

**КОНСТРУКЦИ  
Я И  
КОМПОНОВКИ  
СТАНКОВ С  
ЧПУ**

# Основные типы станков с ЧПУ

по способам обработки  
материала

Сверильные  
устройства

Токарные станки

Фрезерные  
станки

Электрическая и химическая  
обработ.

Другие режущие инструменты

# Структурная схема станков с ЧПУ



# Основные характеристики станков с ЧПУ

- ✓ Класс точности;
- ✓ Вид ЧПУ (степень автоматизации), обозначается индексами, входящими в наименование станка и цифрами.
- ✓ Основные параметры станка: наибольший диаметр обрабатываемого изделия (для токарных станков), наибольший диаметр сверления (для сверлильных станков), диаметр расточного шпинделя (для расточных станков), ширина стола (для фрезерных станков); наличие устройства автоматической смены инструмента;
- ✓ Наличие устройства смены заготовок;
- ✓ Габариты станка и его масса;
- ✓ Число управляемых координат, число одновременно управляемых координат.



## Обозначение станков с ЧПУ

При обозначении модели станка указывают его основные параметры:  
наибольший диаметр обрабатываемого изделия (для токарных станков);  
наибольший диаметр сверления (для сверлильных станков);  
диаметр расточного шпинделя (для расточных станков);  
ширина стола (для фрезерных станков) и т. д

Ф1 - станки с цифровой индикацией, в том числе с предварительным набором координат;

Ф2 - станки с позиционными и прямоугольными системами управления; Ф3 - станки с контурными прямолинейными и криволинейными системами управления;

Ф4 - станки с универсальной системой управления для позиционно-контурной обработки.

Станки с цикловым программным управлением обозначают буквой – Ц.

Буква Р, устанавливаемая при необходимости перед буквой Ф, означает наличие револьверной головки, обеспечивающей автоматическую смену режущего инструмента при ее повороте.

Буква М определяет наличие на станке инструментального магазина (перед буквой Ф).



*например: РФ2—станки с позиционной СЧПУ с револьверной инструментальной головкой;*

*МФ3—станки с контурной СЧПУ со сменой инструмента из магазина;*

*МФ4—станки со смешанными системами управления с магазином инструментов.*

**2202ВМФ4** – многоцелевой сверлильно-расточной станок, высокой точности с инструментальным магазином и комбинированной СЧПУ;

**6904ВМФ2**- многоцелевой фрезерно-расточной станок, высокой точности с инструментальным магазином и позиционной СЧПУ.

Некоторые модели станков с ЧПУ имеют и другую индексацию - буквенные индексы заводов-изготовителей с указанием порядкового номера. Например, **ГФ1813-С1**- станок Горьковского завода фрезерных станков.

# Обозначения станков и систем ЧПУ

Система ПУ	Условное обозначение	Примеры	
		Модель станка	Наименование
Цифровая индикация с предварительным набором координат	Ф1	6560Ф1	Фрезерный станок с устройством цифровой индикации
		3ЕЭ11ВФ1	Плоскошлифовальный станок высокой точности с цифровой индикацией и преднабором координат подач
Позиционная система ЧПУ	Ф2	2Н55Ф2	Радиально-сверлильный станок
		2А622Ф2	Горизонтально-расточной станок
Контурная система ЧПУ	Ф3	16К20Ф3	Токарный станок
		6Р11Ф3	Фрезерный станок
Комбинированная система ЧПУ	Ф4	53А20Ф4	Зубофрезерный полуавтомат
		243ВФ4	Сверлильно-фрезерно-расточной станок
Цикловая система управления	Ц	171Ц	Токарный многорезцово-копировальный полуавтомат
Оперативная система управления	Т	16К20Т1	Токарный станок

## Примеры отечественных УЧПУ для станков основных групп

Станки	Устройства ЧПУ			
	3-го поколения	3-го поколения с расшир. функциями	4-го поколения (микропроцессорные)	5-го поколения (микропроцессорные многоцелевые)
Токарные	Н22	1Н22	1Р-22 НЦ-3 1 2Р-32	ИЦО-П ИЦО-ПБ НЦ-80-3 1 «Размер-5» » 2С85-61 2У32-61
Фрезерные	Н33	1Н33-6	2У-32 2Р-32	
Сверлильно-расточные	2П32-8 3П32-3М	2П52 2П62-3Н «Размер 2М»		
Шлифовальные	ПШ-13			
Многоцелевые обрабатывающие центры		У85 «Размер-4»	2С42 2С85	

## Класс точности:

- П- станок повышенной точности;
- В - высокой точности;
- А - особо высокой точности;
- С – особо точные станки (прецизионные).

По каждому классу точности в соответствующей группе станков нормируется допустимая величина погрешности позиционирования по управляемым координатам, прямолинейность перемещения рабочих органов, а также допустимая величина радиального и осевого биения шпинделя.



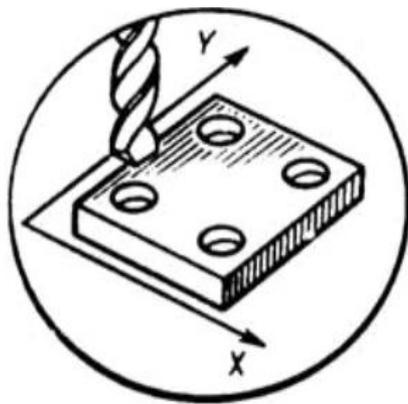
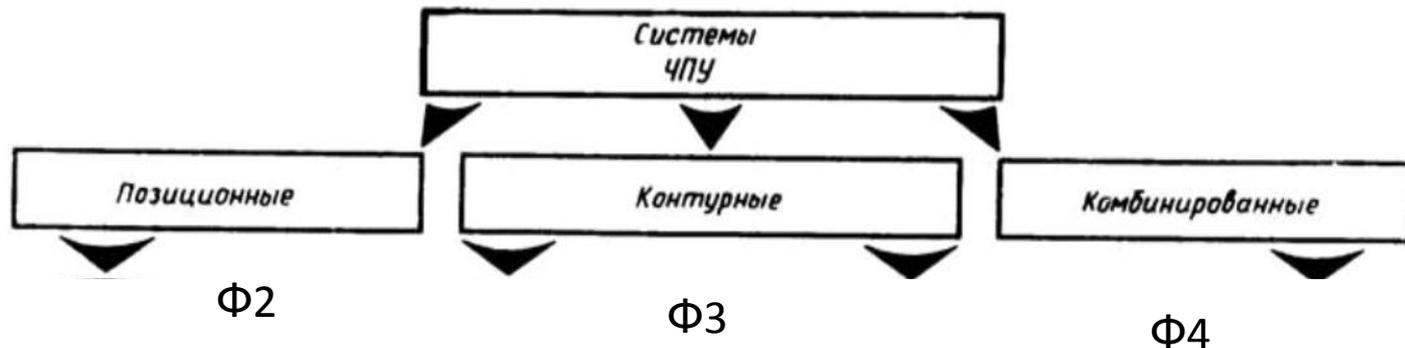
## Классификация по технологическому назначению и функциональным возможностям (по типу движения)

