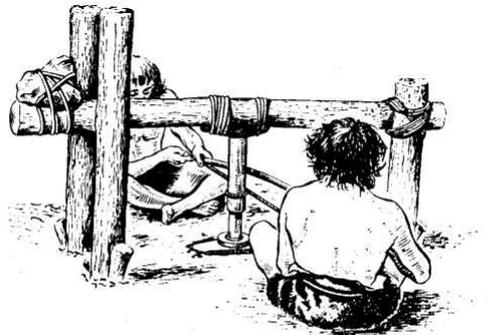


МАЛЫЙ БИЗНЕС:  
ТЕХНОЛОГИЯ И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВО

В. А. Галашев

**Станки для обработки материалов  
резанием**



Министерство общего и профессионального образования  
Российской Федерации  
Удмуртский государственный университет

В. А. Галашев

## **Станки для обработки материалов резанием**

Краткий конспект обзорных лекций для студентов специальности  
"Технология и предпринимательство" технологических факультетов педагогических  
вузов и университетов



Ижевск  
2001

УДК 621.910.71  
ББК 34.63  
Г 15

Печатается по решению ученого совета

Рецензент: канд. техн. наук, проф., проректор Ижевского государственного технического университета И.К.Пичугин

Г 15 Галашев В.А.

Станки для обработки материалов резанием. Краткий конспект обзорных лекций / УдГУ. Ижевск: 2001. с.

Пособие содержит конспективное изложение основных групп станков для обработки материалов резанием.

В тексте использован большой иллюстративный материал и общедоступная символика, облегчающий подготовку к лабораторно-практическим занятиям и экзаменам по дисциплине "Резание металлов, металлорежущие станки и инструменты".

Пособие предназначено для студентов специальности "Технология и предпринимательство" университетов, педучилищ; может быть полезен студентам СПТУ, изучающих аналогичные дисциплины.

ББК 34.63

© В.А.Галашев, 2001.

## ***Предисловие***

Настоящее пособие является продолжением изданного в 1998 году краткого конспекта обзорных лекций, охватывающего первую часть курса "Резание материалов, станки и инструменты", изучаемого студентами специальности "Технология и предпринимательство". Первая часть за прошедшее время прошла апробацию в Удмуртском государственном университете. На основании опыта, полученного автором, и "беспристрастных" отзывов оппонентов (в первую очередь студентов) в целом подтвердилась гипотеза о том, что данная книга вызовет интерес у студентов как заочной, так и дневной формы обучения. Частично подтвердилась целесообразность использования такого рода конспекта в качестве рабочей тетради. Продуктивность занятий значительно возросла, на лекциях появилось больше времени для объяснения сложных моментов. Большое количество иллюстраций, упрощенная графика, выделение в иллюстративном материале главных элементов, позволило слушателям быстрее улавливать суть явления или конструкции, лучше усваивать новый материал и более системно готовиться к занятиям и экзамену.

Эти особенности представления учебного материала и структура пособия использованы и во второй его части, предлагаемой читателю.

По мнению автора и это пособие - лишь часть изучаемого предмета. В дальнейшем предполагается подготовить его продолжение, освещающее вопросы обработки неметаллических материалов, используемого для этого технологического оборудования.

Автор выражает благодарность всем, принявшим участие в подготовке и выпуске данного пособия. Отзывы и замечания читателей будут приняты с благодарностью.

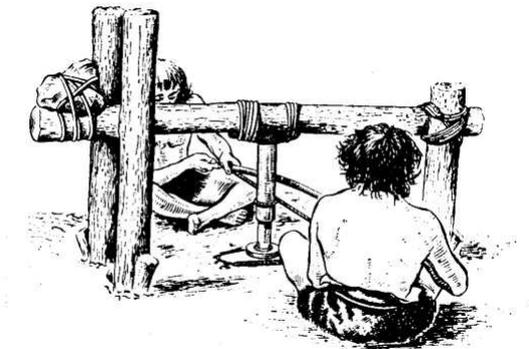
P.S. Пожелания студентам, высказанные автором в первой части, остаются в силе.

## **Несколько слов об истории появления станков.**

### ***Прообраз современного станка***

Прекрасная экспозиция, иллюстрирующая историю появления, становления и развития современного станкостроения, представлена в немецком музее Мюнхена (Бавария, ФРГ) [ ].

Первый станок, известный историкам, появился в Египте более 6000 лет назад. Это был станок для сверления отверстий в камне и других материалах (рис.).



Заметка на полях

DEUS EX  
MACHINA, лат. —  
бог из машины

Рис. Пробраз сверлильного станка (4000 лет до н.э.).

Сверлильный станок содержит две деревянные стойки, в развилках которых размещается перекладина. Перекладина привязана к одной из стоек эластичным ремнем, а к развилке другой прижата грузом, закрепленным к противоположному концу перекладины. В центральной части перекладины в глухом отверстии снизу размещен стержень, играющий роль сверла. Заготовка, в которой требуется просверлить отверстие, фиксируется штырями, вбитыми в основание (землю). Станок имеет ручной привод возвратно-вращательного движения, состоящий из изогнутой деревянной скобы, похожей на лук, и тонкого ремня, закрепленного к ее концам. Ремень петлей охватывает сверло, которое прижимается к заготовке под действием груза.

*Дальнейшие вехи развития станкостроения:*

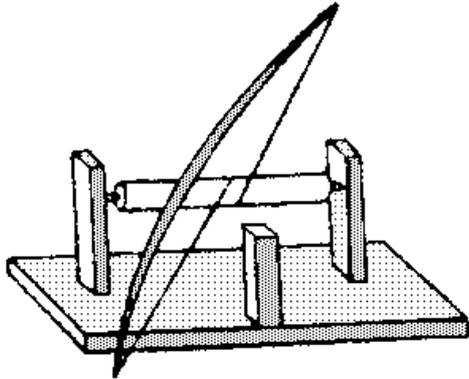


Рис. Пробраз токарного станка (V век до н.э.)

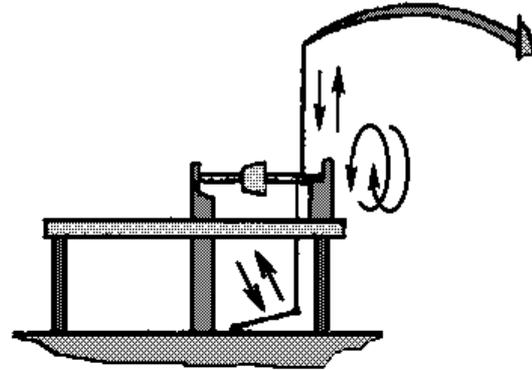


Рис. Токарный станок (XII век.)

- Токарный станок А.К. Нартова (Россия, начало XVII века) (рис.). Использован ручной привод или ножной (по типу швейной машины). А.К. Нартов впервые связал движения шпинделя, несущего заготовку, и суппорта с резцом.

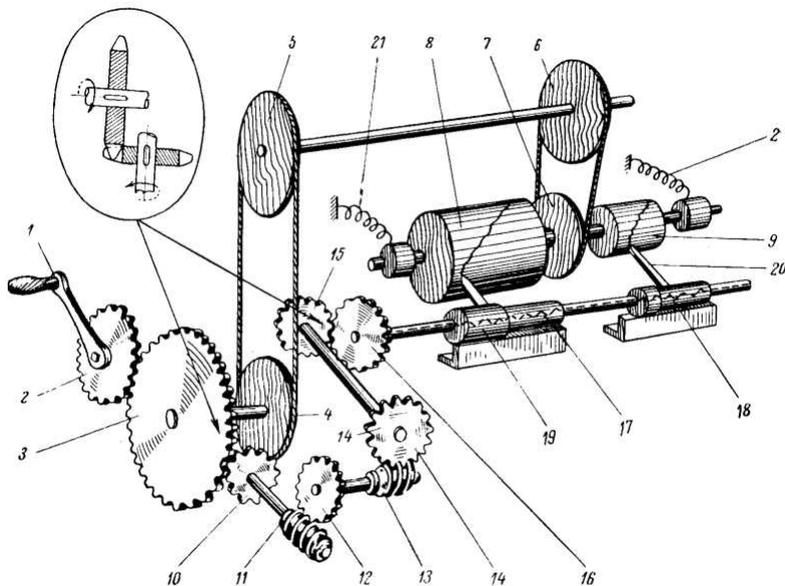


Рис. Кинематическая схема токарного станка А.К. Нартова

- Фрезерный станок Эли Уитни (США, начало XIX века) (рис.). Обработка заготовок проводится по лекалам фрезой, изобретенной также Э.Уитни.

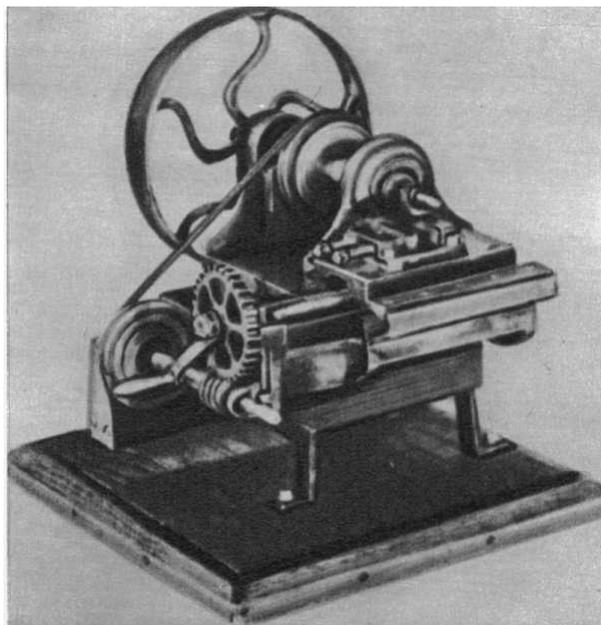


Рис. Фрезерный станок Э.Уитни

- Станки с групповым приводом от общего источника движения (рис.). От общего вращающегося вала, движение которому передается от одного мощного источника энергии, движение посредством ременных передач сообщается каждому отдельному станку.

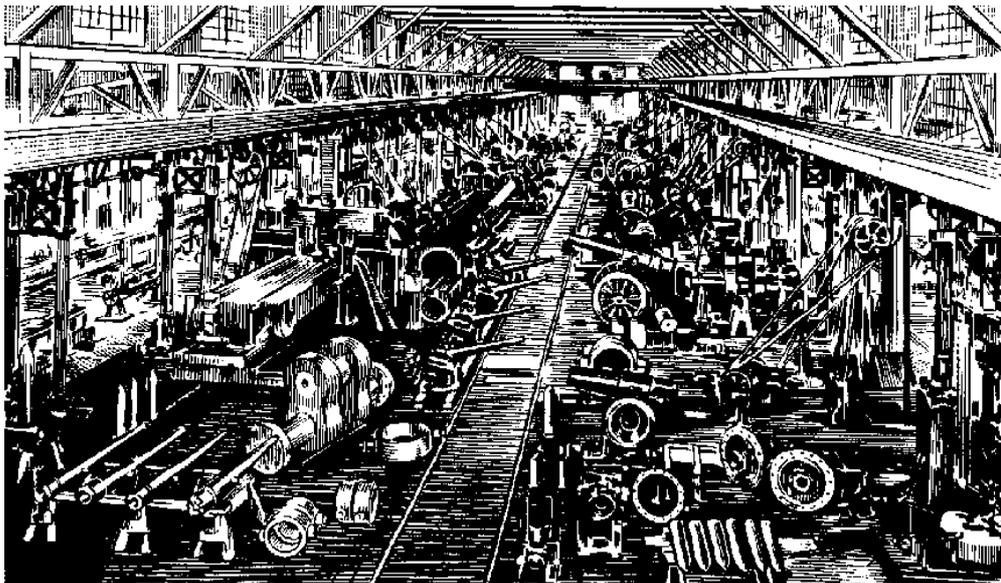


Рис. Цех пушечного завода Бохума (Германия, начало XX века)

- Универсальные станки с индивидуальными приводами и использованием электрических двигателей.

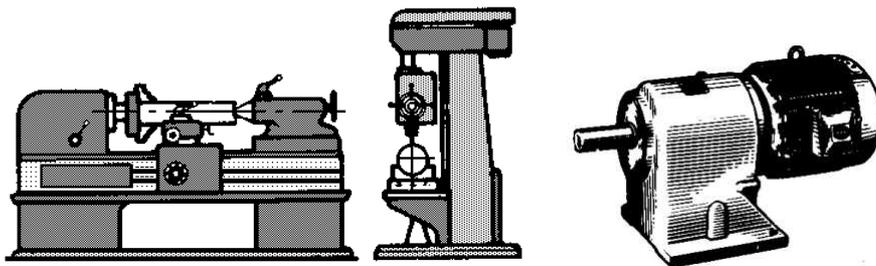


Рис. Станки и головки с индивидуальными приводами

- Станки-автоматы и автоматические линии..

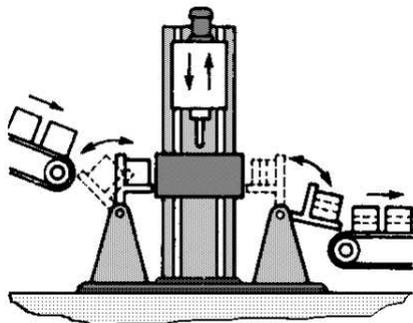


Рис. Схема работы станка-автомата

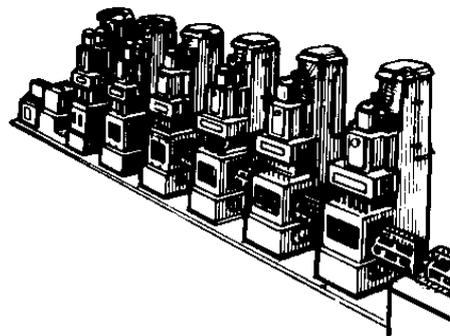


Рис. Автоматическая линия

- Станки с программным управлением (ПУ).

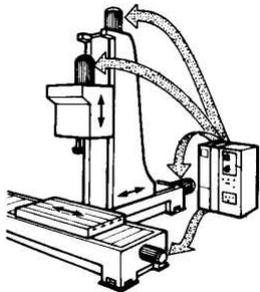


Рис. Схема управления станком с ПУ

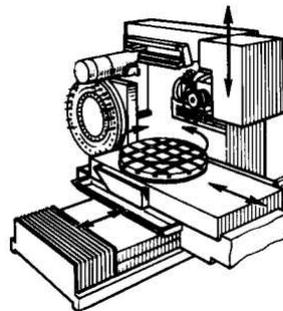


Рис. Обрабатывающий центр

- Промышленные манипуляторы и роботы.

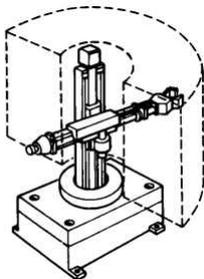


Рис. Манипулятор

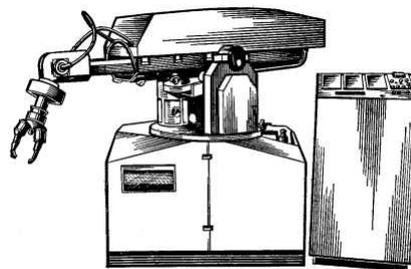


Рис. Технологический робот

- Гибкие автоматизированные комплексы и производства.

Дальнейшее развитие станков во многом зависит от развития технологии, появления новых принципов и способов обработки материалов. Ниже рассмотрены основные принципы работы и конструктивные особенности современных станков, получивших распространение в отечественной промышленности.

# Лекция № 1

## **Общие сведения о металлорежущих станках**

Металлорежущий станок - это машина для размерной обработки заготовок в основном путем снятия стружки.

Станок является основным элементом общей системы СПИД (станок - приспособление - инструмент – деталь) обеспечивающей получение деталей с требуемыми характеристиками по форме, размерам и шероховатости.

Как же происходит образование поверхностей деталей на металлорежущих станках?

Это в первую очередь зависит от формы поверхности детали.

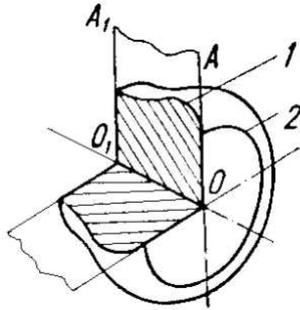
В элементарной геометрии поверхность определяется как граница тела. Рассматривая границы тел различных деталей машин, нетрудно убедиться, что они состоят, как правило, из отдельных участков, представляющих собой геометрически правильные поверхности:

- поверхности вращения;
- плоскости;
- контурно-сложные линейчатые поверхности;
- винтовые поверхности;

- пространственно-сложные поверхности.

Ряд геометрических поверхностей может быть получен как след движения образующей линии по направляющей линии.

Поверхности вращения могут быть получены перемещением образующей линии 1 той или иной формы, расположенной в осевой плоскости по круговой направляющей линии 2 (рис.).



Для вопроса

Рис. Образование поверхности вращения: 1 - образующая линия; 2 - направляющая линия

Контурно-сложная линейчатая поверхность может быть получена при перемещении образующей линии 1, остающейся параллельно своему начальному положению, вдоль направляющей линии 2 (рис.).

Плоскость является частным случаем контурно-сложной линейчатой поверхности, когда образующая и направляющая являются прямыми линиями.

Для заметки

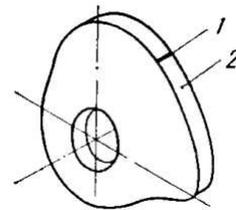
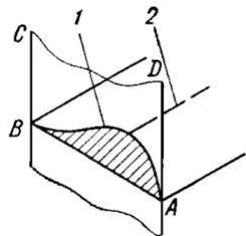


Рис. Образование контурно-сложных линейчатых поверхностей: 1 - образующая линия; 2 - направляющая линия.

Для заметок

Винтовые поверхности также могут быть получены движением образующей линии 1 по винтовой направляющей линии 2 (рис.). При этом образующая линия 1 равномерно вращается, оставаясь в осевой плоскости, и одновременно перемещается в осевом направлении. Величина перемещения  $t$  за один оборот называется шагом винтовой поверхности.

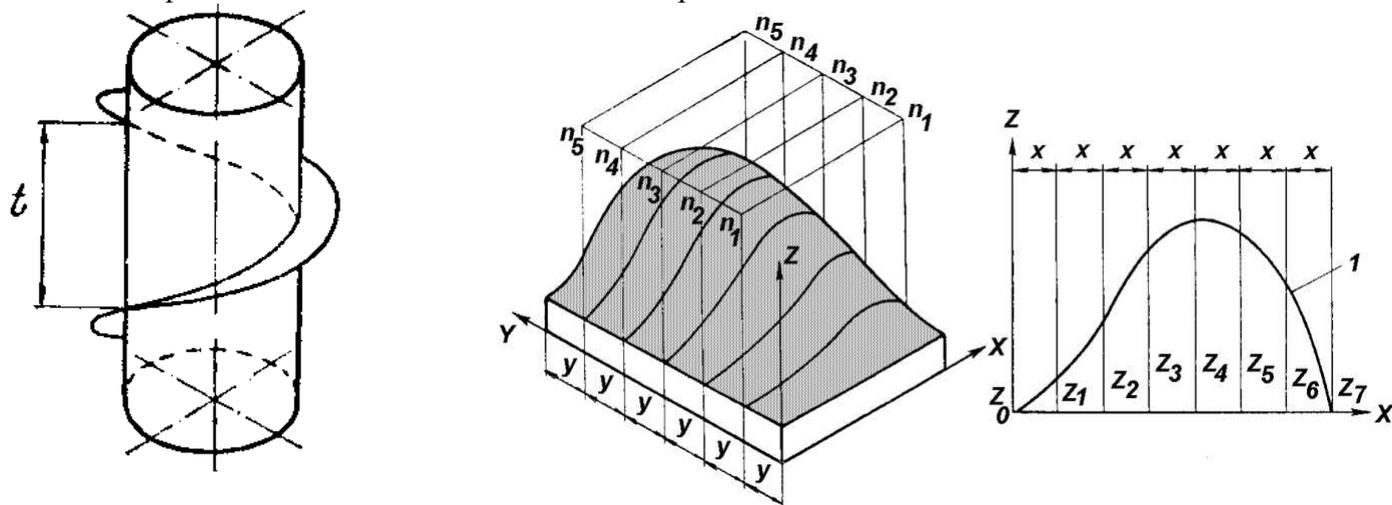


Рис. Образование винтовой поверхности: 1 -

образующая линия; 2 - направляющая линия.

Рис. Образование пространственно-сложной поверхности

В ряде случаев (для прессформ, штампов...) используются пространственно-сложные поверхности, в которых образующие и направляющие линии являются криволинейными (рис.).

Каким же образом можно получить различные типы поверхностей?

Для получения на металлорежущих станках деталей требуемых форм и размеров рабочим органам станков необходимо сообщить комплекс согласованных друг с другом движений, обусловленных выбранным методом образования поверхностей.

Эти движения подразделяют на основные (рабочие) и вспомогательные.

К основным движениям относят:

- главное движение резания;
- движение подачи.

К вспомогательным движениям относят движения:

- для наладки станка на заданные режимы резания;
- для наладки станка в соответствие с размерами и конфигурацией заготовки;
- управления станком в процессе работы;
- рабочих органов для подачи и зажима прутка или заготовки;

- для закрепления и освобождения рабочих органов станка.

Главное движение резания – движение, в результате которого происходит срезание припуска. Это движение происходит с наибольшей скоростью.

Главное движение может быть вращательным ( $V_1$ ) или поступательным ( $\Pi_1$ ). Оно сообщается либо инструменту (сверлу, фрезе...), либо заготовке. В отдельных случаях - инструменту и заготовке одновременно.

Движения подачи - движения, обеспечивающие распространение отделения припуска на всю обрабатываемую поверхность детали. Скорость движения подачи обычно меньше скорости главного движения.

Движения подачи также может быть вращательным ( $V_2, V_3, \dots, V_i$ ) или поступательным ( $\Pi_2, \Pi_3, \dots, \Pi_i$ ) и сообщаться как инструменту так и заготовке (рис.).

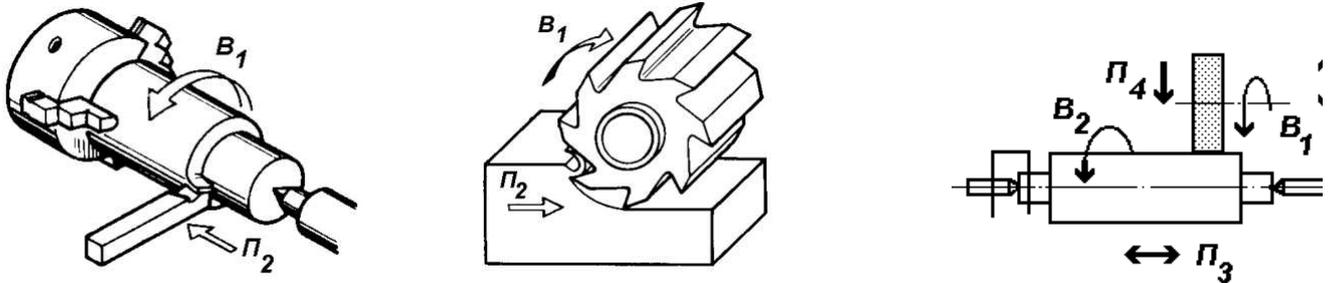


Рис. Виды движений в станках

В зависимости от метода образования поверхности в процессе обработки осуществляется одно или несколько движений подачи.

Характер основных движений, необходимых для получения обработанной поверхности заданной формы, и вид используемого станка будут меняться в зависимости от вида применяемого режущего инструмента и методов профилирования образующей и направляющей линий.

Заметки на полях

DO UT DES, лат. – даю, чтобы и ты дал мне

Методы профилирования образующей и направляющей линий, применяемые в станках.

- Метод копирования реальной режущей кромки (рис.).

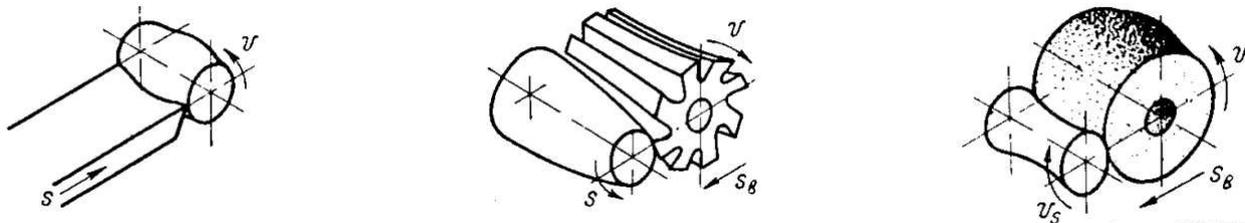


Рис. Примеры получения образующей линии методом копирования реальной режущей кромки

Точность образующей линии на детали определяется точностью профиля режущих кромок инструмента. Геометрия профиля на детали не всегда совпадает с профилем инструмента. Совпадение имеет место только в том случае, когда передняя поверхность инструмента лежит в плоскости образующей линии детали.

Направляющая линия может быть в этом случае круговой (вращательное движение), прямолинейной (поступательное движение) или выполнена в форме плоской кривой (согласование 2-х видов движений).

- Метод следа материальной точки (рис.).

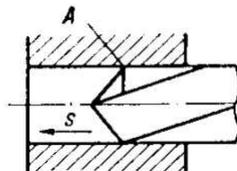
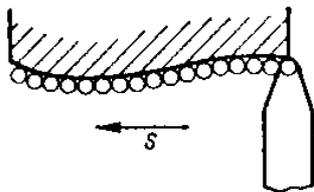


Рис. Примеры получения образующей линии методом следа материальной точки.

Материальной точкой можно считать вершину резца, вершину пальцевой фрезы.

Для воспроизведения образующей линии по методу следа необходимо обеспечить перемещение материальной точки, а соответственно режущего инструмента, относительно обрабатываемой заготовки по заданной траектории.

Направляющая линия также может быть круговой, прямолинейной или выполнена в форме плоской кривой.

- Метод обката.

Воспроизводить образующую линию по методу обката можно строганием, фрезерованием, точением, шлифованием.

Строгание осуществляется либо рейкой, либо долбяком (рис.). В процессе снятия стружки рейка получает главное рабочее движение вдоль направляющей линии. Движением подачи является качение центроид.

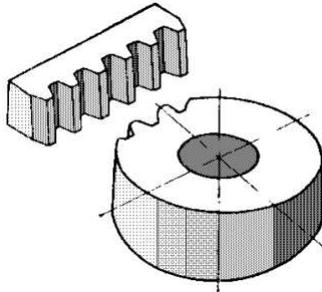


Рис. Схема строгания рейкой профиля зубчатого колеса по методу обката.

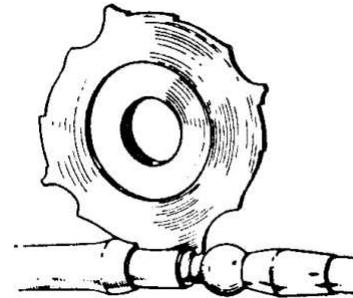


Рис. Схема точения резцом по методу обката: 1 - резец; 2 - обрабатываемая деталь.

Аналогичный принцип используется при шлифовании зубчатых кругом с сечением в форме зуба рейки.

Фрезерование червячной фрезой обеспечивает непрерывность процесса обработки, так как профиль в виде рейки при вращении червячной фрезы непрерывно смещается вдоль оси, обеспечивая обкат.

При точении по методу обката обработка осуществляется специальным резцом чашечного типа. Профиль чашечного резца связан с круговой центроидой, которая катится по прямолинейной центроиде, связанной с профилем обрабатываемой детали (рис.).

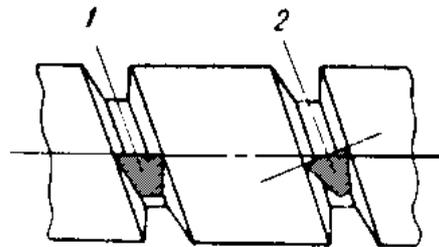
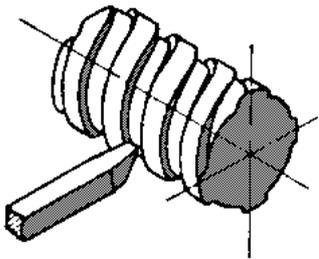
- Образование винтовых поверхностей.

При образовании винтовых поверхностей образующая линия воспроизводится обычно по методу копирования режущей кромки инструмента, а винтовая направляющая - по методу геометрического или кинематического профилирования.

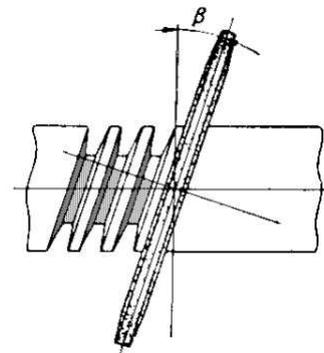
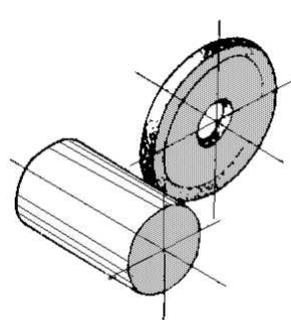
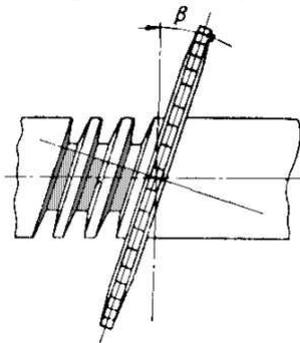
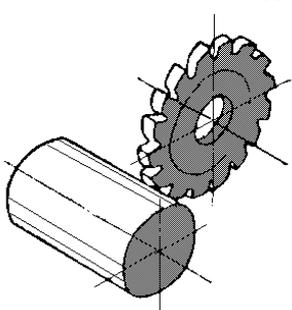
По методу копирования получают винтовую поверхность Архимеда.

Для воспроизведения образующей линии по методу копирования режущей кромки применяют:

Резцы:



- дисковые фрезы и шлифовальные круги:



При воспроизведении винтовой направляющей находят применение специальные винтовые копиры (геометрическое профилирование) или станки, в которых обеспечивается взаимосвязь враща-

тельного и поступательного перемещений инструмента и обрабатываемой детали (кинематическое профилирование).

Заметки на полях

ET CAETERA, ET CATERA, лат. – и т.д. и т.п.

### ***Классификация металлорежущих станков.***

По характеру производимой обработки:

1. Токарные (главное движение - вращательное - у заготовки; поступательное - у инструмента).
2. Сверлильные и расточные (главное движение - вращательное - у инструмента ; поступательное движение подачи совершает инструмент или заготовка).
3. Шлифовальные (главное движение - вращательное - у инструмента -шлифовального круга; поступательное движение подачи совершает инструмент или заготовка).
4. Электрофизические и электрохимические станки, комбинированные (для мастерских).
5. Резьбо- и зубообрабатывающие станки.
6. Фрезерные станки (главное движение - вращательное - у инструмента; поступательное движение подачи совершает инструмент или заготовка).

7. Стругальные, долбежные и протяжные станки (главное движение и движение подачи - поступательные - у инструмента и заготовки).

8. Разрезные (для заготовительных цехов).

9. Разные станки (муфто- и трубообрабатывающие, пилонасекательные, балансировочные, испытательные для инструмента и другие, не отнесенные к другим группам).

По степени универсализации:

1. Станки универсальные (общего назначения) - применяются в единичном или в мелкосерийном производствах.

2. Станки специализированные - применяются в серийном и крупносерийном производствах.

3. Специальные станки - применяются в массовом и крупносерийном производствах для 1-2 деталей, отдельных операций.

По точности:

1. станки нормальной точности (Н).

2. повышенной точности (П).

3. высокой точности (В).

4. особо высокой точности (А).

5. сверхвысокой точности (С).

Каждая из этих групп характеризуется определённой погрешностью обработки. В свою очередь, погрешности связаны между собой геометрическим рядом, знаменатель которой может быть определен из соотношения

$$\varphi = \Delta H / \Delta П = \Delta B / \Delta A = \Delta A / \Delta C = 1,26 ,$$

где

$\Delta H$ ,  $\Delta П$ ,  $\Delta B$ ,  $\Delta A$  и  $\Delta C$  - соответственно погрешности обработки стандартных образцов деталей, обработанных на станках точности H, П, B, A и C.

По массе:

1. Легкие (до 1 тонны).
2. Средние (от 1 до 10 тонн).
3. Тяжелые (свыше 10 до 1800 тонн).

Системы обозначения станков:

- Цифровая.

Пример:

1K62

- 1 - токарная группа станков;
- 6 - подгруппа токарно-винторезных станков;
- 2 - высота центров равна 200 мм;
- K - модификация станка.

6H82

- 6 - фрезерная группа станков;
- 8 - подгруппа фрезерных станков с горизонтальным шпинделем;

Заметки на полях

DIXI ET  
ANIMAM  
LEVAVI, лат. –  
я сказал и облек-

2 - индекс размера стола;

Н - модификация станка.

- Буквенно- цифровая.

Пример:

ОЦ 1И21

ОЦ - обрабатывающий центр;

1 - номер модели;

И - г. Ижевск.

21 - индекс системы программного управления.

### **Вопросы по разделу**

1 уровень	2 уровень	3 уровень
Что называют металлорежущим станком?	Как происходит образование поверхностей деталей на металлорежущих станках?	Предложите 2-3 схемы получения поверхностей вращения, полученные методом обката
Виды поверхностей, обрабатываемые на станках	Методы профилирования образующей и направляющей линий, применяемые в	Предложите несколько способов получения сложных линейчатых поверхностей

	станках	
Виды движений, применяемые в станках	Как получить винтовую поверхность на станке?	Определите погрешность станка высокой точности при известной погрешности станка нормальной точности
Как классифицируются металлорежущие станки?	Как назвать станок, у которого автоматизированы все, кроме вспомогательных, движения?	Каким Вы видите станок будущего?
Какой известный станок древности явился прообразом современных станков?		

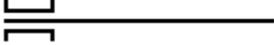
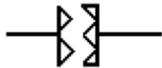
# Лекция № 2

## **Условные обозначения приводов. Кинематические схемы станков и условные обозначения их элементов.**

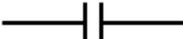
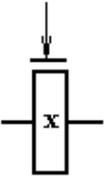
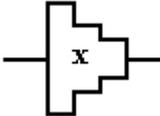
Кинематическая схема станка - изображение с помощью условных графических обозначений взаимосвязи его отдельных элементов и механизмов, участвующих в передаче движений различным органам станка.

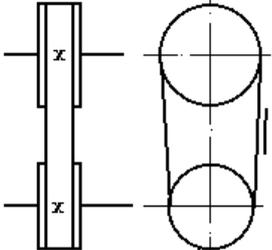
Условные графические обозначения для кинематических схем регламентированы ГОСТ 2-770-74. Некоторые наиболее распространенные обозначения элементов станков приведены в табл. 1.

Таблица 1

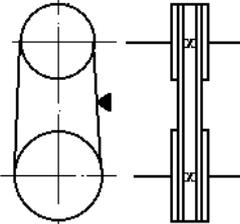
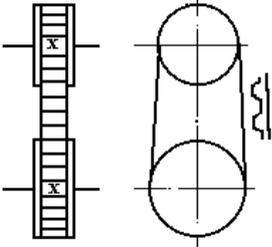
№	Наименование	Условное обозначение
1	Вал, ось, шатун	
2	Неподвижное соединение детали со стержнем	
3	Подшипник скольжения радиальный	
4	Подшипник качения радиальный	
5	Муфта кулачковая	

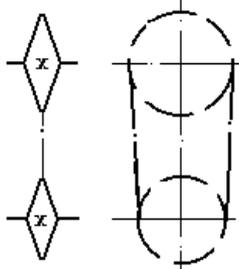
Продолжение табл. 1

№	Наименование	Условное обозначение
6	Муфта фрикционная. Общее обозначение	
7	Тормоз. Общее обозначение	
8	Кулачок барабанный цилиндрический	
9	Шкив ступенчатый	

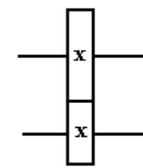
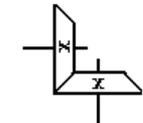
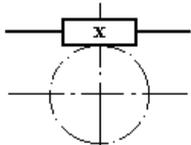
10	Передача плоским ремнем	
----	-------------------------	--

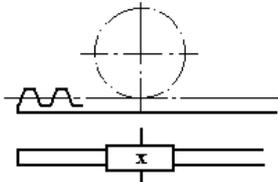
Продолжение табл. 1

№	Наименование	Условное обозначение
11	Передача клиновым ремнем	
12	Передача зубчатым ремнем	

13	Передача цепью	
----	----------------	--

Продолжение табл. 1

№	Наименование	Условное обозначение
14	Передача зубчатая цилиндрическая	
15	Передача зубчатая коническая	
16	Передача червячная	

17	Передача зубчатая реечная	
18	Передача винт-гайка качения	
19	Передача винт-гайка скольжения	

Кинематическая схема изображается в контурах станка.

Для станков, у которых наряду с механическими передачами имеются гидравлические, пневматические и электрические устройства, составляют также соответствующие схемы.

### **Определение передаточных отношений и перемещений в различных видах передач**

Назначение механической передачи:

- передавать движение в пространстве (между параллельными, пересекающимися или скрещивающимися валами);
- изменять характер движения (из вращательного в поступательное и наоборот);
- изменять направление движения (реверс);
- изменять скоростной режим движения.

Для оценки характера изменения скорости и направления вращательного движения введено понятие передаточного отношения.

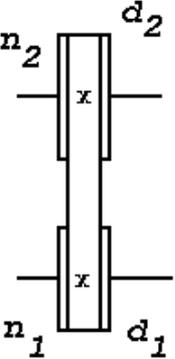
Передаточным отношением ( $i$ ) называют отношение частоты вращения (угловой скорости) ведомого вала передачи ( $n_2$ ) к частоте вращения (угловой скорости) ведущего вала ( $n_1$ ) передачи:

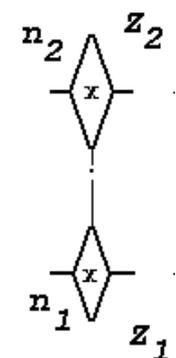
$$i = n_2 / n_1.$$

Принимают  $i > 0$ , если направление вращательного движения ведущего и ведомого звена совпадают по направлению, и  $i < 0$ , если они противоположны.

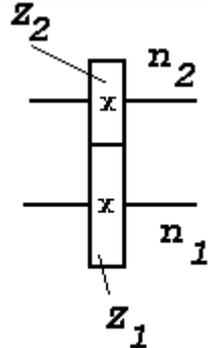
Передаточные отношения некоторых видов передач приведены в табл.2.

