначение для советских станков с ЧПУ – Ф4 (53А20Ф4 – зубофрезерный полуавтомат, 243ВФ4 – сверлильно-фрезерно-расточной станок).

Международная классификация систем УЧПУ

- 1) *NC (Numerical Control);*
- 2) *SNC (Stored Numerical Control);*
- 3) *CNC (Computer Numerical Control);*
- 4) *HNC (Handled Numerical Control);*
- 5) *DNC (Direct Numerical Control)*
- 6) *VNC (Voise Numerical Control);*
- 7) *Neuro-Fuzzy (Нейро-Фаззи) Система управления*

Классификация для реальных УЧПУ является очень условной, поскольку реализация функций ЧПУ может быть такой, что реальный вариант системы управления представляет собой синтез отдельных признаков систем разных классов. Особенно это относится к УЧПУ с признаками класса *DNC*, которые реализуются как системы классов *DNC-NC*, *DNC-SNC*, *DNC-CNC* и др. к УЧПУ класса *CNC*, которые реализуются как системы *VNC*, *CNC-HNC* и др.

1) Системы класса

NC.

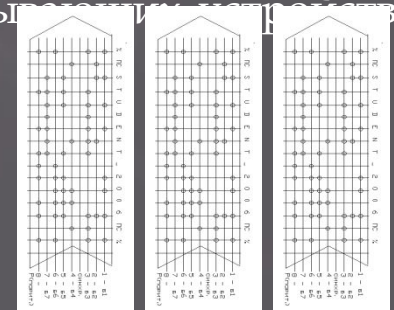
Принцип

Работе в режимах класса NC принято покадровое чтение перфоленты на протяжении цикла обработки каждой заготовки. Системы класса NC работают в следующем режиме. После включения станка и УЧПУ читаются первый и второй кадры программы. Как только заканчивается их чтение, станок начинает выполнять команды первого кадра. В это время информация второго кадра программы находится в запоминающем устройстве УЧПУ. После выполнения первого кадра станок начинает обрабатывать второй кадр, который для этого выводится из запоминающего устройства. В процессе отработки станком второго кадра система читает третий кадр программы, который вводится в освободившееся от информации второго кадра запоминающее устройство, и т.д.

Недостатк

Основным недостатком рассмотренного режима работы является то, что для обработки каждой следующей заготовки из партии системе ЧПУ приходится вновь читать все кадры перфоленты, в процессе такого чтения нередко возникают сбои из-за недостаточно надежной работы считывающего устройства УЧПУ.

В настоящее время УЧПУ класса NC уже не выпускаются.



2) Системы класса

SNC.

Принцип

работы:

Эти системы сохраняют все свойства систем класса *NC*, но отличаются от них увеличенным объемом памяти. Системы класса *SNC* позволяют прочитать все кадры программы и разместить информацию в запоминающем устройстве большой емкости. Перфолента читается только один раз перед обработкой всей партии одинаковых деталей и поэтому мало изнашивается. Все заготовки обрабатываются по сигналам из запоминающего устройства, что резко уменьшает вероятность сбоев, а, следовательно, и брак деталей.

Недостатк

и:

При работе станка, управляемого системой *SNC*, кодированная программа вводится на перфоленте. Нет возможности регулировать технологические параметры, редактировать программы, а также контролировать процесс обработки. Большие габариты системы.

В настоящее время УЧПУ класса *SNC* уже не выпускаются.

3) Системы класса

CNC.

Принцип

работы:

Основу УЧПУ класса CNC составляют:

- компьютер, запрограммированный на выполнение функций числового программного управления,
- блоки связи с координатными приводами, блоки выдачи технологических команд в требуемой логической последовательности,
- системные органы управления и индикации,
- каналы обмена данными с центральной ЭВМ верхнего уровня.

Достоинств

- низкая стоимость,

- малые габариты,

- высокая надежность,

- многие УЧПУ этого класса имеют математическое обеспечение, с помощью которого можно учитывать и автоматически корректировать постоянные погрешности станка и тем самым влиять на совокупность причин, определяющих точность обработки,

- использование систем контроля и диагностики повышает надежность и работоспособность станков с УЧПУ класса CNC.