**Позиционные** - задают только координаты конечных точек положения исполнительных органов после выполнения ими определенных элементов рабочего цикла;

**контурные**, или **непрерывные**, управляющие движением исполнительного органа по заданной криволинейной траектории;

**универсальные** (комбинированные), в которых осуществляется программирование как перемещений при позиционировании, так и движения исполнительных органов по траектории, а также смены инструментов и загрузки-выгрузки заготовок;

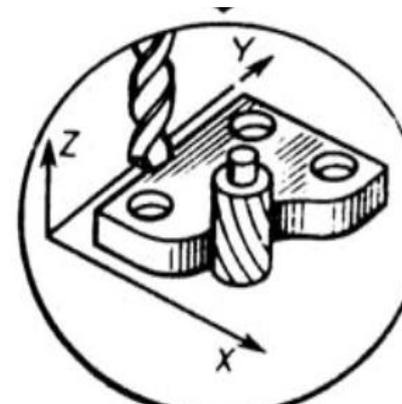
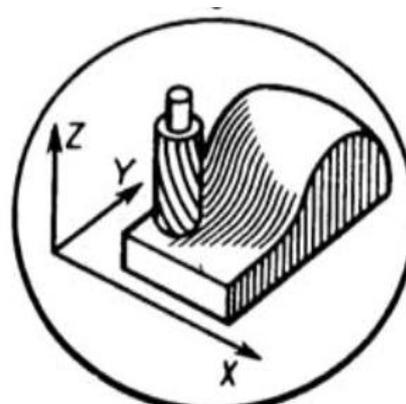
**многоконтурные системы**, обеспечивающие одновременное или последовательное управление функционированием ряда узлов и механизмов станка



Сверлильно-расточные



Токарные,  
фрезерные,  
шлифовальные



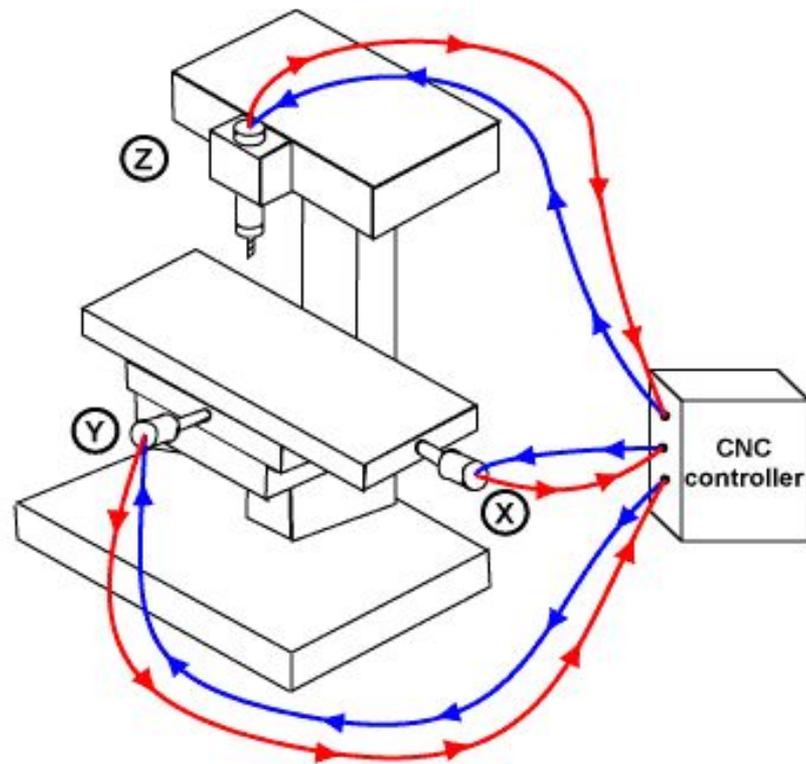
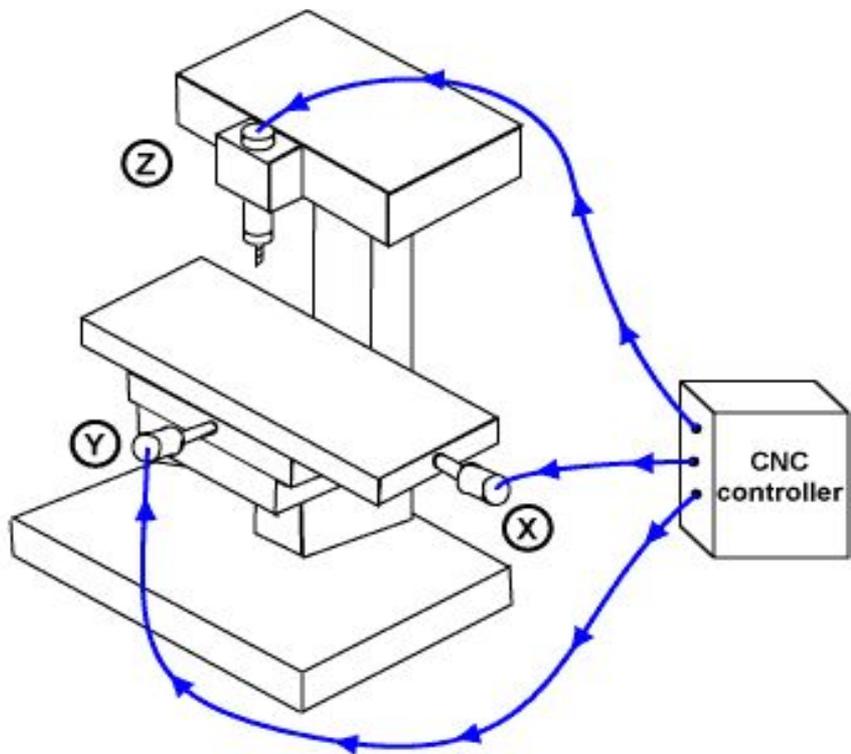
Многооперационные

## Классификация по виду управления

**Системы ЦПУ** более просты, так как в них программируется только цикл работы станка, а величины рабочих перемещений, т.е. геометрическая информация, задаются упрощенно, например с помощью упоров.

**В станках с ЧПУ** управление осуществляется от программоносителя, на который в числовом виде занесена и геометрическая, и технологическая информация.

