



Деревообрабатывающее оборудование с ЧПУ

Красиков Алексей Степанович

Введение

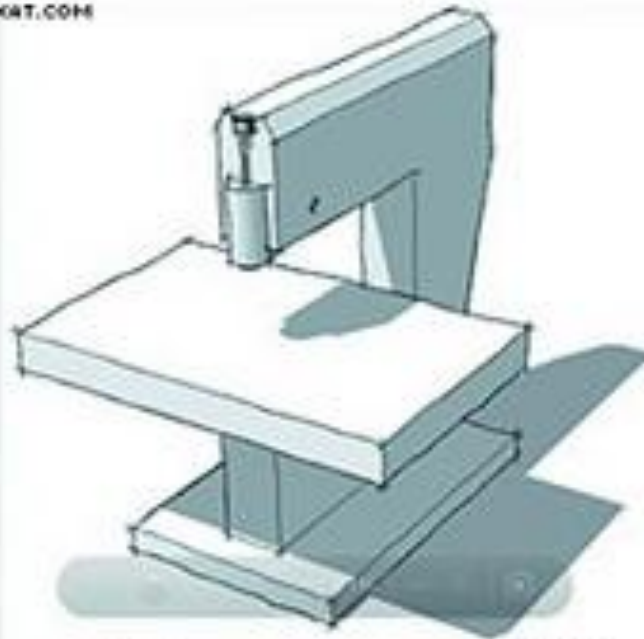
- Изобретателем станка с ЧПУ считается Джон Пэрсонс (John T. Parsons, США). Первый работоспособный станок был построен в 1952 г., управлялся он программой, вводимой с помощью перфоленты.
- Русская аббревиатура ЧПУ соответствует англоязычной CNC (Computer numerical control) – компьютерное цифровое управление.
- Первый деревообрабатывающий станок, оснащенный системой ЧПУ, был создан в Японии в 1968 году. С этого момента началось широкое применение систем ЧПУ в деревообрабатывающем оборудовании.
- Сейчас рынок деревообрабатывающих станков с ЧПУ многообразен и отличается назначением, структурными схемами станков, сложностью, стоимостью.

Введение

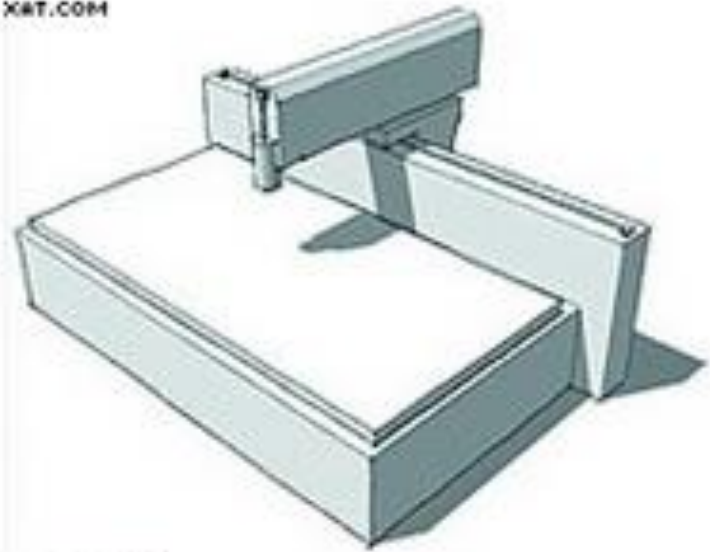
- *По назначению различают* следующие типы станков:
 - для форматной обработки, раскроя плитных и листовых материалов, профильного фрезерования и обработки пазов и отверстий;
 - для обработки брусковых деталей в производстве дверных и оконных блоков, мебели, стульев и др.;
 - для выполнения копировальных, гравировальных работ;
 - для обработки гнутоклееных деталей.
- Станки с ЧПУ повышают эффективность мебельного и деревообрабатывающего производства, снижают процент брака в работе, позволяют экономить материалы.
- *Станки различаются по конструктивным схемам:*
 - около 45% машин составляют станки консольные,
 - около 30% – станки порталные с подвижным столом
 - около 25% – станки с подвижным порталом.

Введение

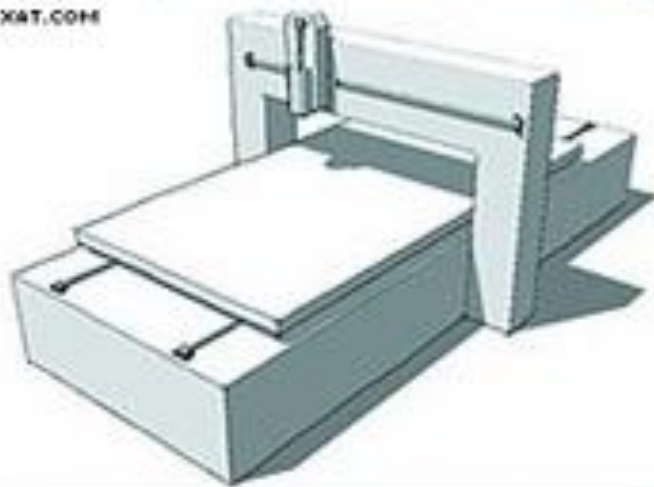
XAT.COM



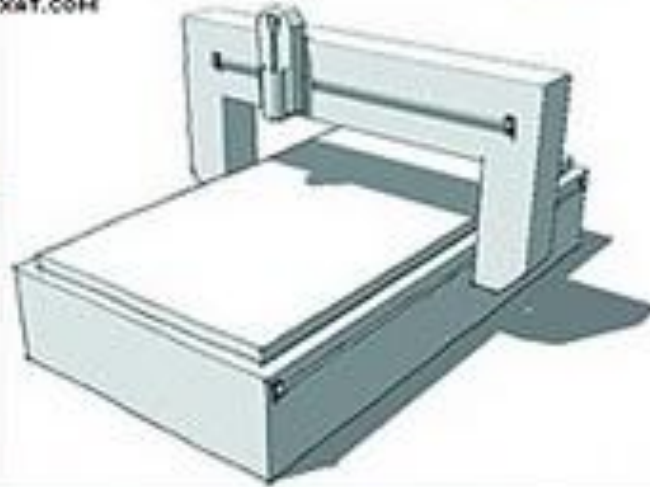
XAT.COM



XAT.COM



XAT.COM



Фрезерный станка с ЧПУ ФС-3Ш



Угловой обрабатывающий центр с ЧПУ Wizard 4I



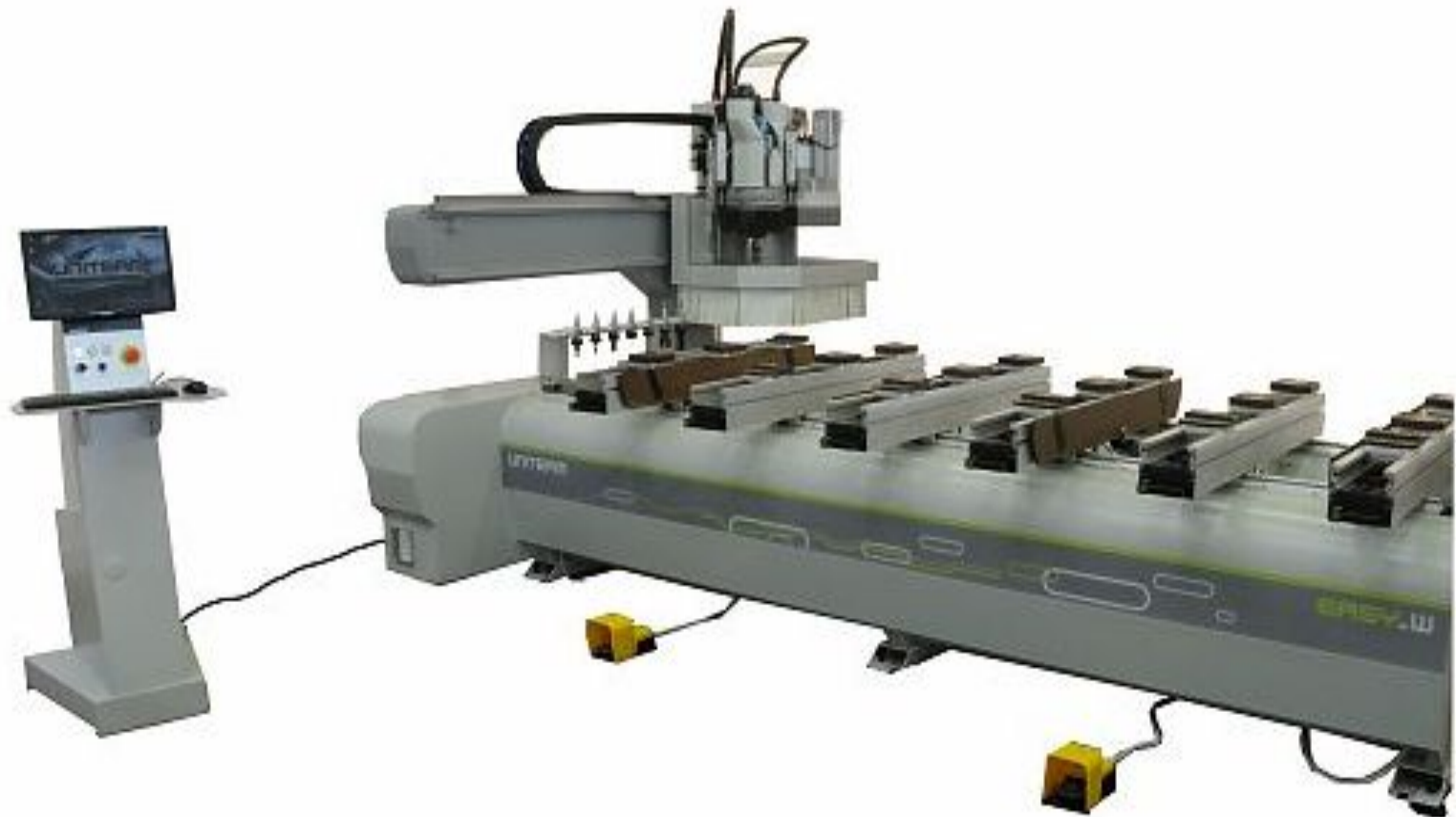
WEINIG Powermat 3000



Сверльно-присадочный станок с ЧПУ CNC 1000



Обработка центр с ЧПУ EASY W



Обработкающий центр с ЧПУ SCM PRATIX N



 **ИНТЕРВЕСП**
ТЕХНОЛОГИИ УСПЕХА

8-800-5555-100



Введение

- Работа оператора на станках с ЧПУ заключается в смене управляющих программ, подналадке и смене инструментов, контроле качества обработки, загрузке заготовок на приемную позицию и снятии готовых изделий. Функции оператора приближаются к функциям наладчика станков с ЧПУ.
- Фрезерные станки с ЧПУ - незаменимое оборудование для любого производства, технология которого требует придания заготовкам разной формы.
- В мебельном производстве фрезерные станки используются для изготовления мебельных фасадов, корпусов мебели, а также декоративных элементов. Сейчас в арсенале каждого уважающего себя мебельного предприятия есть фрезерный станок с ЧПУ.

Введение

- В жилищном строительстве станки с ЧПУ используются для оформления каминов, арок, панелей и различных элементов интерьеров из натуральной древесины. Станки с ЧПУ удобны в производстве деревянных лестниц, особенно при изготовлении различной формы ступеней винтовых лестниц, оригинальных столбов и балясин.
- Станки с ЧПУ применяются для форматного раскроя плит, профильного фрезерования и обработки пазов и отверстий в щитовых деталях, при обработке деталей брусковой формы в производстве филенчатых дверей, окон, обработке гнутоклееных деталей.

Введение



Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

- **1. Общие сведения о станках**
- **Станок с ЧПУ** – это рабочая машина, обеспечивающая точное автоматическое перемещение рабочих органов (режущего инструмента, базовых линеек, упоров и т.д.) по управляющей электронной программе.

Станок с ЧПУ представляет собой механическое устройство для перемещения режущего инструмента относительно детали в правой прямоугольной системе координат. Перемещения на станке выполняются по координатным осям двигателями, которые управляются системой числового программного управления (СЧПУ), обеспечивающей управление координатами по заданной траектории с заданной частотой вращения шпинделя и скоростью подачи.

Траектория перемещения задается управляющей программой, включающей геометрические и технологические параметры.

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

- **Обрабатывающий центр** – распространенное название многооперационного станка с ЧПУ. Это более сложный, более универсальный станок с ЧПУ. Обрабатывающий центр оснащен инструментальным магазином и устройством для автоматической смены режущего инструмента. Центр позволяет вести комплексную механическую обработку заготовок путем выполнения различных технологических операций, например, фрезерования, сверления, пиления и др.
- Обрабатывающий центр – позиционный станок с системой ЧПУ, автоматической сменой режущего инструмента и выполнением нескольких технологических операций по обработке детали с одной установки.

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

- **Станки с ЧПУ отличаются универсальностью.** Один и тот же станок при различной комплектации обрабатывающими и вспомогательными агрегатами может иметь разнообразное применение.
- **Станки с ЧПУ отличаются гибкостью.** Они легко перенастраиваются на новое изделие. Переналадка сводится практически к замене управляющей программы, что гарантирует повторяемость изделия без каких-либо операций разметки и использования лекал или шаблонов.

Наиболее популярны сейчас простейшие деревообрабатывающие станки с ЧПУ, ориентированные, прежде всего на фрезерную обработку в производстве окон, дверей, фасадов. . Станки могут работать в маятниковом режиме, когда с одной стороны стола снимают обработанную деталь и устанавливают заготовку для обработки, в то время как на другой стороне машина обрабатывает заготовку.

В производстве корпусной мебели широко используются станки с ЧПУ для раскроя плит и сверления отверстий.