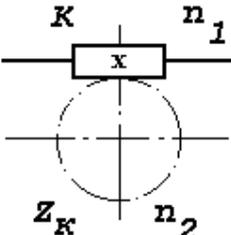
Таблица 2

Вид передачи	Схема передачи	Передаточное отношение	Частота вращения ведомого звена передачи
Ременная передача		$i = n_2 / n_1 = d_1 / d_2$	$n_2 = n_1 * (d_1 / d_2)$

<p>Цепная передача</p>		$i = n_2 / n_1 = Z_1 / Z_2$	$n_2 = n_1 * (Z_1 / Z_2)$
------------------------	--	-----------------------------	---------------------------

Продолжение табл.2

<p>Зубчатая передача</p>		$i = n_2 / n_1 = Z_1 / Z_2$	$n_2 = n_1 * (Z_1 / Z_2)$
--------------------------	---	-----------------------------	---------------------------

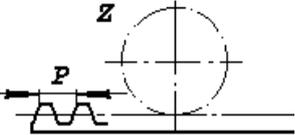
Червячная передача		$i = n_2 / n_1 = K / Z_K$	$n_2 = n_1 * (K / Z_K)$
--------------------	--	---------------------------	-------------------------

Для оценки передач, преобразующих движение из вращательного в поступательное, применяется линейная величина перемещения звена, движущегося поступательно, за 1 оборот вращающегося звена (табл.3).

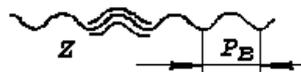
Заметки на полях

IN NATURA, лат. – в натуре

Таблица 3

Вид передачи	Схема передачи	Перемещение поступательного звена	Обозначения элементов
Реечная передача		$l = Z * p = Z * \pi * m$	<p>\$Z\$ - число зубьев колеса;</p> <p>\$p\$ - шаг зубчатого зацепления;</p> <p>\$m\$ - модуль зубчатого зацепления.</p>

Передача винт-гайка



$$l = Z * p_B$$

$Z$  - число заходов  
винта;  
 $p_B$  - шаг винта.

### **Передаточные отношения кинематических цепей. Расчет частоты вращения и крутящих моментов**

Для определения общего передаточного отношения кинематической цепи ( $i_{общ}$ ) необходимо перемножить между собой передаточные отношения отдельных передач, входящих в эту кинематическую цепь:

$$i_{общ} = i_1 * i_2 * \dots * i_k.$$

(Дополнительное напоминание: кинематическая цепь образуется непрерывной цепочкой *последовательных* передач, но никак не параллельных).

Крутящий момент на шпинделе ( $M_{шп}$ ) определяют по формуле:

$$M_{шп} = M_{эд} * \eta / i_{общ} \text{ или } M_{шп} = 9560 * (N_{эд} / n_{эд}) * (\eta / i_{общ}),$$

где

$M_{эд}$  - момент на двигателе, Н \* м;

$\eta$  - коэффициент полезного действия кинематической цепи;

$N_{эд}$  - мощность на двигателе, кВт;

$n_{эд}$  - частота вращения двигателя, мин<sup>-1</sup>.

Пример.

Определить общее передаточное отношение привода, частоту вращения шпинделя и крутящий момент на нем. Данные для расчета приведены на схеме (рис.).

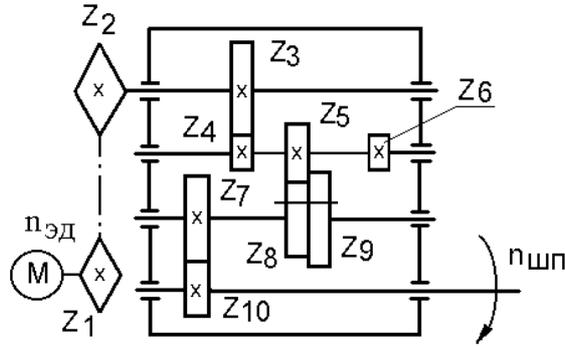


Рис. Кинематическая схема привода главного движения станка.

Решение.

$$i_{общ} = i_1 * i_2 * \dots * i_k = (Z_1 / Z_2) * (Z_3 / Z_4) * (Z_5 / Z_8) * (Z_7 / Z_{10}) n_{шп} = n_{эд} * i_{общ} = 950 * 1,06 = 1003 \text{ (мин}^{-1}\text{)}.$$

$$M_{шп} = 9560 * (N_{эд} / n_{эд}) * (\eta / i_{общ})$$

### **Ряды частот вращения шпинделей, двойных ходов и подач в станках**

У станков с вращательным главным движением частота вращения шпинделя равна:

$$n = 1000 * V / (\pi * d),$$

где

V - скорость резания, м / мин;

d - диаметр заготовки, мм.

Из теории резания известно, что для достижения наилучшего результата при обработке различных материалов нужны разные скорости резания. Поэтому станки должны обеспечивать изменение скоростей резания от  $V_{\min}$  до  $V_{\max}$ , а значит от  $n_{\min}$  до  $n_{\max}$ .

Этот перепад частот вращения шпинделя оценивается диапазоном регулирования  $D$ :

$$D = n_{\max} / n_{\min}.$$

Для станков с бесступенчатым регулированием частоты вращения можно установить оптимальное значение  $n$ , но большинство станков имеет ступенчатое регулирование частоты. В пределах диапазона  $D$  (от  $n_{\min}$  до  $n_{\max}$ ) промежуточные частоты можно установить по-разному (арифметический ряд, геометрический ряд...). Однако не все возможные ряды промежуточных значений равноценны. Наиболее рациональным для применения в станкостроении является геометрический ряд, в котором каждая последующая частота отличается от предыдущей в  $\varphi$  - раз (где  $\varphi$  - знаменатель ряда геометрической прогрессии).

Главное преимущество геометрического ряда - постоянство максимальной относительной потери скорости для всех интервалов частот вращения:  $A = (n_k - n_{k-1}) / n_k = \text{const}$ .

Геометрический ряд частот вращения шпинделя со знаменателем ряда  $\varphi$  будет иметь вид:

$$n_1 = n_{\min}$$

$$n_2 = n_1 * \varphi$$

$$n_3 = n_2 * \varphi = n_1 * \varphi^2$$

$$n_4 = n_3 * \varphi = n_1 * \varphi^3$$

.....

$n_z = n_{z-1} * \varphi = n_1 * \varphi^{z-1}$ . Здесь  $Z$  - число ступеней ряда.

Принимая  $n_z = n_{\max}$ , получим

$$n_{\max} = n_{\min} * \varphi^{z-1}.$$

Откуда

$$\varphi = (n_{\max} / n_{\min})^{z-1} = D^{z-1}.$$

Или

$$Z = 1 + \lg D / \lg \varphi.$$

В станкостроении приняты стандартные значения знаменателя ряда  $\varphi$  для разбивки диапазона частот вращения:

$\varphi$	1,06	1,12	1,26	1,41	1,58	1,78	2
$E1\sqrt{2}$	$^{12}\sqrt{2}$	$^6\sqrt{2}$	$^3\sqrt{2}$	$^2\sqrt{2}$			$^1\sqrt{2}$
$E2\sqrt{10}$	$^{40}\sqrt{10}$	$^{20}\sqrt{10}$	$^{10}\sqrt{10}$		$^5\sqrt{10}$	$^4\sqrt{10}$	
A, %	5	10	20	30	40	45	50

На основании принятых значений  $\varphi$  разработана таблица нормальных рядов частот вращения для станкостроения (см. Приложение 1).

Значения подач в станках обычно также располагаются по геометрическому ряду. Значения  $\varphi$  ряда подач и величины подач берут из действующей нормали станкостроения.

Диапазон регулирования подач:  $D_S = S_{\max} / S_{\min}$ .

### Вопросы по разделу

1 уровень	2 уровень	3 уровень
Что называют	Для чего стандартизованы	Составьте кинематическую

кинематической схемой станка?	условные обозначения элементов станков?	схему, содержащую 6 различных видов передач
Покажите, как условно обозначаются основные элементы станков. Что называют передаточным отношением? Определите перемещение гайки за один оборот винта	Для чего введено понятие “передаточное отношение”	Определите передаточное отношение ременной передачи, работающей с проскальзыванием 2%, если диаметры обоих шкивов одинаковы
Определите передаточное отношение кинематической цепи, содержащей 3 последовательные зубчатые передачи	Определите передаточное отношение зубчатой передачи, ведущее колесо которой вращается неравномерно	Составьте кинематическую схему, содержащую минимально возможное количество передач с общим передаточным отношением 1000 и 1/1000.
Какие ряды разбивки общего диапазона частот вращения находят применение в станках?	Что характеризует передачу, в которой один из элементов вращается, а второй движется поступательно?	

# Лекция № 3

## ***Узлы и механизмы металлорежущих станков***

### Систематика деталей и механизмов станков

Детали и механизмы станков по их принципиальному назначению можно разделить на две группы:

- группа несущей и направляющей системы;
- группа привода и управления.

Детали и узлы первой группы обеспечивают правильное взаимное положение и правильное направление прямолинейных и круговых движений узлов с деталью или инструментом. Поэтому несущая система в основном определяет точность формы деталей.

Механизмы второй группы осуществляют формообразование и вспомогательные движения управления. Механизмы этой группы определяют точность обработки огибанием, точность обработки винтовых поверхностей, точность автоматической установки на размер и координаты сверления и растачивания.

### *Элементы несущей и направляющей системы*

- Основания и станины (станины имеют направляющие).
- Детали и узлы для поддержания и поступательного или качательного перемещения инструмента (суппорты, револьверные головки, салазки...).

- Детали и узлы для поддержания и поступательного перемещения изделий (столы, консоли...).
- Детали и узлы для поддержания и направления вращающихся деталей станка (корпусы коробок передач, шпиндельных бабок...).
- Детали и узлы для поддержания и вращения инструментов и изделий (задние бабки, вращающиеся колонны, люнеты, серьги, хоботы...).

### *Механизмы группы привода и управления*

- Механизмы формообразующих движений (механизмы главного движения, движения подач, делительных движений).
- Механизмы вспомогательных движений (для транспортирования заготовок, для зажима заготовок, инструмента и узлов станка, для установочных перемещений станка, для отвода и дробления стружки).
- Механизмы управления (механизмы управления пуском, остановом, направлением и скоростью всех видов движений, механизмы управления получением точных размеров).

### *Станины и направляющие*

**Станина** (рис.) служит для монтажа всех основных частей станка. Она должна на протяжении длительного времени обеспечивать правильное взаимное положение и перемещение частей станка при всех предусмотренных режимах работы.

Для заметок

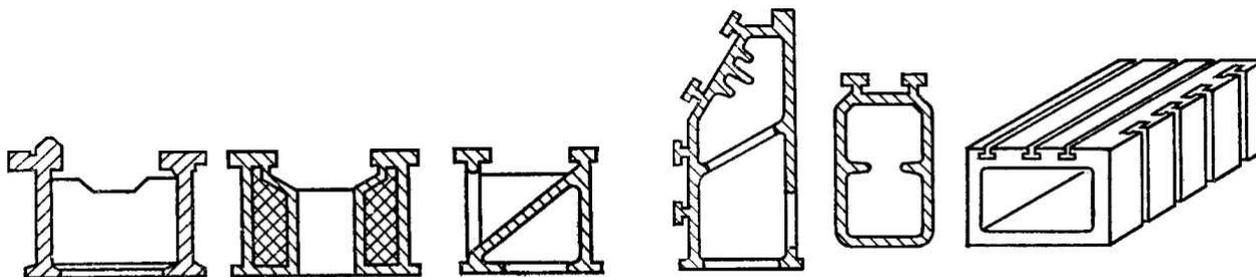


Рис. Сечения станин станков

Требования к станинам:

- прочность;
- постоянство формы;
- виброустойчивость;
- технологичность;
- дешевизна.

Для вопроса

Станины подразделяют на горизонтальные и вертикальные.

Материал станин – чугун СЧ-15, СЧ-21, СЧ-32, МЧС-38 и др. (литые) и сталь Ст3, Ст4 (сварные).

Форма станин – коробчатая, что обеспечивает высокую жесткость. Для повышения жесткости станины также применяют ребра (перегородки), соединяющие ее стенки.

**Направляющие** (рис.) — наиболее ответственная часть станины, служащая для направления перемещения подвижных узлов станка и находящихся на них инструментов или заготовок относительно станины.

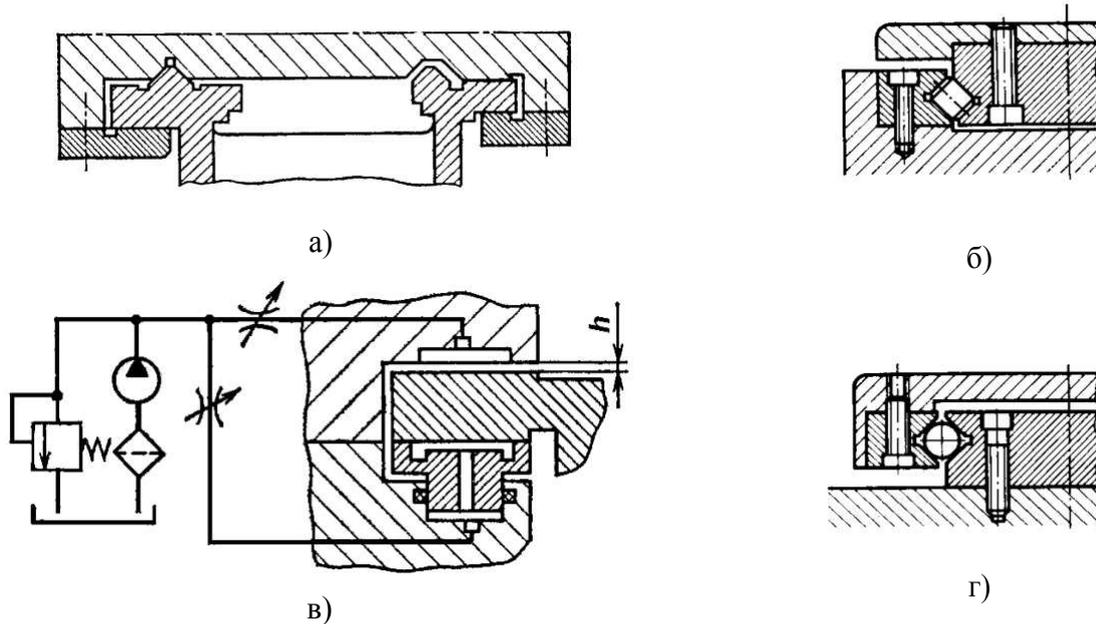


Рис. Направляющие станков: а) скольжения; б) качения (роликовые); в) гидростатические; качения (шариковые)

Требования к направляющим:

Место для записей

- точность;
- постоянство формы;
- износостойкость;
- минимальное трение”
- простота.

Виды направляющих:

- направляющие скольжения;
- направляющие качения;
- направляющие гидростатические;
- направляющие аэростатические.

Формы направляющих:

- плоские;
- призматические;
- типа “ласточкин хвост”;
- цилиндрические.

Материал направляющих:

цементируемые стали (Сталь 20, Сталь 20Х; Сталь 20ХНМ, Сталь 18ХГТ);

азотируемые стали (Сталь 38Х2МЮА, Сталь 40ХН).

Для предотвращения износа и повреждений направляющих применяют устройства для их защиты (рис.):

Место для записей

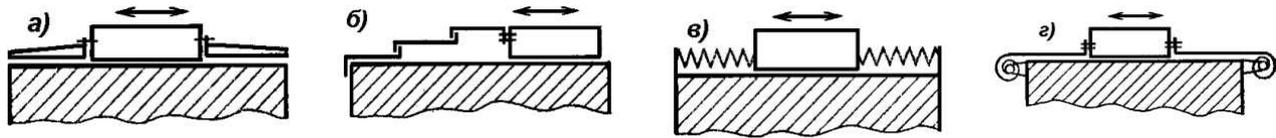


Рис. Устройства для защиты направляющих: а) щитки; б) телескопические щитки; в) защитные меха; г) ленты.

Для фиксации вопроса

### *Приводы станков*

Привод – это совокупность механизмов и устройств, передающих движение от источника движения до рабочего органа, включая и источник, и рабочий орган.

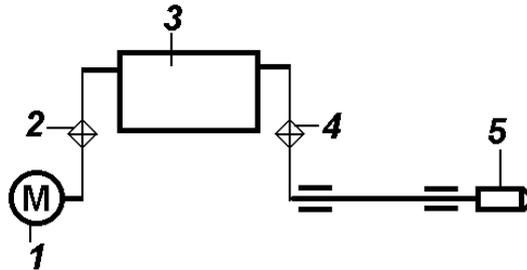


Рис. Схема привода: 1 – источник движения; 2 и 4– передающие звенья; 3 – настроечный орган; 5 – рабочий орган

Назначение настроечного органа – обеспечить требуемый характер движения рабочего органа при неизменном характере движения источника (для универсальный или специализированных станков – коробки передач, гитары сменных колес).

Возможно сокращение числа элементов привода.

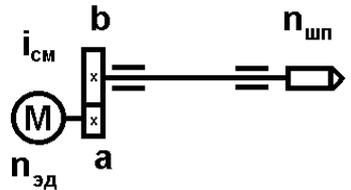
Приводы станков подразделяют на ступенчатые и бесступенчатые.

Для санкционированных записей

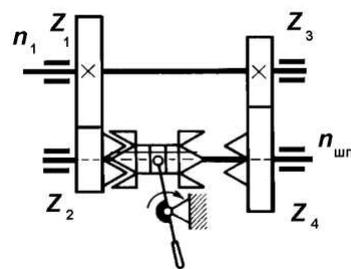
### *Основные элементы ступенчатого регулирования привода*

1. Регулирование сменными зубчатыми колесами (шкивами – для ременных передач)

Схема	Частота вращения на выходе $n_2 = n_1 * a / b$
-------	---

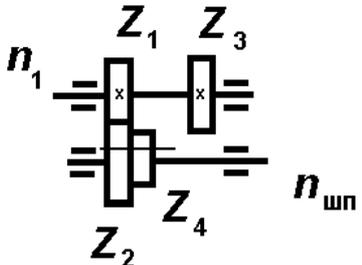
	<p>Преимущества: Простота конструкции</p> <p>Недостатки: Неудобство в эксплуатации</p>
--	--

## 2. Регулирование зубчатыми колесами с муфтами

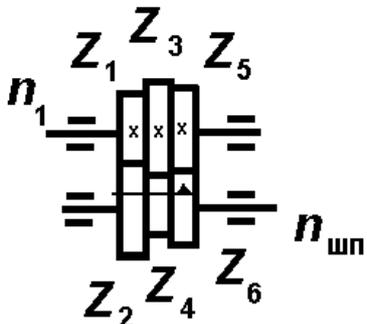
<p>Схема</p> 	<p>Частота вращения на выходе  <math>n_{шп} = n_1 * Z_1 / Z_2</math> ; <math>n_{шп} = n_1 * Z_3 / Z_4</math></p> <p>Преимущества: Автоматизация управления</p> <p>Недостатки: Повышенный износ</p>
--	--

## 3. Регулирование передвижными блоками зубчатых колес

<p>Схема</p>	<p>Частота вращения на выходе  <math>n_{шп} = n_1 * Z_1 / Z_2</math> ; <math>n_{шп} = n_1 * Z_3 / Z_4</math></p> <p>Преимущества: Простота конструкции, компактность, надежность</p>
--------------	--

	<p>Недостатки:          Невозможность переключения передач на ходу, нельзя использовать косозубые передачи</p>
--	--

#### 4. Регулирование вытяжной шпонкой (для приводов подач)

<p>Схема</p> 	<p>Частота вращения на выходе  <math>n_{шп} = n_1 * Z_1 / Z_2</math>; <math>n_{шп} = n_1 * Z_3 / Z_4</math>; <math>n_{шп} = n_1 * Z_5 / Z_6</math></p>
	<p>Преимущества:          Минимальные осевые размеры</p>
	<p>Недостатки:          Повышенный износ, малая жесткость, ограничение числа ступеней регулирования</p>

#### 5. Регулирование с использованием конуса Нортон (для приводов подач)



## *Основные элементы бесступенчатого регулирования привода*

Бесступенчатые приводы применяют для плавного и непрерывного изменения частоты вращения шпинделя или подачи. Они позволяют получать оптимальные режимы обработки различных деталей. Кроме того, они дают возможность изменять скорость главного движения или подачу во время работы станка без его остановки.

В станках применяют следующие способы бесступенчатого регулирования приводов:

Электрическое регулирование;

Гидравлическое регулирование;

Механическое регулирование с помощью механических вариаторов

Электрическое регулирование производится изменением частоты вращения электродвигателя, который приводит в движение соответствующую цепь станка (подробнее см. “Электрооборудование станков”).

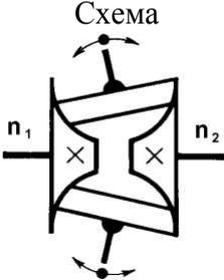
Гидравлическое регулирование применяют главным образом для регулирования скоростей прямолинейных движений (в строгальных, долбежных, протяжных станках), реже—для регулирования вращательных движений (подробнее см. “Гидрооборудование станков”).

Для вопроса

### Регулирование с помощью механических вариаторов.

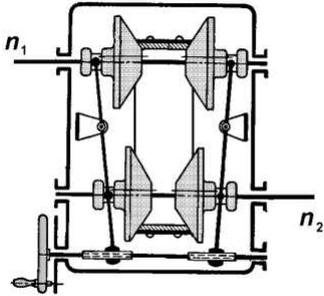
Большинство механических вариаторов, применяемых в станках, — фрикционного типа.

#### Торовый вариатор (вариатор Светозарова)

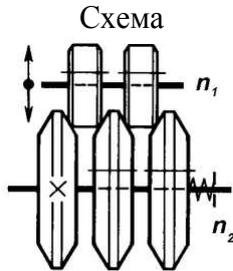
<p style="text-align: center;">Схема</p> 	<p>Диапазон регулирования частот вращения на выходе</p> $n_{\max} / n_{\min} = 8$ <p>Передаваемая мощность</p> $N_{\max} = 5 \text{ кВт}$ <p>Преимущества:</p> <p>компактность</p>
--	--

#### Вариатор с раздвижными коническими шкивами

<p style="text-align: center;">Схема</p>	<p>Диапазон регулирования частот вращения на выходе</p> $n_{\max} / n_{\min} = 6$ <p>Передаваемая мощность</p> $N_{\max} = 10 \text{ кВт}$ <p>Преимущества:</p> <p>Высокая передаваемая мощность</p>
--	--



Дисковый вариатор



Схема

Диапазон регулирования частот вращения на выходе

$$n_{\max} / n_{\min} = 2$$

Передаваемая мощность

$$N_{\max} = 2 \text{ кВт}$$

Преимущества:

Простота конструкции

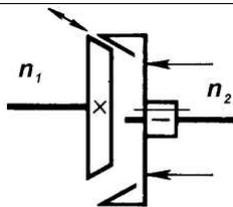
Конусный вариатор

Схема

Диапазон регулирования частот вращения на выходе

$$n_{\max} / n_{\min} = 2$$

Передаваемая мощность

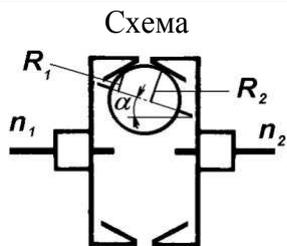


$$N_{\max} = 3 \text{ кВт}$$

Преимущества:

Малые габаритные размеры

### Шариковый вариатор



Диапазон регулирования частот вращения на выходе

$$n_{\max} / n_{\min} = 12$$

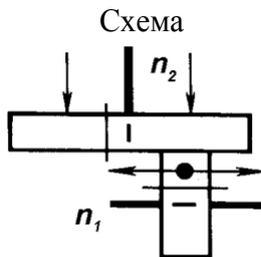
Передаваемая мощность

$$N_{\max} = 3 \text{ кВт}$$

Преимущества:

Большой диапазон регулирования

### Лобовой вариатор



Диапазон регулирования частот вращения на выходе

$$n_{\max} / n_{\min} = 3$$

Передаваемая мощность

$$N_{\max} = 2 \text{ кВт}$$

Преимущества:

Простота конструкции

## Шпиндельные узлы станков

Шпиндельные узлы станков определяют точность и производительность обработки.

Требования к шпиндельному узлу:

точность вращения шпинделя;

жесткость;

виброустойчивость.

Состав шпиндельного узла:

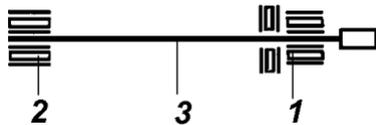
шпиндель;

шпиндельные опоры;

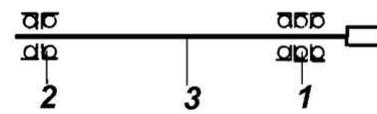
система подачи смазки.

Шпиндель – выходной вал коробок скоростей, шпиндельных бабок с элементами крепления инструмента и точными базовыми шейками под подшипники. Шпиндель может быть полым для размещения зажимных приспособлений или прутковых заготовок.

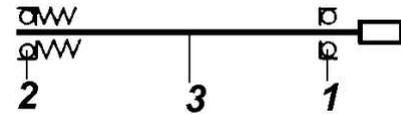
Шпиндельные опоры – передний и задний подшипниковые узлы. Передний подшипниковый узел делают жестким, так как он воспринимает максимальные нагрузки; задний – плавающим для компенсации тепловых деформаций (рис.)



б)



в)



а)

Рис. 30. Схемы шпиндельных опор: 1 – передняя опора; 2 – задняя опора; 3 – шпиндель; а) низкоскоростная; б) среднескоростная; в) высокоскоростная.

Шпиндель устанавливают на подшипниках качения (шариковые, роликовые, игольчатые) и скольжения (обычного типа с нерегулируемым и регулируемым зазором; гидродинамические, гидростатические, аэродинамические).

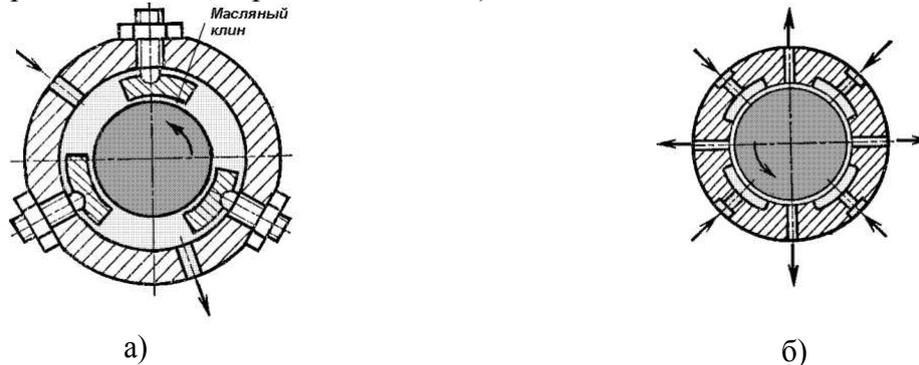


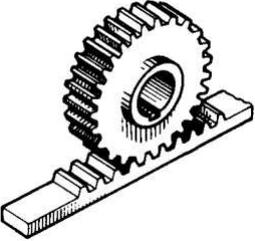
Рис. 31. Гидродинамический (а) и гидростатический (б) подшипники скольжения

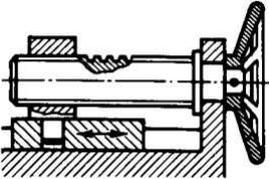
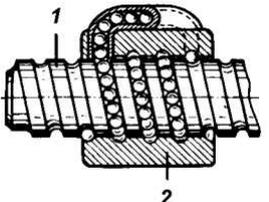
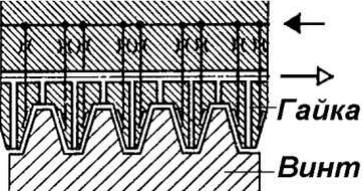
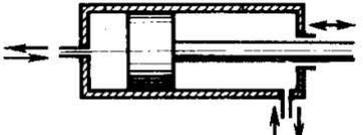
*Системы подачи смазки, применяемые в шпиндельных узлах:*

- смазка под давлением (для быстроходных шпиндельных опор);
- смазка погружением (для быстроходных шпиндельных опор);
- смазка масляным туманом (для быстроходных шпиндельных опор);
- смазка консистентными типами смазок (для тихоходных шпиндельных опор).

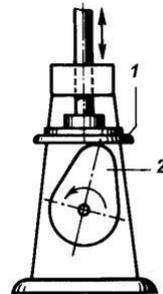
## Механизмы прямолинейного движения

Механизмы прямолинейного движения в станках применяют как элементы приводов главного движения и приводов подачи.

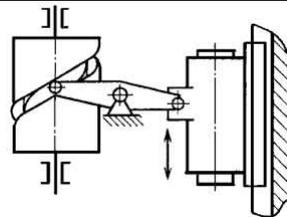
Наименование механизма	Схема
Механизм зубчатое колесо – рейка	
Механизм червяк – рейка	

<p>Механизм ходовой винт – гайка скольжения</p>	
<p>Механизм ходовой винт – гайка качения</p>	
<p>Гидростатическая передача винт – гайка</p>	
<p>Поршневые механизмы</p>	

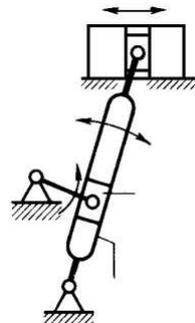
Кулачковый механизм с плоским кулачком



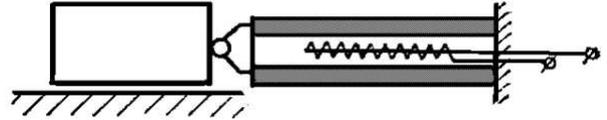
Кулачковый механизм с цилиндрическим кулачком



Кривошипно-кулисные механизмы



Устройства для малых перемещений



### *Механизмы периодических движений*

Механизмы периодических движений используют в кинематических цепях, которые обеспечивают приведение в движение исполнительных органов и вспомогательных механизмов, выполняющих периодические перемещения в рабочем цикле станка. Задачей таких механизмов является преобразование непрерывных движений в периодические вращательные или поступательные с заданными частотой и амплитудой.

Помимо кулачковых и кривошипно-кулисных механизмов в станках применяют храповые и мальтийские механизмы.

Храповые механизмы применяют на поперечно- и продольно-строгальных станках для выполнения движения подачи, на шлифовальных — для перемещения шлифовального круга и механизма правки.

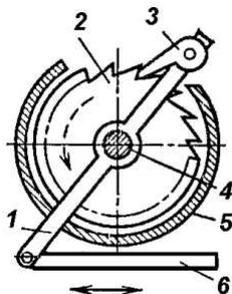


Рис. Храповой механизм:

- 1 – поворотный рычаг;
- 2 – храповое колесо;
- 3 – собачка;
- 4 – вал;
- 5 – ограничитель;
- 6 – шатун.

Мальтийские механизмы используют для периодического поворота на постоянный угол устройств станка, несущих инструменты и заготовки (револьверные головки, шпиндельные блоки токарных автоматов, многопозиционные столы агрегатных станков...).

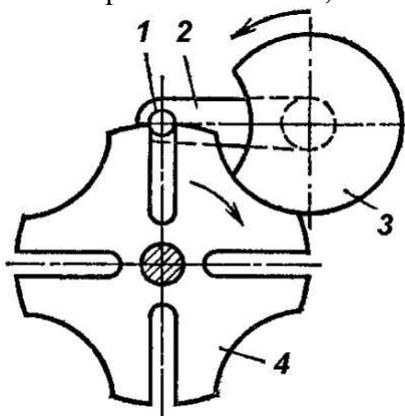


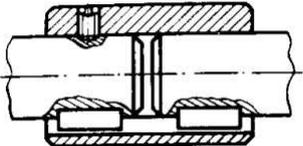
Рис. Мальтийский механизм:

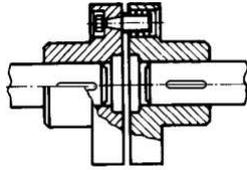
- 1 – палец;
- 2 – водило;
- 3 – фиксирующий сегмент;
- 4 – мальтийский крест.

Задай себе вопрос и сам на него ответь

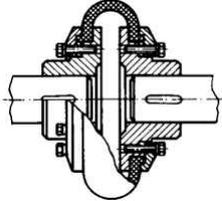
## Муфты

Муфты служат для постоянного или периодического соединения двух соосных валов и для передачи при этом вращения от одного вала другому.

<i>Название. Схема муфты</i>	Особенности конструкции
<p data-bbox="395 658 539 685" style="text-align: center;">Втулочная</p> 	<p data-bbox="810 736 1407 763">Жесткая постоянная соединительная муфта</p>
<p data-bbox="331 871 609 898" style="text-align: center;">Втулочно-пальцевая</p>	<p data-bbox="810 949 1407 976">Постоянная упруго-компенсирующая муфта</p>

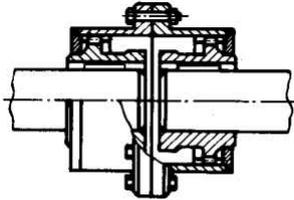


С резиновой оболочкой



Постоянная упруго-компенсирующая муфта

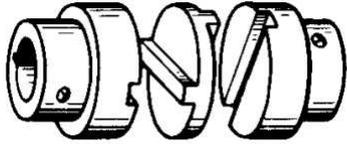
Зубчатая



Постоянная компенсирующая муфта

Крестовая

Постоянная компенсирующая муфта

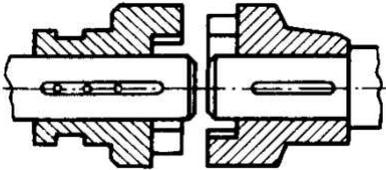


Кардан



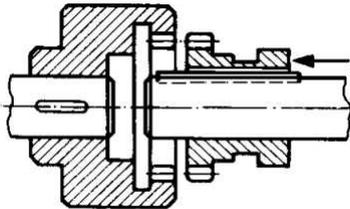
Постоянная компенсирующая муфта

Кулачковая



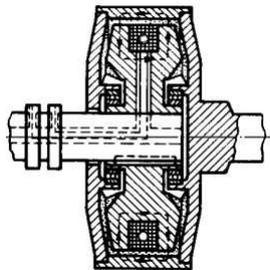
Управляемая сцепная муфта. Переключение производят в состоянии покоя

Зубчатая сцепная



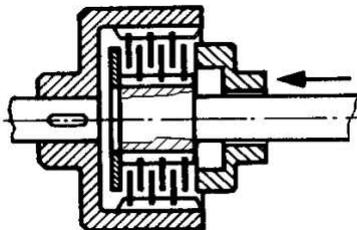
Управляемая сцепная муфта. Переключение производят в состоянии покоя

Электромагнитная порошковая



Управляемая сцепная муфта. Переключение можно производить при вращении валов

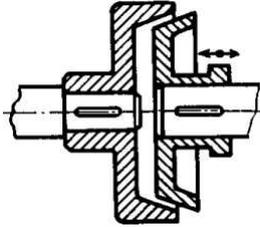
Многодисковая



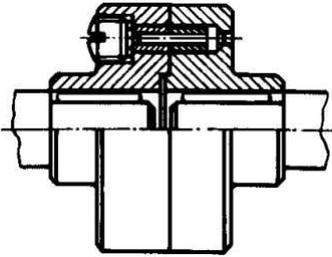
Фрикционная муфта. Переключение можно производить при вращении валов. Выполняет функцию предохранительной муфты

Конусная

Фрикционная муфта. Переключение можно производить при вращении валов. Выполняет функцию предохранительной муфты

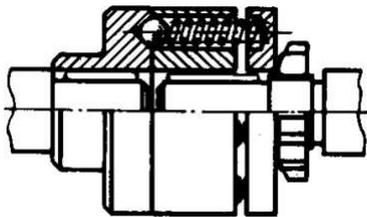


Срезная предохранительная



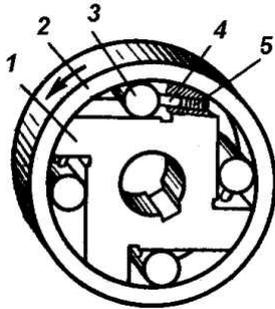
Предохранительная муфта. Разрушаемый элемент рассчитывается на определенную нагрузку

Шариковая предохранительная



Предохранительная муфта. Передаваемый крутящий момент настраивают пружинами

Обгонная

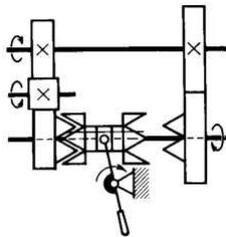


Предохранительная муфта. Позволяет складывать два вращательных движения на одной оси.

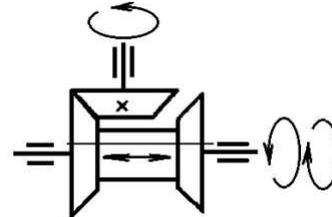
### *Реверсивные механизмы*

Реверс – изменение направления движения.

Направление движения в механизмах станков можно изменять с помощью различных механических, электрических и гидравлических устройств. Наиболее часто в станках применяют реверсивные механизмы с цилиндрическими и коническими колесами (рис.).



а)



б)

Рис. Реверсивные механизмы: а – с цилиндрическими колесами; б – с коническими колесами

## Механизмы и устройства управления

Механизмы и устройства управления станками обеспечивают изменение режимов работы, включение и выключение движений, проведение наладок.

В станках с ручным управлением удобны однорычажные системы переключения (рис.)

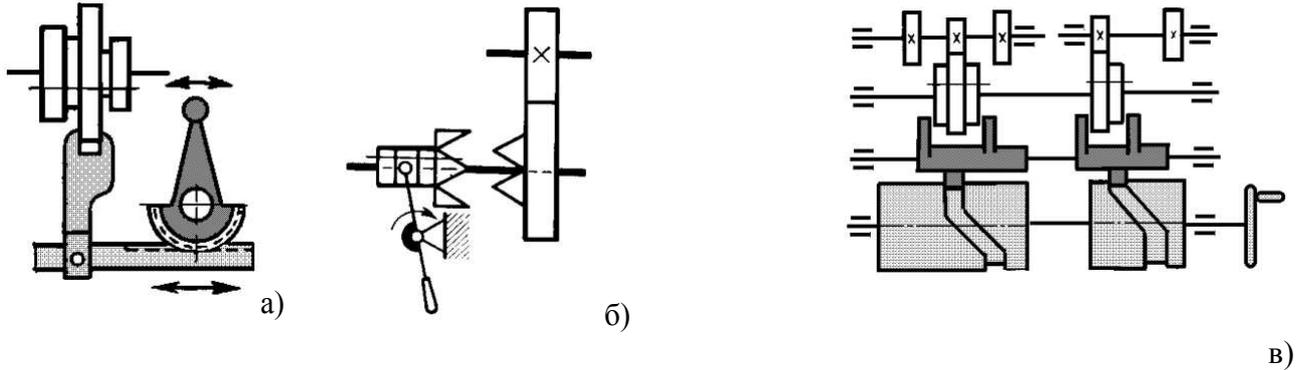


Рис. Однорычажные системы переключения блоков зубчатых колес: а) с приводом зубчатое колесо – рейка; б) с приводом от рукоятки; в) ) с приводом от цилиндрического кулачка.