- неотъемлемой частью УЧПУ класса CNC является обширная встроенная память, которая может быть использована в качестве архива УП.

4) Системы класса

DNC Принцип

работы:

Управление группой станков с помощью одной ЭВМ. Системами класса *DNC* можно управлять непосредственно по приводам от центральной ЭВМ, минуя считывающее устройство станка. Однако наличие ЭВМ не означает, что необходимость в УЧПУ у станков полностью отпадает.

В одном из наиболее распространенных вариантов систем *DNC* каждый вид оборудования на участке сохраняет свои УЧПУ классов *NC*, *SNC*, *CNC*.

В функции *DNC* входит управление и другим оборудованием автоматизированного участка, например автоматизированным складом, транспортной системой и промышленными роботами, а также решение некоторых организационно-экономических задач планирования и диспетчирования работы участка.

5) Системы класса

HNC Принцип

работы:

Современные УЧПУ класса *HNC* построены на базе лучших УЧПУ класса *CNC*. Новейшие модели УЧПУ класса *HNC* имеют повышенный объем памяти встроенной микроЭВМ. Подобные устройства позволяют вести программирование с пульта УЧПУ в режиме диалога и при использовании большого архива стандартных подпрограмм хранящихся в памяти встроенной микроЭВМ. Эти подпрограммы по команде с пульта вызываются на экран дисплея, на экране высвечиваются как схема обработки, так и текст с перечнем необходимых данных для ввода в УЧПУ по выбранной подпрограмме.

6) Системы класса

VNC. Принцип

работы: Работы класса VNC позволяют вводить информацию непосредственно голосом. Принятая информация преобразуется в УП и затем в виде графики и текста отображается на дисплее, чем обеспечивается визуальный контроль введенных данных, их корректировка и отработка. Особенно активно речевой ввод информации внедряется в робототехнику;

7) Системы класса

Neuro Fuzzy. Принцип

работы: на работе нейронных сетей. Компьютерные нейронные сети — это специальный тип компьютеров, в той или иной степени имитирующих мыслительные процессы мозга. В этих компьютерах данные организуются подобно нейронам мозга в сети с многоуровневыми связями. Эти системы достаточно просто решают не только обычные типовые задачи, но главным образом неожиданно возникшие в процессе обработки нестандартные, не типовые задачи, решение которых требует не стандартной логики, т.е. определенного интеллекта. Нейронные сети решают задачи, которые обычному быстродействующему компьютеру совершенно не по силам.

Достоинств

Для задания исходных данных не требуется таблиц режимов и инструкций, оператор вводит минимум данных, и система сама автоматически рассчитывает режимы и условия работы станка. При этом от позиционирования и до конца обработки не нужны коды ЧПУ, а также особый опыт работы на данном

оборудовании. **Приме** Нейро-фаззи ЧПУ-генераторы W (фирма SODICK Co.Ltd., Япония) — первая в мире промышленная система управления с искусственным интеллектом на основе компьютерной

Современные системы ЧПУ

Иностранные системы ЧПУ: рынке

Доля на мировом

- Fanuc (Япония);	≈ 32%
- Siemens – Sinumerik(Германия);	≈ 24%
- Heidenhain(Германия)	≈ 14%
- Mitsubishi Electric (Япония)	≈ 5%
- Fagor automation(Испания)	≈ 4%
- Rexroth BOSCH Group(Германия)	≈ 3%
- Haas(США)	≈ 1%

Российские системы ЧПУ:

- Маяк (Ижевск, ООО Ижпрэст)	≈ 0,2%
- NC(Санкт-Петербург, ООО Балт-Систем)	≈ 0,1%
- FMS (Нижний Новгород, ООО Мадмаш-Софт)	≈ 0,1%
- Остальные	≈ 0,4%

Примеры обозначения советских систем

Н22-1М: ЧПУ

Н – непрерывный(контурный) вид
управления

2 – общее число управляемых координат

2 – число одновременно управляемых
координат

1 – тип привод шаговый

М – микроэлементная база