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

• 2. Классификация станков с ЧПУ

Станки с ЧПУ классифицируют по следующим признакам:

- – по конструктивным признакам;
- – по принципу управления;
- – по технологическому назначению;
- – по числу потоков информации;
- – по принципу задания программы;
- – по принципу привода;
- – по числу одновременно управляемых координат;
- – по способу подготовки и ввода управляющей программы.

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

- **Деление по конструктивным признакам.** Станки могут различаться по расположению шпинделя на станки вертикальные и горизонтальные, а также по типу стола – с неподвижным и подвижным столом.

По уровню специализации станки с ЧПУ делятся на три группы:

- ❖ узкоспециализированные станки, выполняющие одну основную технологическую операцию;
- ❖ станки повышенного класса точности (point-to-point), выполняющие лишь фрезерные работы концевыми фрезами. Часто доукомплектовываются дополнительными шпинделями (до 30...36 шпинделей), сверлильно-присадочными, пильными и иными узлами.
- ❖ станки, предназначенные для выполнения фасонно-фрезерных работ. Такие станки обеспечивают бесступенчатое фрезерование криволинейных поверхностей.

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

- **Деление по принципу управления.** Различают следующие системы ЧПУ станков:
 - – NC – системы с покадровым чтением перфоленты (перфокарты) на протяжении цикла обработки каждой заготовки;
 - – SNC – системы с однократным чтением всей перфоленты перед обработкой партии одинаковых заготовок;
 - – CNC – системы со встроенной малой ЭВМ (компьютером, микрокомпьютером);
 - – DNC – системы прямого числового управления группами станков от одной ЭВМ;
 - – HNC – оперативные системы с ручным набором программ на пульте управления.
- **Деление по технологическому назначению.** Системы ЧПУ станков делят на виды:
 - позиционные;
 - прямоугольные;
 - прямолинейно формообразующие;
 - контурно формообразующие.

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

- *Позиционные* системы ЧПУ обеспечивают высокоточное перемещение исполнительного органа станка в заданную программой позицию за минимальное время. Траектория перемещения может быть произвольной.
- *Прямоугольное формообразование* позволяет одновременно управлять перемещением исполнительного органа станка в процессе обработки только по одной из координатных осей. Исполнительный орган станка перемещается по координатным осям поочередно, поэтому траектория инструмента имеет ступенчатый вид.
- *Системы с прямолинейным формообразованием и позиционированием* управляют движением инструмента при резании одновременно по двум координатным осям (X и Y). В таких системах используют двухкоординатный интерполятор, выдающий управляющие импульсы сразу на два привода подачи.
- Системы ЧПУ с *контурным формообразованием* обеспечивают криволинейное формообразование и позволяют обрабатывать детали, содержащие участки со сложными криволинейными контурами.

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

- **Деление по числу потоков информации.** Системы ЧПУ делятся на разомкнутые, замкнутые и адаптивные.
- *Разомкнутые системы* ЧПУ работают с одним потоком информации, который поступает со считывающего устройства к исполнительному органу станка. В механизмах подачи таких систем используют шаговые двигатели.
- *Замкнутые системы* ЧПУ характеризуются двумя потоками информации, которые поступают от считывающего устройства и от датчика обратной связи. Поток обратной связи устраняет возможные погрешности в перемещениях исполнительного органа станка.
- *Адаптивные системы* ЧПУ отличаются тремя потоками информации: от считывающего устройства, от датчика обратной связи и от датчиков, установленных на станке и контролирующих износ режущего инструмента, изменение сил резания и трения и т.д. Такие системы позволяют корректировать программу обработки с учетом реальных условий резания.

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

- **Деление по принципу задания программ.** Программы пишут в абсолютных или относительных координатах. В абсолютной системе отсчета координаты всех точек, лежащих на контуре детали, измеряются от начала координат. В относительной системе – координаты последующей точки измеряются относительно координат предыдущей точки.
- **Деление по типу привода.** Различают привод с шаговым двигателем вращательного и линейного движения, редукторный привод, сервомоторный регулируемый привод.
- *Магнитоэлектрические шаговые двигатели* удается выполнить с шагом до 15° . *Линейный двигатель* – это разновидность шагового двигателя, статор которого развернут по прямой линии. Двигатель обеспечивает быстрые и стабильно точные перемещения по прямой.
- *Редукторные шаговые двигатели* позволяют получить шаг до долей градуса и позволяют также увеличить крутящий момент.
- *Сервомотор* – это разновидность шагового двигателя с небольшой инерционностью вала. Управляется сервомотор посредством импульсного сигнала и отличается быстроедействием срабатывания. В приводе используется обратная связь.

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

- По числу одновременно управляемых координат различают следующие формообразующие системы: 2,5D; 3D; 4D; 5D.
- *Формообразующая система ЧПУ 2,5D* осуществляет одновременное управление двумя осями координат станка. В результате на станке можно выполнять перемещения исполнительных органов по прямой линии и по дуге в плоскости XY. Третья ось остается при этом неподвижной. После выполнения перемещения в плоскости XY система ЧПУ может переключиться на перемещение в любой другой плоскости. По третьей оси выполняется подвод инструмента к детали.
- *Формообразующая система ЧПУ 3D* делает возможным управляемое перемещение исполнительных органов одновременно по трем осям координат станка. Она позволяет обрабатывать пространственные сложные контуры.
- *Для реализации систем 4D - 5D* на столе станка дополнительно устанавливают одно- или двухкоординатный столик или поворотную головку.

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

- **Деление по способу подготовки и ввода управляющей программы.** Используется три способа создания управляющих программ:
 - – ручное программирование;
 - – программирование на стойке ЧПУ при помощи клавиатуры и дисплея;
 - – программирование при помощи CAD/CAM системы, позволяющей автоматизировать процесс написания программы.
- Программы вводятся на станок с помощью магнитного диска, флэш-карты, сетевого соединения с персональным компьютером.
- Приведенный материал классификации показывает, что эта работа находится в начальной стадии на этапе поиска признаков классификации, которые надо ранжировать в иерархической последовательности, чтобы поделить станки с ЧПУ на классы, подклассы, группы, подгруппы и т.д.

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

- **3. Конструкция станка с ЧПУ**

Для решения практических задач используются разнообразные станки с числовым программным управлением, отличающиеся по функциональному назначению и конструкции. Однако все они построены по одному принципу: перемещение режущего инструмента в пространстве осуществляется по прямоугольным декартовым координатам

Простейший фрезерный станок с ЧПУ показан на рис.

1.

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

- 1 – рама;
- 2 – блок управления;
- 3 – продольные направляющие;
- 4 – портал;
- 5 – суппорт со шпинделем;
- 6 – ограждение-щетка;
- 7 – стол



Рис. 1. Фрезерный станок с ЧПУ:

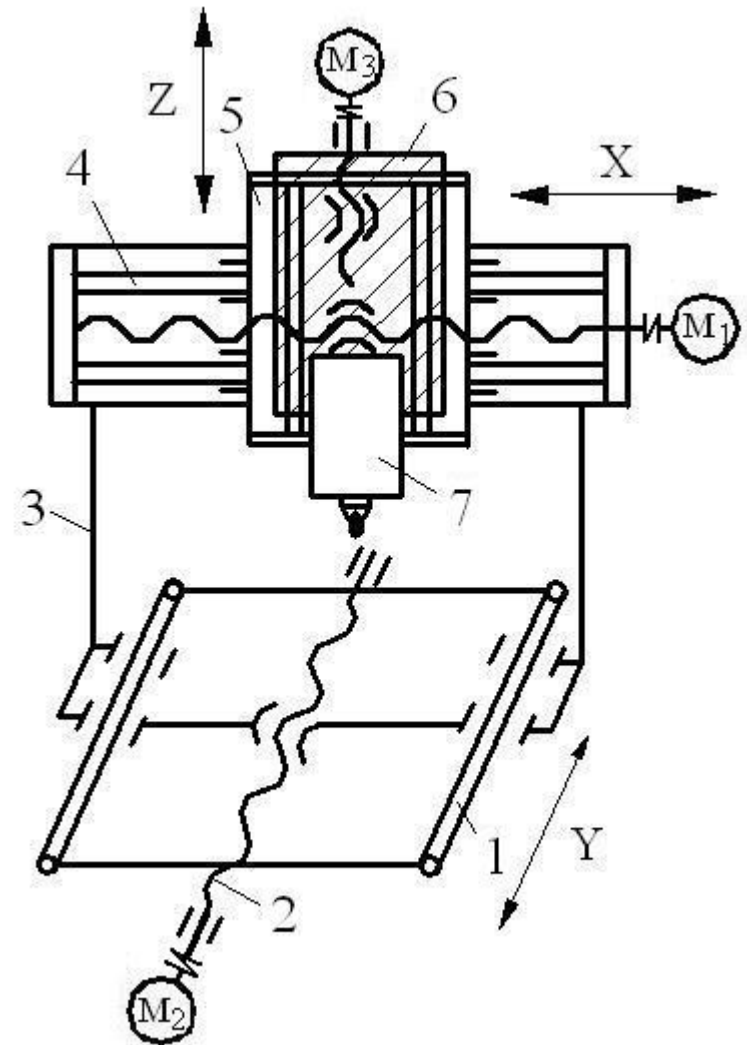
Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

- Станок предназначен для фрезерования и гравирования поверхностей мебельных фасадов, дверных полотен, обработки плитных материалов и др. Станина станка сварная. На станине закреплены продольные направляющие, на которых установлен портал (П-образная конструкция) с возможностью перемещения по оси Y. На портале смонтированы поперечные направляющие с суппортом, имеющим возможность перемещаться вдоль оси X. Кроме того, на суппорте на вертикальных направляющих смонтирован суппорт перемещения по оси Z, на нем закреплен шпиндель с фрезой в цанговом патроне.
- Все направляющие имеют круглое поперечное сечение и взаимодействуют со скользящими ползунами. Перемещения по направляющим обеспечиваются винтами с шариковыми гайками и приводом от шаговых электродвигателей мощностью по 1 кВт (рис. 2).
- В блоке управления станка имеется частотный преобразователь, регулирующий частоту вращения высокооборотного электродвигателя шпинделя.

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

Рис. 2. Схема фрезерного станка:

- 1 – продольные направляющие;
- 2 – винт;
- 3 – портал;
- 4 – поперечные направляющие;
- 5 – суппорт поперечного перемещени
- 6 – суппорт вертикального перемещ.;
- 7 – шпиндель



Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

- Основные технические характеристики
- Размеры стола, мм900×900
- Перемещения суппортов, мм:
 - по оси X900
 - по оси Y700
 - по оси Z100
- Скорость перемещения суппортов, м/миндо 4
- Частота вращения шпинделя, мин⁻¹до 24000
- Мощность шпинделя, кВт1,5
- Диаметр цанги для крепления фрезы, мм3,6
- Мощность шаговых двигателей, кВт1×3
- Габаритные размеры, мм
.....1000×1200×1230
- Масса, кг300

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

- **4. Функциональные механизмы станков**

- ***Станина***

- Современные станки с ЧПУ имеют различное конструктивное исполнение. И все-таки, основу их конструкции составляет мощная станина, выполненная в виде устойчивой к деформациям жесткой сварной коробчатой конструкции. Значительный вес станины обеспечивает гашение вибраций, возникающих в процессе работы.
- На станине смонтированы функциональные механизмы: механизм базирования заготовки, суппорт с одной или несколькими обрабатывающими головками, направляющие оси, магазин для сменного дереворежущего инструмента и блок управления.

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

- **Механизм базирования заготовки**
- Механизм базирования станка состоит из одного или нескольких столов, а также набора консолей и упоров для закрепления и позиционирования заготовок на столе вакуумным или механическим способом. Для повышения жесткости и виброустойчивости станка столы выполняются коробчатой формы с продольными и поперечными ребрами. Вакуумные присоски легко перемещаются по площади стола или вся площадь стола имеет отверстия через которые отсасывается воздух. Отсос воздуха через отверстия не закрытые заготовкой автоматически перекрывается.
- Для получения обработанных поверхностей высокого качества требуется, чтобы механизмы фиксации и базирования были достаточно жесткими и снижали вибрацию заготовки. Обычно базовые элементы изготавливают литыми или сварными. Наметилась тенденция выполнять их из полимерного бетона или синтетического гранита, что в большей степени повышает жесткость и виброустойчивость.

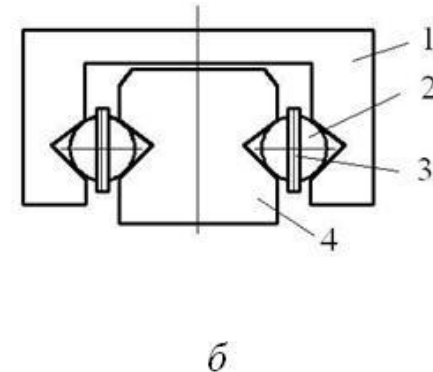
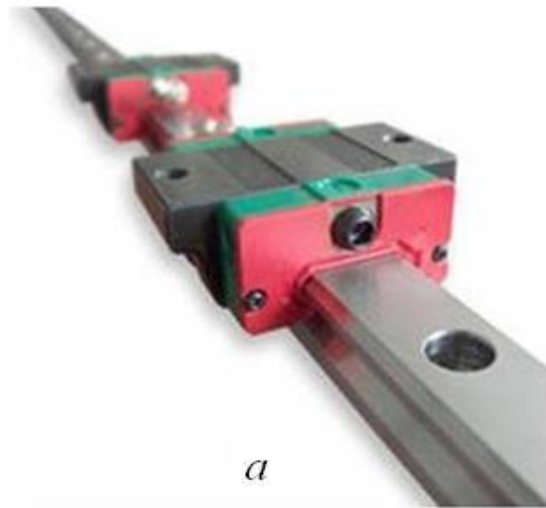
Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

- **Направляющие оси**

- В качестве направляющих для перемещения суппортов по осям координат используют круглые направляющие (для станков низкой точности) или высокоточные рельсовые направляющие качения (рис. 3).