Для мудрой мысли (краткой)

### *Блокировка механизмов управления станком*

Блокирующие устройства предназначены для предотвращения ошибочных включений (например, одновременное включение нескольких зубчатых передач), которые могут привести к поломкам и авариям.

Примером механических устройств являются блокировочные устройства параллельных (рис.,а) и перпендикулярных (рис.,б) валов, устройства, ограничивающие ход, предотвращающие сход с направляющих, столкновения (жесткие упоры или механизмы с падающим червяком).

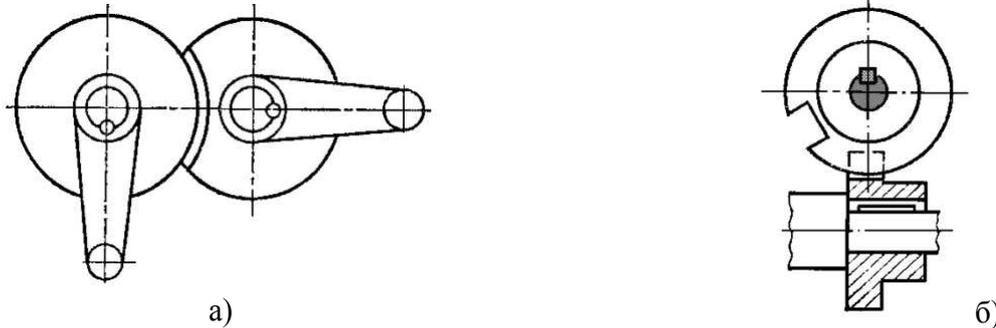


Рис. Блокировочные устройства: а) параллельных валов; б) – перпендикулярных валов.

DURA LEX, SED LEX, лат. – закон суров, но это закон.

## **Система смазки и охлаждения станка**

### *Система смазки*

Задачей системы смазывания является обеспечение точности и долговечности станка путем создания смазочной пленки между трущимися поверхностями и устранение их чрезмерного нагрева. В качестве смазочных материалов применяют жидкие масла И-20А, И-30А (ГОСТ 20799—75) и густые (пластичные) смазки: синтетический солидол Сс (ГОСТ 4366—76), консталин жировой (ГОСТ 1957—73), смазку ЦИАТИМ 201 и др.

Различают следующие системы смазки:

- Индивидуальная (ручное смазывание отдельных узлов).
- Централизованная (под давлением, циркуляционная, самотеком, смазывание разбрызгиванием – для зубчатых передач и подшипников; путем создания масляного тумана – для быстроходных шпиндельных узлов)

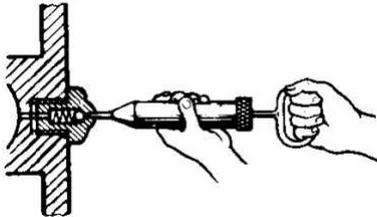
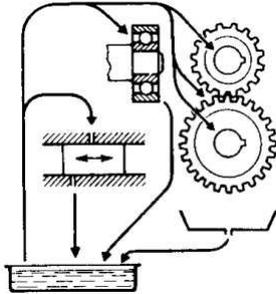


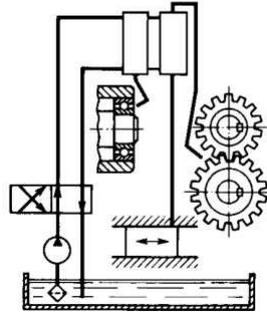
Рис. Индивидуальное ручное смазывание

Для вопроса

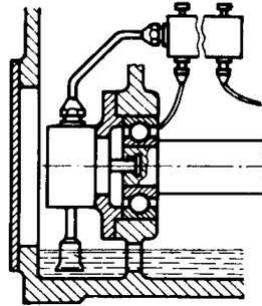
?



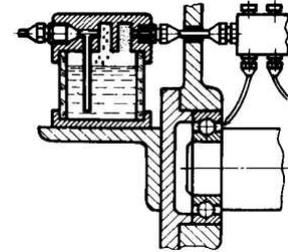
а)



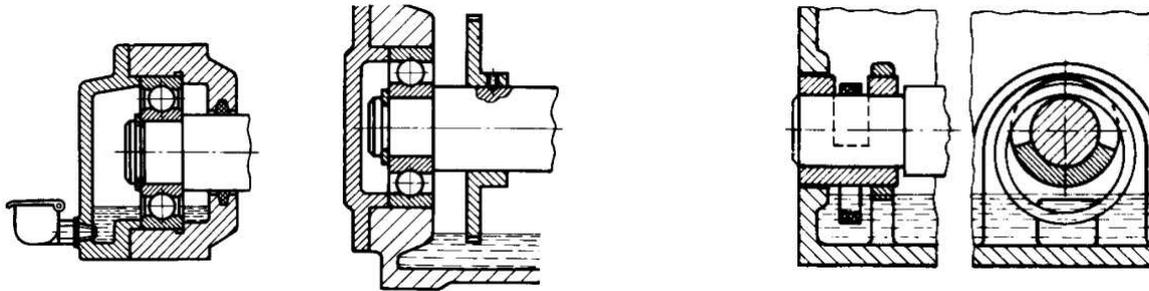
б)



в)



г)



д)

ж)

з)

Рис. Централизованная смазка станка: а) циркуляционная; б) двухпоточная; в) под давлением; г) масляным туманом; д) погружением; ж) разбрызгиванием; з) кольцом.

### *Системы охлаждения.*

Станки оборудуют системами подачи охлаждающей жидкости в зону обработки. Эти системы включают насосы, фильтры, клапаны, краны, трубопроводы и резервуары-отстойники (рис.).

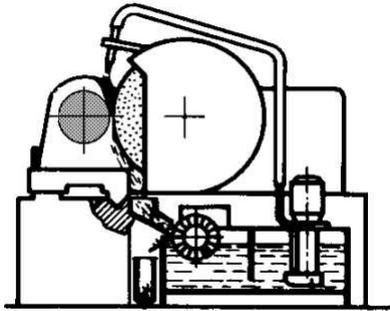


Рис. Система подачи охлаждающей жидкости в зону обработки круглошлифовального станка

Подача жидкости в зону резания может проводиться поливом, под высоким давлением, распыленной струей, через специальные оправки, каналы в теле инструмента и поры круга.

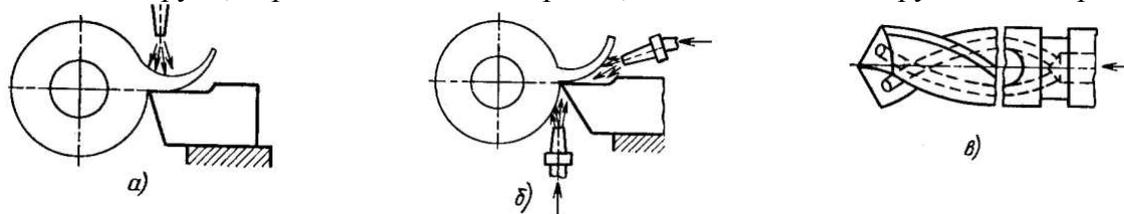


Рис. Подача охлаждающей жидкости в зону обработки: а) поливом; б) под давлением; в) по каналам через инструмент.

Вопросы по разделу		
1 уровень	2 уровень	3 уровень
Перечислите элементы	Как систематизированы узлы	Как отражаются на точности и

несущей и направляющей системы станка.	и механизмы металлорежущих станков?	качестве обработки элементы несущей и направляющей системы станка.
Какие виды направляющих используют в станках?	Чем определяются жесткость и виброустойчивость шпиндельного узла?	Как снизить потери на трение в передачах винт—гайка?
Состав привода станка. Какие опоры применяют в шпиндельных узлах?	Какие конструкции вариаторов применяют в станках?	Предложите схему устройства для реверсирования поступательного движения
Перечислите основные устройства для ступенчатого и бесступенчатого регулирования привода	Какие механизмы позволяют изменить угол периодического поворота?	Как работает муфта обгона?
Как работает мальтийский механизм?	Дайте оценку механизмам реверса вращения	Дайте оценку эффективности применяемым системам смазки и охлаждения станков
С какой целью и какие муфты используют в станках?	Для чего нужна блокировка механизмов управления станком?	

# Лекция №4

## ***Расчет кинематических схем коробок передач металлорежущих станков***

Коробка передач является настроечным органом станка (см. лекцию №), позволяющим установить требуемый параметр скорости или подачи рабочему органу станка.

Кинематический расчет коробки передач заключается:

- в разработке структуры коробки;
- в выборе рационального варианта структуры коробки;
- в кинематической увязке коробки с источником движения;
- в разработке кинематической схемы коробки;
- в расчете передаточных отношений кинематических цепей, образующих коробку.

Исходные данные для расчета:

- диапазон изменения частот вращения от  $n_{min}$  до  $n_{max}$ ;
- знаменатель ряда геометрической прогрессии  $\phi$ ;
- частота вращения источника движения.

Порядок расчета

*Предварительный этап расчета:*

- определение числа ступеней регулирования в заданном диапазоне

$Z = 1 + \lg D / \lg \phi$  . Полученное значение стараются округлить до целого числа, кратного 2-м, 3-м, или 2 и 3. Для возможности использования двойных или тройных блоков.

■ определения стандартного значения частот в заданном диапазоне (с перекрытием, если это необходимо, для выполнения кратности числа ступеней 2-м или 3-м).

### *Основной этап расчета*

#### *1. Разработка структуры коробки передач.*

Структура определяется

- количеством передач в коробке, обеспечивающих  $Z$  ступеней регулирования диапазона;
- количеством групп передач коробки ( $K$ ).

Передача - это кинематическая связь между двумя валами посредством минимально возможного числа элементов (2 элемента - для зубчатой передачи; 3 - для ременной);

Группа передач - это кинематическая связь между двумя валами параллельно расположенными передачами с разными передаточными отношениями.

- количеством передач в группе -  $P$ . Минимальное количество передач в группе  $P_{min} = 2$ .

Если в коробке предусмотреть несколько последовательных групп передач с различным числом передач в группе, то

$$Z = P_1 * P_2 * \dots * P_k,$$

где  $P_1, P_2, \dots, P_k$  - соответственно количество передач в 1, 2, ..., k-ой группах.

- количеством валов, входящих в коробку

$$N_e = K + 1.$$

Пример 1.

Для коробки скоростей, имеющей 12 ступеней регулирования, могут быть реализованы следующие структуры:

$Z = 12$  (1 группа передач, 2 вала, всего 12 передач);

$Z = 4*3$  (2 группы передач, 3 вала, 1-я группа передач имеет 4 передачи, 2-я группа передач имеет 3 передачи, всего 7 передач);

$Z = 6*2$  (2 группы передач, 3 вала, 1-я группа передач имеет 6 передач, 2-я группа передач имеет 2 передачи, всего 8 передач);

$Z = 3*2*2$  (3 группы передач, 4 вала, 1-я группа передач имеет 3 передачи, 2-я группа передач имеет 2 передачи, 3-я группа передач имеет 2 передачи, всего 7 передач).

Более рациональна структура  $Z = 3*2*2$  (повышенная жесткость - валы коробки короче, небольшое количество передач в каждой группе).

Общее правило составления структурной формулы: разложить рассчитанное значение  $Z$  на элементарные множители и расставить их в порядке понижения передач в каждой группе.

*2. Выбор рационального варианта структурной схемы коробки передач*

Оценку варианта лучше всего производить, используя графо-аналитический метод. Суть метода заключается в построении нескольких вариантов структурных сеток коробки по вариантно-структурным формулам.

Пример 2.

Выбрать рациональный вариант структуры коробки для  $Z = 6$ .

Решение

1). Рассмотрим возможные варианты структуры коробки:

$$Z = 6 \quad (N_g = 2)$$

$$Z = 3*2 \quad (N_g = 3)$$

$$Z = 2*3 \quad (N_g = 3)$$

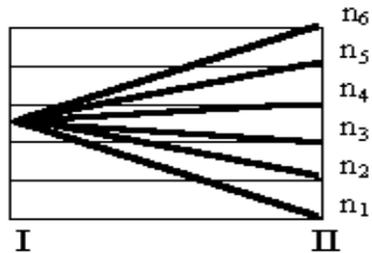
2). Построим структурные сетки по этим вариантам.

Структурная сетка - это условно-графическое изображение всех передач коробки в логарифмической системе координат.

Правила построения структурной сетки.

По горизонтальной оси на равном расстоянии друг от друга откладывают положения валов коробки (вертикальные линии). По вертикальной оси также на равном расстоянии друг от друга откладывают ступени передач  $Z$  (горизонтальные линии, пересекающие линии валов). На образованной сетке наклонными линиями наносят передачи с одного вала на другой под углом в зависимости от величины передаточного отношения. Сетка линий передач строится симметрично относительно горизонтали, проведенной из середины первого вала.

1-й вариант

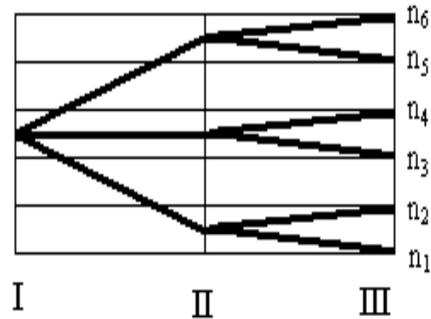


Общий диапазон скоростей на II-м вале (выходном)  $D = n_6/n_1 = \varphi^5$ .

Диапазон между смежными передачами  $d_0 = n_6/n_5 = n_5/n_4 \dots = n_2/n_1 = \varphi^1$ .

Группа передач, в которой диапазон между смежными передачами определяется значением  $\varphi^1$ , называется основной группой. В данном варианте группа передач обозначается  $Z = 6[1]$ .

2-й вариант



В этом варианте основной группой передач является вторая группа (между II-м и III-м валами).

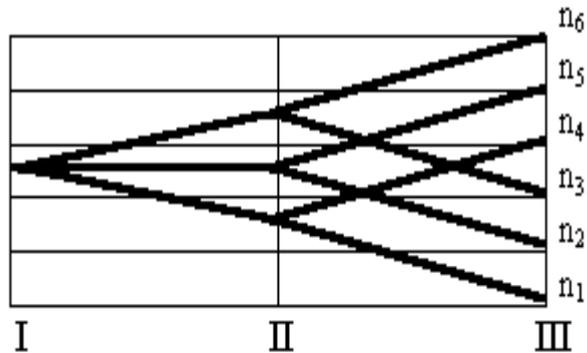
Группа передач между I-м и II-м валами имеет диапазон между смежными передачами, равный  $d_0 = \varphi^2$  (два диапазона основной группы). Эта группа называется 1-ой переборной группой передач.

Во втором варианте группа передач обозначается формулой  $Z = 3[2]*2[1]$ .

Заметки на полях

EX LIBRIS, лат. — из книг

3-й вариант.



В этом варианте основной группой передач является первая группа (между I-м и II -м валами).

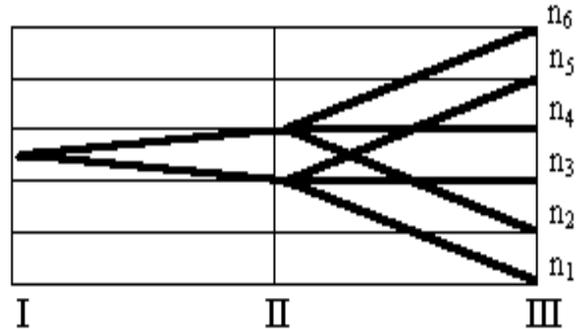
Группа передач между II-м и III-м валами имеет диапазон между смежными передачами, равный  $d_0 = \varphi^3$  (три диапазона основной группы). Эта группа так же, как и во 2-м варианте называется 1-й переборной группой передач.

В 3-м варианте группа передач обозначается формулой  $Z = 3[1]*2[3]$ .

Заметки на полях

FESTINA LENTE, лат. – торопись медленно

4-й вариант.



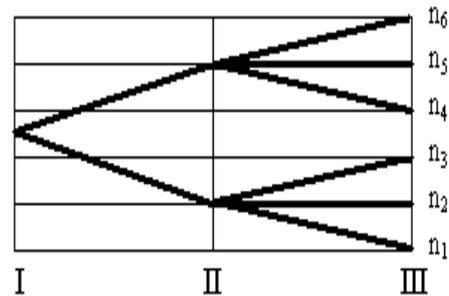
В этом варианте основной группой передач является первая группа (между I-м и II -м валами). Группа передач между II-м и III-м валами имеет диапазон между смежными передачами, равный  $d_0 = \varphi^2$  (два диапазона основной группы). Эта группа так же, как и во 2-м варианте называется 1-й переборной группой передач.

В 4-м варианте группа передач обозначается формулой  $Z = 2[1]*3[2]$ .

Заметки на полях

EMBARRAS DE RICHESSES, фр. – затруднение из-за большого выбора

5-й вариант.



В этом варианте основной группой передач является вторая группа (между II-м и III -м валами).

Группа передач между I-м и II-м валами имеет диапазон между смежными передачами, равный  $d_0 = \varphi^3$  (три диапазона основной группы). Эта группа так же, как и во 2-м варианте называется 1-й переборной группой передач.

В 5-м варианте группа передач обозначается формулой  $Z = 2[3]*3[1]$ .

Лучшими из пяти являются варианты 3 и 4, но коробка по варианту 3 меньше по массе, так как в ней из пяти передач три являются малогабаритными (основная группа передач) и лишь две имеют большую массу (1-я переборная), в то время как в четвертом варианте наоборот – две передачи легкие, а три – тяжелые. Это следует из расчета валов на прочность:

$$d_g = f_1 (M_{кр}) = f_2 (N / n).$$

### 3. Кинематическая увязка коробки передач с источником движения

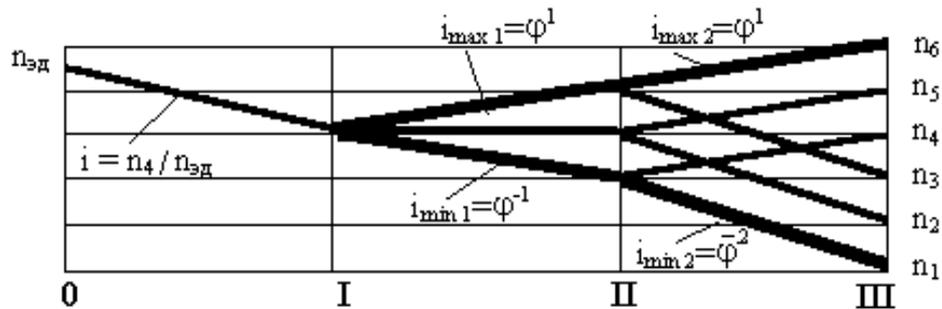
Увязка предусматривает:

- выбор типа передачи от источника движения к коробке;
- назначение частот вращения на входном и промежуточном валах коробки;
- определение передаточного отношения передачи от источника движения к входному валу коробки.

Выполнение этого этапа начинается с построения графика скоростей.

В отличие от структурной сетки на поле графика вводят дополнительный вал - вал электродвигателя, на которой наносят точку  $n_{эд}$ .

Для случая примера 2 при использовании вариантно-структурной формулы  $Z = 3[1]*2[3]$  график скоростей может выглядеть следующим образом



Особенности построения графика скоростей:

- на всех валах коробки желательно принимать стандартные значения частот вращения  $n$ ;
- необходимо стремиться к симметричности повышающих и понижающих передач в группах (подобно структурной сетке);
- необходимо стремиться к повышению частот вращения на промежуточных валах;
- необходимо провести проверку значений  $i_{max}$  и  $i_{min}$  на соответствие допустимым ограничениям:

для коробок скоростей	{	$i_{max} \leq 2$
		$i_{min} > 1/4$
для коробок передач	{	$i_{max} \leq 2,5$
		$i_{min} > 1/5$

Лучше всего оценку проводить в интервалах  $\varphi$ :

$$i_{max} = \varphi^x \leq 2 \Rightarrow x \leq \lg 2 / \lg \varphi ;$$

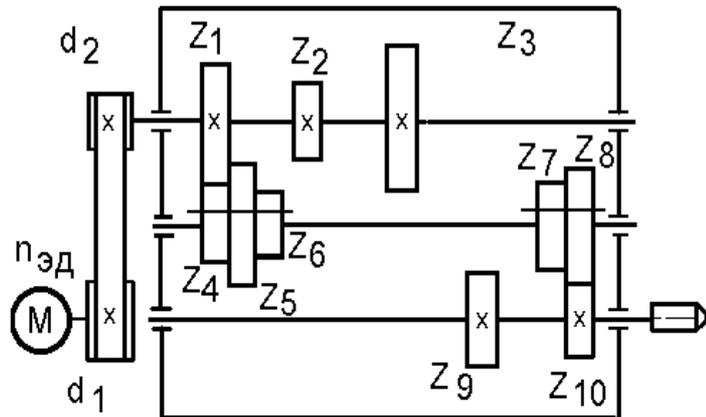
$$i_{min} = \varphi^y > 1/4 \Rightarrow y < \lg 4 /$$

$\lg \varphi$ .

#### 4. Разработка кинематической схемы коробки

При разработке кинематической схемы коробки должны учитываться следующие условия:

- кинематическая схема коробки выполняется в соответствии с требованиями ГОСТ 2-770-74;
- повышающие и понижающие передачи изображаются на схеме в примерном масштабе;
- блоки зубчатых колес лучше располагать на одном валу (проще изготовить один, а не несколько шлицевых валов);
- для возможности переключения блоков зубчатых колес из одного положения в другое необходимо обеспечить их нейтральные положения между торцами сцепляемых зубчатых колес.



5. Расчет передаточных отношений кинематических цепей, образующих коробку и частот вращения шпинделя

Для коробки скоростей, представленной выше, при зацеплении зубчатых колес  $Z_1 / Z_4$  и  $Z_8 / Z_{10}$  общее передаточное отношение кинематической цепи равно  $i_{\text{общ}} = (d_1 / d_2) * (Z_1 / Z_4) * (Z_8 / Z_{10})$ , а частота вращения шпинделя –  $n_{\text{шп}} = n_{\text{эд}} * (d_1 / d_2) * (Z_1 / Z_4) * (Z_8 / Z_{10})$ .

### Вопросы по разделу

1 уровень	2 уровень	3 уровень
-----------	-----------	-----------

<p>Каковы этапы расчета кинематических схем коробок передач металлорежущих станков?</p>	<p>В чем особенности предварительного этапа расчета кинематических схем?</p>	<p>Как определить диапазон возможных частот вращения на входном и промежуточных валах коробки</p>
<p>Что определяет структура коробки передач и вариантно-структурная формула?</p>	<p>Для чего целесообразно повысить частоты вращения валов на входном и промежуточных валах коробки</p>	<p>Предложите вариант доработки 6-скоростной коробки передач, для получения 7 скоростей.</p>
<p>Как построить структурную сетку коробки передач?</p>	<p>Как определить частоту вращения шпинделя при заданном зацеплении блоков?</p>	
<p>Как выбрать рациональный вариант структурной схемы коробки передач? Как построить график скоростей?</p>	<p>Для чего округляют полученное значение числа ступеней передач до числа, кратного 2, 3, или 2 и 3?.</p>	
<p>Как построить кинематическую схему коробки передач?</p>		

# Лекция № 5

## **Электрооборудование металлорежущих станков**

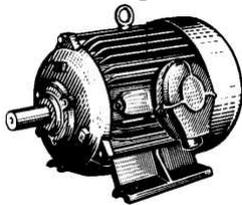
Электрооборудование станков предназначено для придания его рабочим органам необходимых видов движений. В состав электрооборудования входит: электрический источник движения (электродвигатель), аппаратура управления и вспомогательные электрические устройства.

В качестве источника движения в станках наибольшее распространение получили асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором и электродвигатели постоянного тока с параллельным возбуждением. В ряде станков с числовым программным управлением находят применение шаговые и высокомоментные электродвигатели.

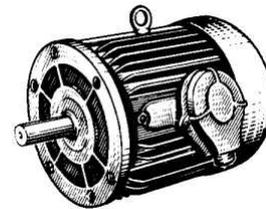
### 1. Асинхронные электродвигатели (АД)

По конструктивному исполнению асинхронные электродвигатели выполняют:

- на лапах (рис.,а);
- с фланцевым креплением (рис.,б);



а)



б)

Рис. Исполнения асинхронных электродвигателей:

- автономные;
- встроенные.

По расположению оси вращения:

- вертикальные;
- горизонтальные.

По электробезопасности:

- открытые;
- брызгозащищенные;
- для работы в агрессивной среде.

### ***1.1. Механическая характеристика асинхронного электродвигателя***

Механической характеристикой электродвигателя называют зависимость частоты его вращения от вращающего момента (рис.), развивающегося на роторе (для электродвигателя постоянного тока - ястре).

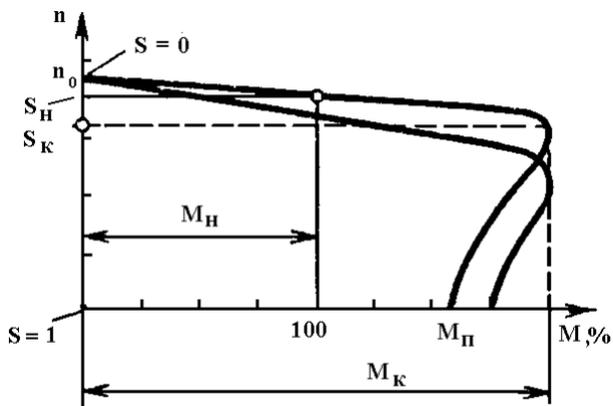


Рис. Механическая характеристика асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором:  $M_p$  - пусковой момент;  $M_n$  - номинальный момент;  $M_{кр}$  - критический момент.

Прямолинейный верхний участок механической характеристики называется рабочим участком. Чем больше его наклон к оси моментов, тем более мягкой считается механическая характеристика электродвигателя и тем более резко двигатель теряет скорость при повышении нагрузки. В металлорежущих станках важно сохранить постоянство скорости резания и подачи, определяющих требуемую стойкость режущего инструмента. Поэтому для них чаще применяют двигатели с жесткой и абсолютно жесткой механической характеристикой.

## 1.2. Пуск асинхронных электродвигателей.

При пуске асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором ток в обмотке электродвигателя возрастает по сравнению с номинальным значением в 4 - 8 раз. Поэтому при пуске мощных двигателей стремятся использовать специальные пусковые устройства.

При пуске асинхронных электродвигателей с фазовым ротором используют реостат, включенный в цепь ротора.

### 1.3. Регулировка частоты вращения электродвигателей.

Частота вращения электродвигателя определяется соотношением:

$$n = \frac{60 \times f \times (1 - s)}{p}, \text{ мин}^{-1},$$

где

$f$  - частота переменного тока, Гц;

$s$  - скольжение ротора,  $s = (n_0 - n) / n_0$ ;

$p$  - число пар полюсов статора асинхронного электродвигателя.

Находят применение регулирование частоты за счет изменения  $f$  и  $p$ .

### 1.4. Торможение электродвигателей.

На практике находят применение следующие способы торможения электродвигателей:

– механические (используются фрикционные тормоза различных типов);

– электрические:

торможение с рекуперацией (переключение на большее число пар полюсов и механическое торможение);

электродинамическое торможение (дополнительно в обмотку статора подают постоянный ток);

торможение противотоком (переключают фазы обмотки статора электродвигателя с последующим его отключением от сети). Переключение фаз приводит к изменению направления вращения магнитного потока статора, а значит, ведет к быстрой остановке ротора.

Самым простым и надежным является электрический способ торможения асинхронного электродвигателя противотоком.

### *1.5. Реверсирование асинхронных электродвигателей.*

Наиболее эффективным способом реверсирования является способ переключения фаз.

## 2. Электродвигатели постоянного тока.

### *2.1. Электродвигатели с параллельным возбуждением (шунтовые).*

Данные электродвигатели получили наибольшее распространение в станкостроении из-за более жесткой механической характеристики, чем у электродвигателей с последовательным и смешанным возбуждением. Схема подключения этого электродвигателя представлена на рис.



Рис. Электродвигатель постоянного тока с параллельным возбуждением (а) и схема его подключения (б): 1 – щетка; 2 – обмотка якоря; 3 – полюсый наконечник; 4 – обмотка возбуждения; 5 – якорь; 6 – ярмо.

Для заметок

ERPUR SI MUOVE! итал. – а все-таки она вертится!

## 2.2. Механическая характеристика электродвигателя постоянного тока с параллельным возбуждением.

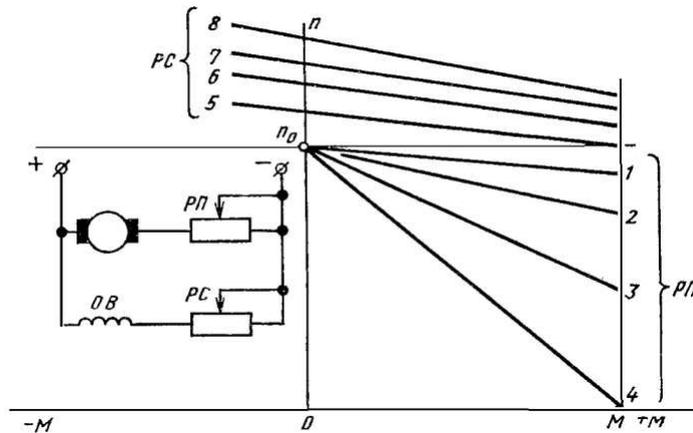


Рис Механическая характеристика электродвигателя постоянного тока с параллельным возбуждением: 1,2,3 и 4 - механические характеристики электродвигателя при изменении сопротивления реостата **РП** (от  $R_{max}$  до  $R_{min}$ ); 5 и 6 - механические характеристики при изменении сопротивления реостата **РС** (от  $R_{min}$  до  $R_{max}$ ).

## 2.3. Пуск электродвигателя.

В исходном перед включением положении сопротивление реостата **РП** полностью включено. При включении электродвигателя происходит его разгон по механической характеристике 4. По мере разгона электродвигателя постепенно уменьшают сопротивление **РП** до нуля, выводя электродвигатель в режим работы по естественной характеристике 1. Пуск электродвигателей в станках осуществляется в автоматическом режиме.

## 2.4. Регулировка частоты вращения электродвигателя.

Частота вращения  $n$  электродвигателя постоянного тока с параллельным возбуждением определяется соотношением:

$$n = \frac{U - I_{\text{я}} \times R_{\text{я}}}{c \times \Phi},$$

где

$U$  - напряжение сети, В;

$I_{\text{я}}$  - ток в цепи якоря, А;

$R_{\text{я}}$  - сопротивление в цепи якоря, Ом;

$c$  - постоянный коэффициент;

$\Phi$  - магнитный поток статора электродвигателя, Вб.

Находит применение регулирование частоты за счет изменения  $U$ ,  $R_{\text{я}}$  и  $\Phi$ . Чаще других применяют регулировку за счет изменения магнитного потока  $\Phi$ . Величина потока  $\Phi$  изменяется реостатом  $PC$ . Увеличивая его сопротивление, уменьшают силу тока возбуждения, а значит и магнитный поток  $\Phi$ , что приводит к увеличению частоты вращения  $n$ . Обратное действие приводит к противоположному результату.

## 2.5. Торможение электродвигателя.

Находят применение следующие способы торможения электродвигателей:

торможение с рекуперацией (шунтовым реостатом 1, включенным в цепь якоря, снижают частоту вращения якоря до минимального значения, а затем электродвигатель отключают);

электродинамическое торможение (якорь электродвигателя отключают от сети и замыкают на нагрузочное сопротивление);

торможение противотоком (изменяют направление тока якоря с последующим отключением электродвигателя).

## *2.6. Реверсирование электродвигателя.*

Реверсирование электродвигателя производят путем изменения полярности подводимого тока.

## **3. Шаговые электродвигатели.**

Шаговый электродвигатель - это импульсный синхронный электродвигатель, преобразующий электрические управляющие сигналы в дискретные (шаговые) перемещения исполнительного органа станка. Шаговые электродвигатели находят применение в приводах подач станков с программным управлением (ЧПУ).

## **4. Высокмоментные электродвигатели.**

Высокмоментный электродвигатель - это электродвигатель постоянного тока, у которого в статоре вместо электромагнитного возбуждения используют возбуждение от постоянных магнитов. Как и шаговые электродвигатели, они находят применение в приводах подач станков ЧПУ.

Эти электродвигатели позволяют получать большие крутящие моменты на якоре без промежуточных передач, что существенно упрощает конструкцию привода и улучшает точность позиционирования.

Отсутствие обмотки возбуждения, нагревающейся при работе электродвигателя с электромагнитным возбуждением, обуславливает меньший нагрев электродвигателя с постоянными магнитами. Благодаря этому стало возможным увеличить силу тока якоря  $I_{я}$  и развиваемый крутящий момент  $M_{кр}$  без увеличения габаритов электродвигателя:

$$M_{кр} = k * I_{я} * \Phi,$$

где

$k = 0,05 - 0,12$  - коэффициент пропорциональности.

## 5. Аппаратура ручного управления.

К аппаратуре ручного управления относят рубильники, пакетные переключатели, контроллеры, тумблеры, ручные пускатели.

### *Рубильники.*

Различают одно-, двух- и трехполюсные рубильники.

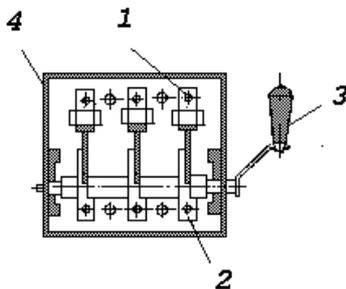


Рис. Схема рубильника: 1 - неподвижный нож; 2 - подвижный нож; 3 - рукоятка; 4 - кожух.

### *Пакетные переключатели.*

Пакетный переключатель (рис.) представляет собой комплект из наложенных друг на друга секций 1 (пакетов), каждая из которых представляет собой однополюсный поворотный выключатель. Секции устанавливаются так, что при повороте центрального валика 2 посредством рукоятки 3, часть электрических цепей замыкается, а часть - размыкается.

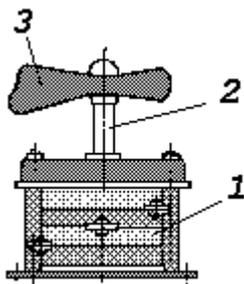


Рис. Пакетный переключатель

Пакетные переключатели применяются для подключения станка к сети.

### **Контроллеры.**

Контроллеры применяют, когда необходимо одновременно переключить большое число электрических цепей. Они бывают плоского и барабанного типа.

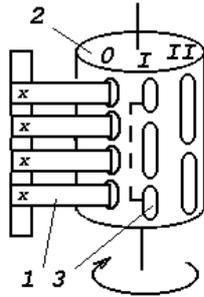


Рис. Схема контроллера барабанного типа: 1 - неподвижные контакты; 2 - барабан, 3 - подвижные контакты. 0 - отключенное положение контроллера; I - 1-е положение включения контроллера; II - 2-е положение включения контроллера.

### **Тумблеры.**

Тумблеры - это 1- или 2-х полюсные выключатели. Применяются для работы в маломощных цепях.

### **Ручные пускатели.**

Ручные пускатели находят применение для пуска одно- и трехфазных электродвигателей.

Имеют две кнопки: 1 - для включения контактов пускателя; 2 - для выключения.

### **6. Аппаратура контакторного управления.**

Применяется для пуска и реверсирования асинхронных электродвигателей вместо рубильников, для которых характерны сильное подгорание контактов и повышенная опасность поражения электрическим током.

### 6.1 Контакторы.

Контактор - совокупность электрических устройств, включающая электромагнитную катушку контактора К2, ключ управления КУ и силовые рабочие контакты К1 (рис.).

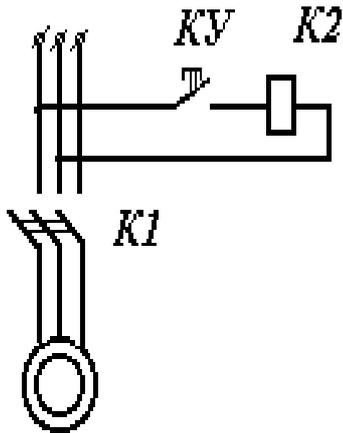


Рис. Контакторная схема подключения асинхронного электродвигателя

При включении КУ, ток в цепи управления вызывает втягивание магнитного сердечника катушки контактора К2, что обеспечивает быстрое автоматическое замыкание рабочих контактов К1. Двигатель запускается. Благодаря высокому сопротивлению обмотки К2 ток в цепи управления мал, что снижает опасность поражения электрическим током. Выключая КУ, двигатель отключают.

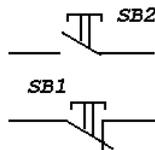
## 6.2. Кнопки управления.

Кнопки используют вместо ключей управления, так как их использование более безопасно и эргономично.

Различают кнопки постоянно разомкнутые “ПУСК” (SB2) и постоянно замкнутые “СТОП” (SB1) (рис.).



а)



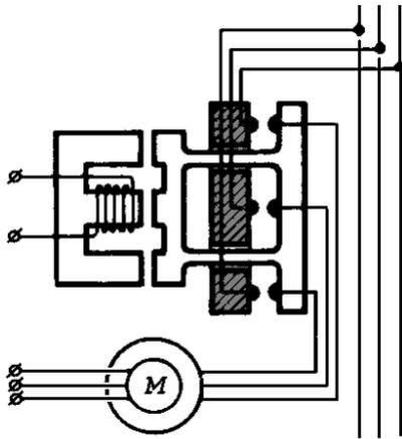
б)

Рис. Кнопочная станция (а) и условное обозначение кнопок управления (б).

Чаще всего кнопки управления применяют совместно в кнопочных станциях для пуска, реверса и останова электродвигателей.

## 6.3. Магнитные пускатели.

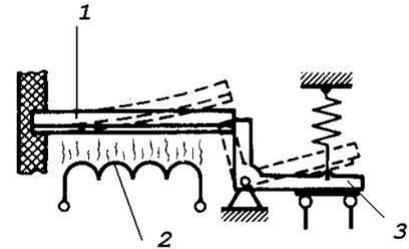
Магнитные пускатели (рис.) служат для управления асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором.



