

ФГАОУ ВПО «Российский государственный  
профессионально-педагогический университет»

В.И.Вешкурцев

Оборудование механосборочного производства и  
средства автоматизации.

Общие сведения и механизмы станков

Курс лекций

Часть 1

# Содержание

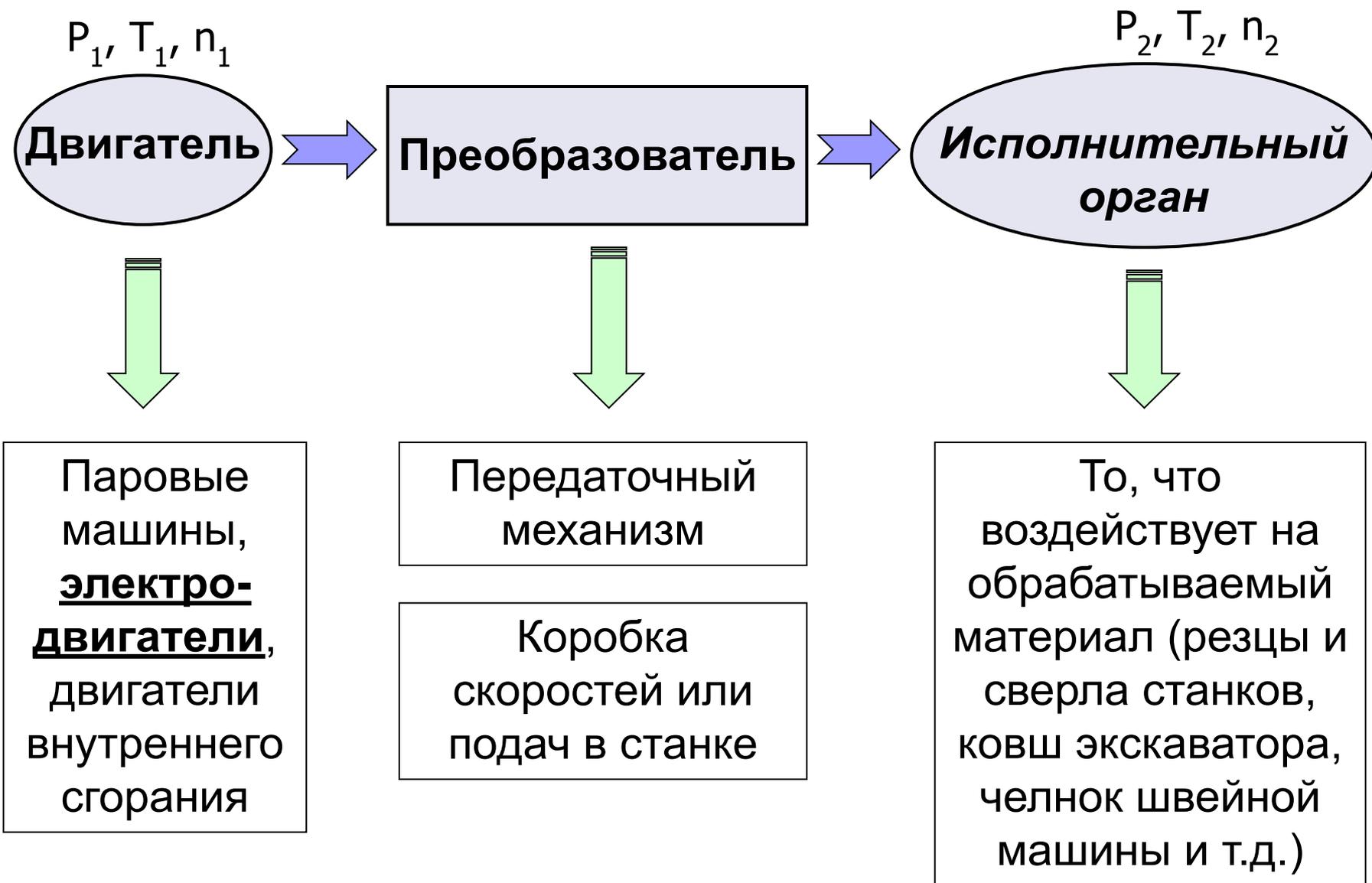
- 1 *Механизмы преобразования движения*
- 2 *Кинематика зубчатых передач*
- 3 *Сведения о допусках и посадках*
- 4 *Опоры валов*
- 5 *Общие сведения о машиностроительных материалах*
- 6 *Понятие о методах упрочнения поверхностного слоя*
- 7 *Использование полученных знаний при чтении рабочих чертежей*

# 1 Механизмы преобразования движения

Машина – это средство преобразования энергии нефизиологического происхождения в работу, полезную для людей.