Рис. 3

- 1 – каретка;
- 2 – шарики;
- 3 – плоский сепаратор;
- 4 – рельс



Рельсовые направляющие устанавливаются по всем осям. Они обладают высокой жесткостью и точностью. Каретка опирается на направляющую несколькими шариками, разделенными между собой плоским сепаратором (пластиной с десятью отверстиями под шарики). Такая конструкция позволяет уменьшить сопротивление передвижению каретки по направляющей и повысить рабочий ресурс направляющих.

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

- **Ходовые винты**
- Ходовые винты обеспечивают перемещение суппортов по направлению осей координат. Они должны обладать высокой жесткостью, в сочетании с высокой плавностью и точностью хода. В них не допускается образование люфтов и больших сил трения. Для этого винты снабжаются шариковыми гайками. В такой передаче между витками резьбы винта и гайки расположены шарики, которые заменяют трение скольжения на трение качения и многократно уменьшают сопротивление передачи и увеличивают срок ее службы.



Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

- **Двигатели**

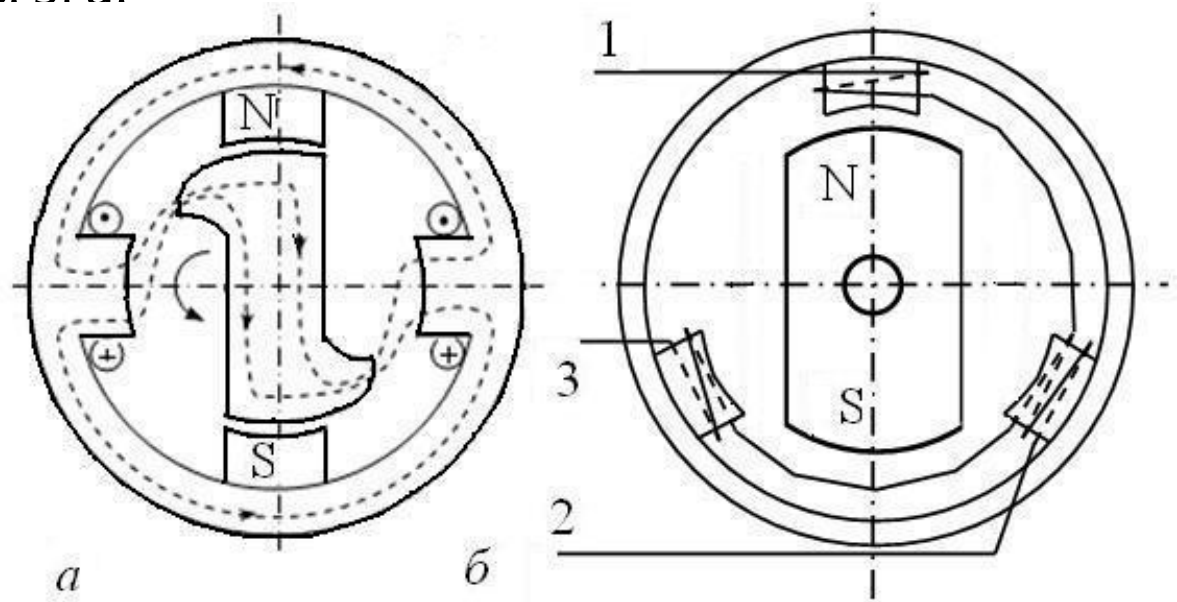
- В станках с ЧПУ для выполнения перемещений по осям применяются шаговые электродвигатели или серводвигатели.

Шаговый двигатель – это электромеханическое устройство, преобразующее сигнал управления в угловое (или линейное) перемещение ротора с фиксацией его в заданном положении без устройства обратной связи. Принцип действия простейшего шагового двигателя, работающего на постоянном электрическом токе, показан на рис. 5. а.

Рис. 5. Шаговый двиг.

а – 90 град.

б – 60 град.



Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

- Одна пара полюсов выполнена из постоянных магнитов, на другой – находится обмотка управления.
- Пока тока в обмотках управления нет, ротор ориентируется вдоль постоянных магнитов и удерживается около них с определенным усилием, которое определяется магнитным потоком полюсов. При подаче постоянного напряжения на обмотку управления возникает магнитный поток примерно вдвое больший, чем поток постоянных магнитов.
- Под действием электромагнитного усилия, создаваемого этим потоком, ротор поворачивается на 90° , преодолевая нагрузочный момент и момент, развиваемый постоянными магнитами, стремясь занять положение соосное с полюсами управляющей обмотки. Поворот происходит в сторону клювообразных выступов, так как магнитное сопротивление между статором и ротором в этом направлении меньше, чем в обратном. Следующий управляющий импульс отключает напряжение с обмотки управления, и ротор поворачивается под действием потока постоянных магнитов в сторону клювообразных выступов снова на 90° .

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

- На рис. 5, б показан реверсивный шаговый двигатель с шагом 60° . Его статор состоит из трех явно выраженных полюсов с обмотками, соединенными в звезду. Питание двигателя осуществляется по трем проводам, причем так, что по одному проводу подводится напряжение одной полярности, а к двум другим – напряжение противоположной полярности. При изменении порядка коммутации ротор двигателя будет вращаться в противоположную сторону.
- Ротор двигателя выполнен в виде постоянного магнита. Такой ротор четко фиксируется в любом из своих устойчивых состояний, расположенных с шагом 60° .
- Если статор электродвигателя сделать шестиполюсным, то шаг двигателя будет равен 30° . Если 12 полюсным - 15° .
- Достоинством однофазных шаговых двигателей с постоянными магнитами является простота конструкции и схемы управления. Для фиксации ротора при обесточенной обмотке управления не требуется дополнительная энергия, угол поворота сохраняет свое значение и при перерывах в питании.
- Однако у них есть и недостатки. Их толчковая и дискретная работа может привести к ухудшению шероховатости обработанной поверхности. При недостаточной мощности возможен сбой шагов, ротор может не повернуться, в результате произойдет сбой точности обрабатываемой поверхности.

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

- **Серводвигатели.** Современные высокоточные станки с ЧПУ оснащаются для привода ходовых винтов не шаговыми электродвигателями, а серводвигателями. Это разновидность шагового двигателя с небольшой инерционностью вала. Управляется сервомотор посредством импульсного сигнала и отличается быстроедействием срабатывания. Подключается серводвигатель к сервоконтроллеру.
- Серводвигатели работают гладко, имеют хорошие характеристики, но ими трудно управлять. Для их работы необходимы устройства обратной связи, что приводит к повышению стоимости станка.
- **Главный шпиндель.** В современных станках шпиндель, называемый осью С, имеет мощность до 15 кВт с регулируемой частотой вращения до 24000 мин^{-1} . Он установлен на высокоточных подшипниковых опорах.
- Шпиндель станка с ЧПУ выполняется точным, жестким, с повышенной износостойкостью шеек, посадочных и базирующих поверхностей. Конструкция шпинделя значительно усложняется из-за встроенных в него устройств автоматической установки и зажима инструмента.

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

- Опоры шпинделя должны обеспечить точность шпинделя в течение длительного времени в переменных условиях работы, повышенную жесткость, небольшие температурные деформации. Точность вращения шпинделя обеспечивается, прежде всего, высокой точностью изготовления подшипников.
- На шпинделе может быть установлена также любая агрегатная головка с режущим инструментом, крепление при этом осуществляется с помощью стыковочного узла и гидравлической зажимной системы.
- Корпус шпинделя с помощью цилиндрической зубчатой передачи с управляемым приводом может поворачиваться вокруг вертикальной оси С на угол в диапазоне $0 \dots 360^\circ$. Это дает возможность развернуть агрегатную головку на любой заданный угол. Поворот ее производится автоматически с высокой точностью по управляющей программе.
- Использование поворота инструмента вокруг вертикальной оси существенно расширяет технологические возможности машины. Появляется возможность более производительно выполнять форматный раскрой плитных материалов, выполнять сверление отверстий в любом направлении.
- Приводом главного движения в станках с ЧПУ обычно используется электродвигатель переменного тока. Для управления частотой вращения вала асинхронного двигателя применяется преобразователь частоты.

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

- **Магазин инструментов**
- Сменный режущий инструмент и агрегатные головки хранятся в тарельчатом магазине. На обрабатывающих центрах используются восьми- или восемнадцатипозиционные магазины. Магазины перемещаются вместе с суппортом центра по координатным осям X и Y. Для этого магазин соединен с суппортом тягой. В магазине могут храниться инструменты для горизонтальных и вертикальных сверлильных шпинделей, расположенных по оси X, агрегата для выборки пазов, горизонтальных сверлильных шпинделей, ориентированных по оси Y, и главного шпинделя. Позиционирование суппорта осуществляется с помощью лазерного луча.

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

- **5. Система ЧПУ**

- ***Общие сведения***

- Станки с ЧПУ в своем развитии прошли несколько стадий. В прошлом использовались машины с агрегатно-блочным числовым управлением NC.

NC = Numerical control = Числовое управление

- Программа записывалась числами и буквами. Алгоритмы работы станка реализовывались схемным путем и не могли быть изменены после изготовления устройства. Введенная информация расшифровывалась с помощью аппаратных средств и делилась на геометрическую и технологическую информацию.
- Геометрическая информация относится к траектории управляемых перемещений, а технологическая – к режиму обработки детали на станке.

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

- В современных станках с ЧПУ типа CNC управляющее устройство содержит программируемую ЭВМ, которая готовит информацию для обработки детали. Наличие программируемой ЭВМ (микроЭВМ встроенной в станок) – отличительный признак современных станков с ЧПУ.

CNC = Computer numerical control = Компьютерное числовое управление

- Функции, которые в прежних устройствах CN, выполнялись аппаратными средствами, в современных станках с ЧПУ типа CNC выполняются системной CNC- программой. Стало возможным использовать один тип ЭВМ в различных устройствах ЧПУ. На заводе изготовителе станка в постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) вводятся различные системные CNC- программы. Управляющая программа обработки детали считывается только один раз и вводится в программную память, откуда она может вызываться неограниченное число раз при обработке деталей.

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

- Системы числового программного управления (СЧПУ) - это совокупность функционально взаимосвязанных и взаимодействующих технических и программных средств, обеспечивающих числовое программное управление станком (ГОСТ 20523-80).
- К техническим средствам относятся станок, устройства подготовки управляющих программ, устройства управления станком, устройства размерной настройки режущего инструмента и т.д. К программным средствам относятся инструкции, методики, техническое и функциональное программирование и т.д.
- В системе ЧПУ любого станка можно выделить три подсистемы :
 - подсистему управления;
 - подсистему приводов;
 - подсистему обратной связи.

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

- **Подсистема управления**
- Подсистема управления является центральной частью всей системы управления станка. Она включает различные системные CNC- программы, установленные на заводе изготовителе станка. Ввод и вывод информации выполняет программа ввода-вывода. Распознавание кода и отделение геометрической информации от технологической выполняет программа расшифровки. Перемещение режущего инструмента по прямолинейной и криволинейной траектории обеспечивает программа интерполяции. За последовательностью обработки следит управляющая программа памяти.
- Важнейшей технической характеристикой системы ЧПУ является ее **разрешающая способность**, т. е. минимально возможная величина линейного и углового хода исполнительного элемента станка, соответствующая одному управляющему импульсу. Большинство современных систем ЧПУ имеют **дискретность 0,001; 0,01 мм/импульс**.
- Сердцем подсистемы управления считается **контроллер** (процессор), который обычно расположен в корпусе стойки ЧПУ. Стойка, называемая пользовательским интерфейсом, включает экран и набор кнопок для ввода информации.

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

- **Контроллер** – это электронное устройство управления электроавтоматикой станка, получающее сигналы от компьютера и включающее соответствующие обмотки электродвигателей. В состав контроллера входят источник питания, процессорный блок и программируемая память, а также различные модули входов-выходов. При работе контроллер опрашивает необходимые входы-выходы, и полученные данные анализируются в процессорном блоке. При этом решаются логические задачи, и результат вычисления передается на соответствующий логический или физический выход для подачи в соответствующий механизм станка, например на обмотки двигателей.
- На вход контроллера для каждой из осей подается два сигнала: шаг (step) и направление (direction). Направление указывает, в каком направлении должен вращаться шаговый двигатель – по часовой стрелке или против. Каждый импульс step будет поворачивать вал двигателя ровно на один шаг.

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

- Таким образом, программа в компьютере должна знать – сколько шагов должен выполнить шаговый электродвигатель при перемещении суппорта на 1 мм (например, 150). Если перемещение должно быть 10 мм, то программа пошлет в драйвер 1500 импульсов step, а драйвер обеспечит правильное включение обмоток для заданного направления вращения двигателя.
- В последнее время часто в станках используются открытые системы управления, совместимые с персональными компьютерами. При некотором дополнении компьютер может управлять автоматической работой станка. Такие системы более доступны и дешевы.
- **Подсистема приводов** включает различные электродвигатели высокоточных ходовых винтов и шпинделей.