а)



б)



в)

Рис. Состав магнитного пускателя.

- контактор (один или два - для реверсирования вращения);
- кнопочная станция;
- тепловые реле (для защиты от перегрузки, устанавливаются для разрыва двух фаз питающего напряжения).

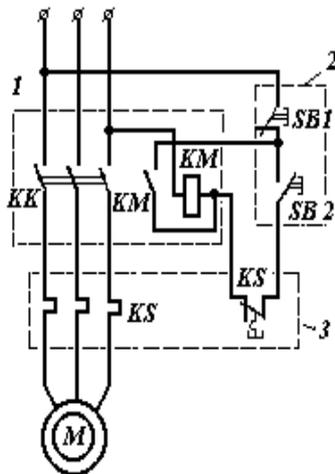


Рис. Схема управления асинхронным электродвигателем с помощью магнитного пускателя:

1 - магнитный пускатель; 2 - кнопочная станция; 3 – тепловое реле.

При нажатии кнопки “ПУСК” (SB2), срабатывает катушка контактора К, сердечник которой вызывает замыкание рабочих контактов К1,К2 и К3. Кроме того, одновременно замыкается блок-контакт КМ, служащий для предотвращения отключения рабочих контактов при отпуске кнопки “ПУСК”. Отключение электродвигателя от сети происходит после нажатия кнопки “СТОП”(SB1).

### 7. Автоматическое управление в функции пути.

Для автоматического управления движениями механизмов станков в функции пути применяют:

- путевые переключатели;
- конечные переключатели (выключатели).

С помощью путевых и конечных переключателей ограничивается длина рабочих ходов станка по координатам, обеспечивается взаимодействие с другими приводами станка.

Путевые и конечные переключатели могут быть контактного и бесконтактного типов.

Переключатели контактного типа (рис.):

а - простые (работают при величинах подач  $S \geq 0,4$  м / мин);

б - моментные (при  $S \leq 0,4$  м / мин).

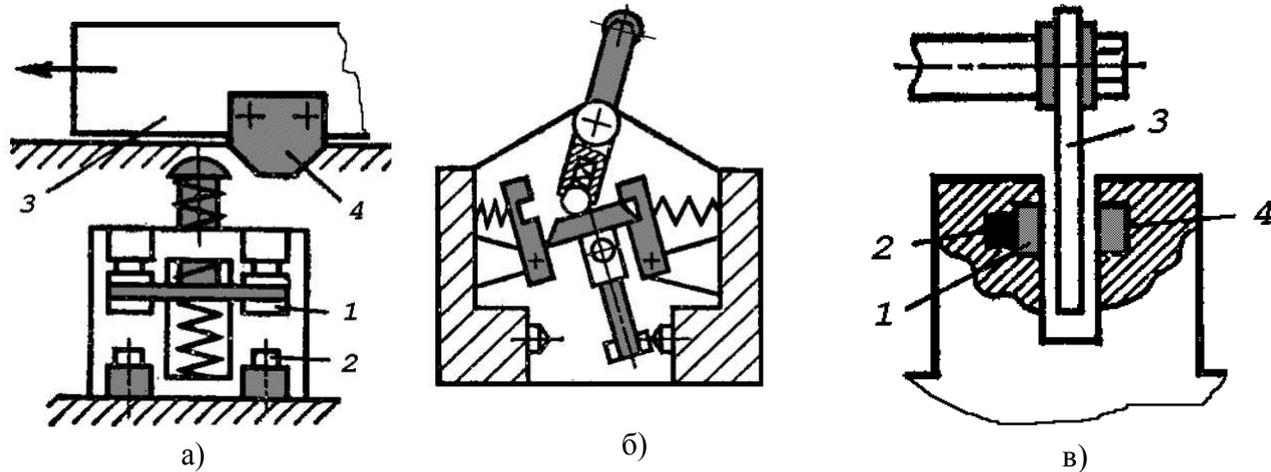


Рис. Схемы переключателей контактного (а, б) и бесконтактного (в) типов

В устройстве бесконтактных переключателей часто используют фотоэлектрический эффект, индуктивные и емкостные датчики.

## 8. Электромагнитные устройства (рис.).

В станках широкое применение находят:

- втяжные электромагниты (фиксаторы, механизмы переключения, управления,...);
- электромагнитные зажимные устройства (плиты, патроны,...).

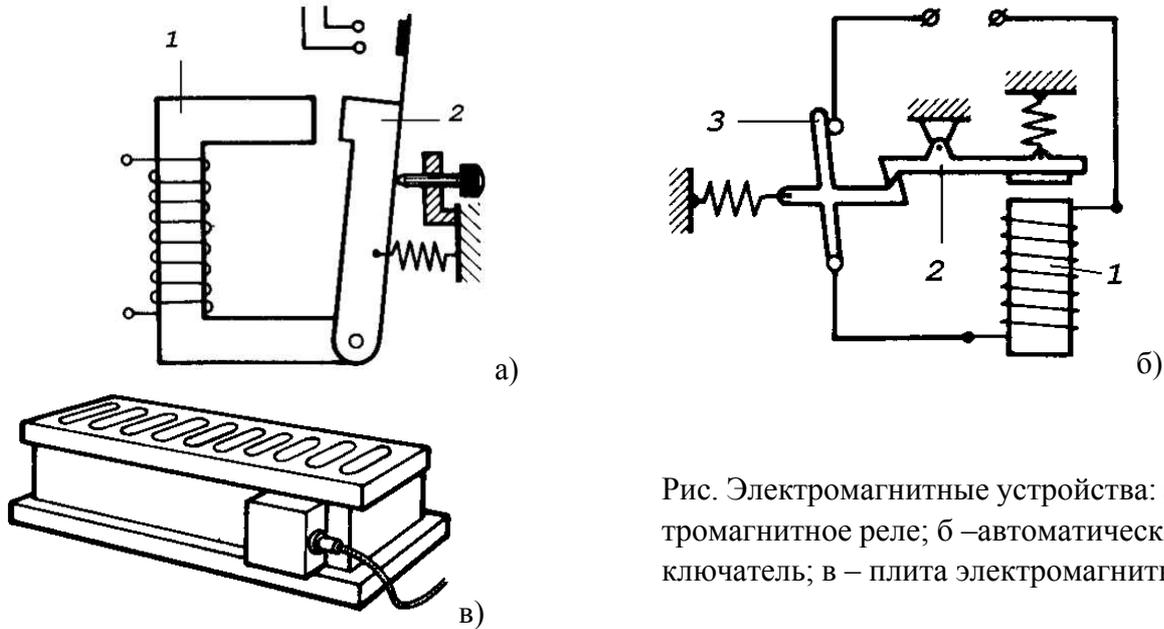


Рис. Электромагнитные устройства: а – электромагнитное реле; б – автоматический выключатель; в – плита электромагнитная.

## **Вопросы по разделу**

1 уровень	2 уровень	3 уровень
Что входит в состав электрооборудования станков? Что такое механическая характеристика электродвигателя?	Почему в станках находят применение асинхронные двигатели с жесткой механической характеристикой?	Дайте оценку эффективности применения в станках электродвигателей постоянного тока и асинхронных двигателей
Как осуществить пуск, регулировку, торможение и реверсирование асинхронных электродвигателей и электродвигателей постоянного тока?	С какой целью в обмотке статора двигателя постоянного тока устанавливают реостат?	За счет чего может быть увеличен крутящий момент в двигателях постоянного тока?
Что относят к аппаратуре ручного управления? Что относят к аппаратуре контакторного управления?	Почему возникла необходимость в создании аппаратуры контакторного управления?	Почему в приводах подачи станков с ЧПУ не нашли применения асинхронные электродвигатели?
Какие электромагнитные устройства применяют в станках?	Как работает магнитный пускатель?	Какая аппаратура путевого управления находит применение в универсальных станках?

# Лекция № 6

## **Гидроборудование металлорежущих станков**

Как и электрооборудование гидроборудование станков обеспечивает функционирование группы привода и управления станка.

### 1. Основные элементы гидропривода.

Под гидроприводом станка понимают совокупность устройств, предназначенных для приведения в движение механизмов станка посредством рабочей жидкости, подаваемой под давлением.

Все узлы гидропривода нормализованы.

Достоинства гидропривода по сравнению с приводами, имеющими механические передачи:

а) возможность передачи больших сил и мощности при малой массе привода; б) легкость осуществления бесступенчатого регулирования скорости движения; в) простота осуществления прямолинейного движения; г) возможность частых и быстрых реверсов подвижных органов; д) самосмазываемость механизмов гидропривода.

Недостатки гидропривода:

а) низкий коэффициент полезного действия (потери давления, утечки жидкости);

б) изменение скорости подвижных узлов станка с течением времени его работы (за счет изменения вязкости жидкости при нагреве и реальная сжимаемость жидкости);

в) невозможность координировать движения нескольких рабочих органов одновременно (гидропривод не может нести функцию обратной связи);

г) возможность скачкообразных движений рабочего органа из-за попадания воздуха в рабочую жидкость; д) необходимость обеспечения малых зазоров в подвижных соединениях гидропривода.

### Состав гидропривода

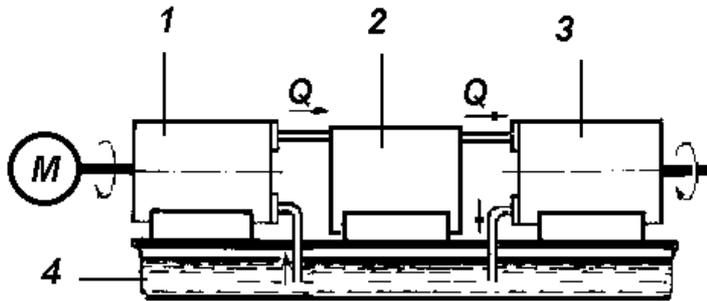


Рис. Состав гидропривода

1. – Насос - первичная часть гидропривода (преобразует энергию движения электродвигателя в гидравлическую энергию жидкости).
2. – Аппаратура управления с трубопроводом.
3. – Гидродвигатель - вторичная часть гидропривода (преобразует гидравлическую энергию жидкости в механическую).

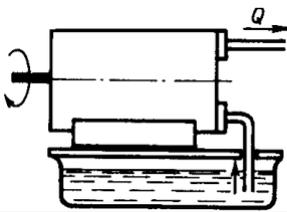
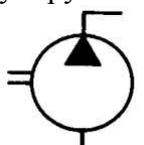
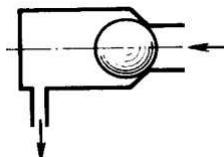
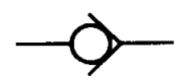
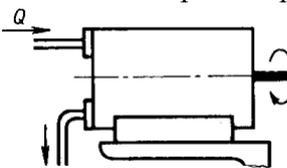
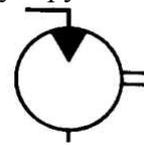
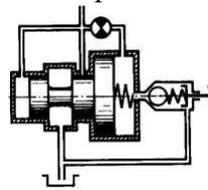
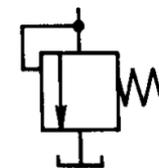
#### 4. – Гидробак.

Наиболее часто в гидроприводах используют потенциальную энергию давления рабочей жидкости с постоянным объемным ее циркулированием в системе гидропривода.

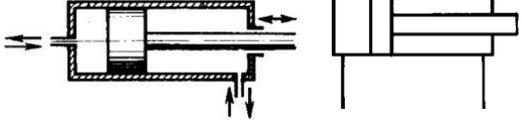
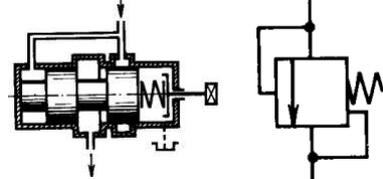
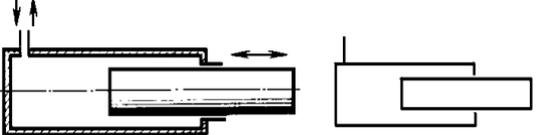
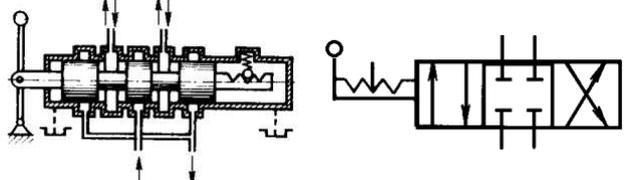
В качестве рабочей жидкости в гидроприводе используют минеральные масла и их смеси.

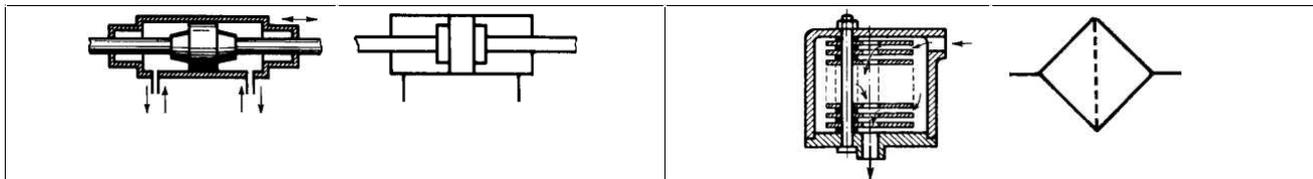
Все элементы гидропривода на гидросхемах представляются условными обозначениями (см табл).

Таблица

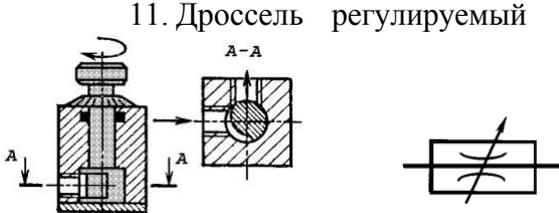
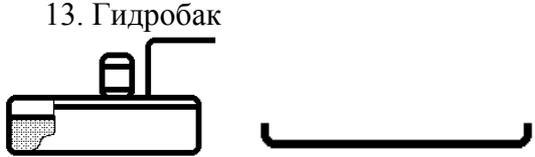
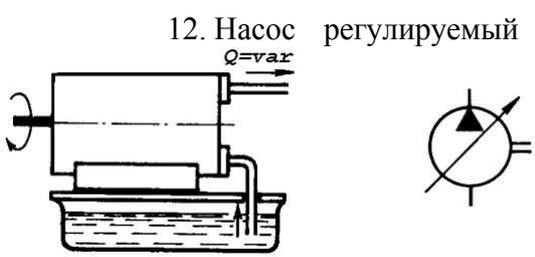
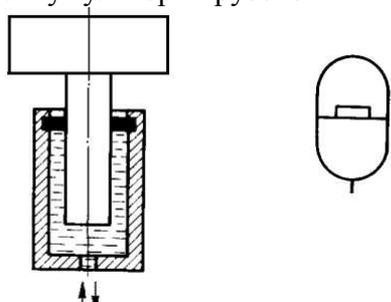
Наименование Изображение.	Обозначение	Наименование Изображение.	Обозначение
<p>1. Насос</p> 	<p>нерегулируемый</p> 	<p>3. Обратный клапан</p> 	
<p>2. Гидромотор</p> 	<p>нерегулируемый</p> 	<p>4. Гидроклапан давления</p> 	

Продолжение табл.

Наименование Изображение.	Обозначение	Наименование Изображение.	Обозначение
<p>5. Гидроцилиндр основного исполнения</p> 		<p>8. Редукционный клапан</p> 	
<p>6. Гидроцилиндр плунжерный</p> 		<p>9. Гидро распределитель</p> 	
<p>7. Гидроцилиндр действия с двухсторонним штоком</p>	<p>двухстороннего с двухсторонним</p>	<p>10. Фильтр</p>	



Продолжение табл

Наименование Изображение	Обозначение	Наименование Изображение	Обозначение
<p>11. Дроссель</p> 	<p>регулируемый</p>	<p>13. Гидробак</p> 	
<p>12. Насос</p> <p><math>Q = var</math></p> 	<p>регулируемый</p>	<p>14. Гидроаккумулятор</p> 	<p>грузовой</p>

## Насосы

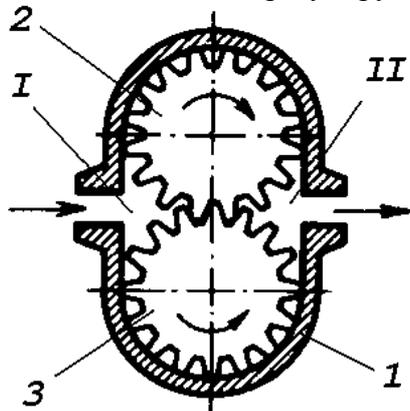
В гидроприводах станков для создания нужного давления применяют следующие типы насосов:

- шестеренчатые;
- пластинчатые;
- поршневые.

Эти типы насосов являются насосами непрерывного действия и обеспечивают постоянную или регулируемую подачу жидкости.

### Шестеренчатые насосы (рис.).

Являются нерегулируемыми. Применяются для создания низкого рабочего давления.



Для вопроса

Рис. Схема работы шестеренчатого насоса: I - зона всасывания; II - зона нагнетания; 1 - корпус; 2 - шестерня ведущая; 3 - шестерня ведомая.

Рабочая жидкость перемещается между зубьями шестерен и стенками корпуса.

Для заметок

MANUS MANUM LAVAT, лат. – рука руку моет

*Пластинчатые насосы.*

Являются также нерегулируемыми.

Различают насосы однократного (а) и многократного (б) действия (рис.).

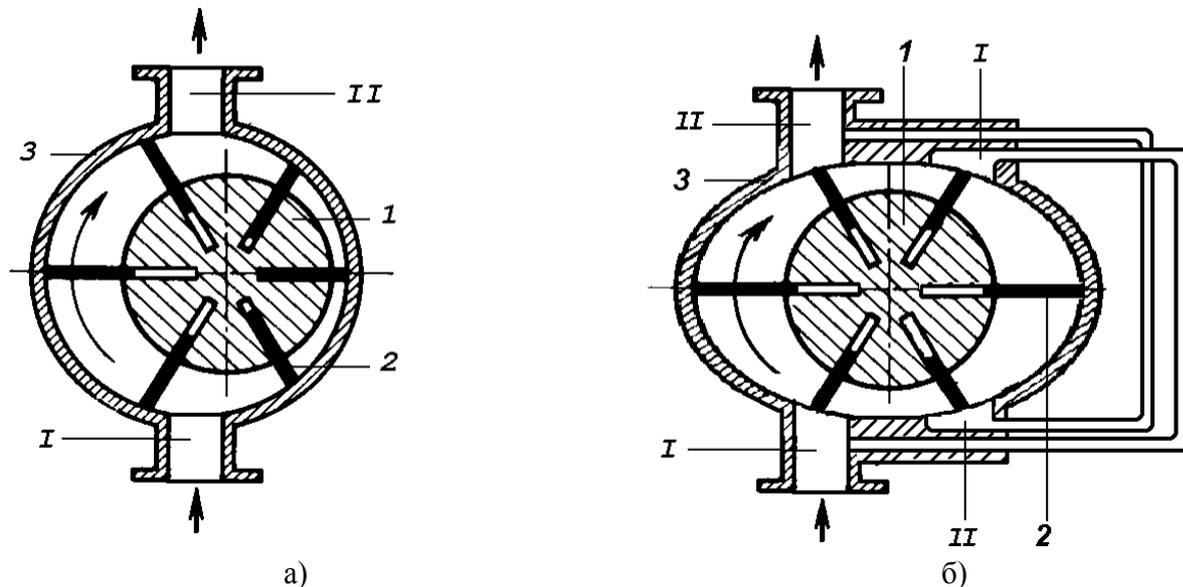


Рис. Схемы работы пластинчатого насоса: - I - зона всасывания; II - зона нагнетания; 1 - ротор; 2 - лопасти; 3 - корпус.

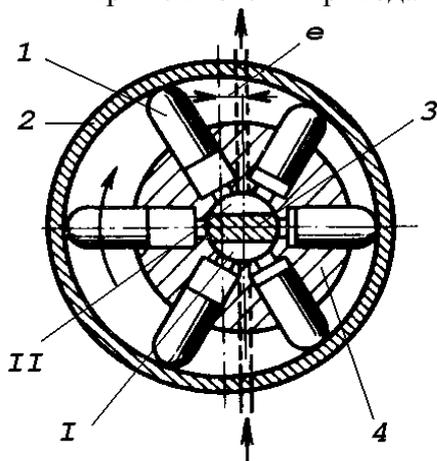
При сообщении вращения ротору лопасти 2 прижимаются центробежными силами к внутренней поверхности корпуса 3. Изменение объема между лопастями в течение одного оборота ротора ведет к периодическому всасыванию с последующим нагнетанием рабочей жидкости в гидросистему.

Коэффициент полезного действия (КПД) пластинчатого насоса превышает КПД шестеренчатого насоса.

Радиально-поршневые насосы (рис.).

Являются регулируемыми.

Применяются в приводах главного движения и подачи.



Для вопроса

Рис. Схема работы радиально-поршневого насоса: - I - зона всасывания; II - зона нагнетания; 1 - ротор; 2 - поршень; 3 - обойма корпуса; 4 - перемычка.

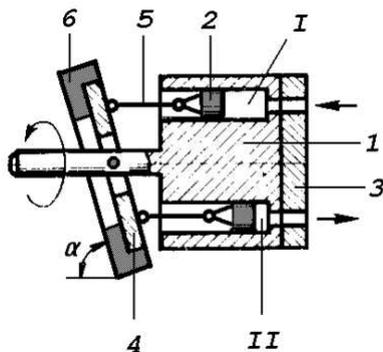
При сообщении вращения ротору радиально установленные поршни 2 прижимаются центробежными силами к внутренней поверхности корпуса 3. Изменение объема между стенкой расточки и торцом поршня 2 в течение одного оборота ротора ведет к периодическому всасыванию с последующим нагнетанием рабочей жидкости в гидросистему.

Изменять расход рабочей жидкости (производительность насоса) можно за счет установки требуемого значения эксцентриситета "e". При  $e = 0$  подача насоса равна нулю, так как изменения подпоршневого объема не происходит.

Аксиально-поршневые насосы (рис.).

Аксиально-поршневые насосы бывают регулируемые и нерегулируемые.

Как и радиально-поршневые, они применяются в приводах главного движения и подач.



Для вопроса

Рис. Схемы работы поршневого насоса: - I - зона всасывания; II - зона нагнетания; 1 - ротор; 2 - поршень; 3 - диск распределительный; 4 - обойма; 5 - тяга; 6 - диск обоймы.

Отличительной особенностью аксиально-поршневых насосов является осевое расположение поршней 2 по отношению к оси вращения ротора 1. Обойма 4 насоса установлена под углом  $\alpha$ . В расточке обоймы 4 установлен с возможностью вращения диск 6, связанный тягами 5 с поршнями 2. Неподвижный от вращения распределительный диск 3 имеет зону всасывания I и нагнетания II.

При сообщении вращательного движения ротору 1 аксиально установленные поршни 2 будут совершать колебательные движения. Изменение объема между распределительным диском 3 и торцом поршня 2 в течение одного оборота ротора 1 ведет к периодическому всасыванию с последующим нагнетанием рабочей жидкости в гидросистему.

### *Аппаратура управления.*

В гидроприводе аппарата управления делится на распределительную гидроаппаратуру и регулирующую гидроаппаратуру.

#### Распределительная гидроаппаратура

Распределительная гидроаппаратура служит для выполнения необходимых переключений направления потока жидкости по различным магистралям гидропривода.

К распределительной гидроаппаратуре относят:

гидрораспределитель золотникового типа;

гидрораспределитель кранового типа;

обратный клапан.

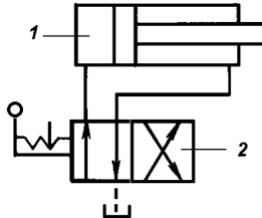
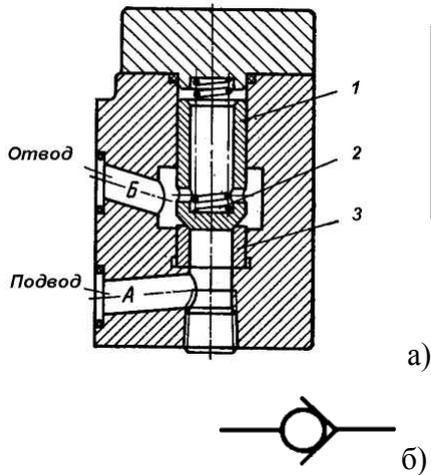


Рис. Схема подключения гидрораспределителя для управления гидроцилиндром: 1 – гидроцилиндр; 2 - гидрораспределитель.

Обратный клапан (рис.) предназначен для предотвращения вытекания рабочей жидкости из гидросистемы при отключении ее подачи насосом. Он свободно пропускает рабочую жидкость в одном направлении (в гидросистему) и не пропускает ее в противоположном.



Для заметки

Рис. Схема обратного клапана:

а - составные части; б - условное обозначение;

1 - клапан; 2 - пружина; 3 - седло.

Пружина 3 обратного клапана очень слабая и предназначена только для компенсации веса клапана 1 при любом его положении в пространстве. При падении давления рабочей жидкости в магистрали подвода, более высокое давление в гидросистеме обеспечит герметизацию соединения клапан - седло.

Регулирующая гидроаппаратура.

Регулирующая гидроаппаратура предназначена для регулирования давления и расхода рабочей жидкости, а также для осуществления управляющих воздействий на эти параметры.

К регулирующей гидроаппаратуре относят:

- клапаны давления, ограничивающие, поддерживающие или регулирующие давление в гидросистеме за счет изменения проходящего через них потока рабочей жидкости;

- дроссели и регуляторы потока, поддерживающие заданный расход рабочей жидкости.

Примеры выполнения клапанов давления.

а) Предохранительный клапан прямого действия (рис. ).

Служит для предотвращения повышения давления рабочей жидкости в системе сверх нормы. Обеспечивают малый расход рабочей жидкости.

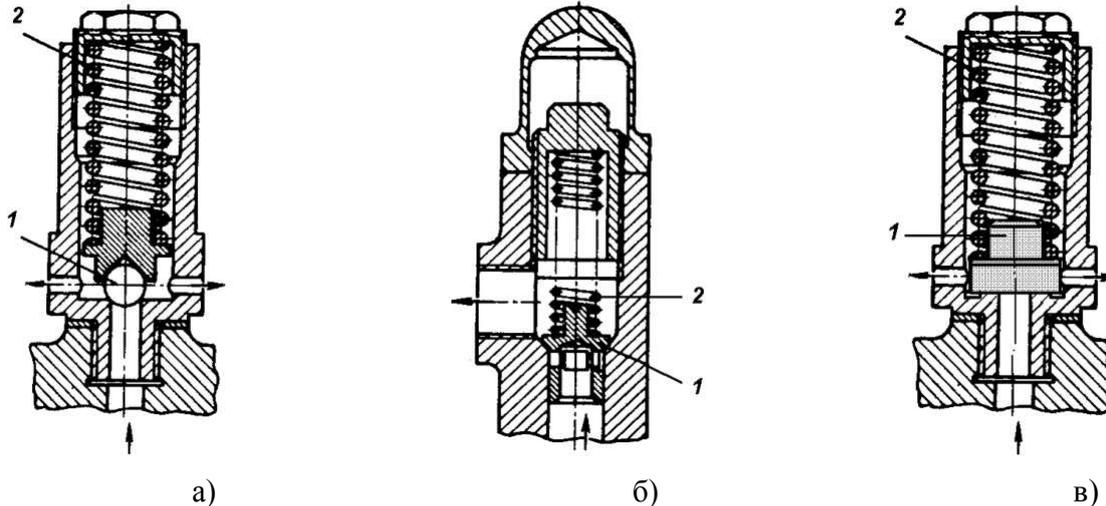
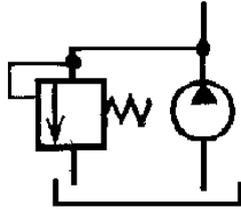


Рис. Разновидности предохранительных клапанов: а - шариковый клапан; б - клапан с коническим седлом; в - пластинчатый клапан; 1 - клапан; 2 - пружина регулировочная.

Нормируемое давление в гидросистеме определяется настройкой пружины 2 на определенное усилие.

Предохранительный клапан обычно включается параллельно насосу (рис.).

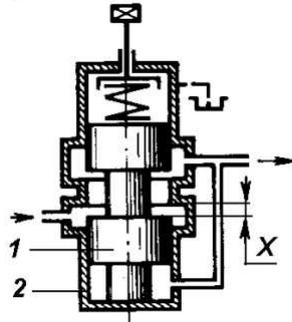


Для вопроса

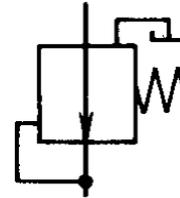
Рис. Схема подключения предохранительного клапана.

б) Редукционный гидроклапан (рис.).

Предназначен для поддержания определенного постоянного давления в отдельных участках гидросистемы, сниженного по сравнению с давлением в напорной магистрали.



а



б

Рис. Схема редукционного клапана: а - составные части; б - условное обозначение; 1 - грибовый золотник; 2 - корпус.

При повышении давления в системе низкого давления грибовый золотник 1 приподнимется вверх, уменьшая размер “X” щели, что увеличит местное сопротивление для потока рабочей жидкости из магистрали высокого давления. Это приведет к постепенному сниже-

нию давления на выходе до ранее настроенного значения. Снижение давления на выходе приведет к обратному эффекту - к опусканию грибового золотника 1, увеличению размера щели “Х” и к постепенному увеличению выходного давления. Так обеспечивается автоматическая стабилизация давления в магистрали низкого давления.

в) Гидродроссель (рис).

Предназначен для регулирования расхода рабочей жидкости за счет изменения сечения проходного отверстия магистрали.

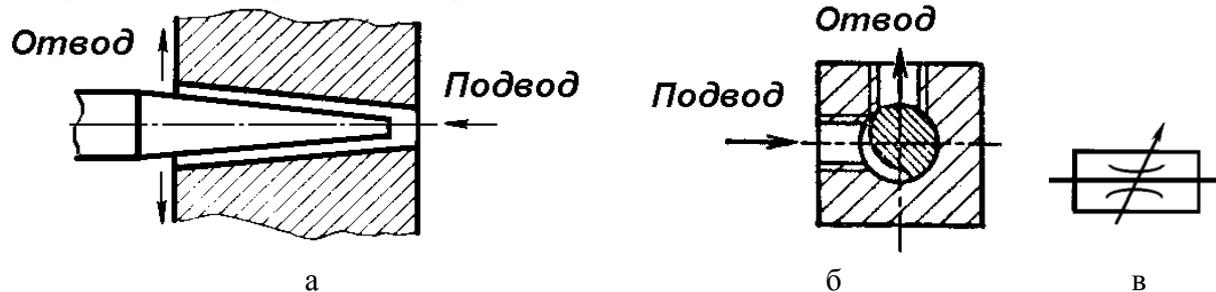


Рис. Типы дросселей: а - конический; б - серповидный; в - обозначение дросселя.

Для заметок

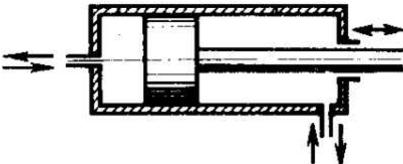
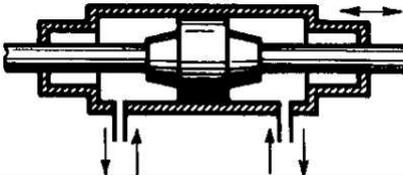
MULTA PAUCIS, лат. – многое в немногих словах

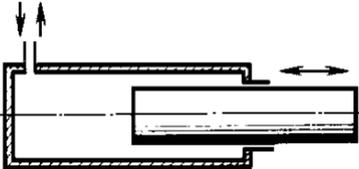
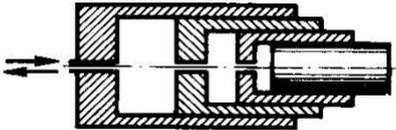
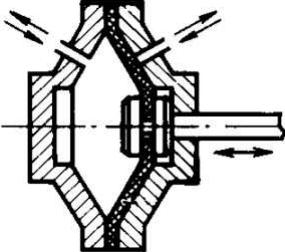
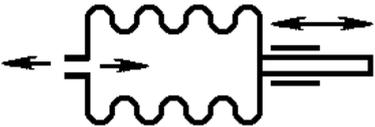
## Гидроцилиндры

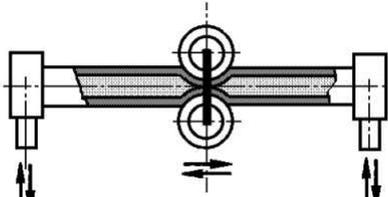
Гидроцилиндр - это объемный гидравлический двигатель с поступательным движением выходного звена.

Применение - для приводов главного движения, подачи и вспомогательных движений.  
Типы гидроцилиндров (см. табл).

Таблица

Наименование	Схема работы	Особенности конструкции
Гидроцилиндр одностороннего действия		Возврат поршня - за счет возвратной пружины
Гидроцилиндр двустороннего действия		Скорость движения поршня в противоположных направлениях различна
Гидроцилиндр с двусторонним штоком		Скорость движения поршня в противоположных направлениях одинакова

<p>Плунжерный гидроцилиндр</p>		<p>Плунжер выполняет роль штока. Одностороннего действия</p>
<p>Телескопический гидроцилиндр</p>		<p>Одностороннего действия с увеличенным ходом</p>
<p>Мембранный гидроцилиндр</p>		<p>Роль поршня выполняет мембрана. Ход штока незначителен.</p>
<p>Сильфонный гидроцилиндр</p>		<p>Цилиндр выполнен из тонкой гофрированной трубки, деформируемой при подаче давления в полость. Ход зависит от высоты гофров</p>

<p>Гидроцилиндр перистальтический</p>		<p>Корпус цилиндра выполнен из эластичной трубки, пережатой двумя роликами. Оси роликов связаны серьгами.</p>
---------------------------------------	--	---

Скорость поступательного движения штока гидроцилиндра рассчитывается по формуле:

$$V = Q / F, \text{ м / мин,}$$

где

Q - расход рабочей жидкости в единицу времени, м<sup>3</sup> / мин;

F - площадь поршня, м<sup>2</sup>.

### *Гидромоторы (гидродвигатели)*

Предназначены для преобразования энергии движения жидкости в механическую энергию вращения. В качестве гидродвигателя можно использовать любой из гидронасосов.

Шестеренчатые гидромоторы

Шестеренчатые гидромоторы не нашли широкого применения (низкий КПД).

Лопастные гидромоторы.

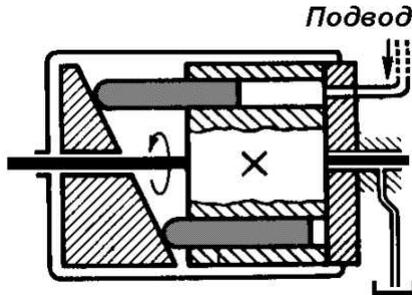
В отличие от насосов лопастные гидромоторы не имеют наклона лопаток.

Поршневые гидромоторы.

Жесткость механической характеристики гидромотора поршневого типа выше, чем у лопастного.

Радиальные поршневые гидромоторы обеспечивают высокий крутящий момент при низких оборотах выходного вала.

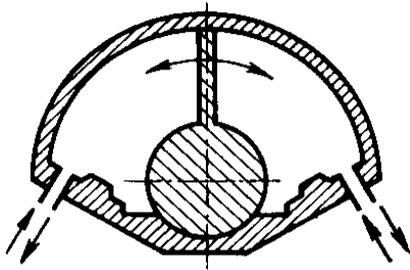
Аксиальные поршневые гидромоторы (рис.) наоборот - обеспечивают низкий крутящий момент при высоких оборотах выходного вала.



Для вопроса

Рис. Аксиально-поршневой гидромотор

Гидродвигатели поворотного типа (рис.) – применяются для обеспечения периодических движений рабочих органов станков, а также в приводах зажимных устройств.



Для вопроса

Рис. Гидродвигатель поворотного типа

Для заметок

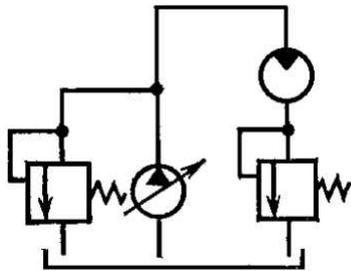
NE QUID NIMIS, лат. – ничего лишнего

## 2. Схемы гидравлических приводов с объемным и дроссельным регулированием скорости движения.

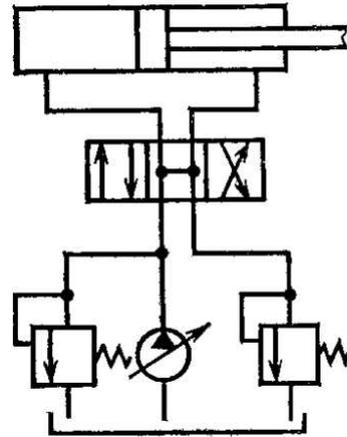
Как известно, скорость движения поршня гидроцилиндра и частота вращения гидромотора зависит от объема рабочей жидкости, подаваемого в него в единицу времени, то есть от расхода.

### **Объемное**

Объемное регулирование (рис.) производится насосом с регулируемым расходом рабочей жидкости и применяется при небольших мощностях привода.



а

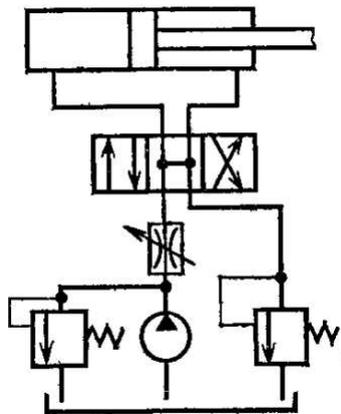


б

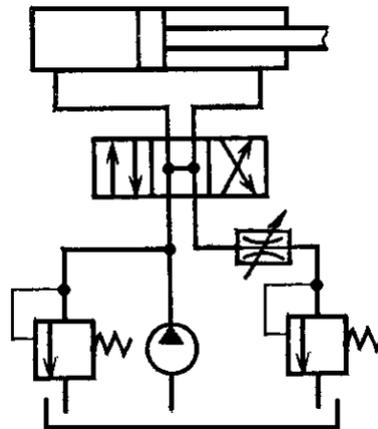
Рис. Объемное регулирование скорости: а - привод станка имеет вращательное движение; б - привод станка имеет поступательное движение.

*Дроссельное регулирование скорости (рис.).*

Производится в случае использования нерегулируемого насоса. Изменение скорости движения рабочего органа станка производится за счет изменения количества рабочей жидкости, проходящего через дроссель.