Цель создания машин – увеличение силы воздействия на обрабатываемый элемент или продукт, увеличение скорости и быстродействия.

# Структура машины:



*Крутящий момент (Т), Н·м,  
определяется по формуле:*

$$T = 9550 \frac{P}{n}$$

Р – мощность, кВт;

n – частота вращения, об/мин

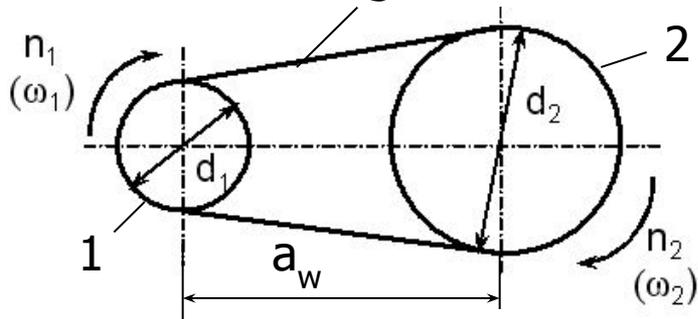
**Вывод:** Мощность падает на величину потерь (незначительно), а частоты вращения ( $n_2$ ) значительно уменьшаются, поэтому  $T_2 > T_1$

**Механическая передача** - механизм, служащий для передачи механической энергии на расстояние от двигателя к рабочему органу машины с преобразованием скоростей и крутящих моментов.

*Выделяют следующие виды механических передач:*

- ✓ *ременная передача;*
- ✓ *цепная передача;*
- ✓ *винтовой механизм;*
- ✓ *зубчатая передача;*
- ✓ *реечный механизм.*

# 1.1 Ременная передача

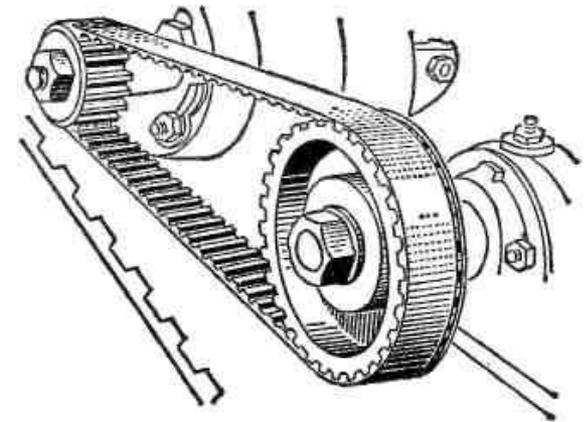


*Ременная передача первой из передач получила промышленное применение.*

$d_1, d_2$  – соответственно диаметры ведущего и ведомого шкивов;  
 $a_w$  – межосевое расстояние

*Основными элементами простейшей ременной передачи являются два шкива – ведущий (1) и ведомый (2). На шкивы надет предварительно натянутый ремень (3).*

*Передачи применяются в приводе станков между двигателем и коробкой скоростей.*



## *Достоинства:*

- возможность передачи движения на значительное расстояние (до 15 м и более);
- плавность и бесшумность работы, за счет эластичности ремня;
- предохранение механизмов от резких колебаний нагрузки вследствие упругости ремня;
- предохранение механизмов от перегрузки за счет возможного проскальзывания ремня;
- простота конструкции и эксплуатации;
- небольшая стоимость и простота ухода за передачей

## ***Недостатки:***

- повышенные габариты;
- некоторое непостоянство передаточного числа;
- повышенная нагрузка на валы и их опоры;
- низкая долговечность ремней.