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

- **Подсистема обратной связи**
- Подсистема обратной связи обеспечивает подсистему управления информацией о реальном перемещении механизмов станка и скорости их перемещений. Используя для привода ходовых винтов серводвигатели, в станке обеспечивается обратная се

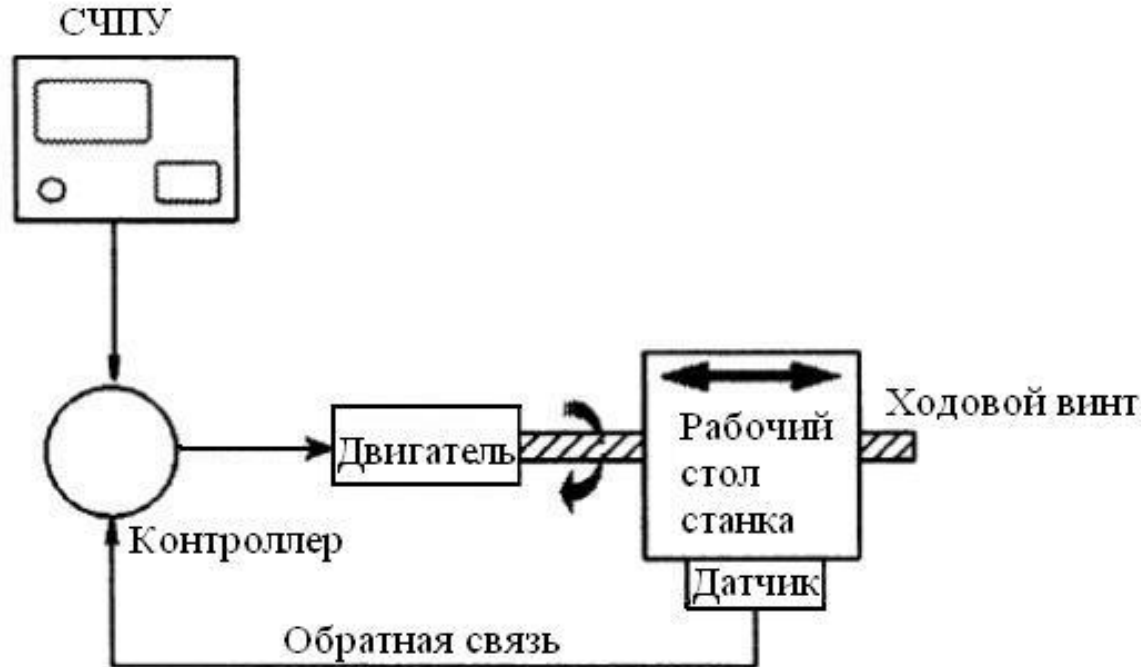


Рис. 6. Схема обратной связи на станке с ЧПУ

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

- Известно много устройств обратной связи. Одно из них выполнено так: на станине вдоль стола крепится прозрачная линейка (рис. 7) со штрихами. На подвижном столе установлен источник света и фотодатчик, считывающий штрихи при перемещении стола и передающий импульсы на счетчик. Такое устройство отличается простотой конструкции линейки, и простотой обнуления счетчика.
- При работе система обратной связи будет следить, и подавать напряжение на двигатель до того, как пройдет заданное количество

1 – линейка;

2 – счетчик импульсов;

3 – фотодатчик;

4 – источник света

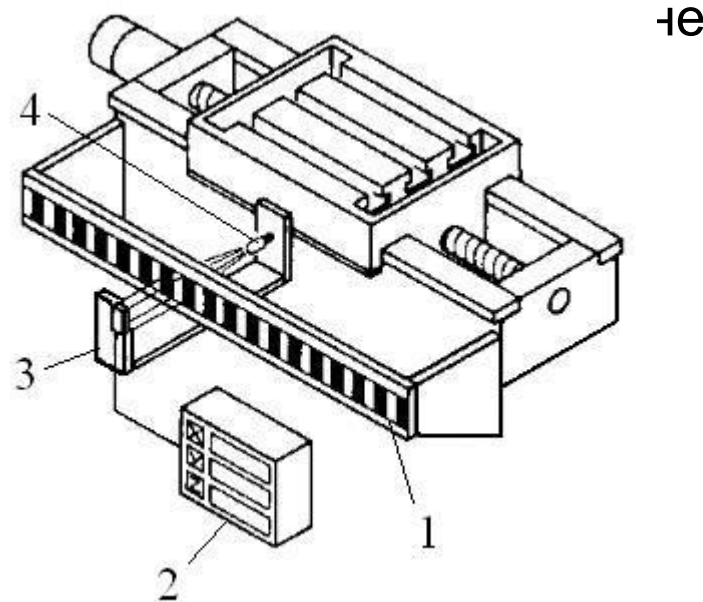


Рис. 7. Схема устройства обратной связи

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

- **Управление станком**
- Управление открытыми подсистемами станка осуществляется с компьютера. Для этого заводы изготовители рекомендуют специальные программы и устройства. Например, для управления работой станка BEAVER-9AT рекомендуется на компьютер установить программу контроля движения VicStudio™ и карту контроля движения. Кроме того, станок снабжается калибровочным блоком для выполнения автоматической калибровки. Блок выполнен в виде металлической пластинки толщиной 5 мм, подключенной кабелем к гнезду, расположенному на верхней части шпинделя.
- Программа VicStudio™ поддерживает G коды, обеспечивает ручное управление станком, пошаговый или автоматический возврат к машинному началу координат, отслеживает динамический тренинг перемещений на экране, выполняет автоматическую калибровку шпинделя по оси Z.

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

- Программа обеспечивает следующие режимы работы и состояния.

Автоматический режим работы – режим, заданный в файле с управляющей программой.

Толчковый режим работы – обеспечивается клавишами клавиатуры ручного управления. Пока клавиша нажата, происходит перемещение.

Инкрементный режим работы – Обеспечивается величиной заданного шага. При нажатии клавиши шпиндель переместится на величину шага.

Режим ввода данных вручную (MDI) – режим, при котором пользователь управляет станком с помощью G кодов, когда с указанием G кода указываются координаты точки, куда должен переместиться шпиндель станка.

Состояние бездействия – станок не выполняет никаких действий, но готов к выполнению новых задач.

Состояние аварийной остановки – состояние, возникающее при нажатии кнопки «Аварийная остановка», когда отключаются все двигатели. После того, когда кнопка будет отключена, система автоматически произведет сброс и перейдет в состояние бездействия.

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

Окно программы VicStudioTM

Включение и выключение станка выполняется с помощью пульта управления, на котором расположены выключатель питания (зеленая кнопка), ручка контроля скорости вращения шпинделя, выключатель аварийной остановки и пятнадцатипигольная штепсельная вилка, соединенная с картой контроля движения, установленной внутри компьютера.

Для выполнения операций ознакомительного пуска станка с ЧПУ необходимо, чтобы компьютер был подключен к станку на панели управления, а на компьютер были предварительно установлена карта контроля движения и инсталлирована программа VicStudioTM.

Включаем компьютер. На рабочем столе находим ярлык программы VicStudioTM. Двойным щелчком на ярлык запускаем программу. Рассмотрим окно VicStudioTM.

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

The screenshot displays the VIC Engraver Control System software interface. The title bar reads "VIC Engraver Control System - REZHIM REZANIA1.Ext". The menu bar includes "File", "Edit", "View", "Operation", "Machine", "Window", and "Help". The toolbar contains various icons for machine control, including a home button, stop, jog, and feedrate controls, along with a coordinate display showing X, Y, and Z.

The main interface is divided into several sections:

- Machine Status:** Shows the current mode as "JOG" and "IDLE".
- Axis Coordinates:** A table showing the current position of the X, Y, and Z axes.
- Feedrate Control:** A slider and input field for setting the feedrate in mm/min, with a "Setting" of 1800 and "Actual" of 0.
- Machine Controls:** Buttons for "Spindle" and "Coolant", both currently "ON".
- Current Command Set:** Displays "G54".

The main workspace is a 3D coordinate system with axes ranging from -1500 to 1500. A 3D model of a rectangular part is visible in the center. The bottom status bar shows "Ready", "20010101", "00:07:21", and "RAM".

Axis	U. Coord.	W. Coord.	Remained
X:	122.245	0.000	0.003
Y:	415.405	0.000	0.001
Z:	25.125	0.000	0.003

Feedrate (mm/min)	Setting	Actual
Slider	1800	0

Current Line(Block) No: 86

Spindle: ON
Coolant: ON

Current Command Set: G54

JOG controls: Y+, Z+, X, X+, Z-, Y- with step sizes from 0.01mm to 10mm.

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

На панели инструментов расположены кнопки:

– – прямоугольник с треугольником – кнопка simulate (имитация), позволяет проверить правильность написания программы без включения станка;

– ▲ – start (F9) (пуск) – вызывает перемещение шпинделя станка по управляющей программе;

– || – pause (F10) (пауза);

– ■ – force to stop (F11) (принудительная остановка);

– :▶ – resume (F8) (резюме, возобновление, продолжение);

– // – reset (Ctrl+F12) (сброс, переустановка, обнуление).

В средней части окна программы VicStudio™ расположено широкое окно состояния. В нем отражаются оси (axis) координат станка X, Y, Z , положение шпинделя станка в машинной системе ко-

ординат (M. Coor) и в системе координат управляющей программы

(W.Coor). Здесь же расположены кнопки включения (ON) шпинделя

(spindel) и его охлаждения жидкостью (coolant)

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

Ручное управление

Справа внизу окна VicStudio™ расположено окно автоматического или ручного управления. Щелкая мышью на кнопки auto (автоматическое) или manual (ручное), мы делаем активными окна автоматического или ручного управления. На рисунке активным является окно ручного управления. В нем показаны кнопки, положение которых похоже на расположение клавиш малой клавиатуры компьютера.

Справа в окне столбиком расположены шаги дискретных перемещений jog, используемые при инкрементном режиме работы. Выберем шаг перемещения, например, 1 мм. Для этого мышью щелкнем по окружности, в результате в ней обозначится точка, шаг становится активным. Если при включенном станке мышью кликнем по кнопке X, Y или Z, шпиндель переместится по соответствующим осям строго на заданную величину перемещения (1 мм). То же самое

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

• 6. Система координат станка

- Конструкцией станка с ЧПУ заложены условия определения положения режущего инструмента в пространстве. Любая точка траектории перемещения инструмента определяется системой координат. Для этого при изготовлении станка в ближнем левом углу стола устанавливается нулевая точка, в которой условно помещается начало прямоугольной декартовой системы координат с осями абсцисс X , ординат Y , аппликат Z (рис. 8). Оси координат располагаются параллельно физическим осям (направляющим) станка. Ось X – в основном всегда проходит горизонтально.

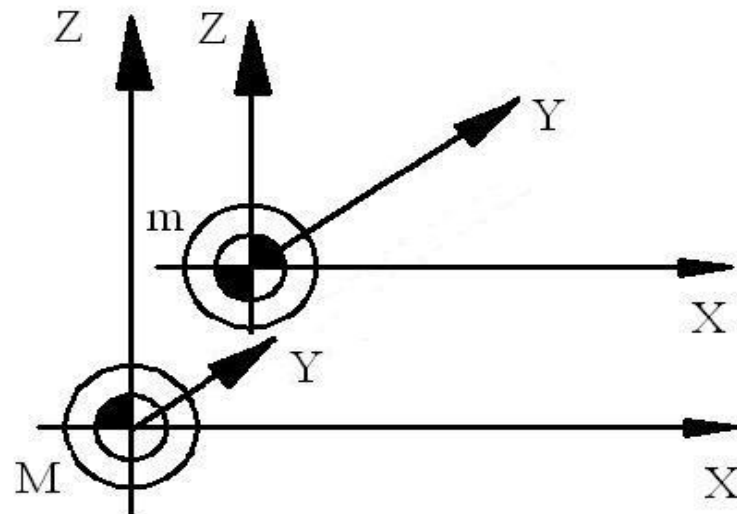


Рис. 8 . Координатные оси станка

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

- Действительное перемещение по координатным осям ограничено конечными переключателями, установленными в крайних точках каждой физической оси (направляющих) станка. После включения станка система ЧПУ позволит определить контрольную точку m , которая будет служить отправной точкой в системе измерений. Контрольная точка m служит началом координат станка и может не совпадать с точкой M . Таким образом, нулевая точка станка m - это физическая позиция, установленная производителем станка при помощи конечных выключателей или датчиков и не подлежит изменению пользователем. В этой точке расположено начало координат станка и это положение фиксируется конечными выключателями осей. От этой точки происходит отсчет перемещений.

Нулевая точка станка - точка, принятая за начало системы координат станка

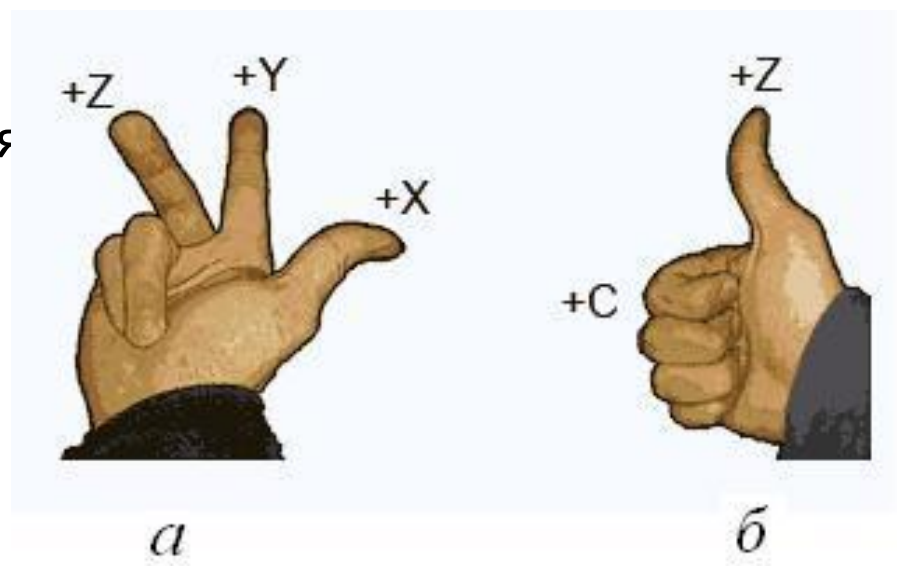
При наладке станка или в случае сбоя ноль станка находят вручную. Для этого в меню компьютера, подключенного к станку, находят опцию «Показать окно ручного управления». Направление перемещения на малой клавиатуре показано стрелками и соответствует $+Y(6)$, $-Y(4)$, $+X(8)$, $-X(2)$, $+Z(9)$, $-Z(3)$

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

7. Направления осей координат

- Положительные направления осей определяются правилом правой руки. Если правую руку положить на стол ладонью вверх и три первых пальца постараться расположить перпендикулярно друг другу, то получим: большой палец укажет положительное направление оси X, указательный палец – положительное направление оси Y, средний палец – оси Z (рис. 9).