## ЧПУ- станки с разомкнутой системой



## ЧПУ- станки с замкнутой системой управления

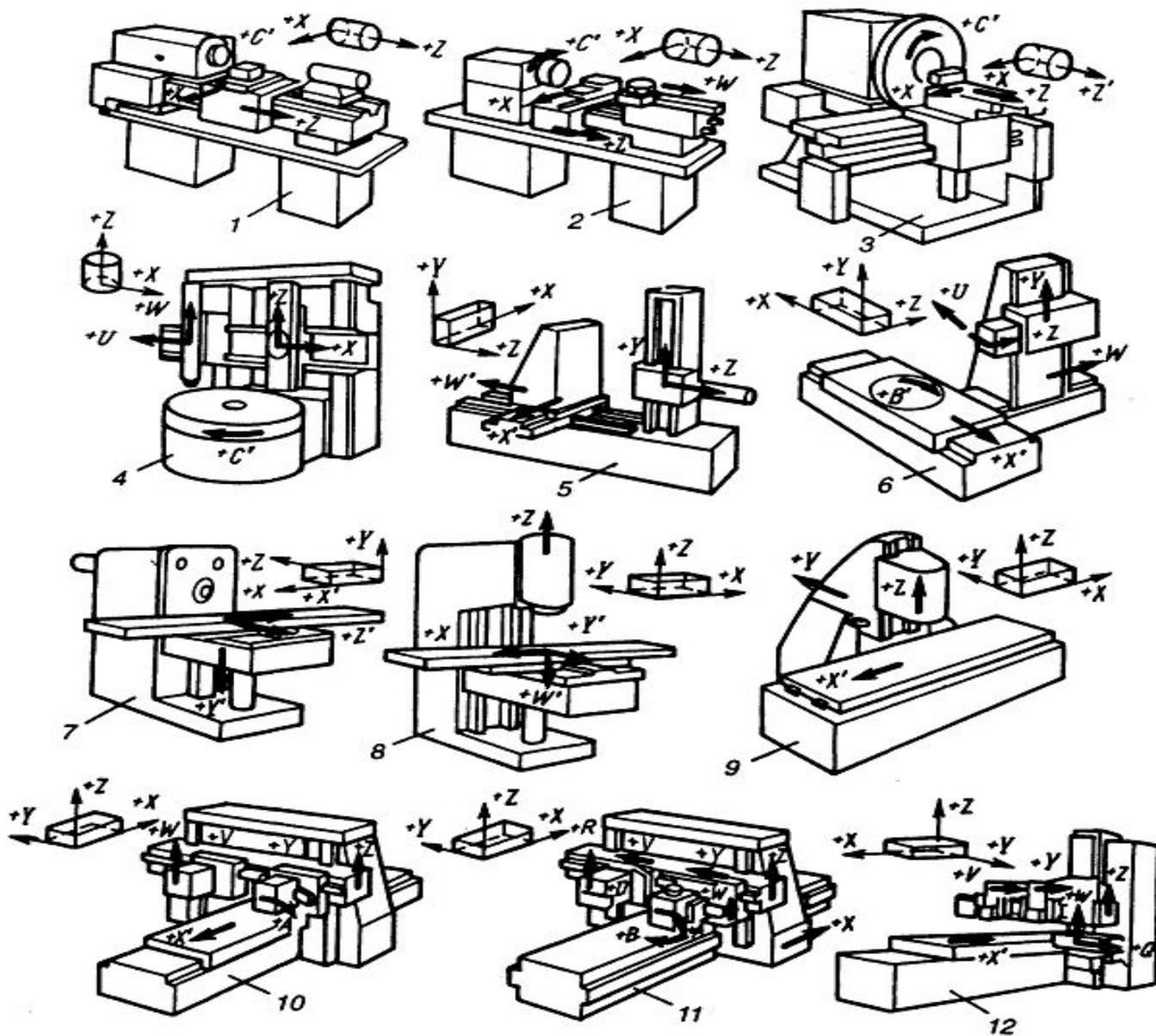


Рис. 76. Станки с ЧПУ:

1 — токарно-винторезный, 2 — токарно-револьверный, 3 — лоботочарный, 4 — токарно-карусельный, 5, 6 — горизонтально-расточный, 7 — консольный горизонтально-фрезерный, 8 — консольный вертикально-фрезерный, 9 — продольно-фрезерный вертикальный, 10 — продольно-фрезерный, 11 — продольно-фрезерный с подвижным порталом, 12 — одностоечный продольно-строгальный

# Классификация станков по количеству осей

ЧПУ-станки с 2 и 3 осями



ЧПУ-станки с 4 и 5 осями

# Классификация станков по типу привода

Гидравлические станки с ЧПУ



Электрические станки с ЧПУ

Пневматические ЧПУ- станки



# CAD/CAM - Системы

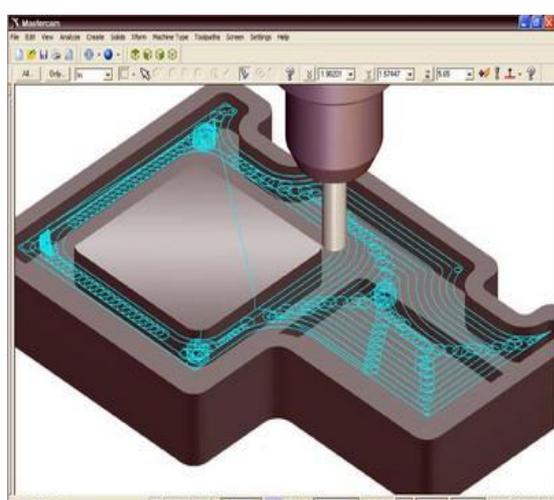
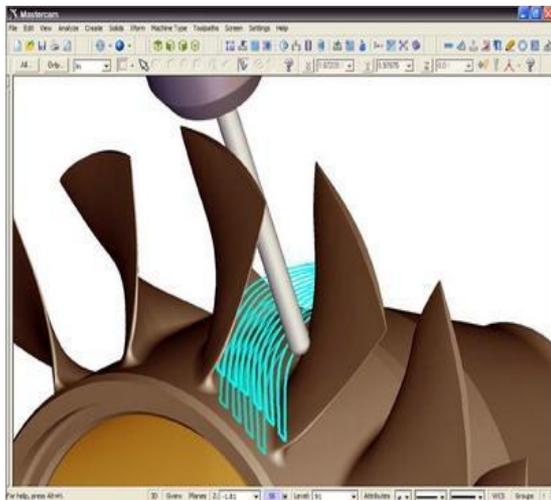
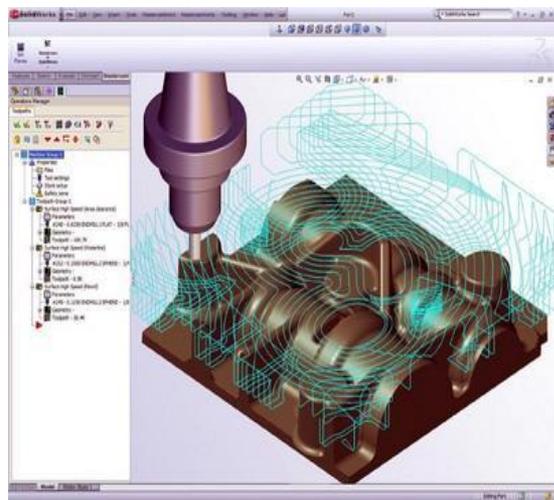
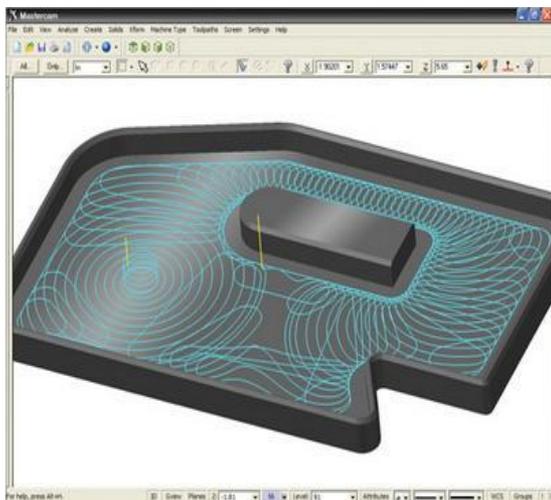
**САПР** — *система автоматизированного проектирования.*