**Передачи применяются преимущественно в тех случаях, когда по условиям конструкции валы расположены на значительных расстояниях.**

Ременная передача относится к передачам с гибкой связью.

Вращение ведущего шкива преобразуется во вращение ведомого шкива благодаря трению, развиваемому между ремнем и шкивами.

*По форме поперечного сечения ремни разделяют на следующие виды :*

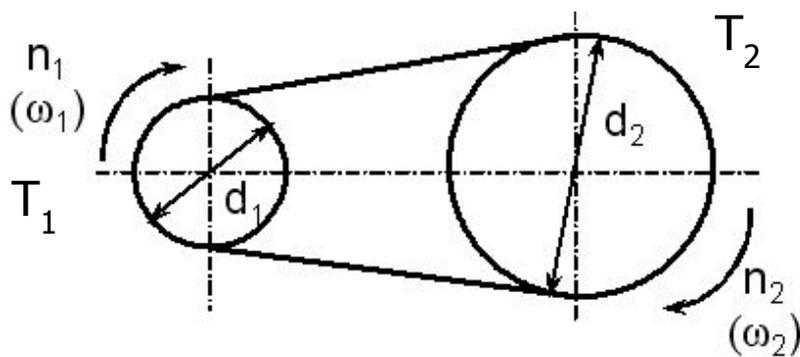


показано три ремня

- *Плоские ремни в поперечном сечении представляют собой многоугольник шириной, значительно превосходящей толщину.*
- *Клиновые ремни в сечении представляют собой трапецию. Рабочими поверхностями клинового ремня являются его боковые стороны, которыми он соприкасается с боковыми сторонами канавки шкива.*
- *Круглоремённые передачи применяются при сравнительно больших межосевых расстояниях.*

*Передаточное число определяется кинематическими отношениями и геометрическими параметрами передачи*

$$u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} \approx \frac{d_2}{d_1} = \frac{T_2}{T_1 \cdot \eta}$$



$\omega_1, \omega_2$  – угловые скорости ведущего и ведомого шкивов,  $c^{-1}$

$n_1, n_2$  – частоты вращения ведущего и ведомого шкивов, об/мин

$d_1, d_2$  – диаметры ведущего и ведомого шкивов, мм

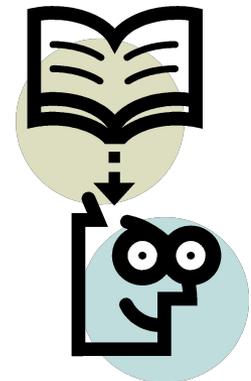
$T_1, T_2$  – крутящие моменты на ведущем и ведомом шкивах, Н·м

*Передаточное число больше единицы, угловая скорость ведомого колеса меньше угловой скорости ведущего (частоты вращения ( $n$ )), поэтому крутящий момент увеличивается (см. Слайд 5)*

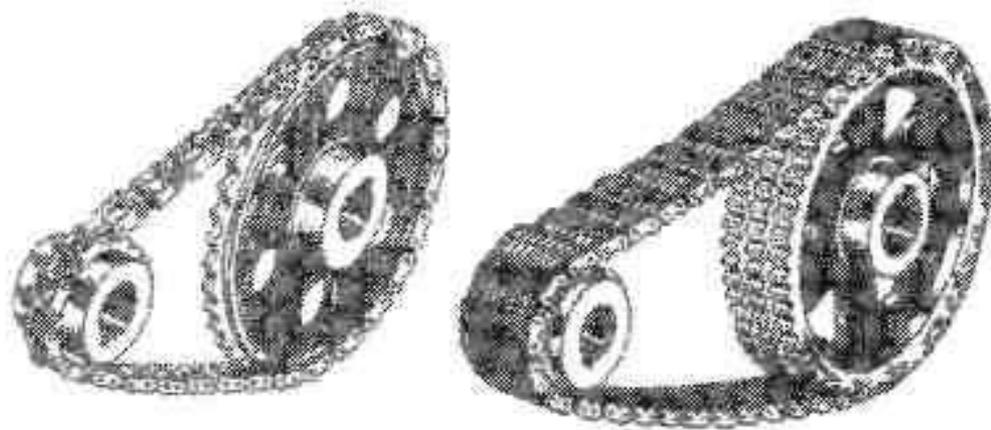
*Также крутящий момент можно определить  
через окружную силу*

$$T = F_t \frac{d}{2}$$

*$F_t$  – окружная сила, Н*



## 1.2 Цепная передача



*Цепная передача относится к передачам зацеплением с гибкой связью.*

*Она состоит из ведущей и ведомой звездочек, огибаемых цепью.*

Цепные передачи применяют при значительных межосевых расстояниях, а также для передачи движения между параллельными валами, когда зубчатые передачи не применимы, а ременные недостаточно надежны.