Рис. 9. Правило правой руки для определения направления:
а – осей координат станка;
б – вращения вокруг осей



Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

- Направление осей координат определяется правилом правой руки: большой палец указывает положительное направление оси X, указательный – оси Y, средний – оси Z.
- Ось главного шпинделя станка, независимо от того, как он расположен – вертикально или горизонтально, всегда совпадает с осью координат Z. Для определения положительного направления вращения шпинделя тоже пользуются правилом правой руки.
- Если режущий инструмент удаляется от заготовки вверх, то происходит движение по оси Z в положительном направлении.
- Если режущий инструмент движется к заготовке, то происходит движение по оси Z в отрицательном направлении.
- Если в системе координат станка имеется хотя бы одна ось, расположенная горизонтально и не совпадающая с осью вращения шпинделя, то это будет обязательно ось X.

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

Взаимосвязь систем координат

Для обработки детали на станке заготовку кладут на стол в произвольно выбранное место так, чтобы она не выходила за пределы стола, и чтобы удобно было ее фиксировать. При этом стремятся, чтобы ось X детали располагалась параллельно оси X станка.

После закрепления заготовки ноль детали W для системы ЧПУ находится в неизвестном положении (рис. 10). Для нормального функционирования станка необходимо привязать ноль детали к системе координат станка. Для этого в режиме ручного управления клавишами 4, 6, 2, 8 и 1, 9 малой клавиатуры компьютера, например, перемещают шпиндель в точку, где расположено начало системы координат детали W . Перемещая шпиндель по оси Z , касаемся слегка верхней поверхности детали в точке W . Затем, нажимая клавиши обнуления, выполняем Zero X , Zero Y и Zero Z . В выбранной точке все координаты стали равны нулю. Так создается рабочая система координат, в которой ноль детали привязан к машинной системе координат. Начало координат рабочей системы можно назвать нулем программы. Относительно этого нуля

Конструкция фрезерных станков с ЧПУ

Расстояние между нулем станка M и нулем детали W на столе станка (рис. 10) называется смещением нуля отсчета. Оно определяется как смещение по каждой из трех осей координат и обозначается как X_w , Y_w и Z_w .

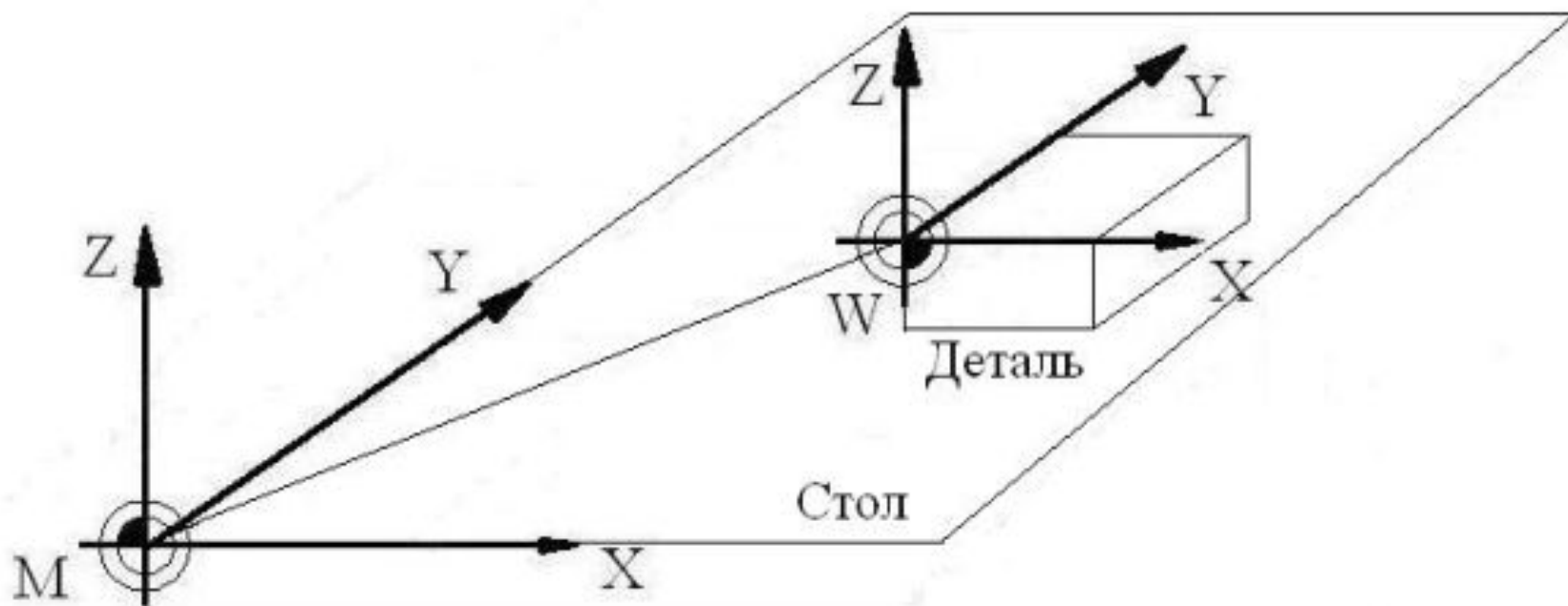


Рис. 10. Положение нулевых точек станка M , детали W

Основы программирования станков с ЧПУ

Основы программирования станков с ЧПУ

1. Управляющая программа

На каждую деталь, обрабатываемую на станке с ЧПУ, составляется управляющая программа, в которой отражаются все геометрические и технологические требования, необходимые для обработки. В геометрической информации указываются координаты опорных точек контура детали, траектории перемещения режущего инструмента. В технологической информации приводится частота вращения и скорость подачи режущего инструмента, а также параметры инструмента.

Программа устанавливает последовательность выполнения технологических операций при автоматическом режиме работы станка.

Управляющая программа – совокупность команд на языке программирования, соответствующая заданному алгоритму функционирования станка по обработке конкретной заготовки.

Язык программирования обычно называют языком **ISO 7-bit** или языком G и M кодов. Коды разработаны международной организацией стандартов для всего мира и отражены в стандарте ISO 6983-1:1982 и ГОСТ 20999-83. Коды состоят из двоичных чисел с 7

Основы программирования станков с ЧПУ

В практической работе технолога программиста используется три способа создания управляющих программ:

- ❖ – ручное программирование, необходимое для всех программистов, освоение которого создает базу для использования других способов программирования;
- ❖ – программирование на стойке ЧПУ при помощи клавиатуры и дисплея;
- ❖ – программирование при помощи CAD/CAM системы, позволяющее автоматизировать процесс написания программы, избавиться от трудоемких математических расчетов и ускорить процесс написания программы.

- **Структура управляющей программы**

Для обработки какого-либо участка заготовки на станке с ЧПУ необходимо выполнить несколько команд, объединенных в кадр. Управляющая программа записывается в виде символа начала программы % и набора таких кадров, которые исполняются системой ЧПУ последовательно друг за другом. При этом в кадр записывается только та геометрическая, технологическая и вспомогательная информация, которая изменяется по отношению к предыдущему кадру.

Основы программирования станков с ЧПУ

- **Кадр** представляет собой часть управляющей программы, содержащей не менее одной команды. Под кадром понимают некоторую совокупность слов данных, расположенных в определенном порядке, которые несут вспомогательную, геометрическую и технологическую информацию. Информация кадра необходима для выполнения подготовительных или рабочих действий исполнительных органов станка. Подготовительные действия подготавливают выполнение или завершение рабочего действия. Рабочие действия обеспечивают перемещение режущего инструмента по заданной траектории. Структура одного кадра показана на рис. 10. Каждый кадр должен содержать слово «Номер кадра» (N), информ

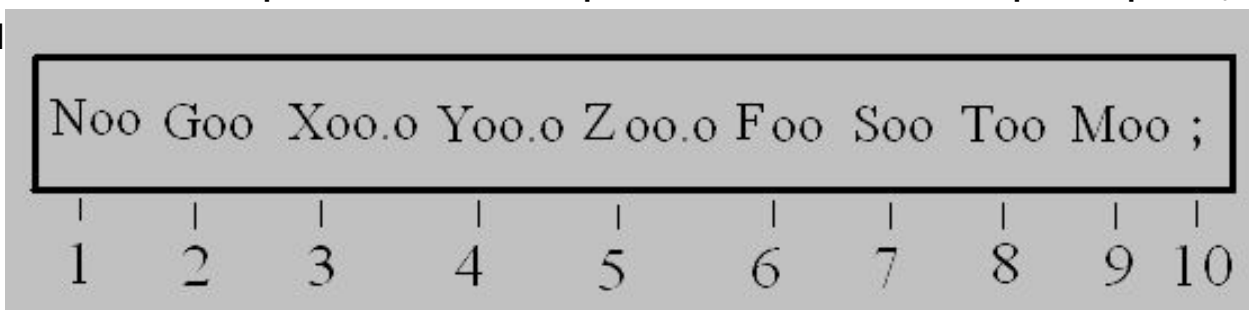


Рис. 10. Структура одного кадра:

- 1 – порядковый номер кадра; 2 – слово подготовительной функции;
3, 4, 5 – координаты точки траектории перемещения по осям X, Y, Z, мм; 6 – скорость подачи, мм/мин; 7 – частота вращения шпинделя, мин^{-1} ; 8 – номер инструмента в магазине станка; 9 – вспомогательная функция; 10 – символ конца кадра.

Основы программирования станков с ЧПУ

Синтаксис кадра, т.е. порядок, способ соединения слов строго определен. Информационные слова данных записываются в такой последовательности:

- – слова данных подготовительных функций;
- – слова данных линейных перемещений с последовательностью адресов X, Y, Z, U, V, W, P, Q, R, A, B, C;
- – слова данных интерполяции I, J, K;
- – слова данных подачи, функций главного движения, инструмента и вспомогательной функции.

Управляющую программу можно набирать на компьютере в текстовом редакторе «Блокнот». Каждый кадр программы набирается с новой строки. При переводе строки с помощью клавиши «Enter» указывается невидимый код окончания строки, который выступает как код окончания кадра. В связи с этим, символ окончания кадра (;) при наборе программы в текстовом редакторе «Блокнот» можно не указывать.

Основы программирования станков с ЧПУ

Слово данных состоит из адреса (прописной буквы латинского алфавита) и цифры, например G91, M30, X10 и т.д. Слова, описывающие перемещения, могут иметь знак (+) или (-). При отсутствии знака перемещение считается положительным. Количество слов в кадре переменное. Слова в кадре управляющей программы должны быть записаны в определенном формате (виде и порядке) и соответствовать требованиям конкретной системы ЧПУ.

- **Слово** – составляющая часть кадра управляющей программы, содержащая данные о параметре процесса обработки заготовки и (или) другие данные по выполнению управления.
- **Адрес** – часть слова управляющей программы, определяющая назначение следующих за ним данных, содержащихся в этом слове.

Все линейные перемещения должны быть выражены в миллиметрах и их десятичных долях. Скорость подачи должна задаваться с размерностью мм/мин, когда подача не зависит от скорости главного движения, и с размерностью мм/оборот, когда подача зависит от скорости главного движения.

Модальность слов. Слова управляющей программы модальны. Это означает, что если слово в кадре записано, то действие его будет распространяться и на последующие кадры, пока значение слова в некотором кадре не изменится или пока функция слова не будет выключена.

Адреса и их функции

Функция	Адрес	Смысл
Номер кадра	N	Номер кадра
Подготовительная функция	G	Определение вида движения рабочего органа
Размерные слова	X,Y,Z A,B,C,U,V,W I,J,K	Команды на перемещение по координатам стола, по дополнительным осям Расстояние до центра дуги окружности
Величина подачи	F	Задание величины подачи
Частота вращения шпинделя	S	Задание оборотов шпинделя, кода ступени или скорости резания
Номер инструмента	T	Задание номера инструмента для поиска
Вспомогательная функция	M	Указание на двухпозиционное управление (вкл-выкл) на станке
Номер корректора, хранящего данные об инструменте	H D DR	Задание номера корректора инструмента Для коррекции: - на длину, - на радиус, - на скругление.
Пауза	E	Задание величины паузы
Вызов подпрограммы	P	Команда вызова подпрограммы
Радиус дуги окружности	R	Задание радиуса дуги окружности при программировании G2/G3 через радиус

Основы программирования станков с ЧПУ

Пример структуры управляющей программы.

ФИЛЕНКА-12	Комментарий с указанием названия детали
% Ф0001	Команда на начало выполнения программы с указанием названия программы
N10 G54 X80 Y100	Последовательность кадров, содержащих информацию по обработке детали
...	
(Обработка торцовой поверхности)	Информация для программиста, заключенная в скобки и не воспринимаемая системой ЧПУ
N75 G01 Z-10 F0.3 S1800 T03 M08	Снова информация по обработке детали
N435 M30	Команда на окончание выполнения программы

Основы программирования станков с ЧПУ

Подготовительные функции

На международном рынке станков с ЧПУ известно более 100 различных видов систем с ЧПУ и столько же языков программирования. Большинство из них по своей основе соответствуют универсальному международному языку программирования ИСО-7бит. И все-таки, каждый производитель системы управления вводит свои основные команды, делая язык отличающимся от других вариантов языка. Памятуя об этом, рассмотрим язык программирования ИСО-7бит, изложенный с ГОСТ 20999-83.

Подготовительные функции в управляющей программе записывают словами, имеющими адрес G с одно- или двузначным числом. Они подготавливают перемещение режущего инструмента относительно обрабатываемой заготовки, системы координат станка, координатных плоскостей, следят за коррекцией режущего инструмента, вызовом подпрограммы и паузы и т.д.. Наиболее часто используемые слова приведены в табл.