**CAD** (англ. *computer-aided design*)

**АСТПП** — автоматизированная система технологической подготовки производства.

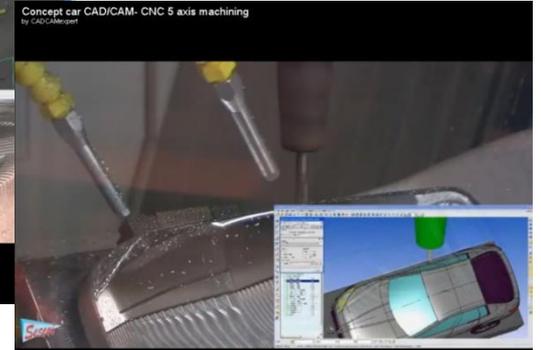
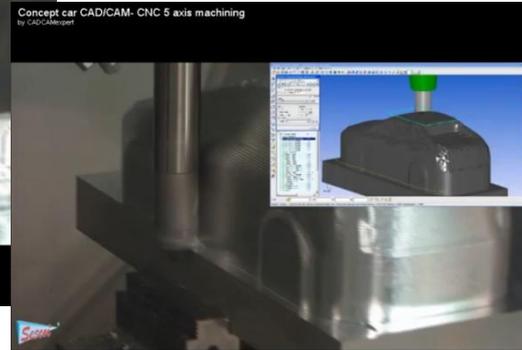
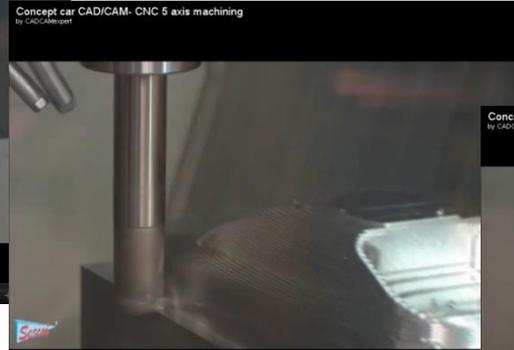
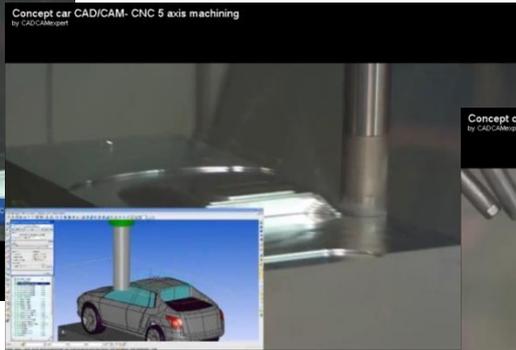
**CAM** (англ. *Computer-aided manufacturing*) — подготовка технологического процесса производства изделий, ориентированная на использование ЭВМ.

# САМ - ПРОГРАММЫ



Mastercam -  
программное  
обеспечение для  
фрезерной, токарной,  
электроэрозионной и  
деревообработки на  
станках с числовым  
программным  
управлением (ЧПУ).

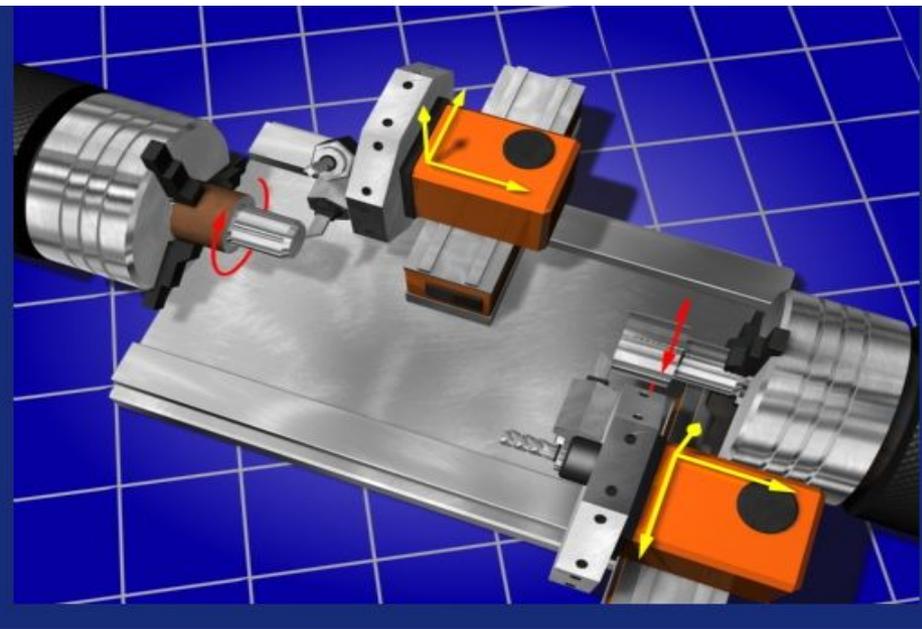
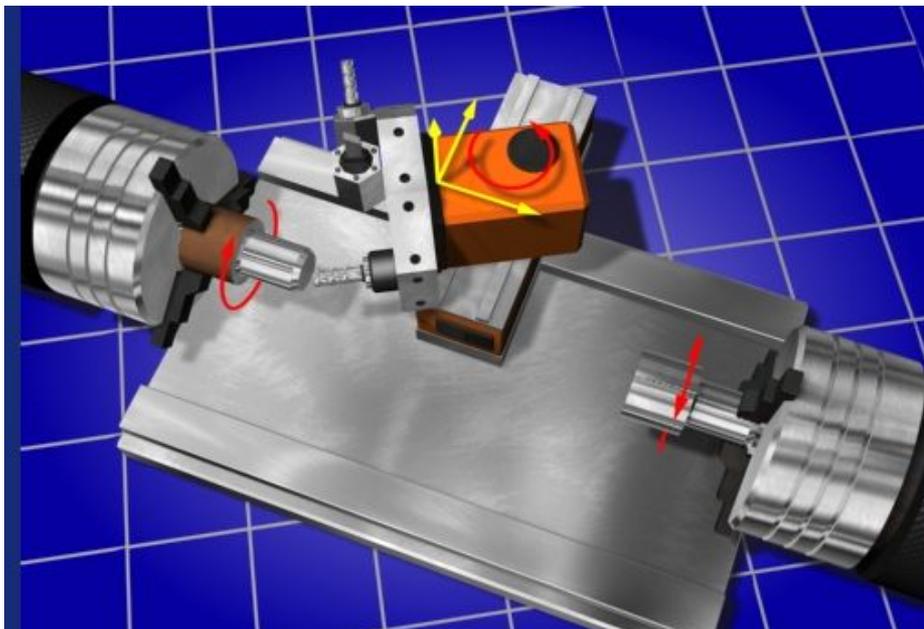
# ПРИМЕР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ CAD/CAM/EXPERT