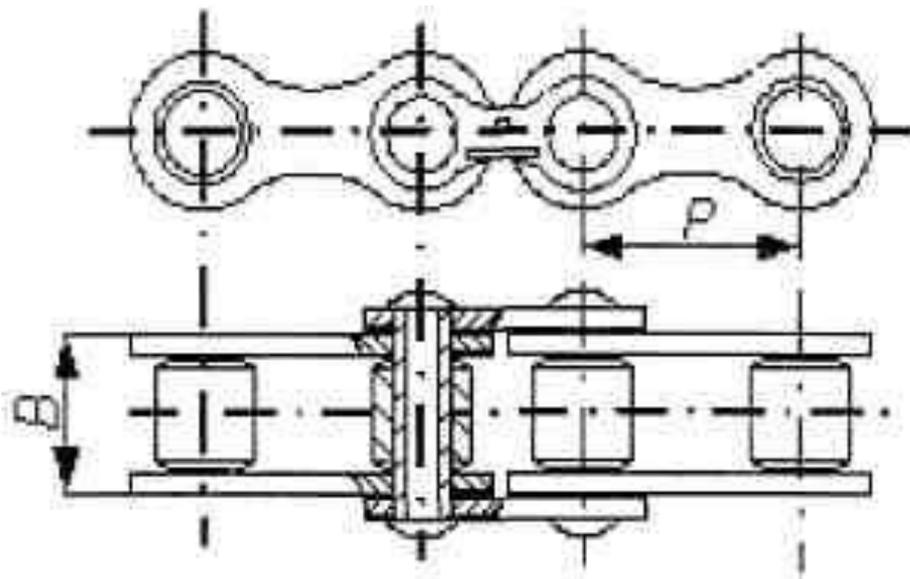
## ***Достоинства:***

- возможность передачи больших нагрузок (крутящих моментов), по сравнению с ременными передачами;
- постоянство передаточного числа;
- возможность работы при значительных кратковременных перегрузках.

## ***Недостатки:***

- износ шарниров цепи;
- шум;
- дополнительные динамические нагрузки;
- необходимость организации системы смазки.

Цепи состоят из двух рядов наружных и внутренних пластин. Зацепление цепи со звездочкой происходит через ролик, который, поворачиваясь на втулке, перекачивается по зубу звездочки.



Шаг цепи ( $P$ ) является основным параметром цепной передачи. Чем больше шаг, тем выше нагрузочная способность цепи, но меньше плавность, сильнее шум, больше износ шарниров.

Пластины цепей изготавливают из сталей 50, 40X и других с закалкой до твердости 40...50 HRC. Оси, втулки, ролики – из цементуемых сталей 20, 15X и других с закалкой до твердости 52...65 HRC. Звездочки изготавливают из сталей 45, 40X и других с закалкой или из цементуемых сталей 15, 20X.



*Передаточное число цепной передачи  
определяется геометрическими параметрами  
передачи и кинематическими отношениями*

$$u = \frac{z_2}{z_1} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{T_2}{T_1 \cdot \eta}$$

$z_1, z_2$  – числа зубьев ведущей и ведомой звездочек

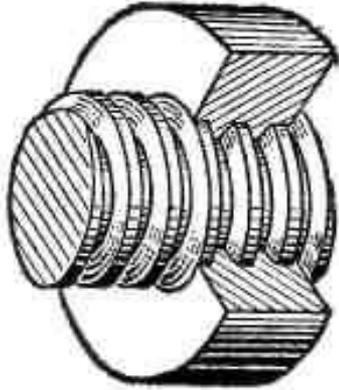
$d_1, d_2$  – диаметры ведущей и ведомой звездочек, мм

$\omega_1, \omega_2$  – угловые скорости ведущей и ведомой звездочек,  $s^{-1}$

$n_1, n_2$  – частоты вращения ведущей и ведомой звездочек, об/мин

$T_1, T_2$  – крутящие моменты на ведущей и ведомой звездочках, Н·м

## 1.3 Винтовой механизм



*Винтовой механизм служит для преобразования вращательного движения в поступательное.*

В ряде случаев эти передачи используются для получения большого выигрыша в силе или для осуществления медленных и точных перемещений.