Основы программирования станков с ЧПУ

Перечень наиболее часто применяемых кодов подготовительных функций G [3]

Подготовительная функция G	Описание
G00	Линейная интерполяция при ускоренном перемещении
G01	Линейная интерполяция со скоростью подачи
G02	Круговая интерполяция по часовой стрелке
G03	Круговая интерполяция против часовой стрелки
G04	Пауза на P миллисекунд
G06	Параболическая интерполяция, получение дуги параболы
G08	Разгон, увеличение скорости до запрограммированной
G09	Торможение при приближении к запрограммированной точке
G16	Программирование без указания плоскости
G17	Выбор плоскости XY
G18	Выбор плоскости XZ
G19	Выбор плоскости YZ
G21	Обеспечивает ввод перемещений в мм.
G34	Нарезание резьбы с увеличивающимся шагом
G35	Нарезание резьбы с уменьшающимся шагом
G40	Отменяет автоматическую коррекцию на радиус фрезы.
G41	Коррекция на фрезу левая, когда фреза при движении в направлении подачи расположена слева от обрабатываемой поверхности
G42	Коррекция на фрезу правая, когда фреза при движении в направлении подачи расположена справа от обрабатываемой поверхности

Основы программирования станков с ЧПУ

G43	Коррекция на положение инструмента положительная, указывает, что значение коррекции надо сложить с координатой, заданной в кадре
G44	Коррекция на положение инструмента отрицательная, указывает, что значение коррекции надо вычесть из координаты, заданной в кадре
G49	Отменяет компенсацию длины инструмента.
G53	Отмена смещения нуля, отменяет любую из функций G54... G59
G54	Позволяет системе ЧПУ переключиться на заданную систему координат.
G54... G59	Инициация смещения нуля, смещает нулевую точку детали относительно исходной точки станка
G80	Отменяет все ранее установленные постоянные циклы обработки.
G90	Программирование в абсолютных координатах
G91	Программирование в относительных координатах
G92	Установка абсолютных накопителей положения
G93	Скорость подачи в функции обратной времени, число за адресом F равно значению обратному времени в минутах, необходимому для обработки кадра
G94	Программирование подачи в мм/мин
G95	Программирование подачи в мм/оборот
G96	Постоянная скорость резания, число, следующее за адресом S, равно скорости резания в м/мин, при этом частота вращения шпинделя регулируется автоматически для поддержания запрограммированной скорости резания
G97	Программирование частоты вращения шпинделя, об/мин

Примечание. Подготовительные функции G с номерами 04; 53; 92 немодальны, действуют только в том кадре, где указаны.

Технологическая информация

Технологическая информация содержит слова подачи F , частоты вращения режущего инструмента S , номера инструмента T , вспомогательной функции M .

- **Слово данных подачи F** состоит из адреса F и трехзначного числа. Слово устанавливает скорость подачи при обработке заготовки резанием с размерностью мм/мин. Например, $F120$. Это означает, что устанавливается скорость подачи 120 мм/мин.
- **Слово частоты вращения режущего инструмента S** управляет частотой вращения шпинделя в минуту. Оно включает адрес S с указанием числа оборотов в минуту. Указанное слово действует до следующей установки нового слова с адресом S , когда изменяется частота вращения шпинделя. Слово с адресом S действует даже при неработающей станке. Например, $S6000$. Это означает, что частота вращения режущего инструмента равна 6000 мин^{-1} .

Основы программирования станков с ЧПУ

- **Слово данных режущего инструмента T** состоит из адреса T и условного числа любой длины. Первая группа цифр содержит номер инструмента, под которым он хранится в магазине станка. Вторая группа числа указывает номер корректора инструмента. Пример: T0215. Это означает, что инструмент хранится во второй ячейке магазина 02 и номер корректора равен 15. Для записи коррекции (компенсации) инструмента допускается использовать другой адрес с символами D или H. Количество цифр, следующих за адресом, должно соответствовать формату конкретного устройства ЧПУ.
- **Слова данных вспомогательной функции M** записываются в виде адресного символа M с добавлением от одного до четырехзначного числа после него. Это технологические коды. Они управляют следующими действиями:
 - – сменить инструмент;
 - – включить/выключить шпиндель;
 - – вызвать/закончить подпрограмму.
- Основные технологические команды приведены в табл.

Основы программирования станков с ЧПУ

Вспомогательные функции

Код	Описание
M00	Приостановить работу станка до нажатия кнопки «старт» на пульте управления, так называемый «технологический останов»
M01	Приостановить работу станка до нажатия кнопки «старт», если включен режим подтверждения останова
M02	Конец программы
M03	Начать вращение шпинделя по часовой стрелке
M04	Начать вращение шпинделя против часовой стрелки
M05	Остановить вращение шпинделя
M06	Сменить инструмент
M19	Остановить шпиндель в заданной позиции
M30	Конец информации
M98	Вызов подпрограммы
M99	Конец подпрограммы, возврат к основной программе

Основы программирования станков с ЧПУ

2. Контрольные точки траектории движения

- Каждое изделие в конструкторской документации изображается чертежом, выполненным по методу прямоугольного проецирования. При этом характерные точки детали, по которым определяются размеры, можно задать координатами в прямоугольной декартовой системе координат на плоскости с координатами x , y или в пространстве с координатами x , y , z .
- На рис. 11а показана деталь, в которой выполнен замкнутый паз глубиной 5 мм. Для программирования координаты характерных точек паза можно определить, используя абсолютный или относительный (инкрементальный) способы измерения.
- **При абсолютном способе измерения** координаты точек отсчитываются от общего начала координат (табл. 4).
- **При относительном (инкрементальном) способе измерения** начало отсчета постоянно меняется от точки к точке и каждый раз принимает положение, которое занимает исполнительный орган станка перед началом перемещения к следующей точке. Координаты T_1 отсчитываются от общего начала координат, координаты T_2 – от точки T_1 , координаты T_3 – от точки T_2 , координаты T_4 – от T_3 .
- Значения относительных координат можно определить по абсолютным координатам по правилу: координата последующей точки находится как разность абсолютных координат последующей и предыдущей точки.

Основы программирования станков с ЧПУ

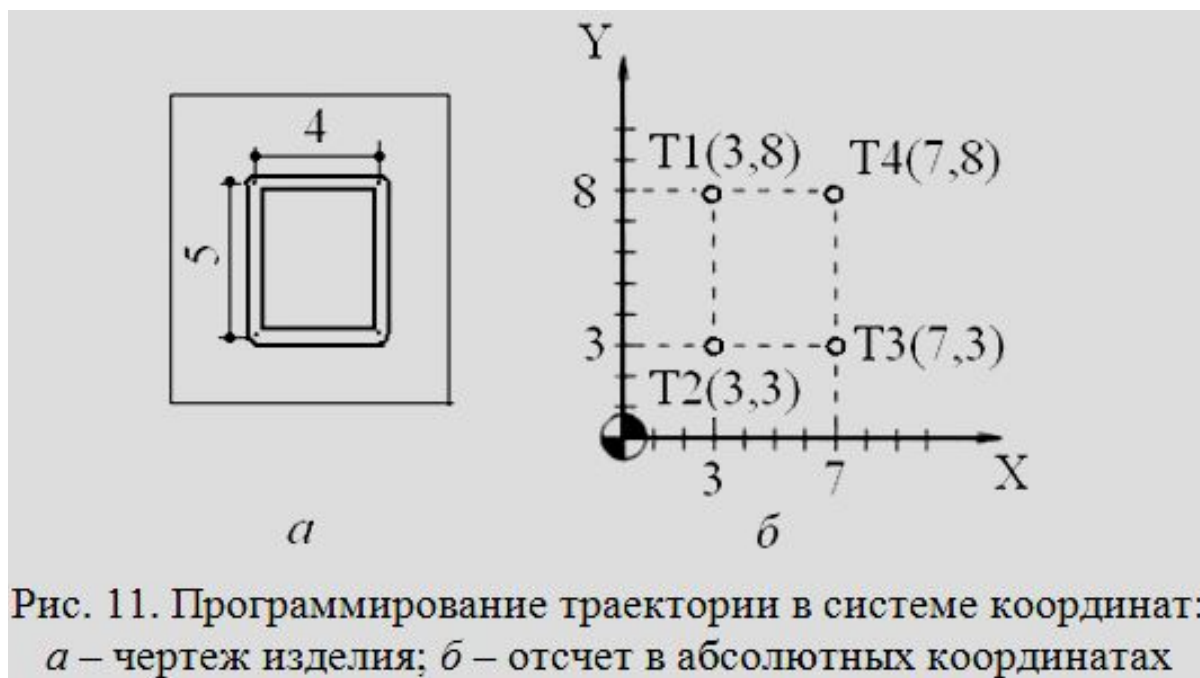


Рис. 11. Программирование траектории в системе координат:
a – чертеж изделия; *б* – отсчет в абсолютных координатах

Таблица 4

Опорные точки паза

Точки	Абсолютные координаты		Относительные координаты	
	Координата по оси X	Координата по оси Y	Координата по оси X	Координата по оси Y
T1	3	8	3	8
T2	3	3	0	-5
T3	7	3	4	0
T4	7	8	0	5

Основы программирования станков с ЧПУ

С учетом полученных результатов табл. 4 составим фрагмент программы обработки паза, показанного на рис. 11а.

Абсолютное программирование
%

```
O0001 (PAZ ABS)
N10 G21 G40 G49 G54 G80 G90
N20 M06 T01 (FREZA D1)
N30 G43 H01
N40 M03 S5000
N50 G00 Z20
N60 G00 X3 Y8
N70 G01 Z-5 F25
N80 G01 X3 Y3
N90 G01 X7 Y3
N100 G01 X7 Y8
N110 G01 X3 Y8
N120 G01 Z20
N130 G92 X0 Y0 Z0
N140 M05
```

%

Относительное программирование
%

```
O0001 (PAZ INCR)
N10 G21 G40 G49 G54 G80 G91
N20 M06 T01 (FREZA D1)
N30 G43 H01
N40 M03 S5000
N50 G00 Z20
N60 G00 X3 Y8
N70 G01 Z-25 F25
N80 G01 X0 Y-5
N90 G01 X4 Y0
N100 G01 X0 Y5
N110 G01 X-5 Y0
N120 G01 Z25
N130 G92 X0 Y0 Z0
N140 M05
```

%

Основы программирования станков с ЧПУ

Комментарии к программе. 1. O0001 (PAZ ABS) – начало программы. 2. Кадр N10 – кадр безопасности. 3. Кадр N20 – вызов (смена) инструмента. 4. Кадр N30 – коррекция на длину инструмента. 5. Кадр N40 – вращение фрезы по часовой стрелке с частотой 5000 мин^{-1} . 6. Кадр N50 – ускоренный подъем фрезы в положение над заготовкой на высоту 20 мм. 7. Кадр N60 – ускоренный подвод фрезы к точке T1. 8 Кадр N70 – заглабление в заготовку на глубину 5 мм со скоростью подачи 25 мм/мин. Ноль всегда расположен на поверхности детали. 9. Кадр N80-110 – линейное перемещение к точкам T2, T3, T4, T1. 10. Кадр N120 – подъем фрезы в исходное положение. 11. Кадр N130 – возврат в начало координат.

Строка безопасности.

Код G21 обеспечивает расчет перемещений в мм.

Код G40 отменяет автоматическую коррекцию на диаметр фрезы.

Код G49 отменяет компенсацию длины инструмента.

Код G54 позволяет системе ЧПУ переключиться на заданную систему координат.

Код G80 отменяет все ранее установленные постоянные циклы обработки.

Код G90 и G91 активизирует работу системы ЧПУ в абсолютных или относительных координатах.

G92 устанавливает начало координат детали.

3. Интерполяция

Линейная интерполяция

Прямолинейную траекторию перемещения режущего инструмента можно разложить на множество элементарных прямолинейных перемещений, параллельных координатным осям. Такие перемещения в теории ЧПУ называют интерполяциями. Для выполнения таких перемещений система ЧПУ имеет специальный электронный блок – **интерполятор**, обеспечивающий расчет промежуточных точек траектории для выполнения элементарных перемещений.

Интерполятор сначала рассчитывает уравнение прямой линии по координатам двух точек (начальной и конечной точек траектории). Затем принимается значение $x = 0,01$ мм и по уравнению прямой линии находится значение y . Затем значения x и y реализуются в перемещения по осям X и Y . Далее процесс многократно повторяется. Таким образом, линейная интерполяция выполняется множеством мелких перемещений попеременно по каждой из линейных осей.

Интерполяция представляет собой совместное движение рабочего органа одновременно по направлению нескольких осей для получения прямолинейной траектории перемещения с рабочей подачей.

Основы программирования станков с ЧПУ

Управляющая программа записывается кадрами. Если перемещение режущего инструмента от одной точки к другой должно выполняться по прямой линии, то в кадре управляющей программы указывается код G01 – код линейной интерполяции. Указанный код считывается, распознается интерполятором системы ЧПУ и по нему выполняются расчеты координат промежуточных точек траектории и количество импульсов, посылаемых на шаговые двигатели соответствующих осей координат.

Движение может быть ускоренным в период холостого хода, а может быть и рабочим, когда срезается слой древесины. В этом случае необходимо дополнительно задать перемещения в конечную точку (скорост

Таким образом, система ЧПУ станка выполняет линейную интерполяцию автоматически, точно вычисляя серию малых перемещений вдоль линейных осей, обеспечивая реальное линейное перемещение.