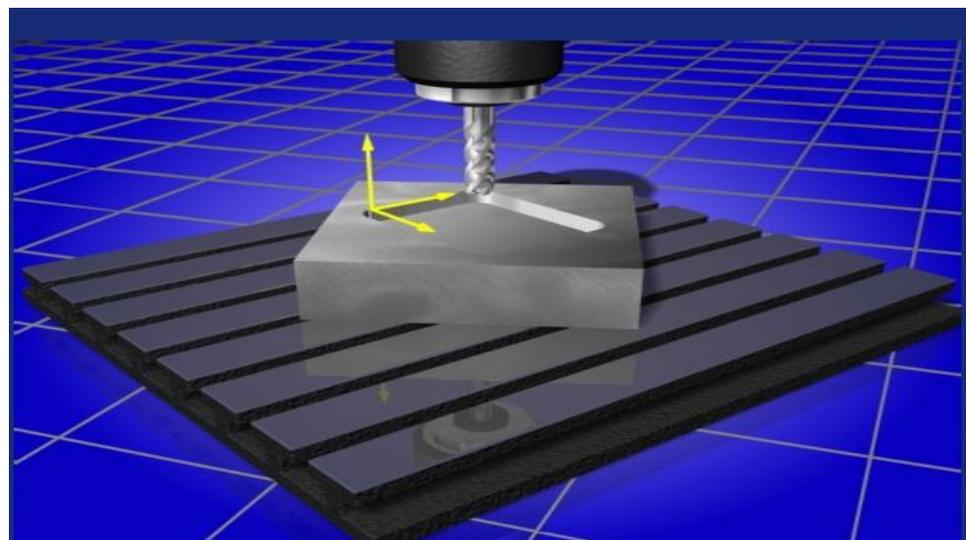
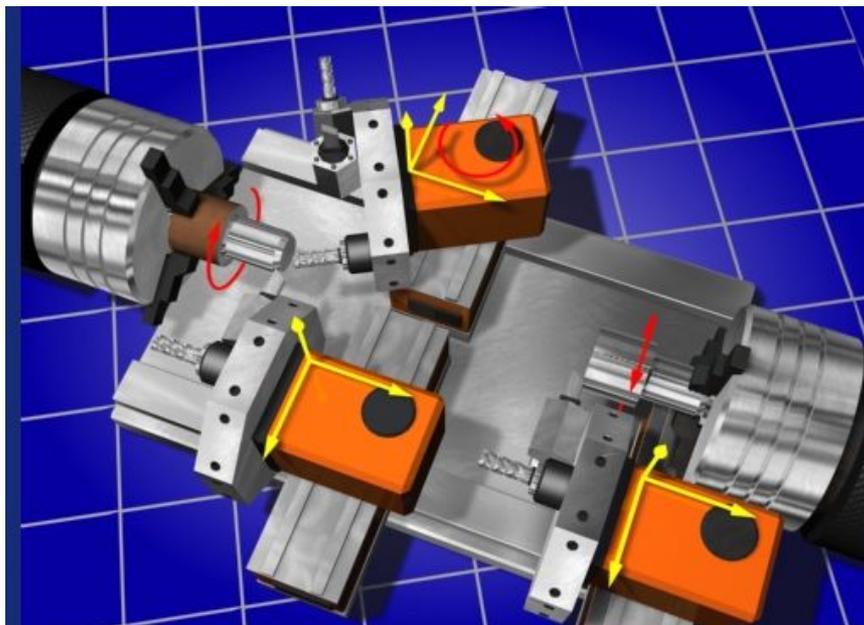
## Типовые компоновки станков с ЧПУ

Токарные станки с одним суппортом (револьверной головкой)

Токарные станки с двумя суппортами (револьверными головками)

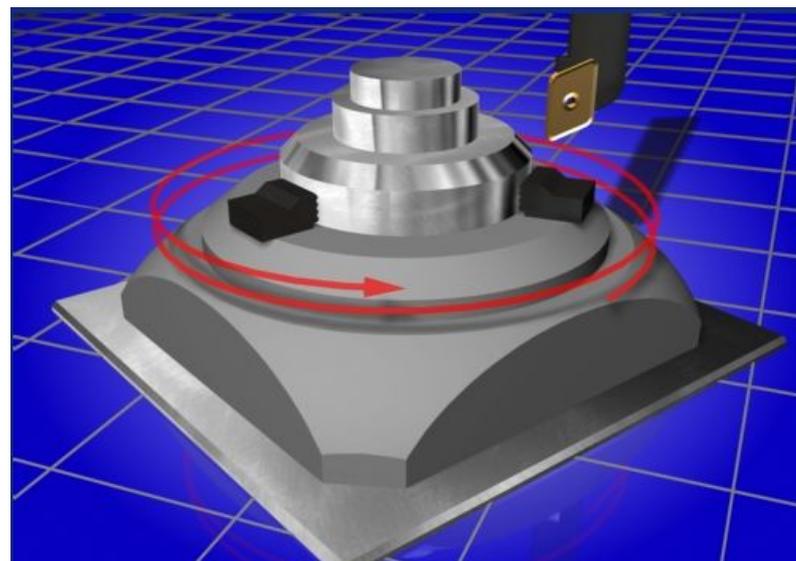
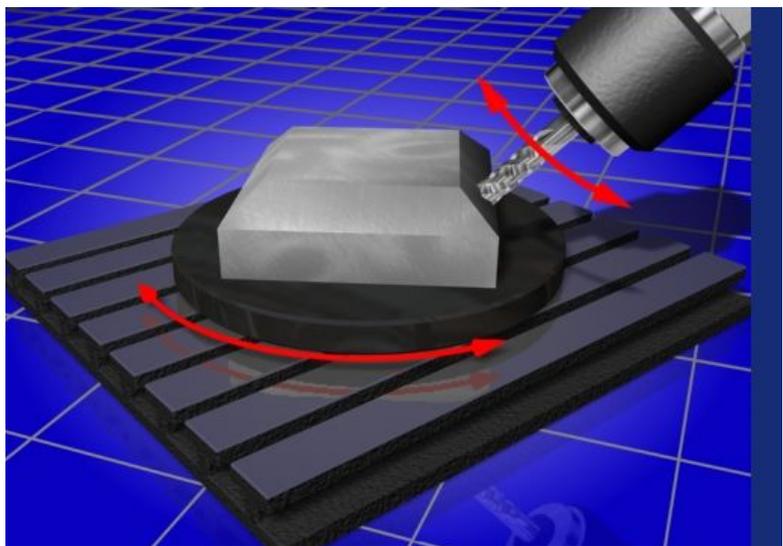