**Основной недостаток передачи – низкий КПД**

*Величина хода винта определяется по формуле:*

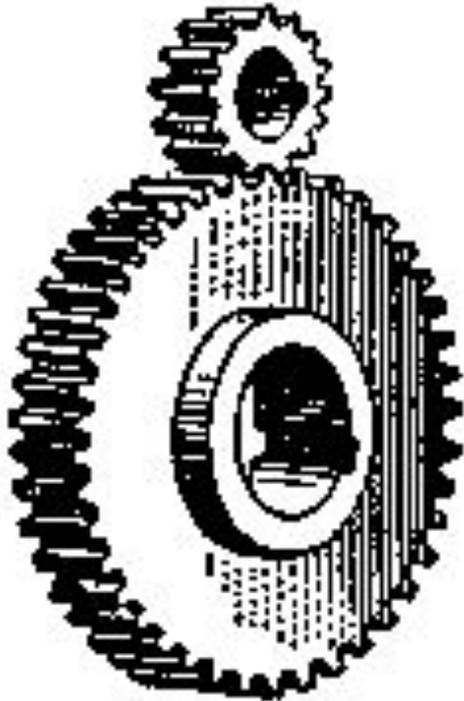
$$H = \pi dk$$

*d – диаметр резьбы, мм;*

*k – число заходов*

*Винтовой механизм применяется в ходовых винтах токарного станка для перемещения суппорта и во многих других станках для получения движения подачи и установочных перемещений (столы фрезерных и зубофрезерных станков, суппорта продольно-строгальных станков, коробки скоростей расточных станков).*

## 1.4 Зубчатая передача



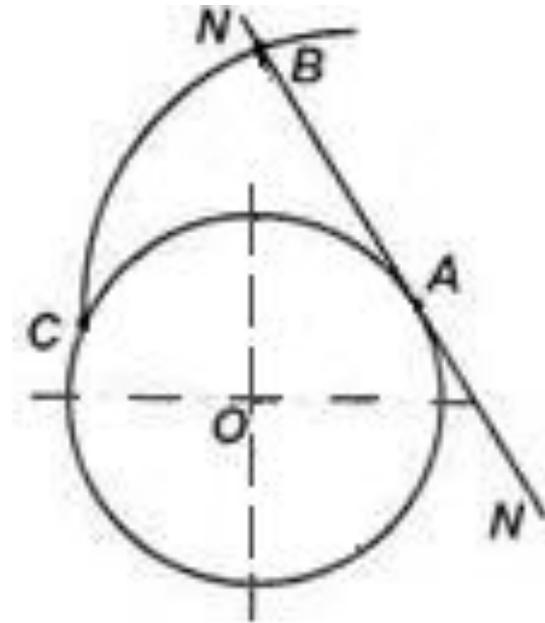
Зубчатая передача основана на зацеплении пары зубчатых колес.

Передачи широко распространены в различных областях машиностроения и являются основными видами передач, применяемых в современных машинах.

*Зубчатая передача применяется в коробках скоростей станков.*

Зубья зубчатых колес имеют эвольвентный профиль, предложенный Л.Эйлером в 1760 г.

Применению эвольвентного зацепления предшествовало циклоидальное, которое применяется в часовых механизмах.



**Эвольвента** — это кривая, которая описывается точкой  $B$ , лежащей на касательной к основной окружности линии  $NN$ , если эту касательную обкатывать без скольжения по окружности.

**Особенности:** отрезок АВ является радиусом эвольвенты и постоянно меняется.

Касательную можно представить в виде натянутой нити, закрепленной в точке А. При огибании этой линии основной окружностью, карандаш, установленный в точку В, также опишет эвольвенту.