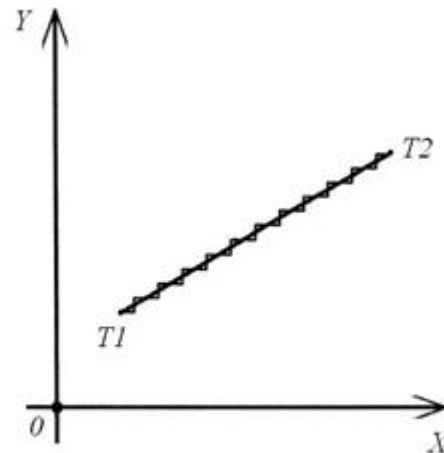


Рис. 12. Линейная интерполяция

Пример

Кадр	Комментарий
N05 G00 G90 X40 Y48 Z2 S1000 M03	Инструмент быстро движется к точке с координатами X40 Y48 Z2 с частотой вращения 1000 мин ⁻¹ и не касается поверхности заготовки с зазором 2 мм (Z2)
N06 G01 Z-12 F100	Происходит врезание до точки Z-12 со скоростью подачи 100 мм/мин
N07 X20 Y18 Z-12	Движение инструмента по прямой линии до точки с координатами X20 Y18 Z-12 с той же скоростью подачи и частотой вращения (пока нет отмены)
N08 G00 Z100	Быстрый подъем инструмента.
N09 X20 Y80	Быстрое перемещение к точке с координатами X20 Y80
N10 M02	Конец программы

Основы программирования станков с ЧПУ

Круговая интерполяция

При обработке деталей из древесины часто приходится выполнять элементы в виде окружности или дуги окружности. Для этого в системе ЧПУ используются коды G02, G03, коды круговой интерполяции по направлению движения часовой стрелки и против часовой стрелки соответственно. Для определения направления кругового движения надо условно поставить себя на одну из осей на некотором положительном расстоянии от начала координат и, глядя на начало координат, определить направление движения по часовой или против часовой стрелки.

Для программирования круговой интерполяции в плоскости XY используется код G17, в плоскости XZ – G18, в плоскости YZ – G19, без указания плоскости - G16.

При движении режущего инструмента по круговой траектории система ЧПУ реализует перемещение при помощи **аппроксимации**. Под аппроксимацией в теории ЧПУ понимается замена одной функциональной зависимости на другую более простую функцию с определенной степенью точности. Например, окружность заменяется множеством сторон вписанного многоугольника, а стороны его линейно интерполируются.

Основы программирования станков с ЧПУ

При перемещении по дуге окружности выполняется линейная аппроксимация, когда дуга заменяется короткими прямыми отрезками, а последние – ступеньками, стороны которых параллельны осям координат. Таким образом, дуга окружности заменяется ступенчатой линией, которая при малости шага ступенек близка по форме к дуге (рис. 14).

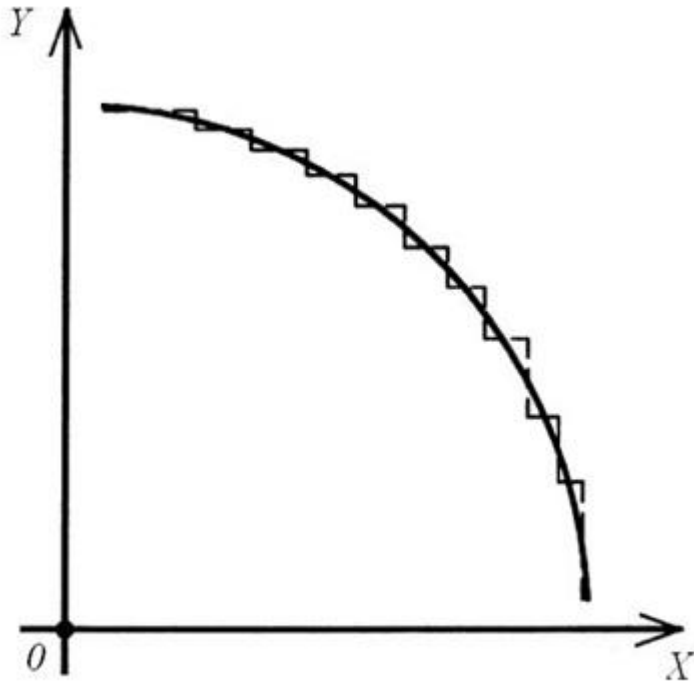


Рис. 14. Круговая интерполяция

Основы программирования станков с ЧПУ

Программирование окружности по радиусу

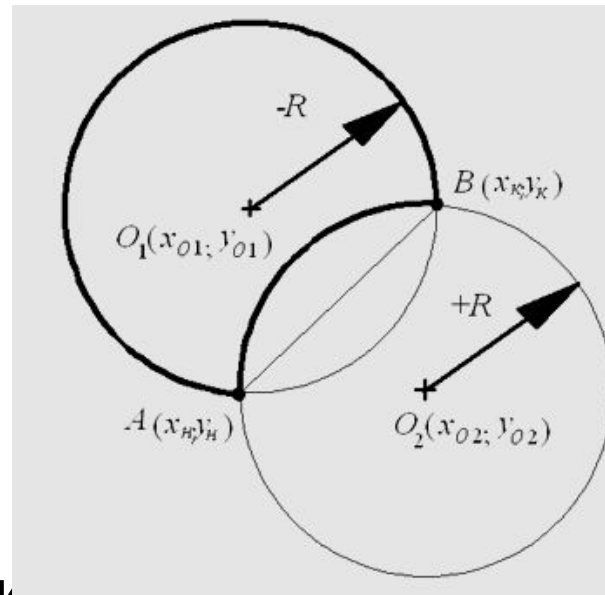
Пусть на чертеже изделия заданы координаты начальной точки $A()$ и конечной точки $B()$, через которые проходит дуга окружности радиуса R .

Через указанные точки можно провести две окружности с центрами в точках O_1 и O_2 , расположенных справа и слева от прямой линии AB и значениями радиуса $\pm R$.

Проведем хорду AB , которая отсекает от площади круга сегмент. Если сегмент меньше полукруга, то радиус окружности принимается со знаком плюс (+).

Если сегмент больше полукруга и центр окружности расположен внутри сегмента, то радиус окружности принимается со знаком минус (-).

При программировании дуги указывается ее конечная точка и значение радиуса. Кадр программы может быть записан так:



Основы программирования станков с ЧПУ

Пример. На рис. 16 показан чертеж детали, на которую требуется составить управляющую программу. Толщина детали 10 мм. Деталь обрабатываем хвостовой фрезой по периметру. Коррекция на диаметр фрезы не приводится.

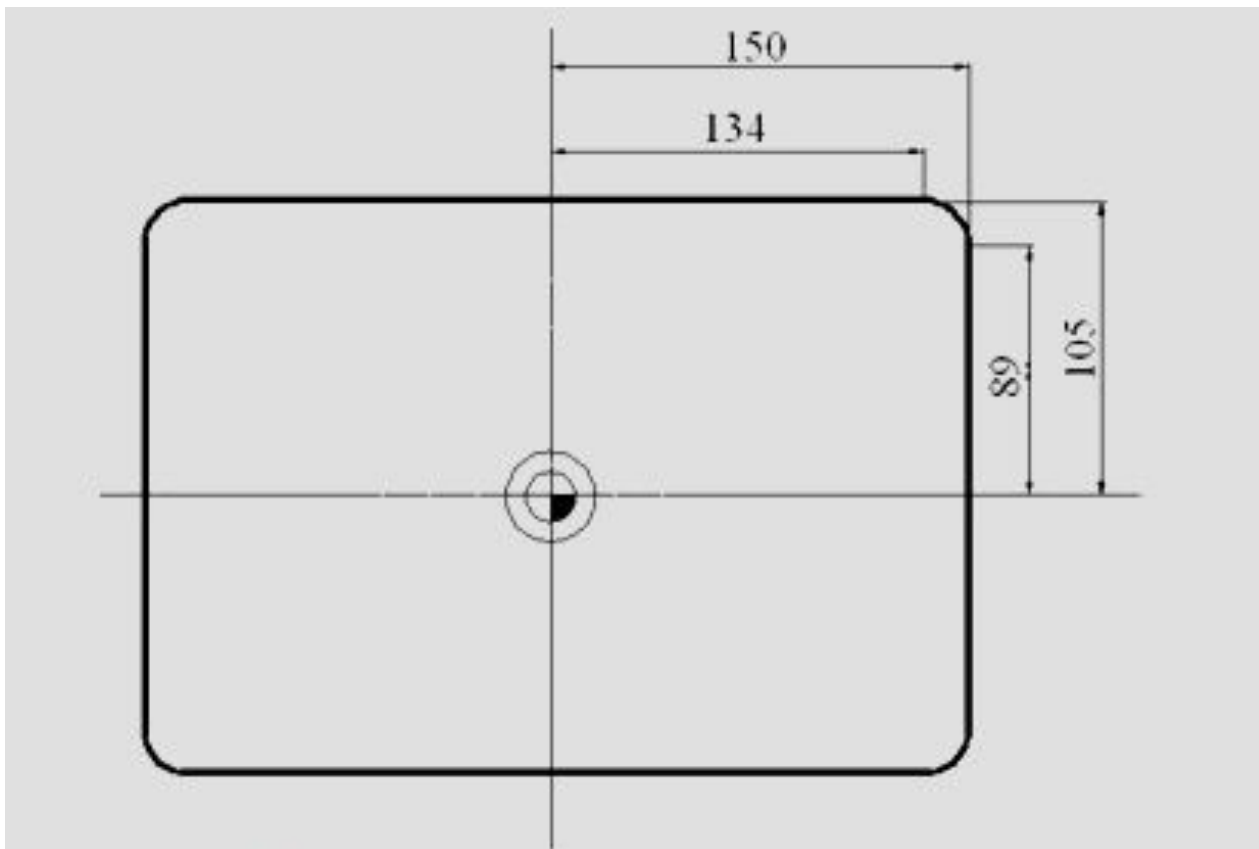


Рис. 16. Чертеж детали для программирования

Основы программирования станков с ЧПУ

Программа

%

O0001 (FREZA ABS)

N5 G21 G40 G49 G54 G80 G90

N10 G00 G90 X160 Y89 Z-12 S5000 M03

N15 G01 X150 Y89 F50

N20 G03 X134 Y105 R16

N25 G01 X-134 Y105

N30 G03 X-150 Y89 R16

N35 G01 X-150 Y-89

N40 G03 X-134 Y-89 R16

N45 G01 X134 Y-89

N50 G03 X150 Y-89 R16

N55 G01 X150 Y89

N60 G53 Z-50

N65 M2

%

- В кадре управляющей программы задается только конечная точка движения. Текущая достигнутая позиция станка используется как начальная точка.

Основы программирования станков с ЧПУ

Программирование окружности по координатам центра

При программировании окружности или ее дуги принимается, что начальная точка дуги находится в текущем положении траектории, конечная точка дуги известна, а центр окружности задан относительными (инкрементальными) координатами дополнительных осей I, J, K , расположенных вдоль осей X, Y, Z соответственно. Параметры осей I, J, K устанавливают расстояние между начальной точкой A и центром M дуги окружности. Знак определяется направлением вектора от A к M .

На рис. 17 показана траектория обработки детали, включающая различные дуги окружностей. Толщина заготовки 18 мм. Заготовка закреплена на столярной плите толщиной 10 мм. Напишем программу обработки детали. Деталь обрабатывается хвостовой фрезой по периметру. Коррекция на диаметр фрезы не приводится.

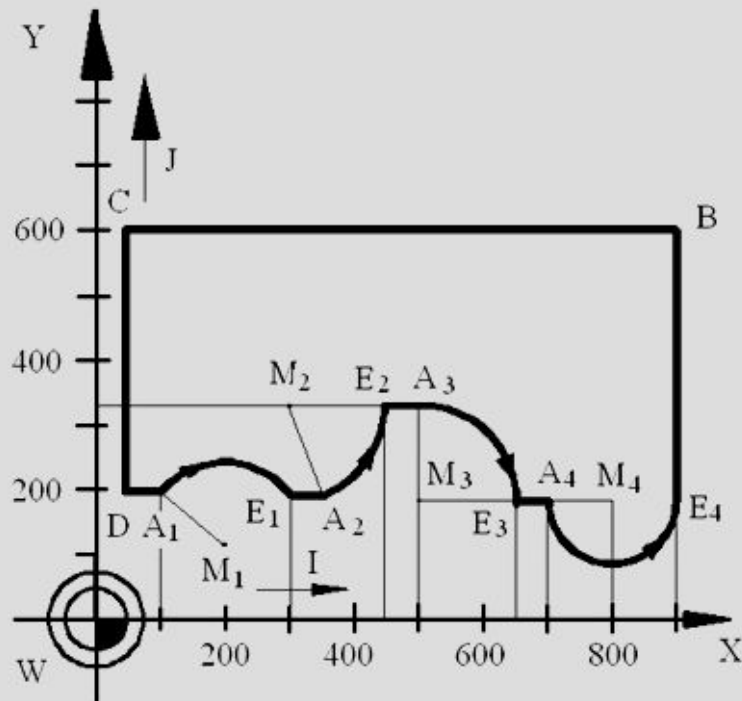


Рис. 17. Применение осей I, J при программировании дуг окружностей

Основы программирования станков с ЧПУ

Программа выглядит так:

%	
O0002 (FREZA ABS)	Начало, название, абсолютная система координат
N1 G21 G40 G49 G54 G80 G90	Кадр безопасности
N5 G00 X0 Y200 Z80 S5000 M03	Перемещение в начало программы с частотой вращения фрезы 5000 мин^{-1} по направлению часовой стрелки. Z80 – высота торца фрезы над поверхностью заготовки, мм.
N10 G90 X0 Y200 Z-20	Ускоренное опускание фрезы в точку начала обработки
N15 G01 X100 Y200 F60	Перемещение фрезы до точки A_1
N20 G17 G02 X300 Y200 I100 J-100	Движение по дуге до точки E_1 по часовой стрелке
N25 G01 X350 Y200	Обработка отрезка $E_1 A_2$
N30 G03 X450 Y330 I-50 J130	Движение по дуге до точки E_2 против часовой стрелки
N35 G01 X500 Y330	Обработка отрезка $E_2 A_3$
N40 G02 X650 Y200 I0 J-130	Движение по дуге до точки E_3

Основы программирования станков с ЧПУ

N45 G01 X700 Y200

Обработка отрезка E_3A_4

N50 G3 X900 Y200 I100 J0

Движение по дуге до точки E_4

N55 G1 X900 Y600 |

Обработка правой кромки E_4B

N60 X50 Y600

Обработка верхней кромки BC

N65 X50 Y200

Обработка левой кромки CD

N70 G00 X0 Y200 Z80

Возврат в исходное положение

N75 M2

Конец программы

%

Примечание. Кадры перемещений по дугам можно написать так:

1. N20 G17 G02 X300 Y200 R-141;

2. N30 G03 X450 Y330 R139.3;

3. N40 G02 X650 Y200 R-130;

4. N50 G3 X900 Y200 R100.

Основы программирования станков с ЧПУ

Можно составить программу для изготовления фасада для кухни с любым рисунком



Основы программирования станков с ЧПУ



4. Система координат детали

Выбор системы координат детали

Система координат детали является главной системой для программирования обработки и назначается чертежом или эскизом. Она имеет свои оси координат, свое начало отсчета, относительно которого определены все размеры детали и задаются координаты всех опорных точек контуров детали. Точку начала координат детали называют **нулем детали** или **нулевой точкой детали**.