Токарные станки с тремя суппортами (револьверными головками)



Фрезерные (сверлильно - фрезерно-расточные) станки с ЧПУ (три управляемые координаты)

Сверлильно-фрезерно-расточные  
станки с ЧПУ с функцией  
точения (пять управляемых  
координат)



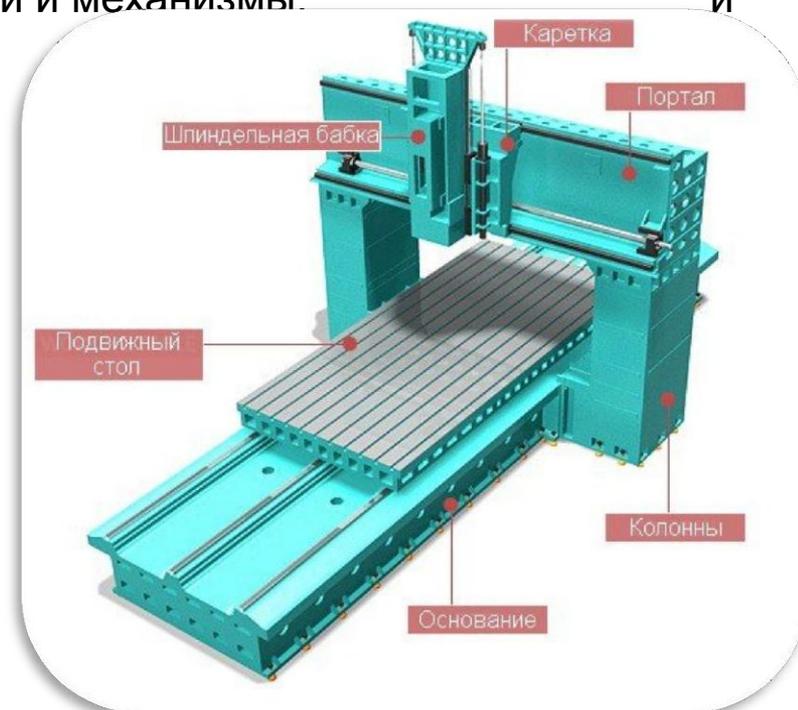
Сверлильно-фрезерно-расточные  
станки с ЧПУ (пять управляемых  
координат)

# Конструктивные элементы станков с ЧПУ

**Станины, колонны, основания** являются базовыми элементами. Их изготавливают с повышенной жесткостью и виброустойчивостью, за счет введения дополнительных ребер жесткости. Станины бывают: литые чугунные, стальные, сварные, бетонные, гранитные и керамические.

**Станиной** называется базовая деталь станка, на которой установлены закреплены все его детали и узлы относительно которой ориентируются перемещаются подвижные детали и механизмы.

Основным требованием, предъявляемым к станинам, является обеспечение взаимного узлов и частей, расположенных на ней, при всех предусмотренных режимах работы станка в нормальных эксплуатационных условиях. Базирующими поверхностями станины являются направляющие, которые устанавливаются на детали и узлы станка. Эти детали и узлы могут перемещаться по направляющим станины, либо быть жестко с ней связаны.



При изготовлении направляющих станины предъявляются повышенные требования к точности. Это объясняется тем, что от изготовления направляющих зависит качество общей сборки и точность работы станка. Помимо этого, к станинам предъявляется и ряд других требований, касающихся прочности, малой «металлоемкости», низкой стоимости, неизменности относительных положений базирующих поверхностей во время работы станка.

Для обеспечения точности работы всех узлов станка необходимо сохранение неизменности формы станины, что возможно при выполнении следующих условий:



*Рисунок 2 Станина  
горизонтально- фрезерного  
обрабатывающего  
центра H50 на заводе-  
изготовителе  
ТАИМАС ZPS (Чехия)*

□ Станина должна обладать жесткостью, при которой ее деформации под действием усилий в процессе работы станка не выходили бы за пределы, соответствующие допускам на неточность обрабатываемых на станке деталей.

□ Материал станины должен быть термически обработан, и при этом исключаются внутренние напряжения, вызывающие изменение ее формы. После предварительной механической обработки станины подвергают старению, в процессе которого происходит снятие внутренних напряжений.

□ Станина должна быть виброустойчива, так как в противном случае будут иметь место ухудшение класса чистоты обрабатываемой поверхности и снижение стойкости режущего инструмента.



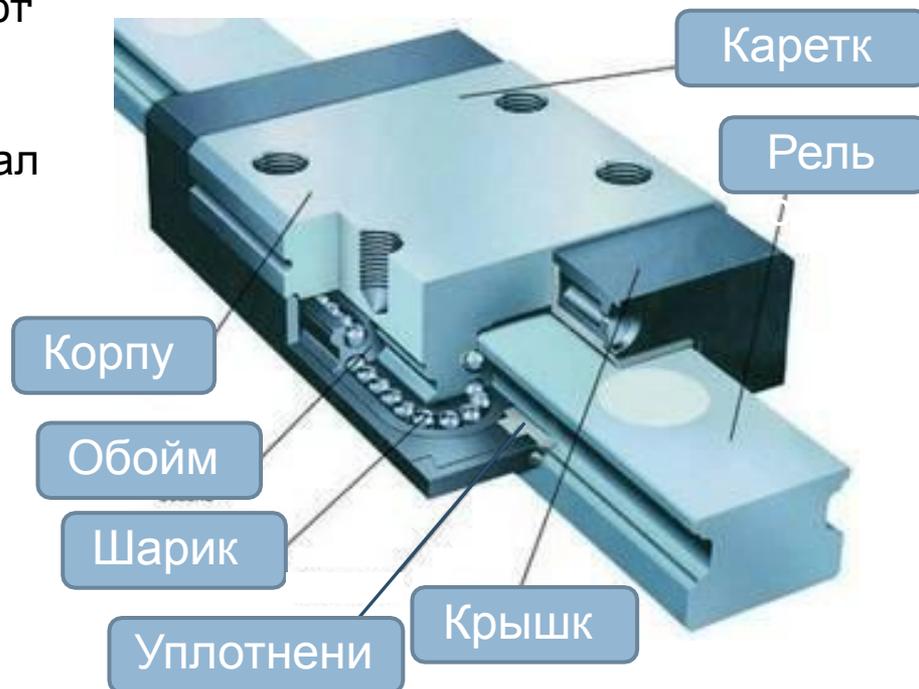
□ **Направляющие** станков с ЧПУ имеют высокую износостойкость и обеспечивают малое трение, что позволяет снизить мощность следящего привода, увеличить точность перемещений. Основное их назначение - обеспечение линейного перемещения по осям станка (главное движение и движение подачи), крепиться к основанию-станине. В зависимости от траектории движения узлов подразделяются на: направляющие прямолинейного и кругового движения. По форме поперечного сечения : ласточкин хвост (трапециевидные), прямоугольные , круглые и др. Они бывают нескольких видов: качения, направляющие скольжения и комбинированные.