а



б

Рис. Дроссельное регулирование скорости: а - дроссель установлен на входе; б - дроссель установлен на выходе.

Для заметок

OMNIA MEA MECUM PORTO, лат. – все мое ношу с собой

### Вопросы по разделу

1 уровень	2 уровень	3 уровень
Состав гидропривода.	Виды гидроцилиндров и гид-	Почему гидропривод, имея

Достоинства и недостатки гидропривода.	ромоторов. Принцип действия перистальтического гидроцилиндра.	низкий КПД, продолжает широко использоваться в станках?
Виды насосов, применяемых в станках. Шестеренчатый насос.	Как рассчитать скорость движения поршня гидроцилиндра?	Дайте оценку эффективности используемым в гидроприводах насосам и цилиндрам.
Аппаратура управления. Ее состав.	Устройство и назначение редукционного клапана. Как он работает?	Какие меры применяют в гидроприводах для устранения утечек рабочей жидкости?
Назначение и работа гидрораспределителя, предохранительного и обратного клапана, дросселя	Какая схема дроссельного регулирования скорости на Ваш взгляд лучше: с дросселем на входе или на выходе?:	Предложите схему подключения гидравлических зажимных тисков к гидроприводу станка.
Работа схем гидравлических приводов с объемным и дроссельным регулированием скорости движения		

# Лекция № 7.

## **Общая методика наладки металлорежущих станков.**

### 1. Последовательность наладки.

Для большинства станков методика наладки одинакова. Она заключается в сообщении исполнительным органам станка требуемых по величине и согласованных друг с другом движений.

Наладка станка требует расчета передаточного отношения органа наладки цепи главного движения и передаточного отношения органа наладки цепи подачи.

Для этой цели:

намечают расчетную кинематическую цепь (находят начальное и конечное звенья кинематической цепи, прослеживают, как осуществляется передача движения от начального звена к конечному);

связывают расчетные перемещения начального и конечного звеньев кинематической цепи; составляют уравнение кинематического баланса;

из уравнения кинематического баланса выводят формулу наладки цепи;

производят подбор параметров настроенного органа наладки.

Уравнением кинематического баланса называют математическое уравнение, связывающее расчетные перемещения начального и конечного звеньев кинематической цепи.

1.1. Последовательность наладки привода, начальное и конечное звенья которого имеют вращательные движения (рис.).

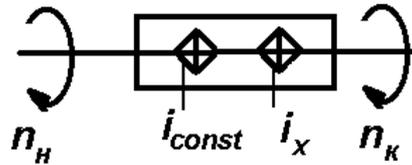


Рис. Блок-схема органа наладки.

Запись взаимосвязи расчетных перемещений начального ( $n_H$ ) и конечного ( $n_K$ ) звеньев в этом случае выглядит следующим образом:

$$n_H, \text{ мин}^{-1} \Rightarrow n_K, \text{ мин}^{-1}.$$

Тогда уравнение кинематического баланса:

$$n_H * i_{const} * i_X = n_K,$$

где

$n_H$  - частота вращения начального звена;

$n_K$  - частота вращения конечного звена;

$i_{const}$  - постоянное передаточное отношение участка цепи;

$i_X$  - искомое передаточное отношение органа наладки.

Отсюда формула наладки:

$$i_X = n_K / (n_H * i_{const}).$$

Для вопроса

1.2. Последовательность наладки привода, начальное звено которого имеют вращательное движение, а конечное - поступательное (рис.).

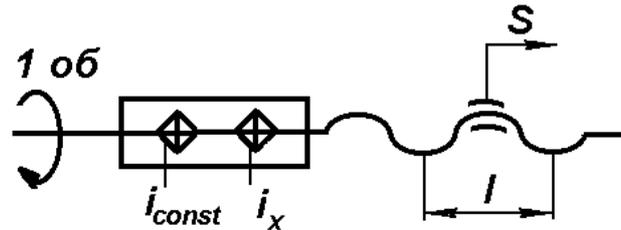


Рис. Блок-схема органа наладки.

Запись взаимосвязи расчетных перемещений начального ( $n_n$ ) и конечного ( $n_k$ ) звеньев в этом случае выглядит следующим образом:

1 оборот начального звена  $\Rightarrow$  S мм продольного перемещения конечного звена.

Тогда уравнение кинематического баланса:

$$1 * i_{const} * i_y * L = S,$$

где

$i_y$  - искомое передаточное отношение органа наладки;

L - перемещение кинематической пары, преобразующей вращательное движение в поступательное (например, перемещение гайки за один оборот винта).

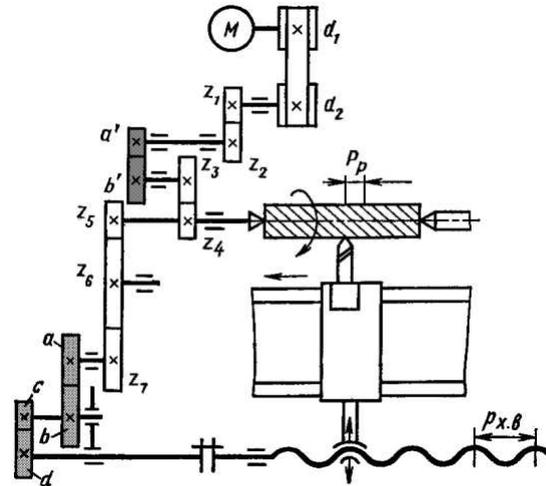
Отсюда формула наладки:

$$i_y = S / (L * i_{const}).$$

Для вопроса

Пример.

Провести наладку токарно-винторезного станка (рис.) на нарезание однозаходной резьбы шагом  $P_p$  (мм) резцом на заготовке диаметром  $D$  (мм) со скоростью резания  $V$  (м/мин).



1) Расчет наладки кинематической цепи привода главного движения.

Из условия оптимального резания находим частоту вращения шпинделя станка:

$$n_{\text{шп}} = 1000 * V / (\pi * d), \text{ м/мин.}$$

Расчетные перемещения конечных звеньев цепи:

$$n_{эд}, \text{ мин}^{-1} \Rightarrow n_{шп}, \text{ мин}^{-1}$$

Уравнение кинематического баланса:

$$n_{эд} * (d_1 / d_2) * (Z_1 / Z_2) * (a_1 / b_1) * (Z_3 / Z_4) = n_{шп}.$$

Формула наладки:

$$(a_1 / b_1) = (n_{шп} / n_{эд}) * (d_2 / d_1) * (Z_2 / Z_1) * (Z_4 / Z_3).$$

Подставляя значения известных параметров, получим

$$(a_1 / b_1) = n_{шп} / 120.$$

Подобрав сменные колеса  $a_1$  и  $b_1$ , проводят наладку цепи главного движения.

2) Расчет наладки цепи подач.

Расчетные перемещения:

1 оборот начального шпинделя  $\Rightarrow P_p$  мм шага нарезаемой резьбы.

Уравнение кинематического баланса:

$$1 * (Z_5 / Z_6) * (Z_6 / Z_7) * (a / b) * (c / d) * P_{x..в} = P_p.$$

Формула наладки:

$$(a / b) * (c / d) = (P_p / P_{x..в}) * (Z_7 / Z_5).$$

Подставляя значения известных параметров, получим

$$(a / b) * (c / d) = P_p / 4.$$

Подобрав сменные колеса  $a$ ,  $b$ ,  $c$  и  $d$ , проводят наладку цепи подач.

2. Подбор чисел зубьев сменных зубчатых колес.

Гитары станков имеют наборы зубчатых колес (нормализованные комплекты).

Чтобы подобранные сменные зубчатые колеса могли поместиться на гитаре и не упираться во втулки валиков, необходимо соблюдать следующие условия:

$$a + b > c + (15...20);$$

$$c + d > b + (15...22).$$

Примечание. Кроме этого необходимо учитывать ограничения, накладываемые на передаточные отношения повышающей и понижающей передач коробки подач ( $i_{\min} > 0,2$  и  $i_{\max} < 2,5$ ), а также технологическое ограничение  $Z_{\min} > 17$  (для предотвращения подрезания ножки зуба).

Наиболее распространенные способы подбора зубьев сменных зубчатых колес:

### *2.1. Способ разложения на простые множители.*

Пример.

$$(a / b) * (c / d) = 1 / 2;$$

$$(a / b) * (c / d) = (40 / 20) * (20 / 80).$$

### *2.2. Способ замены часто встречающихся чисел приближенными дробями.*

$$\pi \approx 22 / 7 \approx (33 / 25) * (27 / 11);$$

$$\pi / 25,4 \approx 12 / 97 \approx (5 / 32) * (10 / 24);$$

$$25,4 * \pi \approx (22 / 7) * (127 / 5).$$

### *2.3. Логарифмический метод.*

$$\lg i = \lg ac - \lg bd.$$

Определив  $\lg i$ , по специальным таблицам находят  $(a / b) * (c / d)$ .

#### 2.4. Подбор зубьев колес по таблицам Сандакова.

Определяют  $i$  в виде десятичной дроби с точностью до 6 знака после запятой. При этом дробь должна быть меньше единицы. По таблице, зная  $i$ , находят правильную дробь, разлагают ее на простые множители и проводят подбор числа зубьев.

#### **Вопросы по разделу**

1 уровень	2 уровень	3 уровень
Какова последовательность наладки привода, начальное и конечное звенья которого имеют вращательные движения?	Что значит произвести наладку станка?	Составьте уравнение кинематического баланса для кинематической цепи начальное звено которой имеет поступательное движение, а конечное – вращательное?
Какова последовательность наладки привода, начальное звено которого имеют вращательное движение, а конечное – поступательное?	Как составить уравнение кинематического баланса?	
Как подобрать гитару сменных зубчатых колес?		

Для заметок

SAPIENS SAT, лат. – мудрому достаточно

# Лекция № 8.

## **Токарные станки.**

Назначение:

- обработка тел вращения (цилиндрических, конических, фасонных);
- обработка винтовых поверхностей.

Размеры обрабатываемых деталей:

- по диаметру - от долей мм до 4 м;
- по длине - от нескольких мм до 30 м.

Точность обработки:

- станки нормальной точности обеспечивают точность 7 квалитета;
- прецизионные станки - 5 квалитет и выше.

Шероховатость:

- станки нормальной точности обеспечивают получение шероховатости до  $R_z = 0,63$  мкм;
- прецизионные станки до  $R_z = 0,02$  мкм.

По классификации ЭНИМС токарные станки разделены на 9 групп:

- одно-шпиндельные полуавтоматы и автоматы;
- многшпиндельные полуавтоматы и автоматы;
- токарно-револьверные станки;
- токарно-револьверные полуавтоматы;
- токарно-карусельные станки;
- токарные и лобовые станки;

Для заметки

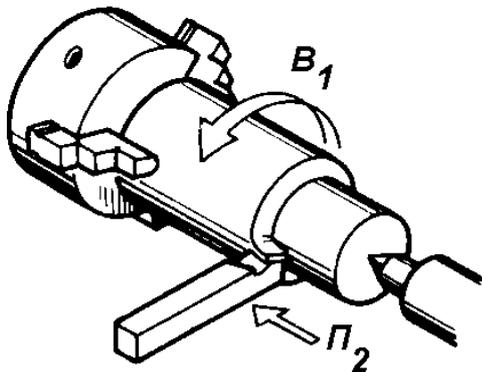
- многорезцовые, копировальные станки;
- специализированные станки (затыловочные...);
- разные токарные станки.

Принцип работы токарного станка.

Токарный станок, изобретенный еще Нартовым, использует два основных вида движений (рис):

главное движение резания - вращательное  $V_1$  (от электродвигателя через коробку скоростей к шпинделю);

движение подачи  $\Pi_2$  (от шпинделя через коробку подач к передаче винт-гайка или зубчатое колесо-рейка).



Для вопроса

Рис. Схема движений при точении

Для заметки

Устройство токарного станка (рис.)

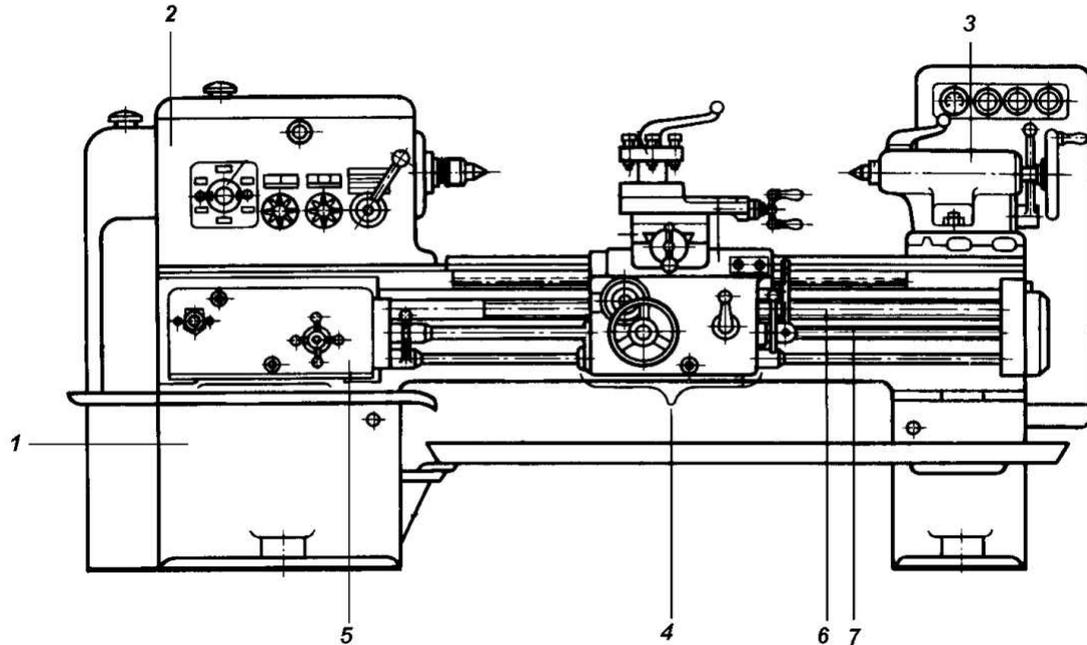


Рис. Основные узлы токарного станка: 1 - станина; 2 - передняя бабка; 3 - задняя бабка; 4 - суппорт с фартуком, поперечными салазками и резцедержателем; 5 коробка подач; 6 - ходо-

вой винт; 7 - ходовой вал.

Привод главного движения токарного станка содержит: электродвигатель, ременную передачу, коробку скоростей (настроечный орган) и шпиндель (выходное звено привода).

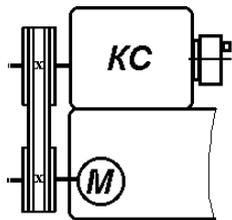
Привод подач: шпиндель (начальное звено), гитару сменных зубчатых колес и коробку подач (настроечные органы привода подач), ходовой винт (первое выходное звено привода подач) и ходовой вал, связанный с механизмом фартука, передачу зубчатое колесо-рейка (второе выходное звено привода подач).

Привод ускоренных подач содержит: электродвигатель, зубчатую или ременную передачу, ходовой вал, механизм фартука и передачу зубчатое колесо-рейка.

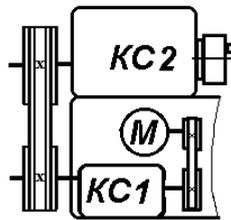
#### Компоновка привода главного движения токарного станка

1. Источник движения и коробка скоростей установлены в разных частях станка (рис. а).

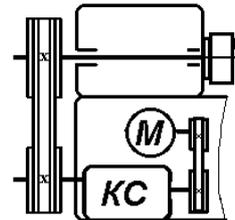
Такая компоновка применяется для станков нормальной точности.



а



б



в

Рис. Варианты компоновок привода главного движения токарного станка: а - с верхним расположением коробки скоростей; б - с разделенным приводом; в - с нижним расположением коробки скоростей.

## 2. Разделенный привод.

Коробка скоростей разделена на 2 части. Данная схема применяется в конструкциях высокоточных станков.

## 3. Коробка скоростей отделена от выходного вала (шпинделя).

Такая схема более устойчива к вибрациям (роль демпферов выполняют две ременные передачи) и нашла применение в станках повышенной, высокой и особо высокой степени точности.

С точки зрения простоты выгоднее использовать схему с верхним расположением коробки скоростей (рис. а).

Для заметок на полях:

СКАЖИ МНЕ, КТО ТВОЙ ДРУГ..., рус. — ...и я скажу ему, кто ты

## Токарно-винторезный станок мод. 16К20

Станок предназначен для выполнения токарных работ: обтачивания наружных и растачивания внутренних поверхностей, подрезания торцов, нарезки правой и левой метрической, дюймовой, однозаходной и многозаходной резьбы с нормальным и увеличенным шагом, нарезки торцовой резьбы и т.д.

Станок мод. 16К20 - базовый станок нормальной точности, высокой жесткости.

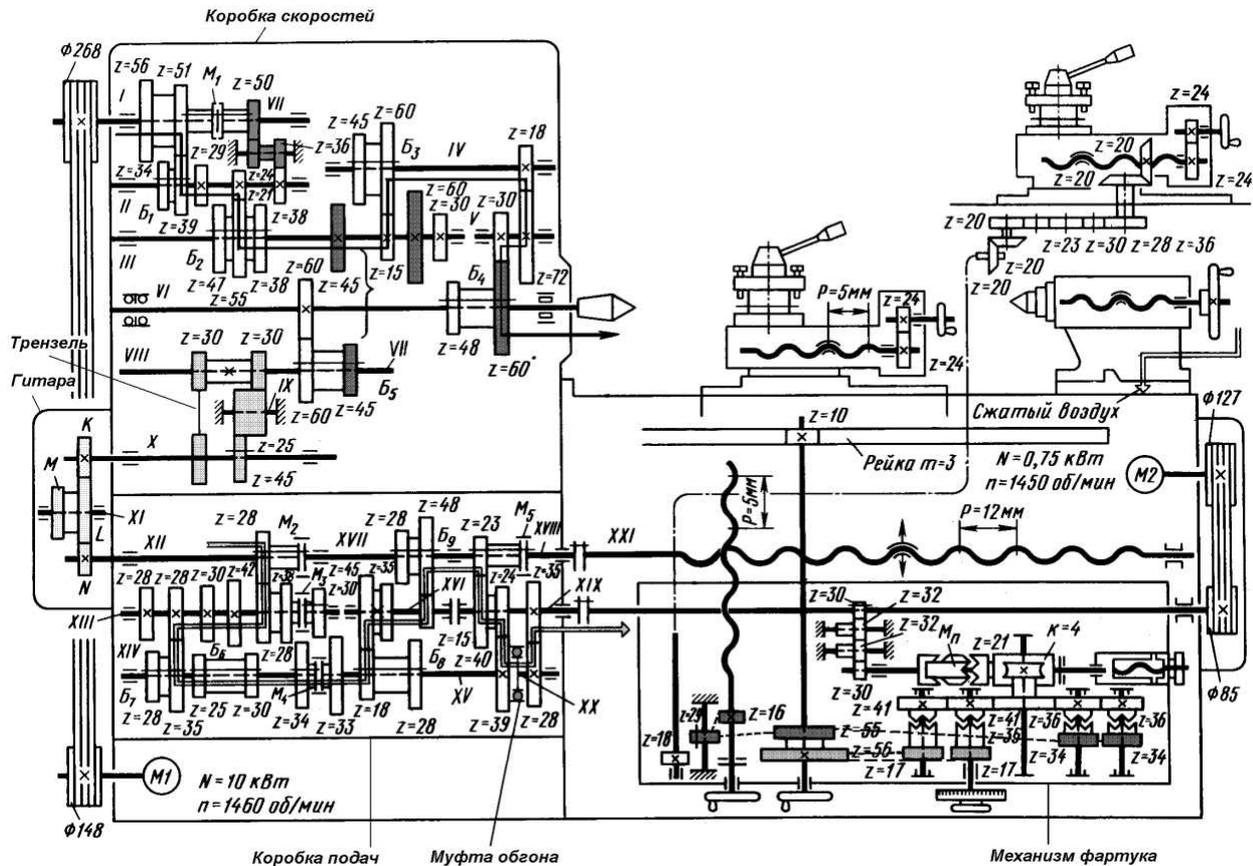
В станке применена централизованная система смазки коробок скоростей и подач, направляющих станины и суппорта. Задняя бабка установлена на аэростатических опорах.

Основные технические характеристики:

Наибольший диаметр заготовки, мм	
над станиной	400
над суппортом	220
Наибольший диаметр прутка, мм	50
Число скоростей шпинделя	22
Пределы частот шпинделя, мин <sup>-1</sup>	12,5-1600
Пределы подач, мм/об	

продольная	0,05-2,8
поперечная	0,025-1,4
Мощность электродвигателя, кВт	10
Частота вращения электродвигателя, мин <sup>-1</sup>	1460

Кинематическая схема станка



Привод главного движения.

Состав:

- электродвигатель М1;
- клиноременная передача 148/268;
- коробка скоростей;
- шпиндель.

Для заметки

Муфта М1 служит для включения, выключения и реверсирования вращения шпинделя.

Максимальная частота вращения шпинделя (при работе без перебора)

$$n_{\max} = 1460 * 0.985 * (148/268) * (56/34) * (29/47) * (60/48) = 1600 \text{ мин}^{-1}.$$

Минимальная частота вращения шпинделя (при работе с перебором)

$$n_{\min} = 1460 * 0.985 * (148/268) * (51/39) * (24/55) * (15/60) * (18/72) * (30/60) = 12,5 \text{ мин}^{-1}.$$

Часть кинематической цепочки ( $z = 15 / z = 60$  или  $z = 45 / z = 45$ )  $\Rightarrow$  ( $z = 18 / z = 72$ )  $\Rightarrow$  ( $z = 30 / z = 60$ ) называется *перебором*.

Привод подач.

Привод подач станка содержит:

- Звено увеличения шага резьбы.
- Трензель (механизм реверса ходового винта).
- Гитару сменных зубчатых колес.
- Коробку подач.
- Муфту обгона.
- Механизм фартука.

Для вопроса

Звено увеличения шага резьбы обеспечивает 3 передачи от шпинделя (в том числе 2 - через перебор).

Трензель служит для реверса ходового винта при нарезке правой или левой резьбы резцом.

Гитара сменных зубчатых колес служит для нарезки резьбы, в том числе точной и специальной, в качестве настроенного органа.

Коробка подач служит для нарезки резьбы (16 дюймовых и 16 метрических). При нарезке точной резьбы коробка подач отключается (муфты М2 и М5 включены, муфты М3 и М4 отключены, а наладка на нужный шаг производится гитарой сменных зубчатых колес).

Муфта обгона обеспечивает возможность ускоренного движения суппорта от ходового вала при включенной рабочей подаче от коробки подач.

Механизм фартука

Механизм фартука имеет:

Кинематическую цепь продольных подач через ходовой вал на рейку от зубчатых колес  $Z=30 \Rightarrow Z=32 \Rightarrow Z=32 \Rightarrow Z=30 \Rightarrow Mп \Rightarrow Z=4 \Rightarrow Z=21 \Rightarrow Z=36 \Rightarrow Z=41 \Rightarrow Z=41 \Rightarrow M7$  (или M8)  $\Rightarrow Z=17 \Rightarrow Z=66 \Rightarrow Z=10 \Rightarrow$  Рейка.

Кинематическую цепь поперечных подач через ходовой вал на винт ( $P = 5$ ) от зубчатых колес  $Z=30 \Rightarrow Z=32 \Rightarrow Z=32 \Rightarrow Z=30 \Rightarrow Mп \Rightarrow Z=4 \Rightarrow Z=21 \Rightarrow Z=36 \Rightarrow Z=36 \Rightarrow Z=36 \Rightarrow M9$  (или M10)  $\Rightarrow Z=34 \Rightarrow Z=55 \Rightarrow Z=29 \Rightarrow Z=16 \Rightarrow$  винт ( $P = 5$ ).

Кинематическую цепь ускоренного движения: электродвигатель М2  $\Rightarrow$  ременная передача  $\Rightarrow$  ходовой вал.

## Особенности наладки станка при нарезке многозаходной резьбы.

Распространены следующие способы:

### 1. Использование делительного диска.

На стане 16К20 имеется специальное делительное устройство для нарезки многозаходной резьбы.

Оно состоит из фланца с риской, укрепленного на корпусе передней бабки, и кольца, насаженного на передний конец шпинделя, с 60 делениями. Это позволяет поворачивать шпиндель на  $1/60$ ,  $1/30$ , ... ,  $1/5$ ,  $1/4$ ,  $1/3$ ,  $1/2$  часть оборота.

Нарезав первый заход на полный профиль, отводят резец от заготовки, и, сообщая ходовому винту обратный ход, возвращают суппорт в начальное положение. Затем, при неподвижном ходовом винте, поворачивают деталь на требуемый угол.

### 2. Деление по шагу.

Это наиболее простой способ.

Для заметок

O, SANCTA SIMPLICITAS, лат. – о, святая простота!

Сначала нарезают первый заход резьбы. Затем по винту возвращают суппорт в начальное положение. После этого перемещают резец в продольном направлении на величину  $P_z = P / Z$  ( $P$  - ход резьбы;  $Z$  - число заходов), но уже не ходовым винтом, а винтом верхних салазок суппорта (по лимбу).

### 3. Применение специальных устройств.

Иногда используют специальные державки с резцами, установленными на расстоянии шага нарезаемой резьбы.

## Особенности наладки станка при обработке конуса.

Находят применение следующие способы обработки конуса:

Смещением центра задней бабки в поперечном направлении (деталь устанавливается в центрах с поводковым устройством).

Поворотом верхних салазок суппорта на требуемый угол конуса (геометрическое профилирование).

Применением конусной линейки (линейка-копир фиксируется на станине, гайка поперечного хода отключается, а поперечные салазки станка связываются с линейкой-копиром).

Использованием широкого резца (образующая конуса формируется главным режущим лезвием резца).

## Приспособления к токарным станкам

Приспособления предназначены для установки и закрепления заготовок.

Установка подразумевает базирование.

Закрепление обеспечивает предотвращение смещение заготовки под действием сил резания и крутящих моментов.

Из курса "Технология машиностроения" известно, что при токарной обработке на заготовку необходимо наложить 4-5 связей. В этом случае заготовка лишается 4-5 степеней подвижности.

Токарная обработка, в зависимости от вида обрабатываемой детали, использует следующие схемы базирования:

Для ориентации длинного цилиндрического тела ( $L > d$ ) - двойная направляющая и опорная базы.

Для ориентировки диска - установочная и двойная опорная базы.

Ориентировка заготовки по длинной конической поверхности - опорно-направляющая база (двойная направляющая + опорная база).

Ориентирование в центрах: передний (левый) центр - опорно-центрирующая база; задний (правый) центр - центрирующая база.

В связи с разнообразием схем базирования имеется большое разнообразие и токарных приспособлений.

Классификация приспособлений:

- Приспособления неразборные специальные (для массового и крупносерийного производства).
- Приспособления специализированные наладочные (для серийного производства).
- Сборно-разборные приспособления (для серийного производства).
- Универсально-наладочные приспособления (для мелкосерийного и индивидуального производства).
- Универсально-наладочные приспособления (для мелкосерийного производства).
- Универсальные безналадочные приспособления (для мелкосерийного производства).
- Универсально-сборные приспособления (для мелкосерийного производства).

В большинстве случаев при токарной обработке базовые поверхности используют и в качестве крепежных (для закрепления):

- за наружную поверхность;
- за центры;
- за отверстие.

Для мудрой мысли

ВРЕМЯ – ДЕНЬГИ, рус. – возможно настанет такое время, когда появятся, наконец, деньги

## Патроны

Токарные патроны предназначены для закрепления заготовок за наружную поверхность и за отверстие.

Разновидности патронов (рис.):

1. Самоцентрирующие (цанговые, 2-х и 3-х кулачковые).
2. Несамоцентрирующие (4-х кулачковые, поводковые, специальные, магнитные).

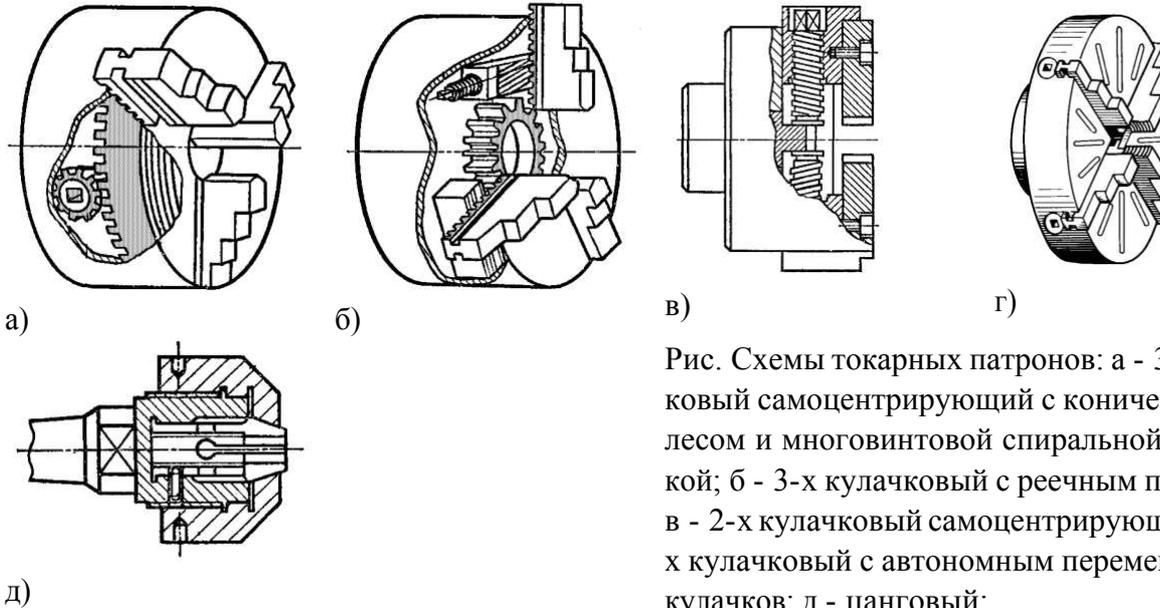


Рис. Схемы токарных патронов: а - 3-х кулачковый самоцентрирующий с коническим колесом и многовинтовой спиральной канавкой; б - 3-х кулачковый с реечным приводом; в - 2-х кулачковый самоцентрирующий; г - 4-х кулачковый с автономным перемещением кулачков; д - цанговый;

Привод патронов:

- Ручной.
- Электрический.
- Гидравлический.
- Пневматический.
- Комбинированный.
- Центробежный.

Способы крепления патрона к шпинделю:

- По резьбе.
- На фланце.

Для вопроса

Заметки на полях

CUIQUE SUUM, лат. – каждому свое

*Центры и поводковые устройства.*

Центры (передний и задний) предназначены для базирования заготовок по специальным центровочным отверстиям, выполненным по оси заготовки и имеющим угол 60 градусов.

Центры обычно фиксируют в отверстиях шпинделя и пиноли задней бабки по конусу Морзе №1...№6.

Виды центров (рис.):

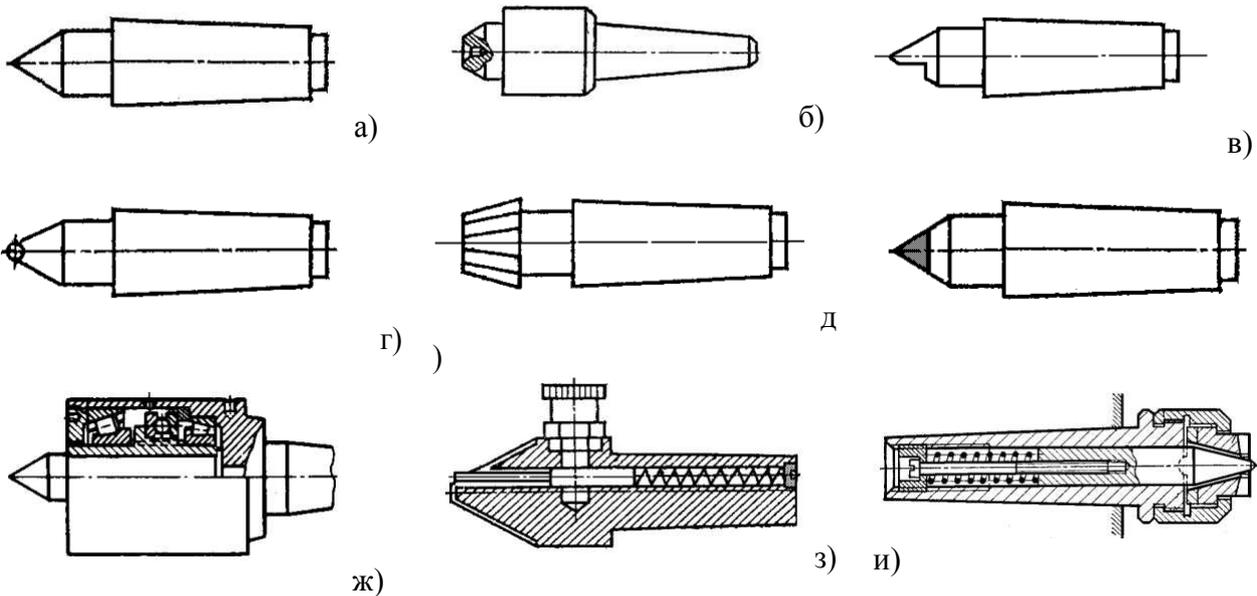


Рис. Центры для токарных работ

Обычный (а).

С внутренним коническим отверстием (б - для заготовок диаметром до 4 мм).

Полуцентр (в).

Со сферической рабочей частью (г - для компенсации перекоса).

Рифленый (д).

С твердосплавным наконечником (е).

Вращающийся (ж - для черновых работ).

Центр с регулируемой подачей смазки (з - с масленкой).

Плавающий центр (и - делают совместно с поводковым патроном).

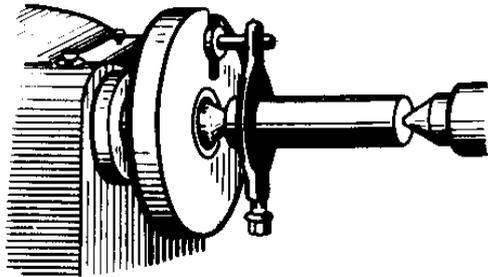
### *Хомутики*

Для передачи крутящего момента при использовании центров применяют хомутики (рис.).

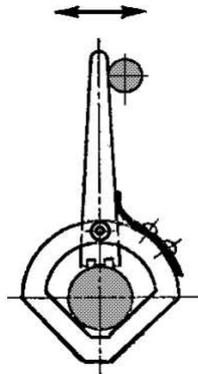
Обычный.(а).

Самозахватывающий (б).

Для заметок



а)



б)

Рис Хомутики для токарных работ:

### *Люнеты*

Служат для поддержки деталей при  $L > (10...15)d$  и компенсации ее прогиба под действием сил резания.

Виды люнетов (рис.):

- Неподвижные (а).
- Подвижные (б).

Для заметок

MAGISTER DIXIT, лат. – так сказал учитель

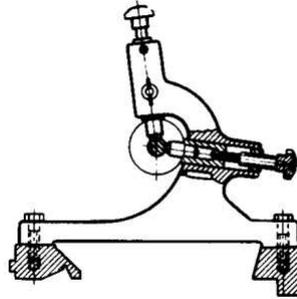
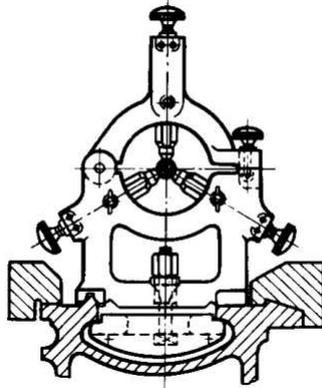


Рис Люнеты для токарных работ

Для вопроса

а)

б)

Люнеты для токарных работ:

Типы кулачков у люнетов:

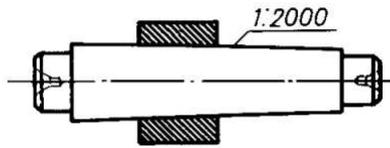
- Обычные (не вращающиеся).
- Подшипниковые (вращающиеся).

### **Оправки**

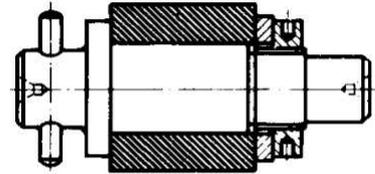
Служат для базирования заготовки по отверстию при обточке наружных поверхностей.

Виды оправок (рис.):

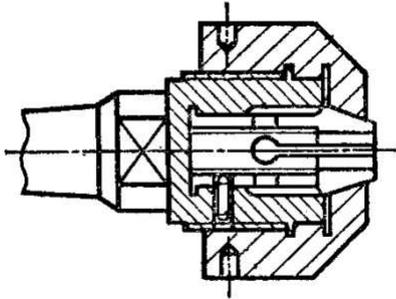
- С малым конусом (а - при конусности 1 : 2000).
- Цилиндрические с быстросъемной шайбой (б).
- Шпиндельные цанговые (в - точные).
- Гидропластные (г - точные).



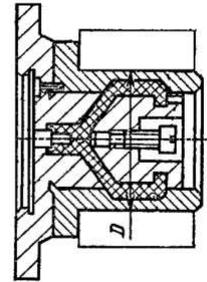
а)



б)



в)



г)

Рис. Оправки для токарных работ.

*Приспособления для крепления заготовок неправильной формы*

Для этих целей наибольшее применение получили 4-х кулачковые патроны и планшайбы с элементами прижима и балансировки.