Составление управляющей программы начинается с привязки начала системы координат детали к чертежу детали.

Начало координат детали должно быть расположено на базовой поверхности чертежа, в базовой точке, от которой проставлены размеры чертежа. Если размеры проставлены от геометрических осей чертежа, то нулевую точку программы следует поместить в точку пересечения этих геометрических осей. Если размеры проставлены от верхнего левого угла детали, то в этой точке следует разместить и начало координат детали.

Основы программирования станков с ЧПУ

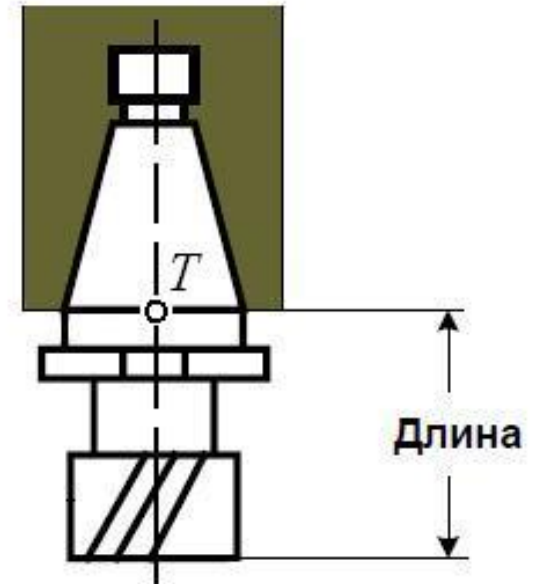
Взаимосвязь систем координат

- Для обработки детали на станке заготовку кладут на стол в произвольно выбранное место так, чтобы она не выходила за пределы стола, и чтобы удобно было ее фиксировать. При этом стремятся, чтобы ось X детали располагалась параллельно оси X станка.
- После закрепления заготовки ноль детали W для системы ЧПУ находится в неизвестном положении. Для нормального функционирования станка необходимо привязать ноль детали к системе координат станка. Для этого, выбрав в меню компьютера опцию «Настройка начала координат изделия» с помощью клавиш малой клавиатуры вручную при толчковом, а при завершении инкрементном режиме работы перемещают шпиндель по осям X и Y в точку ноль детали W с учетом припуска на обработку.
- О положении нуля новой локальной системы координат детали W следует сообщить системе ЧПУ. Делается это с помощью слова $G92$, например, $G92 X160,0 Y160,0 Z20,0$. Это новое начало координат детали, которое служит стартовой точкой отсчета

Основы программирования станков с ЧПУ

5. Система координат режущего инструмента

- Система координат режущего инструмента предназначена для задания ориентации и положения его режущей части относительно патрона в момент обработки в машинной координатной системе. Началом отсчета координатной системы инструмента является точка, от которой начинается запрограммированное перемещение рабочего инструмента. Эта точка называется **нулем инструмента** или **нулем обработки**. Размеры инструмента задают по отношению к фиксированной точке, в которой происходит его зажим в патроне, обозначают символом **T** (рис.).
- Нулевая точка инструмента **T** является базовой точкой станка. Положение этой точки на станке устанавливается производителем и не подлежит изменению.



Основы программирования станков с ЧПУ

- При смене режущего инструмента, длина которого изменилась, производят определение его длины относительно верхней поверхности детали. Для этого на деталь кладут калибровочный датчик, имеющий форму пластинки, или лист бумаги. Открывают окно ручного управления и с помощью клавиш малой клавиатуры для оси Z Page Up/Page Down подводят торцовую режущую кромку фрезы до контакта с заготовкой. Если фреза коснется датчика, то датчик автоматически зафиксирует момент касания. Если фреза подводится к бумаге, то надо, перемещая бумагу по поверхности детали, определить момент, когда бумага будет зажата. Полученные по системе индикации станка данные заносят в позицию оси Z окна управления. После этого нажимают клавишу обнуления системы отсчета координат. Ноль детали по оси Z установлен

6. Нулевая точка программы

- За нулевую точку **Р0** программы принимают точку, в которой находится режущий инструмент к началу обработки. Если шпиндель станка находится в нулевой точке программы **Р0**, то можно беспрепятственно заменить режущий инструмент, снять обработанную деталь со станка, установить новую заготовку. Точка **Р0** должна находиться в крайнем верхнем положении по оси Z.
- Желательно, чтобы **Р0** программы совпадало с нулем инструмента, а координатные оси детали и станка были бы параллельны друг другу. В этом случае процесс программирования траекторий перемещения режущего инструмента значительно упрощается и снижается вероятность появления ошибок в управляющей программе.

7. Коррекция размеров фрезы

Коррекция диаметра фрезы

- Современные станки с ЧПУ снабжены магазинами, в которых хранятся различные режущие инструменты: фрезы, сверла, пилы и др. В каждой пронумерованной ячейке магазина помещается конкретный тип инструмента. При этом сведения о размерах инструментов указываются в таблице, помещенной в памяти системы ЧПУ станка. Например, если для работы из магазина вызывается инструмент №3 диаметром 10 мм, то в соответствующем корректоре (ячейке таблицы) должно находиться значение радиуса 5 мм.
- В простейших станках с ЧПУ без магазина сведения о диаметре фрезы заносятся в память системы ЧПУ.
- При работе станка геометрическая ось фрезерного шпинделя перемещается по траектории, задаваемой управляющей программой. Формирование контура детали осуществляется режущими кромками фрезы. При этом траектория перемещения оси шпинделя не совпадает с линией контура детали. Для получения детали заданной формы и размеров ось шпинделя должна перемещаться по **эквидистантной траектории**, удаленной от заданного контура на величину радиуса (рис.21).

Основы программирования станков с ЧПУ

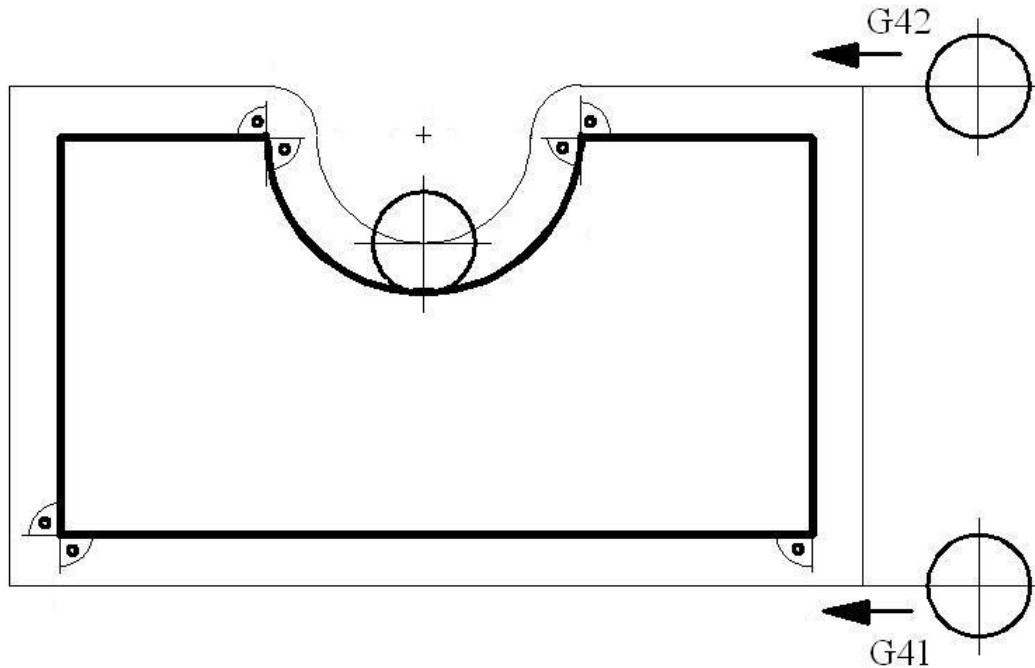


Рис. 21. Схема автоматической коррекции на радиус фрезы

- Автоматическая коррекция радиуса фрезы активируется подготовительными функциями G40, G41, G42:
 - G40 – отказ от коррекции;
 - G41 – коррекция используется в случае, если движение подачи фрезы выполняется слева от контура детали;
 - G42 – коррекция применяется при движении подачи справа от контура детали.
- Для реализации коррекции радиус фрезы программируют в D слове данных, например, так: N20 G41 D3 F1600

Основы программирования станков с ЧПУ

Коррекции длины фрезы

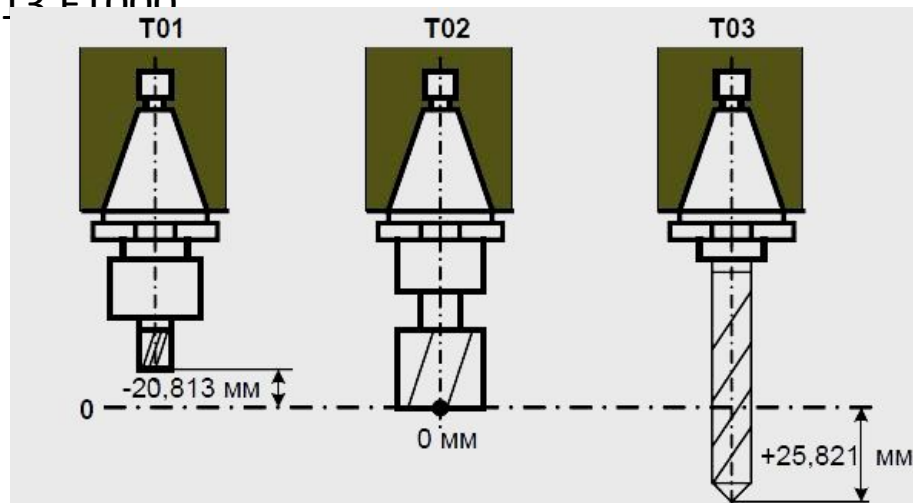
- Все дереворежущие фрезы, помещенные в магазине, имеют разную длину. Для автоматической коррекции длины инструментов должны быть измерены на станке с помощью датчика касания. При опускании оси Z вниз фреза режущей кромкой касается датчика и при этом зажигается световой диод и включается зуммер.
- Для некоторого инструмента принимаем отклонение длины равным нулю (рис.). Тогда по отношению к нему определяют отклонение длины для короткого инструмента равно $-20,813$ мм а длинного – $+25,821$ мм и т. д. Полученные данные об отклонении длины фрезы заносятся в соответствующие ячейки таблицы корректора и хранятся в памяти системы ЧПУ станка.
- Для компенсации длины инструмента используется функция **H**.

Пример: `N20 G01 X100 Y200 Z-20 H-20.813 F1000`

Здесь показано:

Z-20 – заданная программой глубина;

H-20.813 – вызов корректора, так как длина фрезы короче положенного на 20,813 мм.



Порядок ручного программирования

Сбор информации

- Ручное программирование – трудоемкий процесс, его используют для подготовки управляющих программ для простых деталей. Осваивая этот процесс, обучающийся сможет более уверенно перейти к другим способам программирования: на стойке ЧПУ и с помощью компьютерных программ, CAD CAM, например.
- Процесс программирования обработки детали начинают со сбора и упорядочения информации, перед тем как она будет закодирована. Информация подразделяется на геометрическую и технологическую. Геометрические данные о детали получают из чертежа и технических требований, а технологические сведения принимают из расчетов режимов резания.
- Кроме того, информацию берут из технической характеристики станка. По паспорту станка устанавливают предельно допустимые величины перемещений и скоростей подач по всем осям, допустимые габаритные размеры заготовок и способы их фиксации при обработке, мощность и частота вращения двигателя шпинделя. Определяется местоположение ноля системы координат станка.

Основы программирования станков с ЧПУ

- **Этапы программирования**

1. Определение координат точек контура детали
2. Выбор режущего инструмента
3. Расчет режимов резания массивной древесины
4. Учет направления перерезаемых волокон древесины
5. Режимы резания плитных материалов

CAD CAM программирование упрощает работу программиста. Вычисления траектории движения и внесение поправок на размеры инструмента выполняет компьютер.

Чертеж детали выполняется в чертежной программе, например AutoCAD или Базис-Мебельщик. Затем чертеж переводится (транслируется) программой на язык, понятный станку с ЧПУ. Составляется машинным способом программа подобная рассмотренным нами, но намного более длинная в случае обработки сложных 3D профилей деталей.

Основы программирования станков с ЧПУ