**Направляющие качения** представляют собой опорный элемент при поступательном движении рельс-каретка, ленточный подшипник-вал и шарикоподшипник с плоским сепаратором.

Рассмотрим подробнее комплект рельс-каретка, который чаще всего используются на станках.

**Рельс.** Все посадочные места рельсы шлифуются и проходят закалку, в том числе и дорожки качения, необходимые для перемещения тел качения. Каретка направляющей состоит из следующих частей:

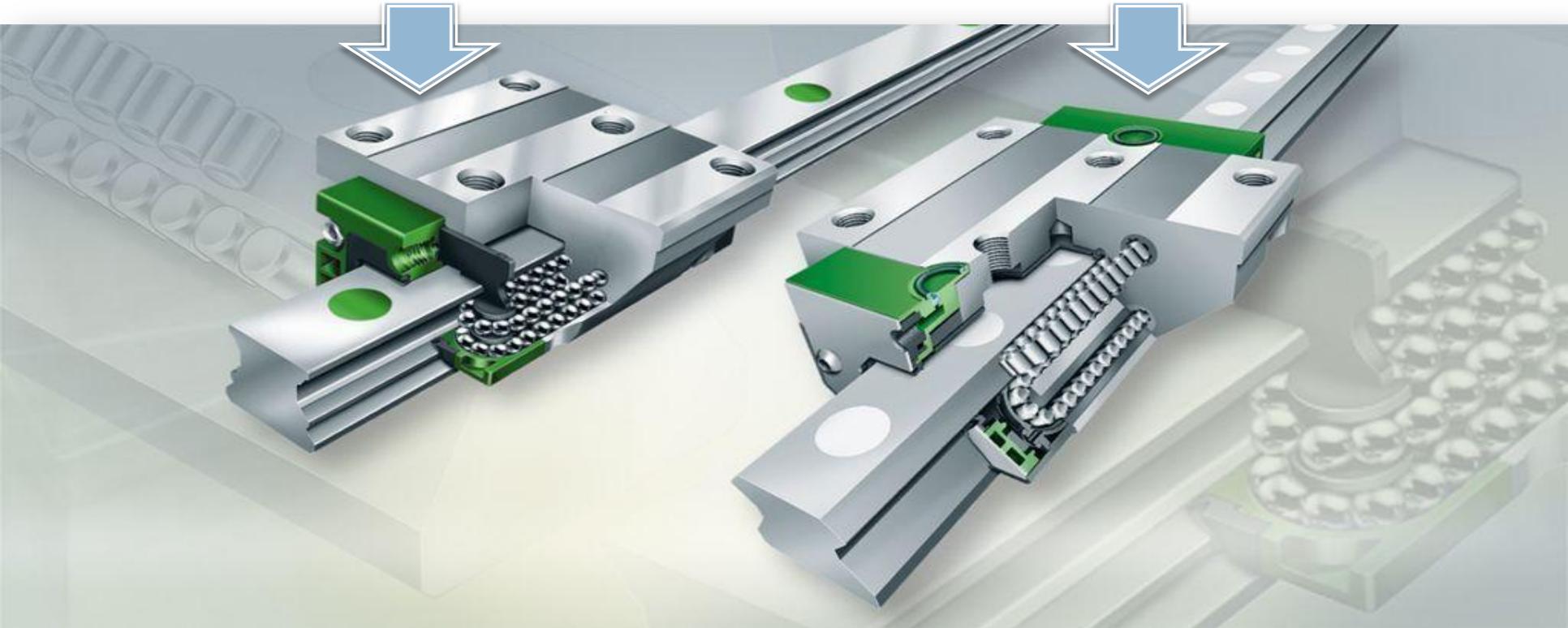
- Корпус
- Тела качения
- Обойма, осуществляющая оптимальную рециркуляцию тел качения;
- Торцевые крышки



*Рисунок 3-Каретка направляющей*

В зависимости от тела качения:

1) Шариковые направляющие качения 2) Роликовые направляющие качения.



Ролики в отличие от шариков позволяют увеличивать жесткость направляющей, ее долговечность и грузоподъемность.

#### Основные преимущества направляющих качения:

- ☐ Очень низкий коэффициент трения.
- ☐ Плавное перемещение.
- ☐ Точность перемещения и позиционирования.
- ☐ Высокая скорость.

#### Недостатки направляющих качения:

- ☐ Подвержены влиянию загрязнений.
- ☐ Плохо противодействуют скачкам.
- ☐ Высокая цена.

**Направляющие скольжения** выполняют ту же функцию, что и направляющие качения. Однако, в данном случае отсутствуют тела качения, а перемещение происходит по трению скольжения. Направляющие данного типа могут изготавливаться, как одно целое со станиной из серого чугуна (закаленного до твердости 43...56 HRC) , также возможно крепление на винты к станине (накладные направляющие), изготавливаются из стали 40X (возможно также 15X, 20X) закаленной до твердости 57...63 HRC. Важно заметить, что направляющие скольжения из-за больших сил трения , менее точные и имеют менее плавный ход нежели направляющие качения, однако, они более просты и имеют меньшие габариты. На работоспособность очень сильно влияет температура.

Масла для направляющих всегда идут с различными присадками, улучшающими стойкость к окислению и антикоррозионные свойства, а также противозадирные и противоизносные присадки, антискачковые присадки.

По виду трения скольжения существуют следующие направляющие:

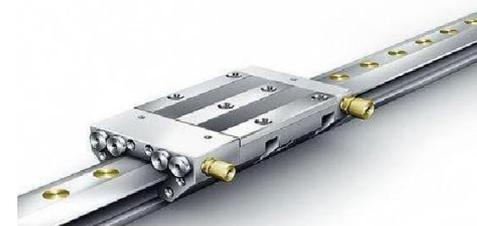
□ **Гидростатические** - смазочный слой образуется подачей под высоким давлением масла в специальные карманы.