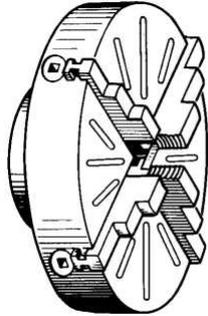


Рис. 4-х кулачковый патрон

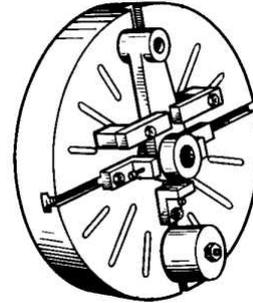


Рис. Планшайба

Для заметок

**Вопросы по разделу**

1 уровень	2 уровень	3 уровень
Назначение и принцип	Как на токарном станке мод.	Как предотвращается полом-

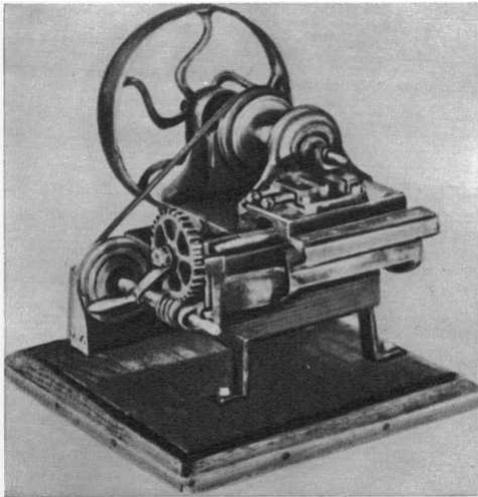
<p>работы токарного станка Устройство токарного станка. Основные узлы.</p>	<p>16К20 нарезать резьбу с увеличенным шагом?</p>	<p>ка станка при одновремен- ном включении рабочей и ускоренной подачи суппор- та?</p>
<p>Компоновка привода главного движения токарного станка</p>	<p>Какую роль выполняет трен- зель? Для чего на станке мод. 16К20 установлена гитара?</p>	<p>Какие конструкции патронов и оправок являются наиболее эффективными для центри- рования заготовок?</p>
<p>Токарно-винторезный станок мод. 16К20, его технические характеристики</p>	<p>В чем особенность наладки токарного станка для обработки конуса?</p>	<p>Проанализируйте достоинст- ва и недостатки подвижных и неподвижных люнетов.</p>
<p>Особенности наладки токарного станка при нарезке многозаходной резьбы</p>	<p>Для чего при обтачивании сложных несимметричных деталей на планшайбе уста- навливают дополнительные грузы?</p>	
<p>Приспособления к токарным станкам, их классификация</p>		

# Лекция № 9.

## **Фрезерные станки и делительные головки.**

Фрезерную обработку, инструмент (фрезу) и фрезерный станок (рис.) изобрел, изготовил и использовал в работе американский изобретатель-механик Эли Уитни (1765 - 1825 гг). Им ранее изобретена хлопкоочистительная машина. Э. Уитни впервые применил фрезерование деталей мушкетов по накладным лекалам (прообраз копировально-фрезерной обработки).

Рис. Фрезерный станок Э.Уитни



Для вопроса по существу

## Назначение фрезерных станков.

Фрезерные станки предназначены для обработки наружных и внутренних поверхностей различных конфигураций (плоскостей, прямых и винтовых канавок, пазов, уступов, нарезка наружной и внутренней резьбы, обработка зубчатых колес и т.п.) с помощью многолезвийного инструмента (фрезы).

## Классификация фрезерных станков

### *1. Станки общего назначения.*

Консольно-фрезерные станки (горизонтальные, вертикальные, универсальные, широкоуниверсальные).

Вертикально-фрезерные бесконсольные станки.

Продольно-фрезерные станки (одно- и двухстоечные) станки/

### *2. Специализированные станки.*

Фрезерные станки непрерывного действия (карусельные, барабанные).

Копировально-фрезерные станки (для контурного и объемного фрезерования).

Гравировально-фрезерные станки.

Резьбофрезерные станки.

Шпоночно-фрезерные станки.

Шлицефрезерные станки.

Зубофрезерные станки.

### *3. Специальные станки.*

Для заметок на полях

## Особенности построения приводов фрезерных станков и элементов управления.

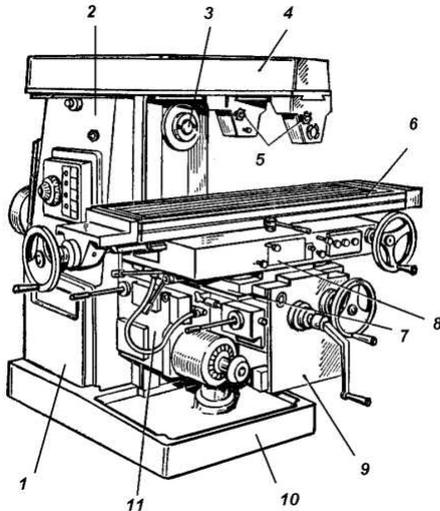
В современных фрезерных станках применяют разделенные приводы главного движения и подачи.

Управление изменением скоростей подач – однорукояточное.

Предусмотрено ускоренное перемещение стола или фрезерной головки во всех направлениях.

### Консольно-фрезерные станки.

Станки называют консольными потому, что стол станка установлен на консоли, перемещающейся вверх по направляющим станины (рис.).



Для вопроса

Рис. Горизонтальный консольно-фрезерный станок: 1 – станина; 2 – коробка скоростей; 3 – шпиндель; 4 – хобот; 5 – серьга; 6 – стол; 7 – поперечные салазки; 8 –поворотная часть; 9 – консоль; 10 – основание; 11 – коробка подач

В станке используется два автономных двигателя для каждого привода - привода главного движения и привода подачи.

Особенность исполнения универсального консольно-фрезерного станка - имеется поворотный стол, обеспечивающий установочные перемещения вокруг вертикальной оси на угол  $\pm 45^\circ$ .

Особенность исполнения вертикального консольно-фрезерного станка - вместо серьги и горизонтального шпинделя установлена шпиндельная бабка с вертикальным шпинделем.

Для заметок и вопросов

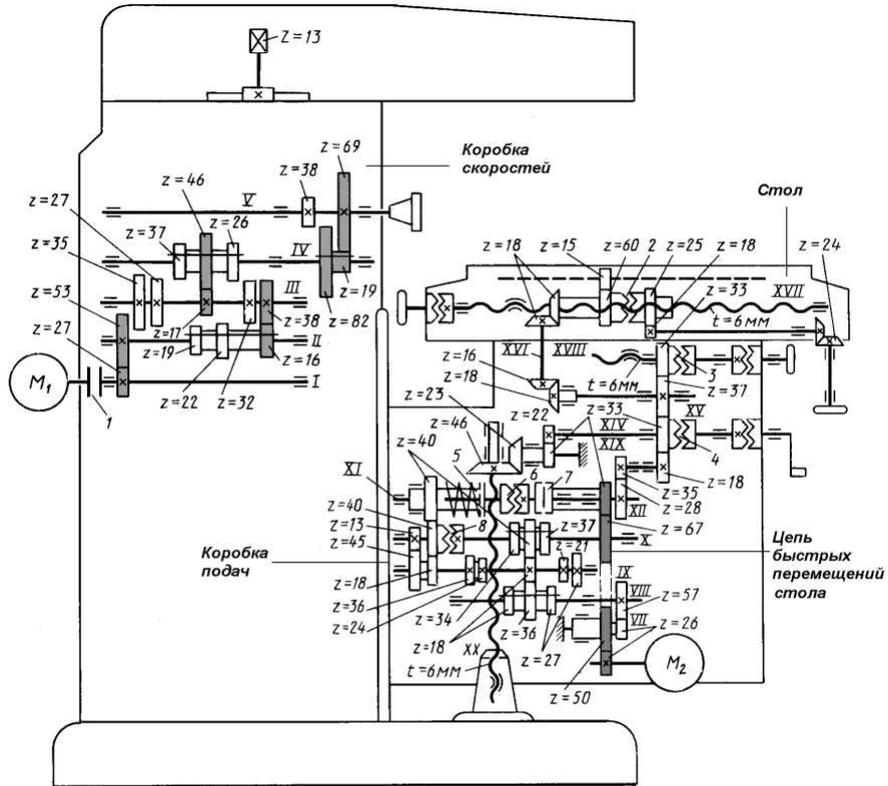


Рис. Кинематическая схема консольного горизонтально-фрезерного станка 6P821

### *Привод главного движения консольно-фрезерного станка.*

Привод главного движения смонтирован в станине и содержит:

- Электродвигатель  $M_1$ .
- Коробку скоростей (ступенчатая, с блочным переключением скоростей).
- Шпиндель.

Изменение направления вращения шпинделя осуществляется реверсированием электродвигателя  $M_1$ .

### *Привод подач консольно-фрезерного станка.*

Привод подач смонтирован в консоли и содержит:

- Электродвигатель  $M_2$ .
- Коробку подач (ступенчатая, с блочным переключением и одноклавишным селективным управлением).
- Цепь быстрых перемещений (часть кинематической цепочки в обход коробки подач).
- Винтовая передача (3 пары винт-гайка для перемещения соответствующего узла в вертикальном и горизонтальном - продольном и поперечном - направлениях).
- Блокировочные устройства (для обеспечения невозможности одновременного включения нескольких движений).
- Механизм автоматического цикла;  $S_{\text{уск}} \Rightarrow S_{\text{м}} \Rightarrow S_{\text{уск}} \Rightarrow \text{СТОП}$ .

Подача станка реверсируется электродвигателем  $M_2$ .

### *Описание работы механизма переключения подач.*

Механизм переключения подач (рис.) содержит переключаемый блок 1, в проточке которого установлена вилка 6, закрепленная на одной из реек 3, связанных с зубчатым колесом 4, и дисков 2 с отверстиями в них для прохождения свободных концов реек 2. Диски выполнены с возможностью установочного поворота и осевого перемещения с помощью рукоятки 5, жестко связанной с дисками.

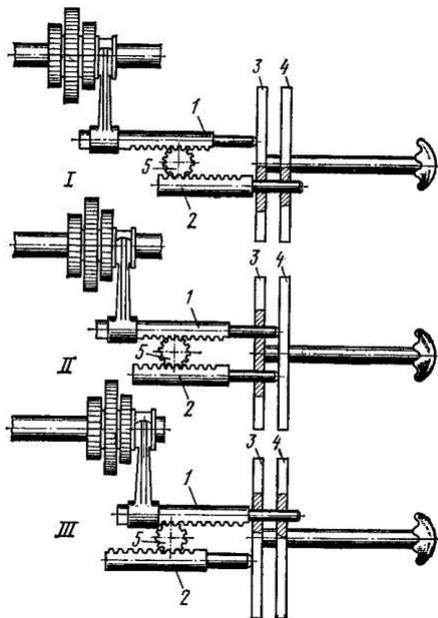


Рис. Схема работы механизма переключения передач:

I, II, III - положение зубчатого блока при переключении передач.

Для вопроса

Переключение передач осуществляется путем осевого передвижения зубчатого блока 1 с помощью вилки 6 в одно из положений (I, II или III) следующим образом. Сначала рукоятку переключения 5 вытягивают из коробки передач, освобождая диски 2 из сопряжения со свободными концами реек 3. Затем ее поворачивают вправо или влево вокруг оси в требуемое положение до совпадения выбираемой передачи на лимбе рукоятки со стрелкой-указателем на корпусе коробки передач. После этого рукоятку 5 вдвигают обратно и, толкая выступающие

концы реек 3 дисками 2, перемещают рейки, а значит и переключаемый блок 1 в соответствующее положение.

### Делительные головки.

Делительные головки применяют при работе на консольно-фрезерных станках для установки заготовки под требуемым углом относительно стола станка, поворота ее на определенный угол, деления окружности на нужное число частей, а также для непрерывного вращения заготовки при фрезеровании винтовых канавок.

Различают делительные головки для непосредственного деления, оптические делительные головки и универсальные делительные головки. Универсальные делительные головки бывают лимбовые и безлимбовые. Наиболее распространены лимбовые головки (с делительным диском).

Делительные головки для непосредственного деления применяют для деления на малое число частей. Они имеют корпус, где установлен шпиндель с возможностью фиксированного поворота. На шпиндель насажен делительный диск, с помощью которого осуществляется отсчет при делении. Головки этого типа могут быть вертикальными и горизонтальными.

Они предназначены для деления на 2, 3, 4, 6, 8, 12 и 24 частей в условиях массового производства деталей, имеющих грани.

Оптические делительные головки применяют для особо точного деления. Головки содержат корпус с поворотным шпинделем. На шпинделе закреплен стеклянный диск с градуированной шкалой (цена деления  $1^\circ$ ).

В оптической системе головки имеется неподвижная шкала, состоящая из 60 частей с ценой деления 1'. Это позволяет с точностью до 1' устанавливать шпиндель с деталью относительно угловой базы.

Универсальная делительная головка (рис.) предназначена для выполнения практически всех видов делений с достаточной для практики точностью. Универсальными головками комплектуются фрезерные станки как отечественного, так и зарубежного производства.

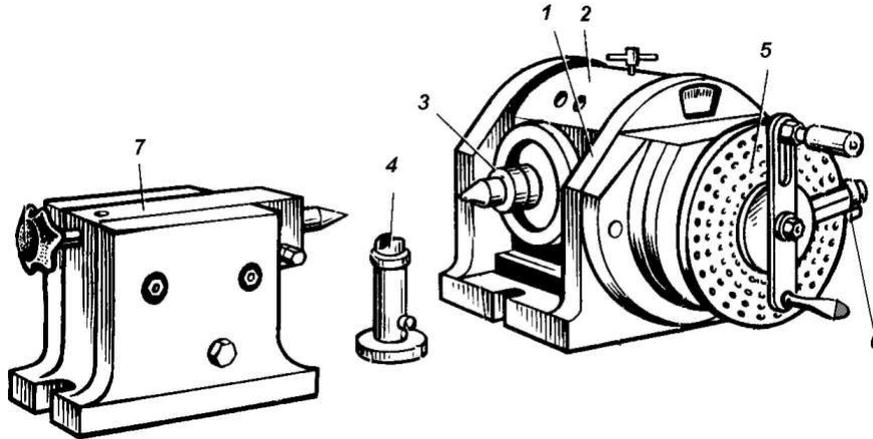


Рис. Универсальная делительная головка:

- 1 - основание;
- 2 - поворотный корпус;
- 3 - шпиндель;
- 4 - люнет;
- 5 - основной делительный диск;
- 6 - фиксатор;
- 7 - задняя бабка.

Головка состоит из чугунного основания 1, в котором установлен поворотный корпус 2, с расположенным в нем полым шпинделем. Корпус относительно основания может установочно поворачиваться на угол в пределах от  $-10^\circ$  до  $+100^\circ$  относительно опорной площадки основания. На переднем конце шпинделя 3 можно закрепить центр, либо поводковый или

кулачковый патрон для крепления детали. На заднем конце шпинделя устанавливают оправку для сменных зубчатых колес.

На боковой стороне головки имеется основной делительный диск 5 (лимб), с двух сторон которого засверлены отверстия по концентрическим окружностям. Количество отверстий на каждой окружности разное.

Вращение шпинделю придается от специальной рукоятки с фиксатором 6, который может зафиксировать рукоятку в любом из засверленных отверстий делительного диска.

В комплект универсальной делительной головки входит люнет 4 и задняя бабка 7. Последняя служит для поддержки длинных деталей.

Применяют следующие способы наладки универсальных делительных головок (рис.): для непосредственного деления, простого деления, дифференциального деления, фрезерования винтовых канавок.

Для вопроса

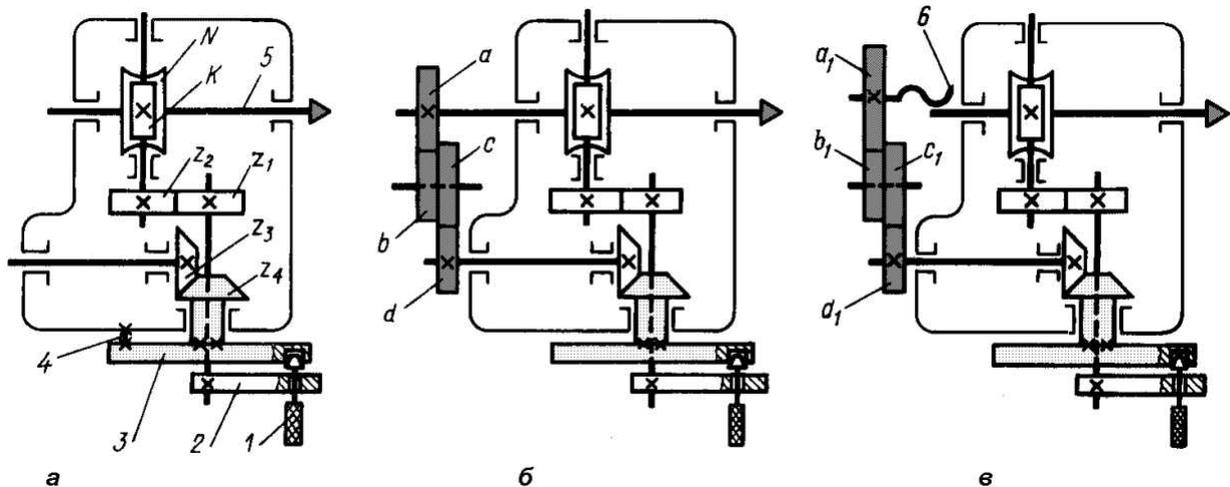


Рис. Кинематические схемы делительной головки для различных способов наладки: а - для простого деления; б - для дифференциального деления; в - для фрезерования винтовых канавок.

*Расчет наладки универсальной делительной головки при непосредственном делении.*

Угол поворота шпинделя в градусах при делении на  $Z$  частей определяется по формуле  $\beta = 360^\circ / Z$ . (1)

Отсчет угла поворота производится по шкале лимба, установленного на шпинделе.

### *Расчет наладки универсальной делительной головки при простом делении.*

Способ простого деления заключается в следующем: вращая рукоятку 2, (рис.) поворачивают шпиндель 5 на требуемый угол.

Уравнение кинематического баланса для определения числа оборотов рукоятки 2 составляют из условия, что за  $n$  оборотов рукоятки шпиндель должен повернуться на  $1/Z$  часть оборота, где  $Z$  - число частей, на которое требуется разделить окружность.

Расчетные перемещения:

$n$  об. рукоятки -  $1/Z$  об. шпинделя.

Уравнение кинематического баланса:

$$n_p * (Z_1 / Z_2) * (K / Z_0) = 1 / Z \quad (2)$$

Обычно  $Z_1 / Z_2 = 1$ . С учетом этого получим

$$n_p = Z_0 / (Z * K). \quad (3)$$

Величину  $N = Z_0 / K$  называют характеристикой делительной головки.

Тогда

$$n_p = N / Z. \quad (4)$$

Для выпускаемых делительных головок отечественного производства  $N = 40$ , значит

$$n_p = 40 / Z. \quad (5)$$

При  $Z < N$

$$n = N / Z = A + b / a, \quad (6)$$

где

$A$  - число полных оборотов рукоятки;

$b$  - число шагов (расстояние между соседними отверстиями) ряда отверстий, на которое должна быть повернута (дополнительно к  $A$ -целым оборотам) рукоятка 2 (рис.);

$a$  - число отверстий в одном из рядов отверстий делительного диска 3.

При простом делении делительный диск 3 зафиксирован от вращения защелкой 4.

Во избежание ошибок при большом количестве операций деления делительный диск имеет раздвижной сектор, состоящий из двух раздвижных ножей 1 и 3 (рис.), которые служат для фиксации определенного угла поворота.

Сектор устанавливают в следующем порядке:

с помощью отвертки освобождают винт 2;

раздвигают ножи 1 и 3 так, чтобы между ними было  $(b + 1)$  отверстие в ряду с  $a$  - отверстиями;

закрепляют винт 2.

После каждого деления нож сектора 1 передвигают до упора в штифт рукоятки из положения  $A$  в положение  $B$ .

### *Расчет наладки универсальной делительной головки при дифференциальном делении.*

Дифференциальное деление применяется тогда, когда ограниченное количество концентрических кругов на делительном диске не дает возможность получить необходимый угол поворота шпинделя делительной головки способом простого деления. Так, например, нельзя простым способом разделить окружность на  $Z$  частей, когда  $Z$  не является либо множителем, либо числом равным или кратным количеству отверстий в любом из рядов делительного диска.

Метод дифференциального деления заключается в следующем.

Требуемый поворот шпинделя делительной головки обеспечивается совокупностью двух поворотов: поворота рукоятки 2 относительно делительного диска 3 и поворота самого делительного диска, которому это движение сообщается от шпинделя принудительно через гитару зубчатых колес  $(a/b) * (c/d)$  и коническую пару (рис.).

В зависимости от наладки делительный диск может вращаться в ту же сторону, что и рукоятка, или в противоположную. Следовательно, действительный поворот рукоятки будет больше или меньше ее поворота относительно делительного диска.

Число оборотов рукоятки 2 головки настраивают так же, как и при простом делении, но не на требуемое число делений  $Z$ , а на близкое ему число делений  $Z_\phi$ , которое позволяет подобрать диск с нужным для деления на  $Z_\phi$  частей числом отверстий.

В этом случае расчетное число оборотов рукоятки с учетом формулы (4) будет равно

$$n_\phi = N / Z_\phi \quad (7)$$

По величине  $n_\phi$  производится подбор числа отверстий ряда делительного диска и определяется интервал между ножами сектора при делении.

Погрешность такой наладки компенсируется наладкой дифференциальной гитары. Эта наладка включает определение передаточного отношения  $i = (a/b) * (c/d)$ , подбор и установку необходимых зубчатых колес гитары.

Расчетные перемещения:

$n_p$  об. рукоятки  $\Rightarrow 1/Z$  об. шпинделя;

$(n_\phi + n_{диска})$  об. рукоятки  $\Rightarrow 1/Z$  об. шпинделя,

где

$n_{диска}$  - число оборотов делительного диска, необходимого для компенсации погрешности поворота рукоятки при делении на  $Z_\phi$  частей.

Так как

$n_\phi = N / Z_\phi$ ,  $a_{\text{диска}} = (1/Z) * (a/b) * (c/d) * 1 * 1 = (1/Z) * (a/b) * (c/d)$ , то  
 $[N / Z_\phi + (1/Z) * (a/b) * (c/d)]$  об. рукоятки  $\Rightarrow 1 / Z$  об. шпинделя,

Уравнение кинематического баланса:

$$[N / Z_\phi + (1/Z) * (a/b) * (c/d)] * 1 * (1/N) = 1/Z.$$

Отсюда формула наладки

$$(a/b) * (c/d) = (N / Z_\phi) * (Z_\phi - Z).$$

При  $Z_\phi > Z$  диск (либб) должен вращаться в ту же сторону, что и рукоятка.

При  $Z_\phi < Z$  - в обратную сторону (в гитаре необходимо паразитное зубчатое колесо).

### *Расчет наладки универсальной делительной головки для фрезерования винтовых канавок*

При фрезеровании винтовых (спиральных) канавок заготовке, установленной в патроне или в центрах делительной головки, сообщают сложное винтовое движение. Поступательное движение заготовка получает вместе со столом, а вращательное от вращения ходового винта стола станка через сменные зубчатые колеса

$$(a_1 / b_1) * (c_1 / d_1).$$

Стол станка при фрезеровании винтовых канавок на горизонтально-фрезерном станке поворачивают к оси шпинделя на угол  $\omega$ , равный углу наклона винтовой канавки (рис.):

$$\omega = \arctg (\pi * D / P_p),$$

где

$D$  - диаметр обрабатываемой заготовки;

$P_p$  - расчетный ход винтовой канавки.

В том случае, если фрезерование канавки выполняют концевой фрезой на вертикально-фрезерном станке, поворот стола не производят.

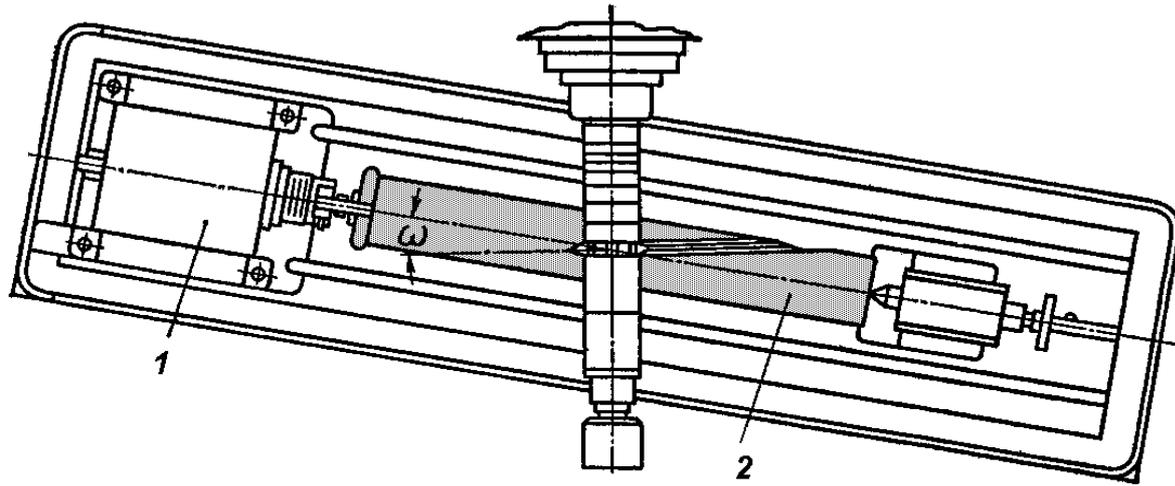


Рис.Наладка головки при фрезеровании винтовой канавки

Наладка универсальной делительной головки на фрезерование винтовых канавок заключается в определении передаточного отношения гитары сменных зубчатых колес, обеспечивающих фрезерование канавки с требуемым шагом, в подборе и установке колес на столе.

Расчетные перемещения:

$l$  об. заготовки  $\Rightarrow P_p$  мм хода винтовой канавки.

Уравнение кинематического баланса:

$$l * (Z_0 / K) * 1 * 1 * 1 * (a_1 / b_1) * (c_1 / d_1) * P_{x.e.} = P_p$$

где

$P_{x.e.}$  - шаг ходового винта стола.

С учетом того, что  $Z_0 / K = N$

формула наладки приобретает вид:

$$(a_1 / b_1) * (c_1 / d_1) = P_p / (N * P_{x.e.}).$$

В случае необходимости нарезки нескольких канавок после окончания обработки первой канавки стол станка возвращают в исходное положение и производят деление по диску методом простого деления. Разрыв кинематической цепи при этом производится при выводе фиксатора рукоятки из отверстия делительного диска.

Для заметок

### **Вопросы по разделу**

1 уровень	2 уровень	3 уровень
Назначение фрезерных станков. Классификация фрезерных станков	В чем особенности построения приводов фрезерных станков и элементов управления?	Разделите окружность на 53 части с использованием универсальной делительной головки, имеющей делительный диск с 2-мя отверстиями
Приводы главного движения и подачи консольно-фрезерного станка	Как работает механизм переключения подачи консольно-фрезерного станка?	Можно ли, используя дифференциальное деление, нарезать косозубое зубчатое колесо? Почему?
Описание работы механизма переключения подачи		
Классификация делительных головок		
Расчет наладки делительной головки при непосредственном, простом и		

дифференциальном делении		
Расчет наладки делительной головки при фрезерования винтовых канавок		

# Лекция № 10

## **Станки шлифовально-притирочной группы.**

*Назначение:* обработка с помощью алмазно-абразивного инструмента наружных и внутренних цилиндрических, конических и фасонных поверхностей, плоскостей, разрезка заготовок, отделка резьбы и зубьев зубчатых колес, заточка инструмента.

Классификация станков шлифовально-притирочной группы

Станки шлифовально-притирочной группы подразделяются на:

1. Станки для круглого шлифования.
2. Станки для плоского шлифования.
3. Доводочные станки.

Принцип работы станков для круглого шлифования.

### ***А. Центровые круглошлифовальные станки.***

- Круглошлифовальные станки обычного типа (рис.).

Виды движений:  $V_1$  - главное движение резания (вращение шлифовального круга);

$V_2$  и  $P_3$  - формообразующие движения подачи (круговое - для заготовки и возвратно-поступательное - для стола);

$P_4$  - периодическое (на каждый двойной ход стола) врезание круга на требуемую глубину резания - вспомогательное движение;

$\Pi_5$  - ускоренный подвод и отвод круга к заготовке - вспомогательное движение.

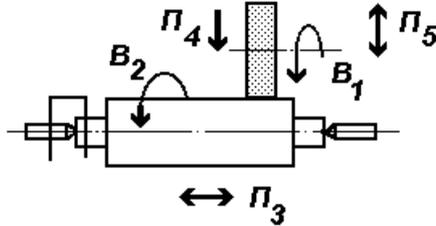


Рис. Схема круглошлифовального станка обычного типа.

Особенности процесса обычного круглого шлифования:

$$V_{кр} = 30-50 \text{ м/с (до 120 м/с);}$$

$$V_{кр} / V_{д} = 50 \dots 120;$$

$$\Pi_3 = (0,05 \dots 0,7) * B / 1 \text{ об. заготовки,}$$

где  $B$  – ширина шлифовального круга.

- Кругло-шлифовальные станки для охватывающего шлифования (рис.).  
Виды движений аналогичны станку обычного типа.

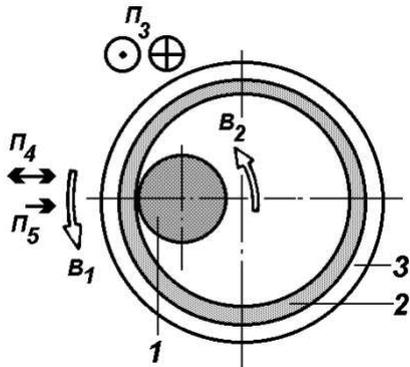


Рис. Схема круглошлифовального станка для охватывающего шлифования:

- 1 - деталь;
- 2 - шлифовальный круг;
- 3 - металлический кожух.

Особенности процесса охватывающего шлифования:

большая длина контакта шлифовального круга и детали;

повышенные, по сравнению с другими способами шлифования, скорости резания.

Допускаемая скорость круга при охватывающем шлифовании  $V_{кр} = 130$  м/с (металлический кожух предотвращает разрыв круга под действием центробежных сил).

- Кругло-шлифовальные станки для глубинного шлифования:(рис.).

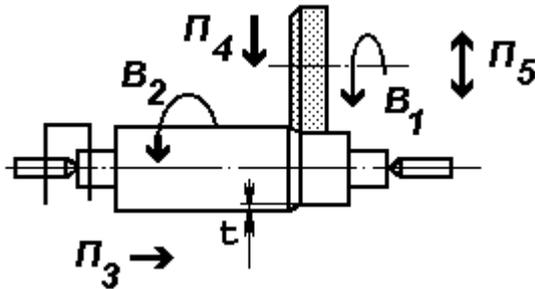


Рис. Схема движений круглошлифовального станка для глубинного шлифования.

Схема глубинного шлифования в 70-х годах активно разрабатывалась на кафедре "Металлорежущие станки и инструмент" Ижевского механического института (Пузанов В.В., Свитковский Ф.Ю., и др.).

Особенности процесса глубинного шлифования:

- большая глубина резания (до 4 мм);
- небольшие подачи;
- обработка проходит за один проход.

Для вопроса

- Круглошлифовальные станки для шлифования торцом чашечного круга (рис.).

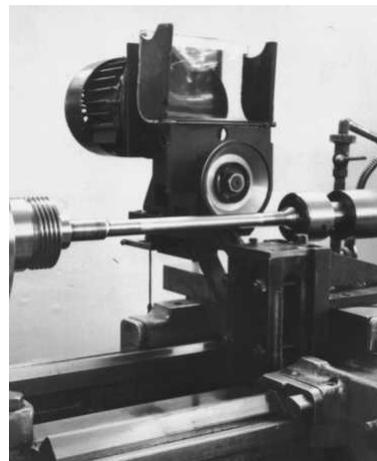
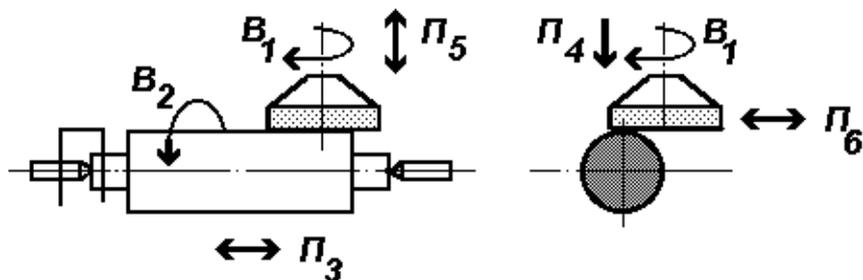


Рис. Схема движений круглошлифовального станка для шлифования торцом чашечного круга.

Разработчик данной схемы шлифования – Институт сверхтвердых материалов (г.Киев).

Особенности процесса шлифования торцом чашечного круга:

работа ведется при постоянном давлении (круг прижат к заготовке с постоянным усилием);

имеется возможность изменять расположение и форму сетки рисок (по отношению к оси детали) от продольного до поперечного за счет изменения расстояния между осями круга и детали.

### **Б. Бесцентровые круглошлифовальные станки (рис.).**

Виды движений:  $V_1$  - главное движение резания (вращение рабочего шлифовального круга);

$V_2$  и  $\Pi_4$  - формообразующие движения подачи (круговое и поступательное - для заготовки);

$V_3$  - вращательное движение ведущего абразивного круга;

$\Pi_5$  - ускоренный подвод и отвод круга к заготовке - вспомогательное движение.

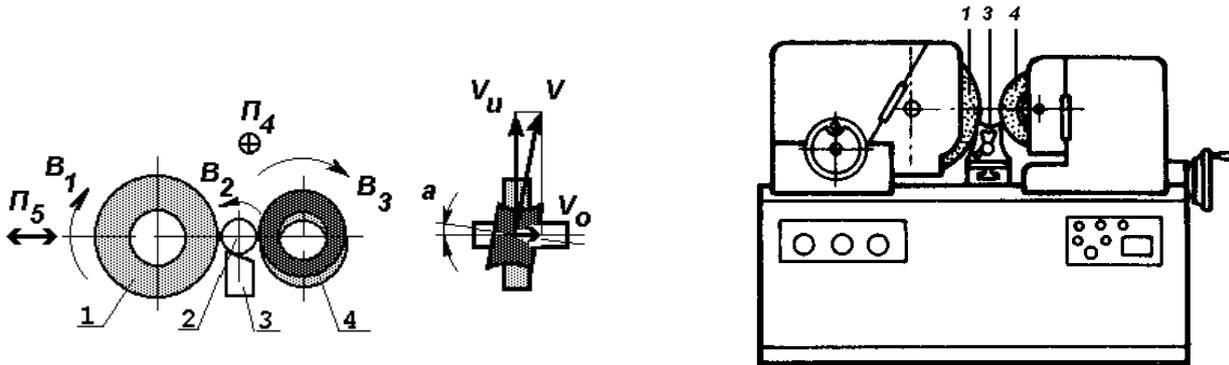


Рис. Схема станка для бесцентрового шлифования: 1 - шлифовальный круг; 2 - опорный нож; 3 - ведущий абразивный круг; 4 - деталь.

Принцип работы.

Деталь 4, скользя по наклонной плоскости ножа 2, прижимается к ведущему кругу 3. Усилие прижима увеличивается за счет сил резания, возникающих в зоне контакта рабочего

шлифовального круга и детали. При сообщении ведущему кругу вращательного движения, деталь 4 начинает вращение и осевое перемещение за счет трения о периферийную поверхность круга. Скорость движения подачи регулируется изменением угла наклона оси ведущего круга к оси детали.

Особенности процесса бесцентрового шлифования:

имеется возможность обрабатывать детали, движущиеся непрерывным потоком;  
необходимость правки не только рабочего, но и ведущего абразивного круга;  
схема обработки - попутная.

Для заметок

### ***В. Внутришлифовальные станки.***

- Внутришлифовальные станки обычного типа (рис.).

Виды движений:  $V_1$  - главное движение резания (вращение шлифовального круга);

$V_2$  и  $P_3$  - формообразующие движения подачи (круговое - для заготовки и возвратно-поступательное - для стола);

П<sub>4</sub> - периодическое (на каждый двойной ход стола) врезание круга на требуемую глубину резания - вспомогательное движение;

П<sub>5</sub> - ускоренный подвод и отвод круга к заготовке - вспомогательное движение.

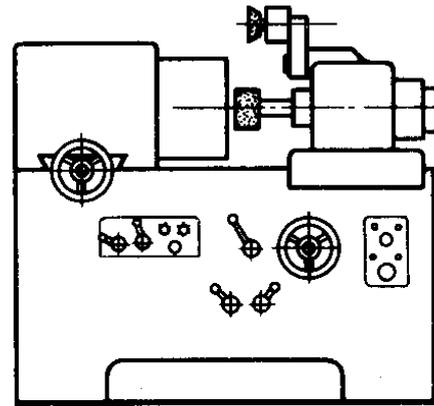
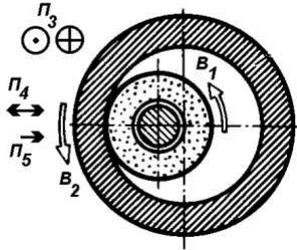


Рис. Схема внутришлифовального станка обычного типа.

Особенности процесса обычного внутреннего шлифования:

диаметр шлифовального круга назначают из соотношения  $D_{кр} = (0,8 - 0,9) * D_{отв}$ .

Для вопроса

- Внутришлифовальные станки планетарного типа (рис.).  
Находят применение для шлифования крупногабаритных деталей.

Для вопроса

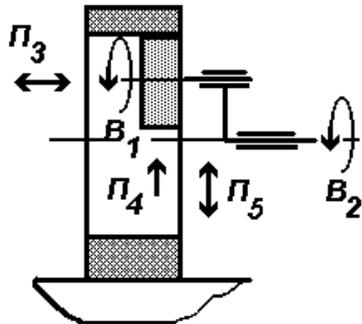


Рис. Схема внутришлифовального станка планетарного типа.

Особенности процесса шлифования с использованием станка планетарного типа:  
деталь при обработке остается неподвижной;  
все виды движений сообщаются шлифовальному кругу.

Для заметки

- Бесцентровые внутришлифовальные станки.

Схема обработки и все виды движений аналогичны бесцентровым круглошлифовальным станкам.

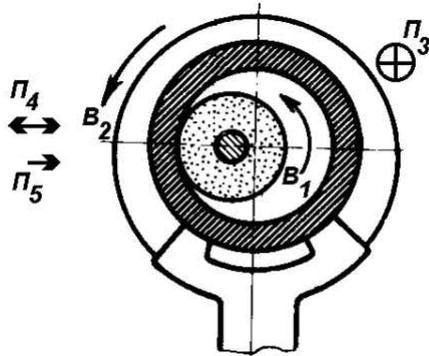


Рис. Схема работы бесцентрового внутришлифовального станка.

Для вопроса

Для заметки

Принцип работы станков для плоского шлифования.

***А. Плоскошлифовальные станки с прямоугольным столом (рис.).***

Применяется для условий серийного и мелкосерийного типов производств.

Виды движений:  $V_1$  - главное движение резания (вращение шлифовального круга);

$P_2$  и  $P_3$  - формообразующие движения подачи (возвратно-поступательное продольное  $P_2$  и поперечное  $P_3$  - для стола. Движение подачи  $P_3$  совершается на каждый двойной ход  $P_2$ );

$P_4$  - периодическое (на каждый двойной ход стола  $P_3$ ) врезание круга на требуемую глубину резания - вспомогательное движение;

$P_5$  - ускоренный подвод и отвод круга к заготовке - вспомогательное движение.

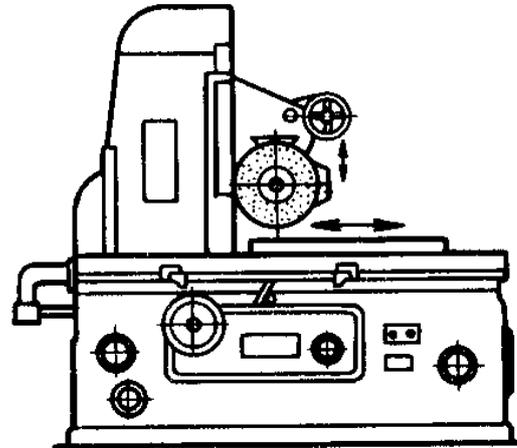
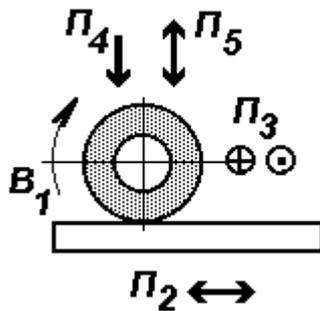


Рис. Схема плоскошлифовального станка с прямоугольным столом.

***Б. Плоскошлифовальные станки с круглым столом, работающим периферией шлифовального круга.***

Виды движений:  $V_1$  - главное движение резания (вращение шлифовального круга);  
 $V_2$  и  $P_3$  - формообразующие движения подачи (круговое - для стола с заготовками и  
возвратно-поступательное - для шлифовальной бабки с кругом);

$P_4$  - периодическое (на каждый двойной ход шлифовальной бабки) врезание круга на  
требуемую глубину резания - вспомогательное движение;

$P_5$  - ускоренный подвод и отвод круга к заготовке - вспомогательное движение.

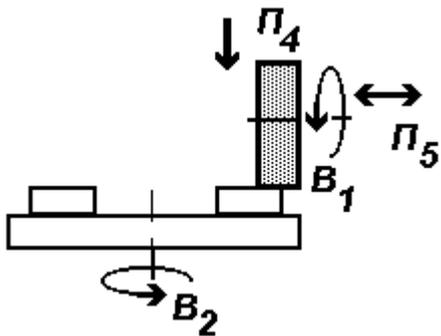


Рис. Схема плоскошлифовального станка с круглым столом, работающим периферией шлифовального круга.

Для вопроса

***В. Станки плоскошлифовальные с круглым столом, работающие торцом шлифовального круга (рис.).***

Виды движений станка аналогичны станку, работающего, периферией шлифовального круга.

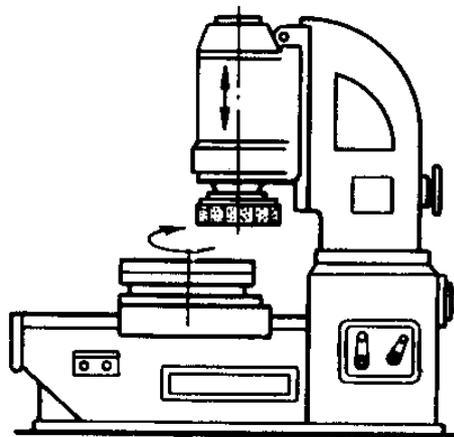
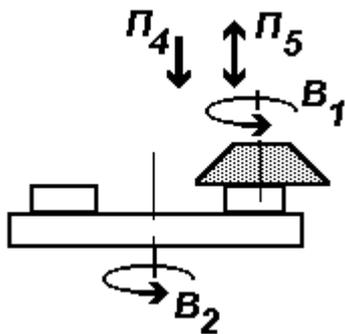


Рис. Схема плоскошлифовального станка с круглым столом, работающим торцом шлифовального круга.

Технологические особенности станка: станок обеспечивает высокую степень плоскостности обрабатываемых деталей.

Для вопроса

## Устройство кругло-шлифовального центрального станка.

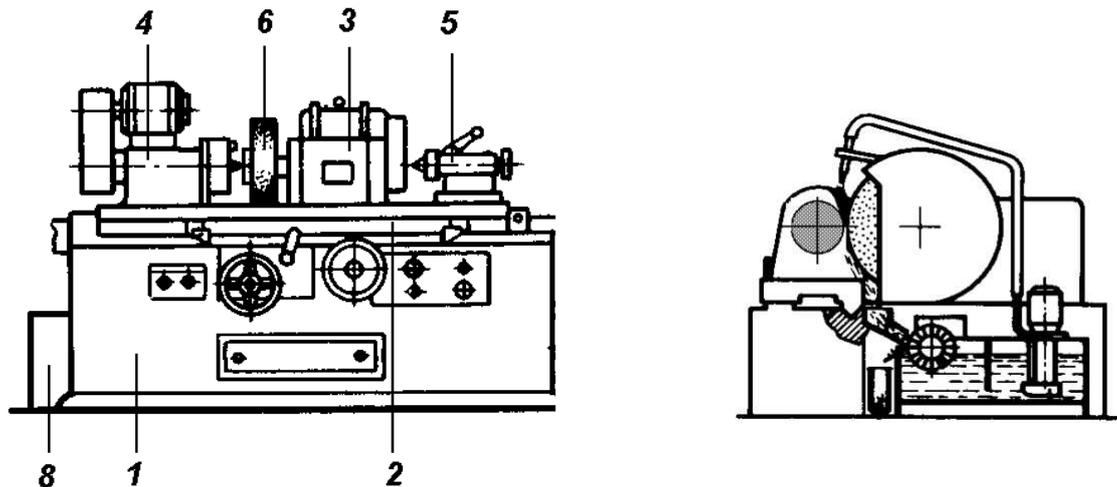


Рис. Основные узлы и механизмы кругло-шлифовального центрального станка: 1 - станина; 2 - стол; 3 - шлифовальная бабка; 4 - передняя бабка (бабка привода изделия); 5 - устройство для правки круга; 6 - задняя бабка; 7 - гидростанция; 8 - система смазки и очистки СОЖ; 9 - шлифовальный круг с механизмом балансировки.

Для заметки

Доводочные станки.

*А. Хонинговальные станки.*

Процесс хонингования и первый хонинговальный станок изобрел американский изобретатель Джон Саннен в 1927 году. Он основал фирму, которая занималась ремонтом двигателей автомобиля. В настоящее время хонингование является весьма перспективным технологическим процессом финишной обработки отверстий диаметром от 6 до 120 мм.

Виды движений при хонинговании (рис.):  $V_1$  - главное движение резания (вращение хонинговальной головки - хона);

$\Pi_2$  - формообразующие движения подачи (возвратно-поступательное - для хонинговальной головки);

$\Pi_3$  - периодическое (на каждый двойной ход  $\Pi_2$  хонинговальной головки) врезание брусков на требуемую глубину резания - вспомогательное движение; движение  $\Pi_3$  может быть реализовано и путем непрерывного выжимания брусков из корпуса головки давлением масла или сжатого воздуха (работа при постоянном давлении);

$\Pi_4$  - подвод и отвод хонинговальной головки к заготовке - вспомогательное движение.

Для вопроса и заметок

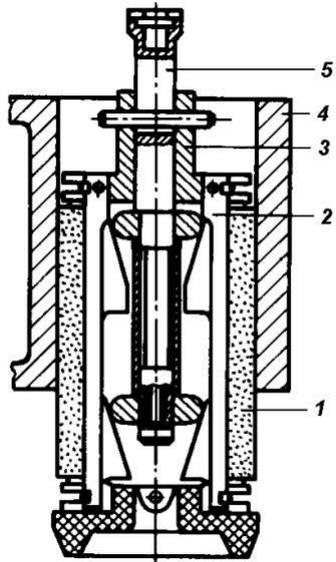


Рис. Конструкция хона:

- 1 – брусок хонинговальный;
- 2 – колодка;
- 3 – корпус хона;
- 4 – деталь;
- 5 – шток разжимной.

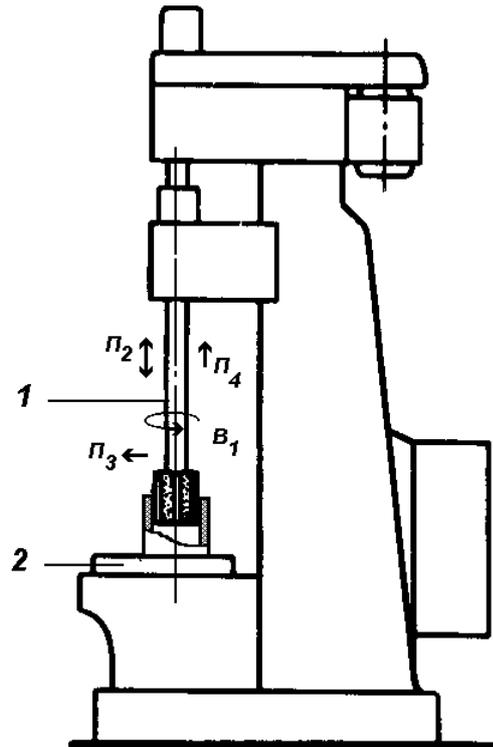


Рис. Виды движений при хонинговании:

1 – хон; 2 – деталь.

Наибольший вклад в развитие процесса и оборудования для хонингования внесли США и Германия.

В России начали активно внедрять процесс хонингования после появления синтетических сверхтвердых материалов (70-е годы). Определенных успехов в этом добились сотрудники НИТИ "Прогресс" (г. Ижевск) О.А. Плеханов, Э.В. Агафонов и Н.А. Перминов, разработавшие эффективную конструкцию хона и оснастку для обработки глубоких отверстий (рис.).

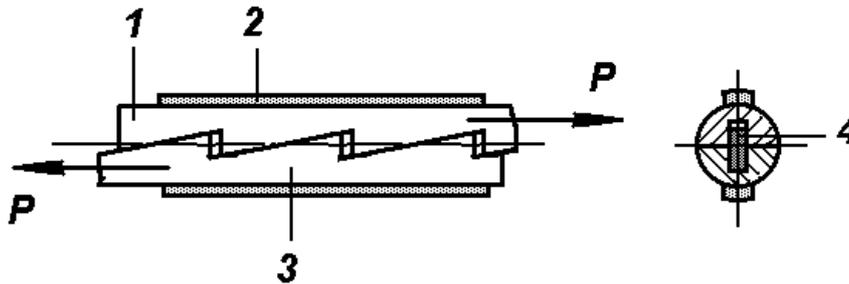


Рис. Хон для обработки глубоких отверстий: 1 – колодка верхняя; 2 – брусок алмазный; 3 – колодка нижняя; 4 – шпонка.

Для вопроса

### ***Б. Станки для суперфиниширования.***

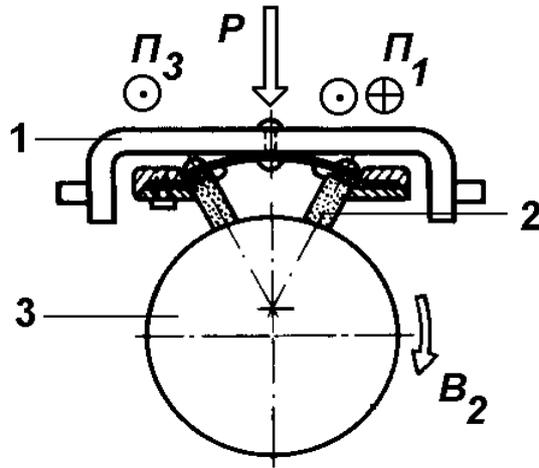
Виды движений при суперфинишировании (рис.):  $\Pi_1$  - главное движение резания (возвратно-поступательное - суперфинишной головки);

$V_2$  и  $\Pi_3$ - формообразующие движения подачи (вращательное - для заготовки и поступательное - для суперфинишной головки);

$\Pi_4$  - движение суперфинишной головки в поперечном направлении при постоянном давлении брусков на заготовку - вспомогательное движение.

Особенности процесса суперфиниширования:

- высокая частота и низкая амплитуда колебаний суперфинишной головки;
- возможность регулировки давления брусков на обрабатываемую поверхность.



Для вопроса

Рис. Схема суперфинишного станка:  
 1 - корпус суперфинишной головки;  
 2 - абразивный брусок;  
 3 - деталь.

Приводы суперфинишных головок:

- пневматический (полирование стволов охотничьих ружей; очистка деталей стрелкового оружия от порохового нагара проволочными щетками и алмазными эластичными брусками);
- электромеханический (полирование отражателя - рис.);

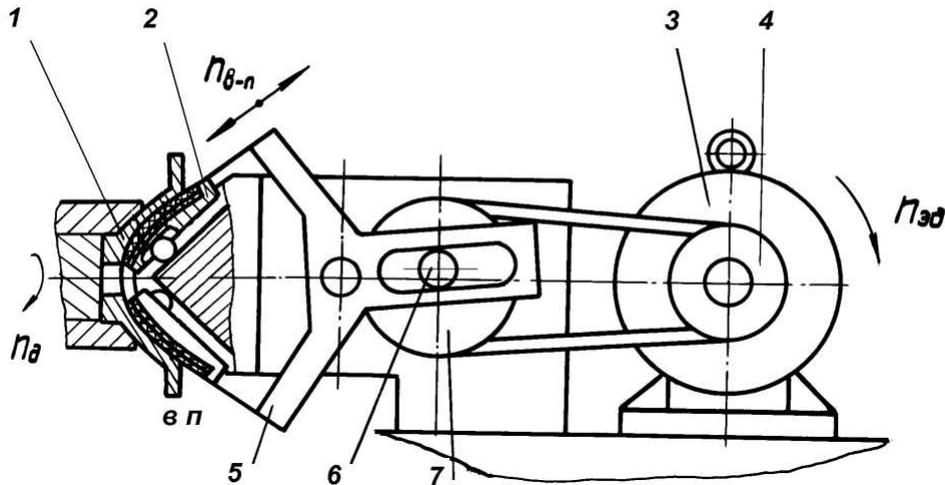


Рис. Схема станка для полирования отражателя: 1 – отражатель; 2 – колодка с алмазным бруском; 3 – электродвигатель; 4 – ведущий шкив ременной передачи; 5 кулиса -; 6 - эксцентрик; 7 – ведомый шкив ременной передачи

- электромагнитный (обработка каландрового вала - рис.)



точность регулировки давления притиров - до 100...300 Па.

Виды движений при доводке (рис.):  $V_1$  - главное движение резания (вращательное - для притира);

$P_2$  - движение притира в осевом направлении при постоянном давлении его на поверхность заготовки.

Особенности процесса доводки:

- в зону обработки подается абразивная паста или эмульсия;
- низкие скорости резания;
- возможность регулировки давления притиров на обрабатываемую поверхность.

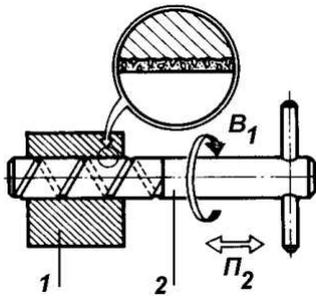


Рис. Движения при доводке:

- 1 – деталь;
- 2 – притир.

*Станки и устройства для полирования*

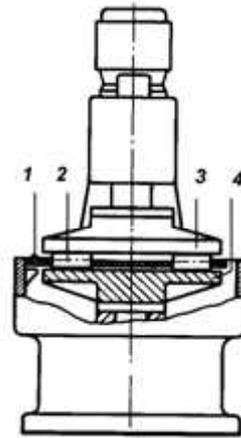


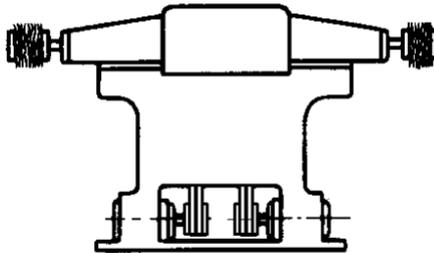
Рис. Схема доводочного станка:

- 1 - сепаратор; 2 - деталь ; 3 верхний притир -;
- 4 - нижний притир

Одним из самых распространенных методов уменьшения шероховатости обработанной поверхности является полирование. Этот процесс производится эластичными (войлочными, фетровыми и др.) кругами, абразивными лентами, абразиво-жидкостной суспензией.

Полирование может осуществляться как на специальных полировальных станках, так и на универсальных металлорежущих и деревообрабатывающих станках с использованием специальных устройств, оснащенных полировальным инструментом (рис.).

Широкое применение нашли двусторонние полировальные станки (рис.), несущие полировальные круги с различными характеристиками по зерновому составу и связке.



Для вопроса

Рис. Двусторонний полировальный станок

В промышленности широко применяется полирование абразивными лентами. В этом случае процесс может производиться в автоматическом или полуавтоматическом цикле. Абразивная бесконечная лента движется на двух и более шкивах с высокой скоростью. Заготовки перемещаются в направлении, соответствующем профилю обрабатываемой поверхности. В месте контакта с движущейся лентой заготовка может быть закреплена дополнительной опорой, имеющей соответствующий профиль.

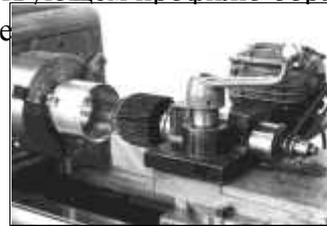
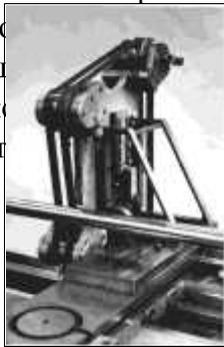


Рис. Специальные устройства к токарному станку для полирования деталей типа тел вращения.

Скорость резания при полировании может быть различной (10—50 м/с) и зависит от обрабатываемого материала. Давление в зоне обработки также существенно колеблется — от 3 до 25 МПа и также зависит от материала заготовки.

В некоторых случаях, когда невозможно полирование кругами или лентами, применяют абразивно-жидкостное полирование. Его успешно используют для отделки заготовок, имеющих особенно сложную конфигурацию (отделка профильных штампов, форм для литья под давлением, декоративное полирование и др.). Абразивно-жидкостное полирование заготовок производится в специальных камерах струей жидкости, насыщенной абразивом, со скоростью около 50 м/с (рис.). Заготовка (или форсунка) в зависимости от обрабатываемой поверхности имеет соответствующее вращательное и поступательное движение.

Производительность обработки при жидкостном полировании зависит как от зернистости, так и от угла установки форсунки. Наибольшая производительность достигается при угле установки 30—45°.

Для вопроса

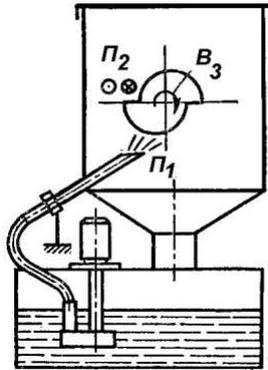


Рис. Установка для абразивно-жидкостной обработки

Особой разновидностью абразивно-жидкостной обработки, нашедшей применение в промышленности для обработки внутренних и наружных поверхностей с высокой производительностью, является гидроабразивная обработка, при которой высокая скорость абразивных частиц обеспечивается эжектированием абразивной суспензии струей сжатого воздуха.

Большой вклад в разработку оборудования для гидро-абразивной обработки внесли Проволоцкий А.Е. (ДМИ, г. Днепропетровск), В.П. Овечкин (НИТИ "Прогресс", г. Ижевск).

Для заметки

### **Вопросы по разделу**

1 уровень	2 уровень	3 уровень
Классификация станков шлифовально-притирочной группы	Конструктивные особенности и виды движений в хонинговальных, суперфинишных и доводочных станках	Проанализируйте преимущества и недостатки шлифовальных станков.
Принцип работы станков для круглого шлифования		
Принцип работы станков для плоского шлифования		
Устройство круглошлифовального центрального станка		
Виды доводочных станков		

# Лекция № 11

## **Станки с программным управлением (ПУ).**

Станки с программным управлением появились с целью механизации и автоматизации изготовления деталей в условиях мелкосерийного и единичного типов производств. Применяемые в условиях массового производства кулачковые автоматы и копировальные станки неэффективны в данных условиях из-за сложности переналадки (замена копиров, кулачков...).

По виду управления станки с ПУ делятся на:

Станки с системами циклового ПУ (ЦПУ).

Станки с системами цифрового ПУ (ЧПУ).

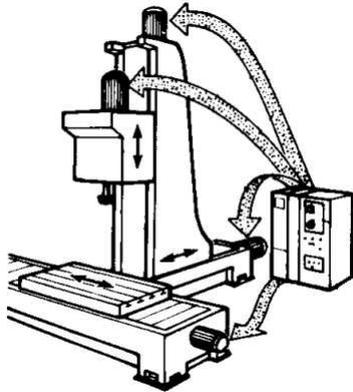


Рис. Схема управления станком с ПУ

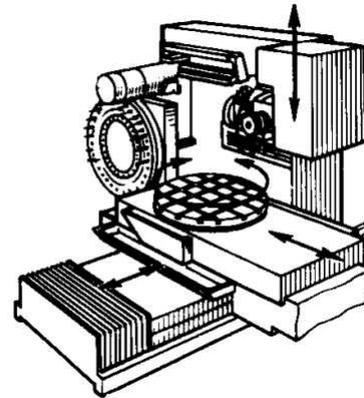


Рис. Обработывающий центр

## Система циклового программного управления.

Системы ЦПУ обеспечивают управление последовательностью перемещения исполнительных звеньев станка.

Цикловое управление построено по типу контроллера (см. тему "Электрооборудование станков") и обеспечивает параллельно-последовательное переключение источников движения различных органов станка.

Информация задается с помощью штекерного устройства 1 и дискретного переключателя 2 (рис.). Установка штекеров 3 производится по трафарету, выполненного на перфокарте, в нужном месте которой пробиваются отверстия под штекеры.

Исполнительные органы станка срабатывают от реле  $P_1, P_2 \dots P_i$ , цепи управления которых замыкаются штекерами.

Включение исполнительного органа осуществляют в момент переключения дискретного переключателя. При этом включается реле. При нажатии исполнительным органом (в конце рабочего хода) путевого переключателя  $PВ_i$ , цепь  $i$ -го реле размыкается, реле обесточивается, исполнительный орган выключается. Одновременно путевой переключатель  $PВ_i$  замыкает цепь управления дискретного переключателя, срабатывает управляющее реле  $P_{упр}$ , подвижный контакт 4 дискретного переключателя поворачивается в следующую позицию, включая очередную цепочку управления.

Для заметок на полях

PERIKULUM IN MORA, лат. – опасность в промедлении

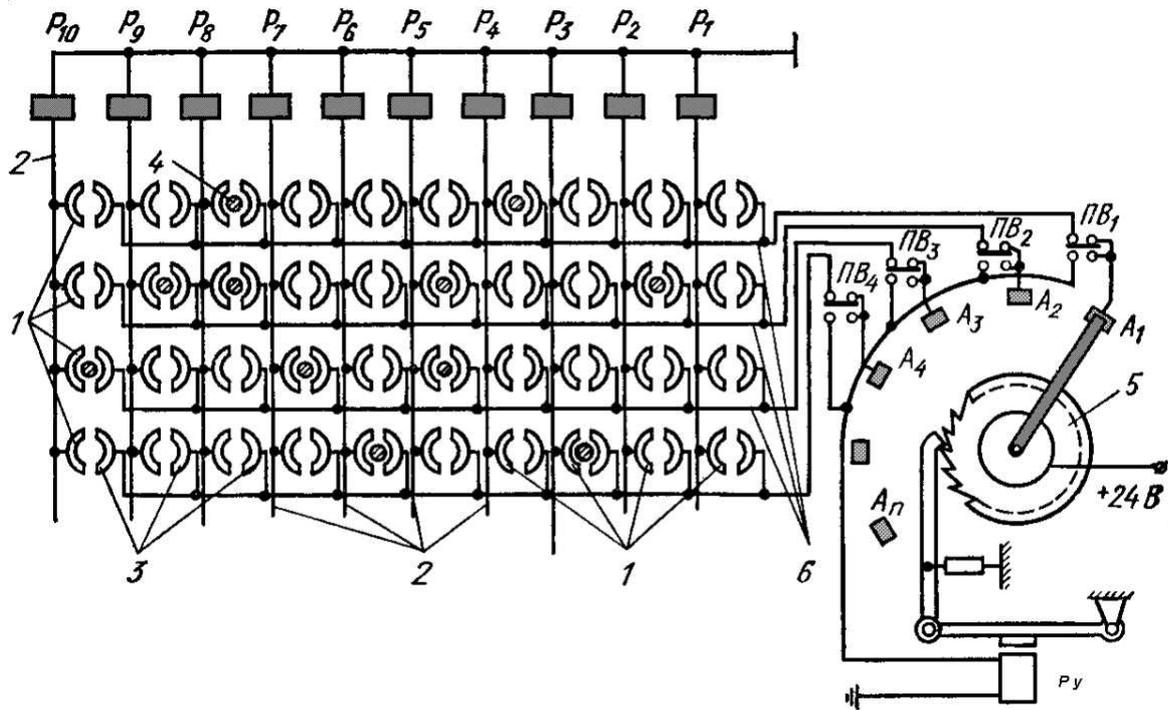


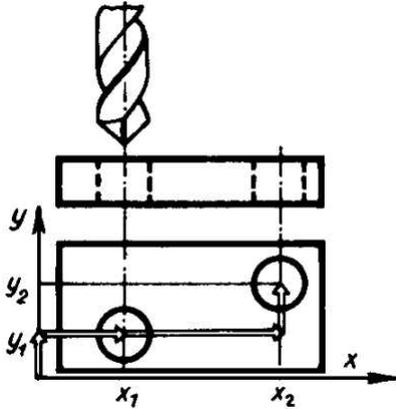
Рис. Схема работы цикловой системы ПУ: 1 – левые полукольца; 2 – общий провод; 3 – правые полукольца; 4 – штекер; 5 – дискретный переключатель; 6 – общий провод;  $A_1, A_2, \dots, A_i$  – подвижные контакты;  $P_1, P_2 \dots P_i$  – реле;  $ПВ_1, ПВ_2, \dots ПВ_i$  – путевые переключатели;  $P_y$  – управляющее реле.

## Системы числового программного управления.

Числовое программное управление - это управление обработкой заготовки на станке по управляющей программе, в которой данные заданы в цифровой форме.

1. Числовое программное управление по технологическим признакам делятся на:

Позиционное управление - перемещение рабочих органов в заданные точки происходит без регламентации траектории перемещения (рис.). Находит применение в сверлильных и расточных станках с ЧПУ.



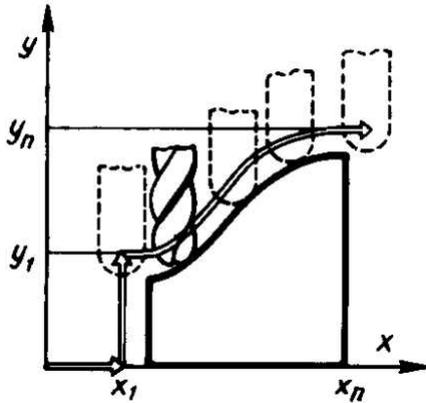
Для вопроса

Рис. Схема позиционной системы ЧПУ.

Для заметок на полях

HORRIBILE DICTU, лат. – страшно сказать

2. Контурное управление - перемещение рабочих органов в заданные точки происходит по заданной траектории с заданной скоростью (рис.). Находит применение в токарных, фрезерных и других станках с ЧПУ, имеющих 2 или 3 управляющие координаты.



Для вопроса

Рис. Схема контурной системы ЧПУ.

3. Адаптивное управление - обеспечивает автоматическое приспособление процесса обработки к изменению условий по определенным критериям (стабилизация скорости резания, крутящего момента...).

4. Групповое управление - группа станков с ЧПУ управляется общей ЭВМ.

Для заметок на полях

*Числовое программное управление по способам движения потоков информации делятся на:*

- Разомкнутые - 1 поток информации - от считывающего устройства к исполнительному звену станка (рис.).

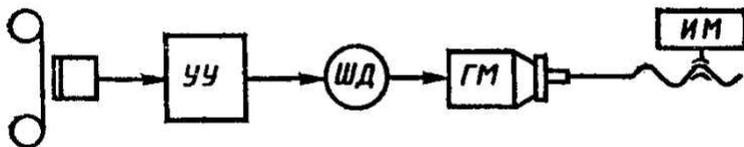


Рис. Схема движения потока информации при разомкнутой системе ЧПУ.

2. Замкнутые - 2 потока информации - от считывающего устройства к исполнительному звену станка (1-й поток) и от датчика положения исполнительного звена станка (датчика обратной связи) к сравнивающему устройству (2-й поток). Движение исполнительного звена станка прекращается, если рассогласующий сигнал равен нулю.

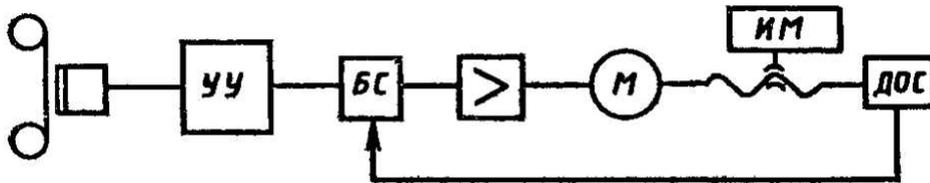


Рис. Схема движения потока информации при замкнутой системе ЧПУ.

3. Адаптивные - дополнительно формируется 3-й поток информации, оптимизирующий условия обработки (от датчика скорости резания, сил, крутящего момента...).

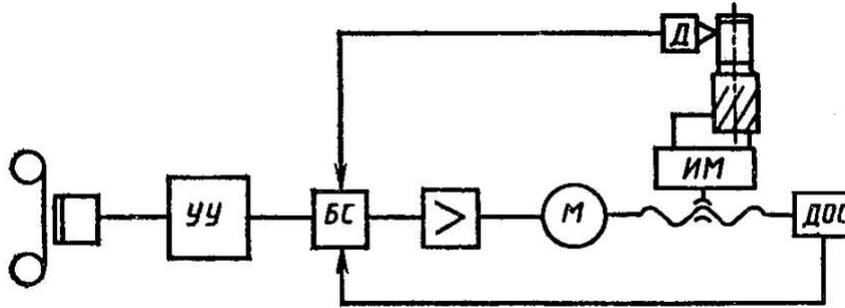


Рис. Схема движения потока информации при адаптивной системе ЧПУ.

Общие сведения о программоносителях, кодировании и преобразовании информации в станках с ЧПУ.

В станках с ЧПУ все элементы управляющей программы: направление, величина и скорости заданных рабочих и вспомогательных перемещений, порядок работы исполнительных органов - задаются в цифровой форме, то есть в виде чисел (кодов).

В станках используется международный код ISO - 7 bit, в основу которого положена двоично-десятичная система счисления (код 8 - 4 - 2 - 1).

Управляющая программа состоит из кадров, каждый из которых содержит полную информацию о каком-либо технологическом переходе (обработка участка детали конкретным

инструментом с определенными режимами). Главный кадр находится в начале программы, он является наиболее информативным.

"Кадр" состоит из "слов", определяющих параметры процесса обработки или данные по управлению. Пример "слова" - скорость (S 01), номер кадра (N 004), одно перемещение (G 01).

Наиболее важными "словами" являются технологические команды, имеющие "адрес" - буквенное обозначение (F) - и "параметр" - цифра (54). Пример: F 54 - подача стола станка S = 90 мм / мин.

Международным стандартом ISO - R 841 оговорено расположение осей координат в оборудовании с ЧПУ. Принято считать положительным направление перемещения элемента станка, при котором обрабатывающий инструмент и заготовка отступают друг от друга. Например, при сверлении, обтачивании заготовки движение идет в отрицательном направлении.

В качестве программносителей в станках с ЧПУ применяются:

- Перфоленты (ширина 25,4 мм; 8 дорожек + 1 дорожка для транспортирования ленты).
- Магнитные ленты (информация на ленту наносится в виде магнитных штрихов).
- Гибкие магнитные диски.
- Блоки памяти с клавишным вводом информации.
- CD - диски.

Для заметок на полях

Процесс преобразования информации в станках с ЧПУ осуществляется в соответствии со следующей структурной схемой (рис.).

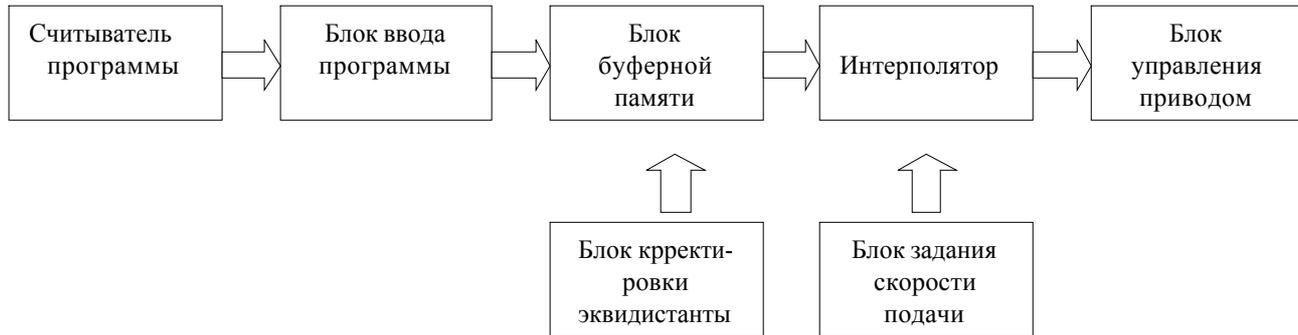


Рис Структурная схема преобразования информации в станках с ЧПУ.

Интерполятор предназначен для преобразования кодированной информации в сигналы, управляющие приводами подачи. Он рассчитывает и распределяет сигналы по координатам X,Y,Z.

## Конструктивные особенности станков с ЧПУ.

Станки с ЧПУ разделены на следующие технологические группы:

- Токарные станки с ЧПУ (2 управляющие координаты).
- Расточные и сверлильные станки с ЧПУ (2 управляющие координаты).
- Фрезерные станки с ЧПУ (2 - 3 управляющие координаты).
- Шлифовальные станки с ЧПУ (1 - 2 управляющие координаты).
- Электроэрозионные станки с ЧПУ (2 управляющие координаты).
- Многоцелевые станки с ЧПУ - обрабатывающие центры (3 - 4 управляющие координаты).

Для повышения быстродействия приводов и повышения точности позиционирования в станках с ЧПУ введены некоторые усовершенствования по сравнению с обычными типами станков.

В приводе подачи:

- сокращают длину кинематических цепей;
- в каждую кинематическую цепь вводят индивидуальный электродвигатель;
- используют передачи с устройствами устранения зазоров (разрезные зубчатые колеса, беззазорные редукторы с параллельными кинематическими цепями...);
- заменяют шпоночные и шлицевые соединения на конические разжимные кольца.
- переводят подвижные узлы станков с трения скольжения на трение качения (винт-гайка качения, гидростатическая пара винт-гайка, направляющие качения и гидростатические направляющие, новые виды смазок);

- применяют высокомоментные электродвигатели постоянного тока и синхронные бесколлекторные электродвигатели переменного тока.

В приводах главного движения:

- применяют ступенчатые автоматические коробки скоростей (с использованием электромагнитных муфт);
- применяют бесступенчатые приводы (сочетание двигателя постоянного тока и 2-х или 3-х ступенчатой коробки скоростей).

### *Особенности конструкции шпиндельного узла.*

Внесенные изменения в конструкцию шпиндельных узлов станков с ЧПУ имеют цель увеличения их жесткости и долговечности, размещения механизма автоматического управления зажимом и разжимом инструментов, датчиков положения шпинделя по углу поворота и т.д.

Для этого:

увеличивают диаметр шпинделя;

шпиндельные опоры выполняют на роликовых подшипниках качения с предварительным натягом;

применяют гидростатические и аэростатические опоры.

### *Особенности конструкции базовых деталей.*

Основные усовершенствования связаны с необходимостью увеличения жесткости и удобства удаления стружки.

Для этого:

вводят дополнительные ребра жесткости;  
изменяют компоновку станка (обеспечивают наклон стола для облегчения схода стружки...).

Особое место среди станков с ЧПУ занимают многоцелевые станки - обрабатывающие центры.

### *Конструктивные особенности обрабатывающий центров:*

наличие магазина инструментов;

наличие автооператора смены инструментов;

наличие механизмов фиксации узлов при их позиционировании;

наличие многопозиционного стола для смены заготовок;

приводы имеют широкий диапазон частот вращения и подач ( $D = 50 \dots 200$ );  $S_{\max} = 20 \dots 25$  м/мин;  $n_{\max} = 4000$  мин<sup>-1</sup>.

наличие универсально-сборных механизированных приспособлений для крепления деталей на станке;

наличие устройств для регулирования положения режущих кромок инструмента непосредственно на станке или вне его (при наладке осевого размера сверла, фрезы...).

### **Промышленные роботы**

Промышленный робот (ПР) - это автоматическая машина, выполняющая двигательные функции и оснащенные перепрограммируемой системой управления.

По характеру выполняемых операций различают 3 группы промышленных роботов:

технологические промышленные роботы (ТПР, рис.), непосредственно участвующие в технологическом процессе в качестве производящих или обрабатывающих машин (сварка, гибка, окраска...);

вспомогательные промышленные роботы (ВТР, рис.), выполняющие действия типа взять, перенести, положить;

универсальные промышленные роботы (УТР), сочетающие в себе свойства ТТР и ВТР.

По конструктивным признакам ПР различают:

встроенные;

подвесные;

напольные.

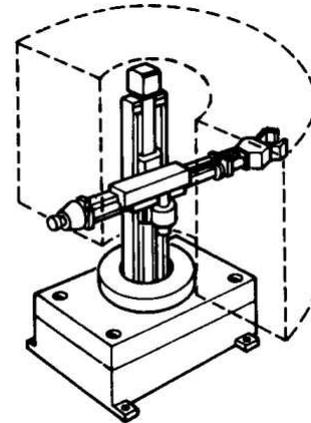
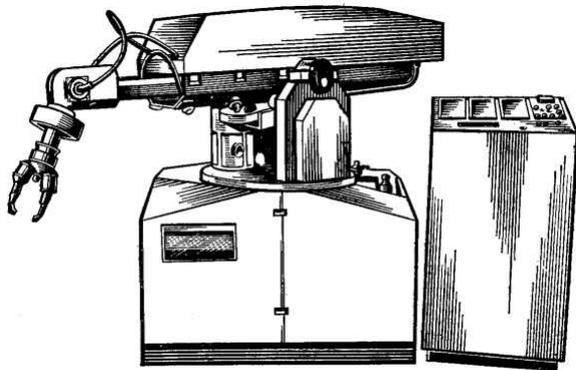


Рис. Технологический промышленный робот    Рис. Вспомогательный промышленный робот

## Структура ПР

В состав ПР входят (рис.):

исполнительное устройство (механическая рука с захватом, устройство передвижения);

система управления (пульт управления, запоминающее устройство, вычислительное устройство, блок управления приводами);

информационная система (датчики, средства обратной связи, устройства сравнения сигналов).