□ **Гидродинамические** направляющие - хорошо работают только при высоких скоростях. В данной направляющей используется гидродинамический эффект - эффект всплывания подвижного узла. В конструкции присутствуют специальные клиновые скосы и при движении в эти сужающиеся зазоры затягивается смазка.

□ **Аэростатические** направляющие - в данном случае вместо масла в карманы под давлением подается воздух. По конструкции похожи на гидростатические направляющие. Имеет недостаток- малая нагрузочная способность.



*Рисунок 4-  
Направляющие*



*Рисунок 5-  
Гидростатические  
направляющие*

## Шарико-винтовая передача (ШВП)

Основное назначение - это преобразования вращательного движения приводов станка в возвратно-поступательное движение исполнительных узлов с использованием механизма циркулирующего шарика между винтом и гайкой. Принцип действия ШВП следующий - в гайке сделаны специальные винтовые канавки, по ним перемещаются тела качения, т.е. между витками винта и гайки. Сами шарики (тела качения) движутся по замкнутой траектории при вращении винта и одновременно поступательно перемещают гайку. Число рабочих витков составляет от 1 до 6. Большее число витков используется при нагруженных передачах тяжелых станков. ШВП изготавливают из высоколегированной стали, подвергаются поверхностной закалке (закалка поверхности с помощью ТВЧ- тока высокой частоты) после шлифуются.

Основные достоинства шарико-винтовой передачи:

- Высокий КПД, может быть больше 80% (т.к. проскальзывание шариков в ШВП минимальное).
- Малые потери на трение.
- Высокая нагрузочная способность при небольших габаритах.
- Высокая точность при перемещении.
- Плавный ход.

Недостатки ШВП:

- Сложная в изготовлении конструкция.
- Высокая стоимость.
- Ограничение по длине (из-за накапливаемой погрешности).

Существуют две разновидности ШВП:

- Катанные ШВП, в данном случае резьбовой винт накатывается на специальном накатном оборудовании. Они проще в производстве, дешевле.
- Шлифованные ШВП. Сначала идет нарезка резьбы далее её шлифуют. Являются более точными, что, в свою очередь, влияет на точность станка.



Рисунок 6 -  
Шарико-  
винтовая

**Привод главного движения** должен иметь возможность бесступенчатого регулирования скорости, воспринимать большие перегрузки и работать в загрязненной среде. Обычно в качестве приводов служат асинхронные электродвигатели, реже - регулируемые электродвигатели постоянного тока и электродвигатели совместно с гидросилителями.

**Привод подач** является одним из важнейших элементов станка, определяющий суммарную погрешность обработки. Привод движения подач характеризуется минимально возможными зазорами, малым временем разгона и торможения, плавностью хода, небольшими силами трения, повышенной жесткостью кинематических цепей, расширенным диапазоном регулирования подач. В качестве привода используют синхронные (вентильные) двигатели на постоянных магнитах, их оснащают датчиками обратной связи и тормозами. Реже применяют асинхронные двигатели.

### **Привод подачи для станков с ЧПУ.**

В качестве привода используется синхронные или асинхронные электродвигатели, управляемые от цифровых преобразователей, передающие и принимающие сигналы от системы ЧПУ станка.

В качестве привода главного движения для станков с ЧПУ используются двигатели переменного тока – для больших мощностей и постоянного тока - для малых мощностей.



*Рисунок 7- Сервоприводы*

**Вспомогательные элементы** станков с ЧПУ включают в себя устройства смены инструмента (магазины, автооператоры, револьверные головки), систему смазывания, загрузочные устройства, зажимные приспособления, устройства для уборки стружки и т.д.

### **Автоматическое устройство смены инструмента (АУСИ,магазины,автооператоры,револьверные головки)**

АУСИ - необходимо для смены инструмента в процессе обработки заготовки.

Состоит из двух основных частей:

1) **Инструментальный магазин** для формирования запаса инструмента. Инструментальные магазины бывают следующих видов:

□ **Дисковый** - накопление небольшого количества инструмента до 30 штук.  
□ **Цепного типа**. Служит для накопления большого количества инструмента. Конфигурация цепи может быть изменена, за счет это можно увеличить количества инструмента - не значительно увеличивая общий объем магазина. Его можно располагать горизонтально, вертикально, наклонно.

Анализ большого количества различных деталей средних размеров, показывает, что 18 % деталей требуют использования не более 10 инструментов, 50 % — до 20; 17 % - до 30, 10 % - 40 и 5 % - до 50 и более инструментов. В связи с этим в основном используют магазины с количеством инструмента равным 30 штук. Магазин может располагаться на шпиндельной бабке, на станине, колонне.



*Рисунок 8-  
Дисковый  
инструментальн  
ый магазин*

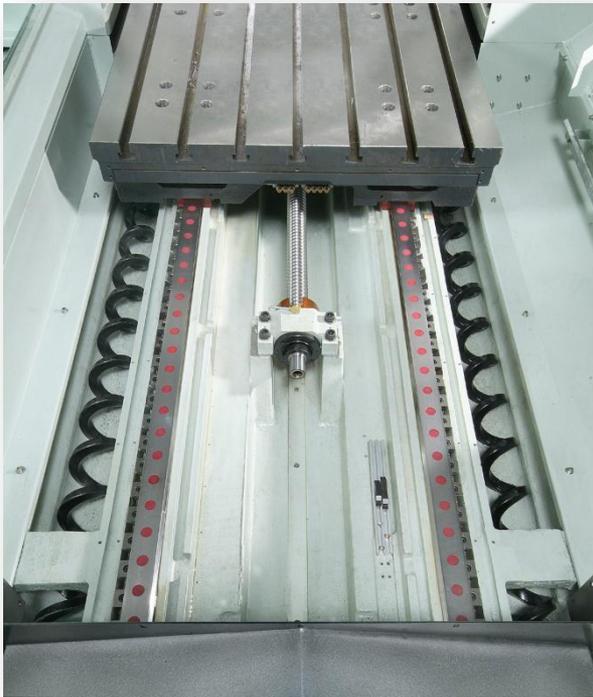


*Рисунок 9-Цепной  
инструментальн  
ый магазин*

# Стружкотранспортер

Два типа:

- Винтовой стружкотранспортер используется в основном для отвода мелкой, стружки надлома, скалывания (образует при обработке чугуна, твердых сталей).
- Ленточный стружкоуборочный транспортер, предназначен для отвода сливной стружки (образуется при обработки вязких и мягких материалов).



*Рисунок 10-  
Винтовой  
стружкотранспорт  
ер*



*Рисунок 11-  
Ленточный  
стружкотранспорт  
ер*