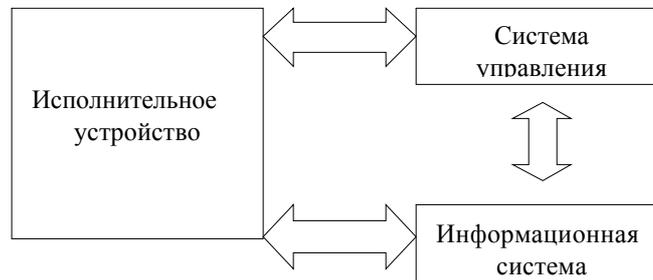


Рис. Блок-схема ПР.

Исполнительные устройства ПР могут обеспечить перемещения по системам координат:

Прямоугольной (плоской, пространственной).

Полярной (плоской, цилиндрической, сферической).

Угловой (плоской, пространственной).

Система управления ПР:

Позиционная.

Контурная.

Универсальная.

Для вопроса

Информационная система в ПР может иметь место (в этом случае система управления получает необходимую информацию о состоянии ПР и рабочей среды) или ее может не быть (система разомкнута со всеми недостатками, вытекающими из этого).

Информация о действиях ПР заносится в память системы управления двумя способами:

Путем программирования (аналитический способ).

Путем обучения (наиболее простой и удобный способ для пользователя).

## Выбор промышленного робота

Выбор ПР проводят по следующим показателям:

грузоподъемность (до 1000 кг);

форма и размер рабочей зоны;

число степеней подвижности;

погрешность позиционирования (от  $\pm 0,1$  мм до  $\pm 2,5$  мм) или отработка траектории;

скорость перемещения исполнительного механизма;

число захватных устройств;

объем памяти;  
тип программоносителя.

Для заметок на полях

QUOD ERAT DEMONSTRANDUM, лат. – что и требовалось доказать

### **Вопросы по разделу**

1 уровень	2 уровень	3 уровень
Причины появления станков с программным управлением.	В чем принципиальные отличия систем циклового и числового программного управления	Каковы на Ваш взгляд перспективы развития и использования станков с ЧПУ и роботов?
Каковы конструктивные особенности станков с ЧПУ?		
Как выбрать промышленный робот?		

# Лекция № 12

## ***Основные виды испытаний станков. Правила рациональной эксплуатации станков.***

Испытания станков и их проверка на точность проводится после приобретения или ремонта.

Виды испытаний станков:

Испытания станка на холостом ходу (цель - проверка соответствия станка паспортным данным по скорости, подаче, мощности...).

Испытания станка под нагрузкой (цель - проверка наработки на отказ и соответствие станка заданной производительности).

Проверка станка на геометрическую точность (цель - определение геометрических показателей деталей и узлов станка, оценка соответствия его заданной степени точности).

Проверка станка на возможность достижения требуемых качественных показателей процесса обработки (шероховатость и точность обработки - проводится на стандартных образцах).

Испытания станка на жесткость и виброустойчивость (цель - проверка соответствия станка заложенным требованиям по жесткости и способности гасить колебания).

Испытания станков в полном объеме выполняются на заводе-изготовителе.

Наиболее ответственными испытаниями, которые в обязательном порядке выполняются потребителем, - первые четыре из перечисленных.

Испытания станка на холостом ходу и проверка его на геометрическую точность являются самыми простыми и доступны для любого цеха или мастерской.

Испытания станка под нагрузкой происходит в заводских условиях после сборки. Обычно эти испытания носят длительный характер и требуют значительного количества расходного материала, так как проходят в реальных условиях обработки деталей резанием. В связи с этим представляет интерес устройство [ ], в котором для имитации нагрузки, действующей на приводы подач станка при контурном и объемном фрезеровании, использованы упругая оправка 1, устанавливаемая в шпинделе 2 станка, и нагрузочный элемент 3, выполненный в виде усеченного конуса, закрепляемого на столе станка (рис.).

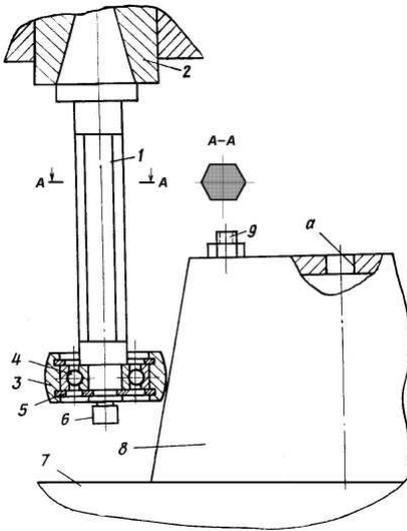


Рис. Устройство для нагружения фрезерных станков:

- 1 - упругая оправка;
- 2 - шпиндель станка;
- 3 - ролик;
- 4 - подшипник;
- 5 - кольцо;
- 6 - центрирующий поясок;
- 7 - стол станка;
- 8 - нагрузочный элемент.

Нагружение приводов подач производится путем обката ролика 3 по боковой поверхности нагрузочного элемента 8. При этом величины усилий, действующие на приводы подач, зависят от величины упругой деформации оправки 1. Для создания многократной пульсации нагрузки на приводы за один оборот шпинделя, что имеет место при реальном фрезеровании, оправку выполняют с сечением в виде правильного многоугольника.

Проверка станка на возможность достижения требуемых качественных показателей процесса обработки выполняется периодически. Указанная проверка является комплексной оценкой станка и объективно свидетельствует о его качестве и степени точности. Ее результаты с течением времени изменяются в худшую сторону, что свидетельствует о необходимости проведения профилактических ремонтных работ.

Испытания станка на жесткость и виброустойчивость проводятся выборочно. Контролируется 1 - 2 станка из каждой партии. В случае индивидуального или мелкосерийного выпуска испытаниям подвергается каждый станок.

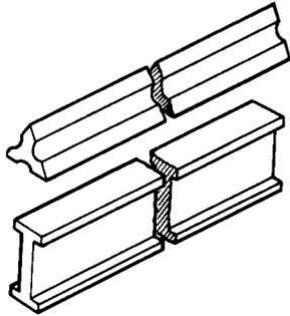
### Проверка станка на геометрическую точность

Данная проверка косвенно определяет возможность станка достижения требуемых качественных показателей обработки.

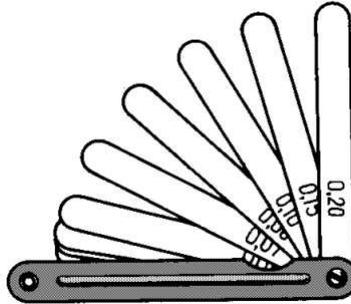
Для заметок

## *Инструмент для проверки станков на геометрическую точность*

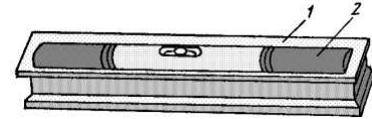
Набор инструментов включает поверочную линейку, щупы, уровень, контрольные оправки, индикатор и угольники (рис.).



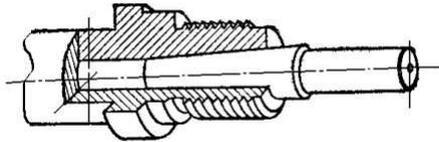
а)



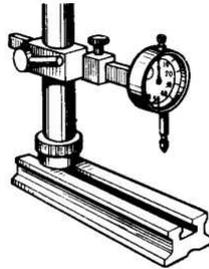
б)



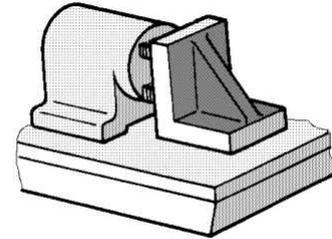
в)



г)



д)



е)

Рис. Контрольно-поверочный инструмент

Поверочные линейки служат для проверки прямолинейности поверхностей. Длинные линейки применяют для проверки прямолинейности направляющих станин. Поверочные линейки (рис.1 а) изготавливают из чугуна или стали. Для уменьшения коробления их снабжают ребрами.

Набор щупов (рис.1,в) представляет собой стальные пластины толщиной от 0,03 до 1мм. Щупы служат для определения зазора между обработанной поверхностью детали и плоскостью, наложенной на нее проверочной линейки или угольника. Щупами измеряют также зазоры между сопряженными поверхностями деталей. При работе со щупом необходимо осторожно, без больших усилий, вдвигать его в зазор, так как он может погнуться.

Уровень (рис.1 б) состоит из металлического корпуса 1, в котором расположена запаянная с обоих концов стеклянная трубка 2, наполненная жидкостью с пузырьком воздуха. Когда основание уровня находится в горизонтальной плоскости, пузырек стоит точно по середине трубки между нулевыми штрихами. При наклоне уровня пузырек перемещается в сторону

подъема. Если известна цена деления шкалы уровня, то можно определить угол наклона поверхности.

Контрольные оправки представляют собой точные шлифованные валики диаметром от 25 до 50 мм с точными центровыми отверстиями или коническим хвостовиком (рис.2). Как размеры оправок, так и взаимные расположения базовых поверхностей тщательно выдерживаются.

Индикаторы, применяемые при контроле геометрической точности станков, должны иметь цену деления от 0,002 до 0,01 мм и фиксироваться на массивной или магнитной стойке.

Для вопроса

### *Основные проверки геометрической точности токарного станка*

При проверке токарного станка на точность контролируют направляющие станины, биение шпинделя и зазор ходового винта.

#### *Проверка 1*

Направляющие станины должны быть прямолинейными в продольном направлении.

Непрямолинейность направляющих станин является дефектом, отражающимся на прямолинейности получения образующей цилиндрической поверхности при точении по методу следа материальной точки. Основной причиной появления этого дефекта является износ направляющих в процессе эксплуатации станка. При некачественной чистке и нерегулярной смазке направляющие изнашиваются наиболее интенсивно. Причём износ их по длине неравномерный. Обычно наибольший износ наблюдается в средней части и вблизи патрона, а

наименьший по концам направляющих. Износ направляющих станка можно обнаружить визуально и измерить с помощью измерительных приборов и инструментов. Чтобы определить величину износа или отклонение от прямолинейности, специальную проверочную линейку устанавливают на направляющую, а затем щупом измеряют зазор между ее поверхностью и линейкой.

Для станков нормальной точности допустимый износ не должен превышать 0,02 мм на длине 1000 мм (для станков с высотой центров до 300мм) и величины 0,03 мм на той же длине (для станков с высотой свыше 300мм).

### *Проверка 2*

Направляющие станины задней бабки должны быть параллельны направляющим каретки.

При непараллельности направляющих задней бабки и каретки на деталях после точения с использованием центра задней бабки можно обнаружить чрезмерную конусность. причем величина конусности для разных деталей различна. Она зависит от длины обрабатываемой детали и от величины непараллельности направляющих. Эту проверку производят индикатором, закрепленным в резцедержателе каретки, которую перемещают по направляющим станины (рис.3). При этом штифт 1 индикатора упирается в направляющую задней бабки.

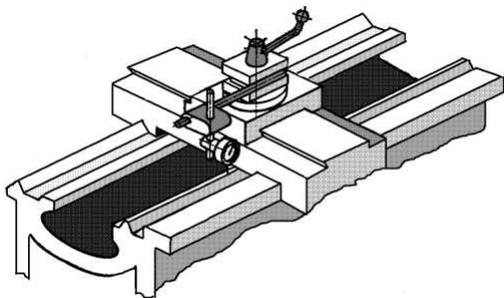


Рис. Проверка непараллельности направляющих задней бабки и каретки.

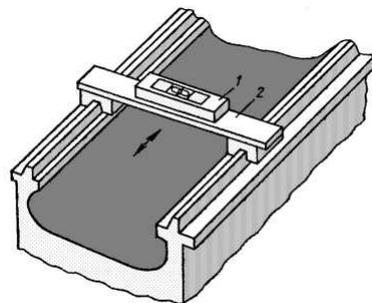


Рис. Проверка горизонтальности направляющих станины

Для станков нормальной точности допускаемое отклонение до 0,01мм (при высоте центров до 200мм) и до 0,02мм (при высоте центров более 200мм) на длине 1000мм.

### *Проверка 3*

Направляющие станины должны быть горизонтальны.

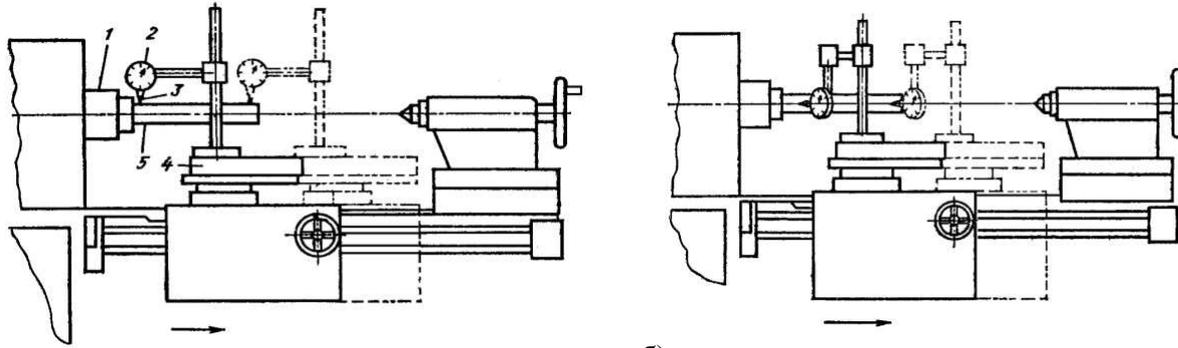
Горизонтальность направляющих станин является проверкой правильности установки станка перед его эксплуатацией. Горизонтальность расположения направляющих координирует станок в пространстве и позволяет обеспечить правильную его загрузку при работе. Проверку производят уровнем 1 пузырькового типа (рис.4), передвигая линейку 2 с уровнем вдоль направляющих станины.

Допускаемое отклонение не более 0,05 мм на длине 1000 мм (для станков нормальной точности). Регулировку положения направляющих осуществляют специальными клиньями при монтаже станка на фундамент.

### Проверка 4

Ось шпинделя должна быть параллельна направляющим станины в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Если ось шпинделя не является параллельной направляющим станины, то при обтачивании цилиндрической поверхности может быть получена поверхность однополостного гиперболоида вращения. Это объясняется тем, что траектория движения вершины резца и ось шпинделя скрещиваются. Для проверки отклонения оси шпинделя 1 от параллельности в коническое отверстие шпинделя вставляют контрольную оправку 5 (рис.5).



а)

б)

Рис. Проверка параллельности оси шпинделя направляющим станины в вертикальной (а) и горизонтальной плоскостях (б).

На каретке 4 закрепляют индикатор 2 на стойке и устанавливают его так, чтобы штифт 3 индикатора касался оправки сначала в вертикальной (рис.5 а), а затем в горизонтальной

(рис.5 б) плоскостях. Перемещая каретку вдоль оправки на длине 300 мм, отмечают отклонения стрелки индикатора.

Для станков нормальной точности допусковое отклонение от параллельности 0,01мм (в горизонтальной плоскости) и 0,01- 0,02 мм (в вертикальной плоскости).

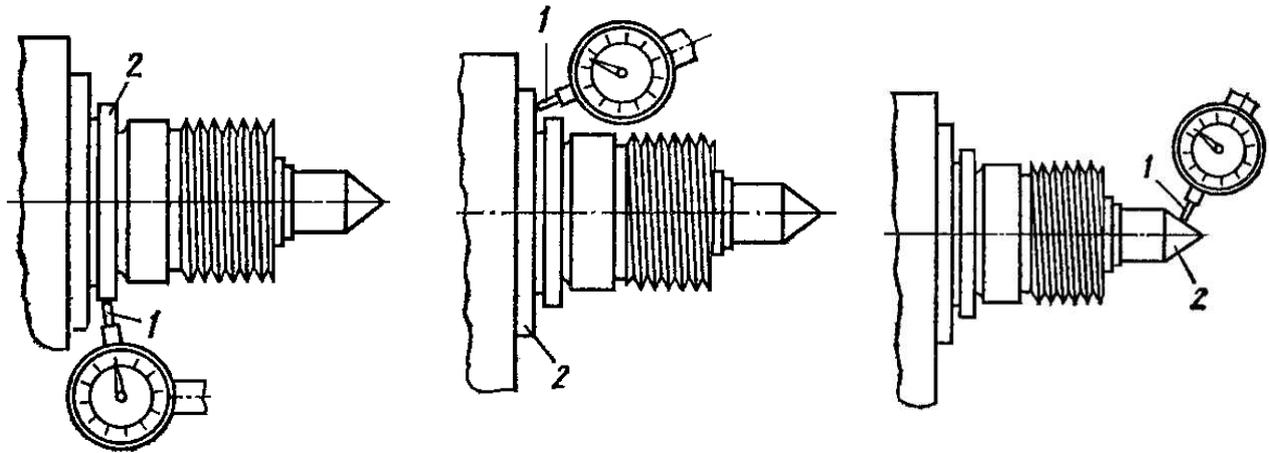
#### *Проверка 5*

Шпиндель не должен иметь радиального биения.

Повышенное радиальное биение шпинделя приводит к появлению аналогичного биения на обрабатываемой детали при смене технологических баз. Кроме того, увеличивается вероятность появления вибраций при точении и ухудшение шероховатости обработки. Проверка радиального биения шпинделя производится индикатором, укрепленным в резцедержателе (рис.6 а). При проверке необходимо, чтобы штифт 1 индикатора упирался в шейку фланца шпинделя 2 при снятом патроне.

Для станков нормальной точности допусковое отклонение 0,01мм (при высоте центров до 350 мм) и 0,02 мм (при высоте центров более 350 мм).

Для вопроса



а)

б)

в)

Рис. Проверка радиального (а) и осевого (б) биения шпинделя, (в) биения переднего центра.  
*Проверка б*

Передний центр не должен иметь биения.

Биение переднего центра приводит к погрешности по радиальному биению детали, обрабатываемой в центрах. Проверка биения центра осуществляется аналогично проверке 5. Для проверки индикатор укрепляют в резцедержателе (рис.6 в) и его штифт 1 прижимают к концу 2 центра.

Допускаемые отклонения по биению центра аналогичны допустимым значениям по радиальному биению шпинделя (см. проверку 5).

### *Проверка 7*

Шпиндель не должен иметь осевого биения.

Повышенное осевое биение шпинделя приводит к появлению неперпендикулярности торца обработанной детали относительно её оси, а также к повышенным погрешностям линейных размеров. Шероховатость обработки также повышается из-за возникновения вибраций. Проверка осевого биения шпинделя производится аналогично проверке 5, но штифт 1 индикатора (рис.6 в) должен упираться в торец 2 буртика шпинделя.

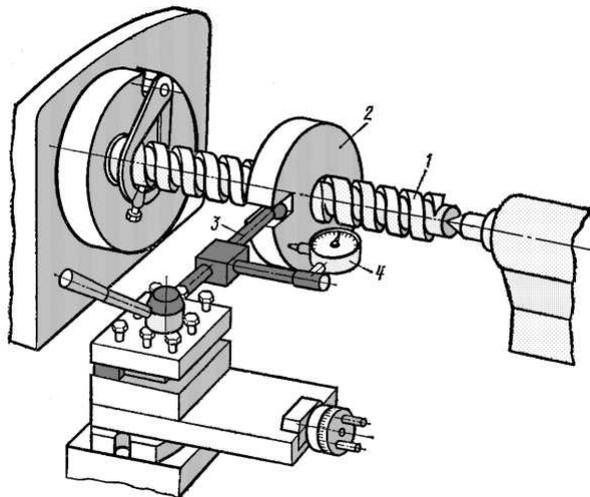
Допускаемые отклонения также аналогичны проверке 5.

### *Проверка 8*

Шаг ходового винта должен быть одинаковым по длине винта.

Нестабильность шага ходового винта по длине винта приводит к нестабильности шага нарезаемой резьбы на различных участках детали. Это приводит к ухудшению собираемости изделий, имеющих резьбовые соединения. Точность шага ходового винта проверяют посредством специальной эталонной оправки 1, установленной между центрами передней и задней бабок (рис.7), и цилиндрической гайки 2, наворачиваемой на резьбовую оправку. В гайке имеется продольный паз, в который вводят шарик державки 3, фиксирующей гайку от поворота. В торец гайки упирается штифт индикатора 4, связанного с резцедержателем. Станок настраивают на шаг резьбы оправки при подаче от ходового винта станка. Включают станок и следят за показаниями индикатора.

Для вопроса



Для заметок на полях

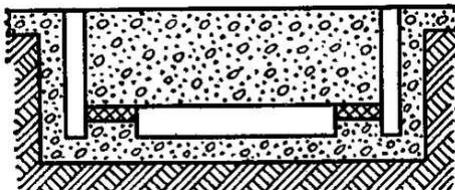
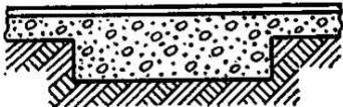
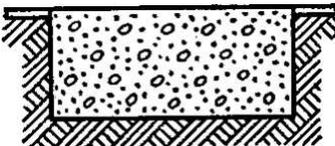
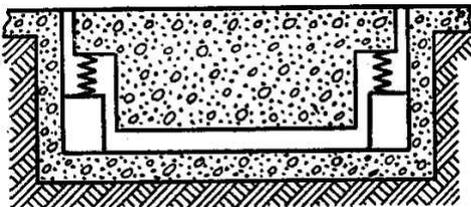
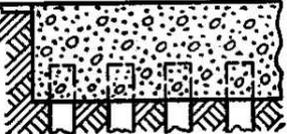
Рис. Проверка точности шага ходового винта станка.

Для станков нормальной точности допускаемые отклонения на длине 100 мм 0,03 мм и для станков с высотой центров до 400 мм на длине 300 мм 0,05 мм.

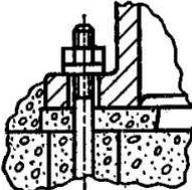
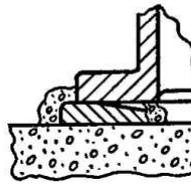
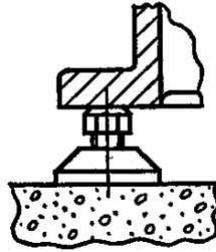
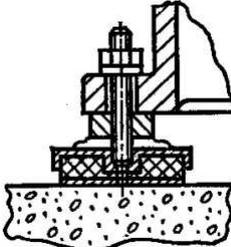
Для вопроса

# Методы установки и закрепления станков на фундаменте

## Типы фундаментов

Наименование, сечение	Наименование, сечение
Пол (на общей плите) 	На резиновых ковриках 
Ленточный 	
Обычного типа 	На пружинах 
Свайный 	

## Способы закрепления станков

<p>С заливкой цементным раствором</p> 	<p>цементным раствором</p> 	<p>На клиньях</p> 	<p>На регулируемых винтовых опорах</p> 	<p>На резино-металлических опорах</p> 
---	--	---	---	---

Для заметок

## **Вопросы по разделу**

1 уровень	2 уровень	3 уровень
На какие группы точности делятся металлорежущие станки?	В чем состоит особенность разбивки станков по группам точности?	Предложить способы приведения точностных показателей станка в соответствии с допустимыми значениями.
В каком случае и для чего производят проверку геометрической точности станка?	На что влияет и как осуществляется проверка прямолинейности направляющих станины?	Как производится проверка точности шага ходового винта?
Какие инструменты и приборы необходимы для контроля геометрической точности станка?	На что влияет и как проверить непараллельность направляющих каретки и задней бабки?	
Как проверить горизонтальность направляющих станины?	На что влияет и как проверить непараллельность оси шпинделя и направляющих станины?	
На что влияет и как проверить биение шпинделя станка?	Каким образом геометрическая точность станка влияет на погрешность обра-	

	ботки?	
--	--------	--

## Приложение 2

# Паспортные данные некоторых типов металлорежущих станков

### ***Токарно-винторезный станок 16К20***

Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм: над станиной — 400; над суппортом — 220. Наибольшая длина обрабатываемого изделия 2000 мм. Высота резца, устанавливаемого в резцедержателе, 25 мм. Мощность двигателя  $N_d = 10$  кВт; К.ПД станка  $\eta = 0,75$ . Частота вращения шпинделя, мин/мин: 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600. Продольная подача, мм/об: 0,05; 0,06; 0,075; 0,09; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1; 1,2; 1,4; 1,6; 2; 2,4; 2,8. Поперечная подача, мм/об: 0,025; 0,03; 0,0375; 0,045; 0,05; 0,0625; 0,075; 0,0875; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1; 1,2; 1,4. Максимальная осевая составляющая силы резания, допускаемая механизмом подачи,  $P_x = 600$  кгс = 6000 Н.

### **Токарно-винторезный станок 16Б16П.**

Наибольший диаметр обрабатываемого изделия, мм: над станиной — 320, над суппортом — 180. Наибольшая длина обрабатываемой заготовки 1000 мм. Высота резца, устанавливаемого в резцедержателе, 25 мм. Мощность двигателя  $N_d = 6,3$  кВт; КПД станка  $\eta = 0,7$ . Частота вращения шпинделя, мин-1: 20; 25; 31,5- 40- 50-63; 80: 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000: 1250; 1600; 2000. Продольная подача, мм/об: 0,05; 0,06; 0,07; 0,08; 0,1; 0,12; 0,15; 0,17; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4<sup>^</sup> 1,6; 2,0; 2,4; 2,8. Поперечная подача, мм/об: 0,025; 0,05; 0,06; 0,07; 0,08; 0,1; 0,12; 0,15; 0,17; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,9; 1,0; 1,2; 1,4. Максимальная осевая составляющая силы резания, допускаемая механизмом подачи,  $P_x = 600$  кгс = 6000 Н.

### **Вертикально-сверлильный станок 2Н125**

Наибольший диаметр обрабатываемого отверстия в заготовке из стали — 25 мм. Мощность двигателя  $N_d = 2,8$  кВт; КПД станка  $\eta = 0,8$ . Частота вращения шпинделя, об/мин: 45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400; 2000. Подача, мм/об: 0,1; 0,14; 0,2; 0,28; 0,4; 0,56; 0,8; 1,12; 1,6. Максимальная осевая сила резания, допускаемая механизмом подачи станка,  $P_{max} = 900$  кгс = 9000 Н.

### **Вертикально-сверлильный станок 2Н135**

Наибольший диаметр обрабатываемого отверстия в заготовке из стали — 35 мм. Мощность дви-

двигателя  $N_d = 4,5$  кВт; КПД станка  $\eta = 0,8$ . Частота вращения шпинделя, об/мин: 31,5; 45; 63; 40; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400. Подача, мм/об: 0,1; 0,14; 0,2; 0,28; 0,4; 0,56; 0,8; 1,12; 1,6. Максимальная осевая сила резания, допускаемая механизмом подачи станка,  $P_{max} = 1500$  кгс = 15000 Н.

### ***Вертикально-фрезерный станок 6Т13***

Площадь рабочей поверхности стола 400 x 1600 мм. Мощность двигателя  $N_d = 11$  кВт; КПД станка  $\eta = 0,8$ . Частота вращения шпинделя, об/мин: 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600. Скорости продольного и поперечного движения подачи стола, мм/мин: 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1200. Скорость вертикального движения подачи стола мм/мин: 4,1; 5,3; 6,6; 8; 10,5; 13,3; 16,6; 21; 26,6; 33,3; 41,6; 53,5; 66,6; 83,3; 105; 133,3; 166,6; 210; 266,6; 333,3; 400. Максимальная сила резания, допускаемая механизмом движения подачи, Н: продольного — 20000, поперечного — 12000, вертикального — 8000.

### ***Вертикально-фрезерный станок 6Т12***

Площадь поверхности стола 320x 1250 мм. Мощность двигателя  $N_d = 7,5$  кВт; КПД станка  $\eta = 0,8$ . Частота вращения, об/мин: 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600. Скорость продольного и поперечного движения подачи стола, мм/мин:

12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250: Скорость вертикального движения подачи стола, мм/мин: 4,1; 5,3; 6,6; 8; 10,5; 13,3.

Максимальная сила резания, допускаемая механизмом подачи, Н: продольной — 15000; поперечной — 12000; вертикальной — 5000.

### ***Зубофрезерный станок 53А50***

Наибольший наружный диаметр нарезаемого колеса 500 мм. Наибольший модуль нарезаемого колеса 8 мм. Мощность двигателя  $N_d = 8$  кВт; КПД станка  $\eta = 0,65$ . Частота вращения шпинделя, об/мин: 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 240; 315; 405. Вертикальная подача суппорта (фрезы) за один оборот заготовки, мм/об: 0,75; 0,92; 1,1; 1,4; 1,7; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,1; 3,4; 3,7; 4,0; 5,1; 6,2; 7,5. Радиальная подача, мм/об: 0,22; 0,27; 0,33; 0,4; 0,48; 0,55; 0,66; 0,75; 0,84; 1,0; 1,2; 1,53; 1,8; 2,25.

### ***Зубодолбежный станок 512 2***

Наибольший наружный диаметр нарезаемого колеса 200 мм. Наибольший модуль нарезаемого колеса 5 мм. Мощность двигателя  $N_d = 3$  кВт; КПД станка  $\eta = 0,65$ . Число двойных ходов долбяка в 1 мин: 200; 280; 305; 400; 430; 560; 615; 850. Круговая подача за один двойной ход долбяка, мм/дв. ход: 0,16; 0,2; 0,25; 0,315; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6. Радиальная подача, мм/дв. ход: 0,006; 0,009; 0,013; 0,036; 0,051; 0,072; 0,15.

### **Резьбофрезерный станок 5Б63**

Наибольший диаметр фрезеруемой наружной резьбы 80 мм. Мощность двигателя  $N_d = 3$  кВт; КПД станка  $\eta = 0,75$ . Частота вращения фрезерного шпинделя, об/мин: 160; 200; 250; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500. Частота вращения шпинделя заготовки, об/мин: 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10; 12,5; 16,0.

### **Круглошлифовальный станок 3М131.**

Наибольшие диаметр и длина шлифуемой поверхности: 280x700 мм. Мощность двигателя шлифовальной бабки  $N_d = 7,5$  кВт; КПД станка  $\eta = 0,8$ . Частота вращения круга, об/мин: 1112 и 1285. Частота вращения обрабатываемой заготовки, об/мин: 40 — 400 (регулируется бесступенчато). Скорость продольного хода стола 50 — 5000 мм/мин (регулируется бесступенчато). Периодическая поперечная подача шлифовального круга 0,002—0,1 мм/ход стола (регулируется бесступенчато). Непрерывная подача для врезного шлифования 0,1 — 4,5 мм/мин. Размеры шлифовального круга (нового):  $D_{кр} = 600$  мм;  $B = 63$  мм.

### **Внутришлифовальный станок 3К228В.**

Наибольший диаметр шлифуемого отверстия 200 мм; наибольшая длина обрабатываемой поверхности 200 мм. Мощность двигателя шлифовального шпинделя  $N_d = 5,5$  кВт; КПД станка  $\eta = 0,85$ .

Частота вращения обрабатываемой заготовки: 100—600 об/мин (регулируется бесступенчато). Частота вращения шлифовального круга, об/мин: 4500; 6000; 9000; 13000. Скорость продольного хода шлифовальной бабки 1—7 м/мин (регулируется бесступенчато). Поперечная подача шлифовального круга, мм/ход: 0,001; 0,002; 0,003; 0,004; 0,005; 0,006. Наибольшие размеры шлифовального круга:  $D_{кр} = 175$  мм;  $B = 63$  мм.

### ***Плоскошлифовальный станок.***

ЗП722 Площадь рабочей поверхности стола 320x1250. Мощность двигателя шлифовального шпинделя  $N_d = 15$  кВт; КПД ставка  $\eta = 0,85$ . Частота вращения шлифовального круга 1500 об/мин. Скорость продольного хода стола 3—45 м/мин (регулируется бесступенчато). Поперечная подача круга 2—48 мм/ход стола (регулируется бесступенчато). Вертикальная подача круга, мм на реверс шлифовальной бабки: 0,004; 0,005; 0,01; 0,015; 0,02; 0,025; 0,03; 0,035; 0,04; 0,045; 0,05; 0,055; 0,06; 0,065; 0,07; 0,075; 0,08; 0,085; 0,09; 0,095; 0,1. Размеры шлифовального круга (нового):  $D_{кр} = 450$  мм;  $B = 80$  мм.

### ***Токарный многорезцовый полуавтомат 1Н713.***

Наибольший диаметр обрабатываемого изделия: над станиной — 400 мм, над суппортом — 250 мм; наибольшая длина обрабатываемой заготовки — 1400 мм. Число суппортов — 2. Мощность двигателя  $N_d = 18,5$  кВт; КПД станка  $\eta = 0,8$ . Частота вращения шпинделя, об/мин: 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250. Скорость движения продольной и поперечной по-

дачи суппортов, мм/мин; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400. Максимальная осевая составляющая силы резания, допускаемая механизмом подачи,  $P_x = 16000 \text{ Н} = 1630 \text{ кгс}$ .



## **Список контрольных вопросов**

1. Виды поверхностей деталей и способы их образования на станках.
2. Виды движений, реализуемые на станках.
3. Классификация металлорежущих и деревообрабатывающих станков.
4. Кинематическая схема станка. Условные обозначения основных элементов станков.
5. Передаточные отношения и перемещения в различных видах передач.
6. Передаточные отношения кинематических цепей. Расчет частоты вращения и крутящих моментов.
7. Ряды частот вращения шпинделя и подач в станках. Построение графика скоростей.
8. Станины и направляющие как элементы несущей системы станков.
9. Схема привода станка.
10. Основные элементы ступенчатого регулирования привода.
11. Элементы бесступенчатого регулирования привода.
12. Шпиндельные узлы (требования и состав).

13. Механизмы прямолинейного движения, применяемые в станках.
14. Механизмы периодических движений в станках.
15. Муфты.
16. Механизмы и устройства управления станком.
17. Система смазки и охлаждения станка.
18. Механическая характеристика и способы регулирования частоты вращения асинхронного электродвигателя.
19. Механическая характеристика и способы регулирования частоты вращения двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением.
20. Аппаратура ручного, контакторного управления электропривода.
21. Основные элементы гидропривода, его состав.
22. Насосы. Принцип действия шестеренчатого насоса.
23. Распределительная гидроаппаратура (золотники, краны, обратные клапаны).
24. Регулирующая аппаратура (клапаны давления, дроссели).
25. Гидроцилиндры и гидромоторы.
26. Схемы гидроприводов с объёмным и дроссельным регулированием скорости движения.
27. Последовательность наладки привода главного движения токарно-винторезного станка.
28. Последовательность наладки привода подачи токарно-винторезного станка для нарезания резьбы.
29. Принцип работы, устройство токарно-винторезного станка.
30. Особенности наладки токарно-винторезного станка при нарезании многозаходных резьб.
31. Особенности наладки токарно-винторезного станка при обработке конуса.
32. Стандартные и специальные приспособления к токарным станкам.

33. Назначение и принцип работы станков сверлильно-расточной группы.
34. Принцип работы и устройство консольно-фрезерных станков.
35. Приводы главного движения и подачи консольно-фрезерного станка.
36. Принцип работы механизма переключения подачи консольно-фрезерного станка.
37. Приспособления для установки и закрепления деталей при фрезеровании.
38. Назначение и классификация делительных головок.
39. Схема наладки универсальной делительной головки при простом делении.
40. Схема наладки универсальной делительной головки при дифференциальном делении.
41. Наладка универсальной делительной головки на фрезерование спиральных канавок.
42. Назначение и принцип работы круглошлифовальных станков.
43. Назначение и принцип работы плоскошлифовальных станков.
44. Устройство круглошлифовального центрального станка. Назначение узлов.
45. Назначение и принцип работы станков доводочной группы.
46. Назначение и конструктивные особенности станков с ЧПУ.
47. Классификация, назначение, структурная схема промышленного робота.
48. Основные виды контроля геометрической точности станков (на примере токарного станка).

Для дополнительных вопросов



Для последней заметки на полях

VERBA VOLAND, SCRIPTA MANENT, лат. – слова улетают, написанное остается

## Список литературы

1. Гапонкин В.А., Лукашев Л.К., Суворова Т.Г. Обработка резанием. Металлорежущий инструмент и станки: Учеб. для средн. спец. учебн. завед. по машиностроит. спец. М.: Машиностроение, 1990. 448 с.: ил.

2. Чернов Н.Н. Металлорежущие станки: Учеб. для техникумов по специальности " Обработка металлов резанием ". 4-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1988. 416 с.
3. Кучер И.М. Металлорежущие станки: 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Машиностроение, 1969. 720 с.
4. Металлорежущие станки: Учебник для машиностроительных вузов/Под ред. В.Э. Пуша. М.: Машиностроение, 1985. 256 с.: ил.
5. Захаров В.А., Чистоклетова А.С. Токарь: Учеб. пособие для проф. Обучения рабочих на производстве. М.: Машиностроение, 1989. 272 с.: ил.
6. Шварц В.В. Иллюстрированный словарь по машиностроению: 3614 терминов. М.: Рус.яз., 1986. 428 с.: ил.
7. Галашев В.А. Устройство и наладка универсальной делительной головки: Метод. указ. Ижевск: Изд-во Удм. ун-та, 1995. 20 с.
8. Галашев В.А. Построение кинематической схемы коробки передач: Метод. указ. Ижевск: Изд-во Удм. ун-та, 1995. 18 с.
9. Галашев В.А. Проверка геометрической точности токарно-винторезного станка: Метод. указ. Ижевск: Изд-во Удм. ун-та, 1995. 16 с.
10. Галашев В.А. Металлорежущие станки и станочные приспособления: Метод. указ. по выполнению контрольной работы по составлению кинематической схемы коробки передач

станка (для студентов специальности 03.06 "Технология и предпринимательство"): Метод. указ. Ижевск: Изд-во Удм. ун-та, 1995. 18 с.

Виталий Афанасьевич Галашев

Станки для обработки материалов резанием. Краткий конспект обзорных лекций

Редактор

Корректор

Компьютерный набор В.А.Галашев

Лицензия ЛР № 020411 от 16.02.97.

Подписано в печать . Формат 60 x 84 1/16

Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 200 экз.

Заказ №

Редакционно-издательский отдел УдГУ

4260034, Ижевск, ул. Университетская, 1.

Типография объединения "Полиграфия"

426034, Ижевск, Удмуртская, 237