**Основным преимуществом эвольвентного профиля зуба** является простота его изготовления, основанная на применении прямой линии, лежащей в основе зуборезных инструментов (рейка, червячная фреза).

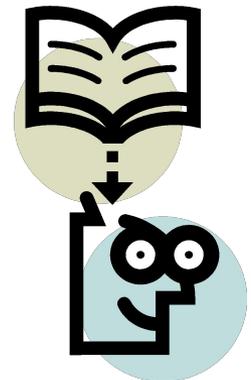
**Метод обкатывания используется в зубофрезерных и зубодолбежных станках**

## *Достоинства зубчатых передач:*

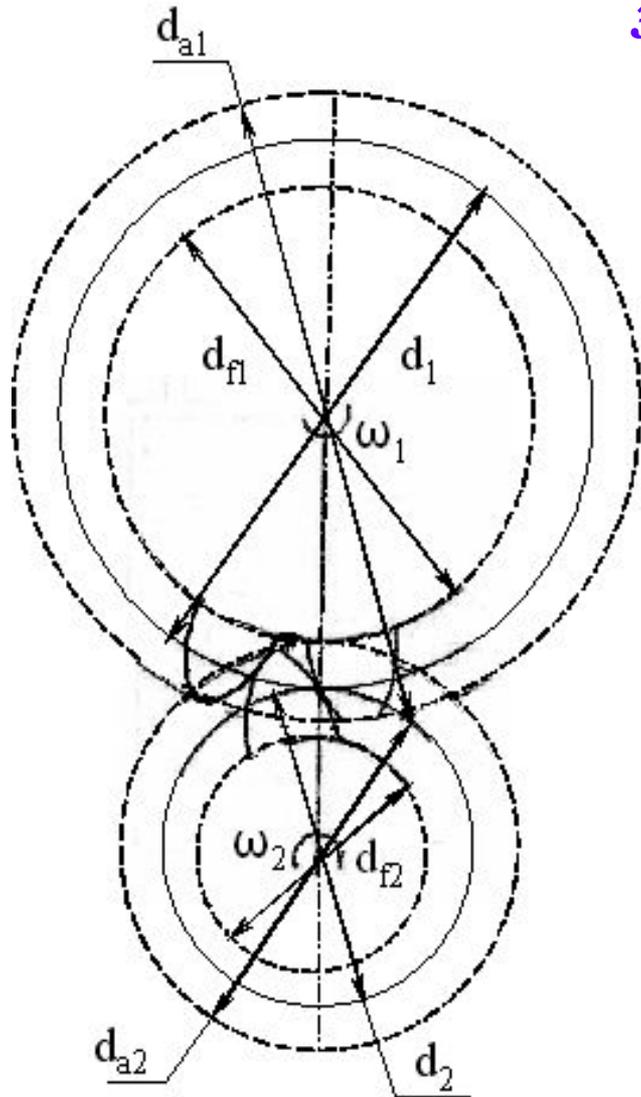
- высокая нагрузочная способность;
- малые габариты;
- большая долговечность и надежность работы ;
- высокий КПД;
- постоянство передаточного числа ;
- простота обслуживания
- возможность применения в широком диапазоне скоростей, мощностей и передаточных чисел

## **Недостатки зубчатых передач :**

- шум при больших скоростях;
- повышенные требования к точности изготовления;
- высокая жесткость, не позволяющая компенсировать динамические нагрузки.



## Основные геометрические параметры зубчатого колеса:



- $d_1, d_2$  – делительные диаметры ведомого и ведущего колеса, мм
- $d_{a1}, d_{a2}$  – диаметры выступов ведомого и ведущего колеса
- $d_{f1}, d_{f2}$  – диаметры впадин ведомого и ведущего колеса
- $m$  – модуль, мм

Длина окружности определяется по формуле:

$$L = Pz$$

$P$  – шаг между соседними зубьями, мм

$z$  – число зубьев

Делительный диаметр определяется по формуле:

$$d = \frac{Pz}{\pi}$$

Длину окружности также можно определить:

$$L = d\pi$$

Модуль определяется:

$$m = \frac{P}{\pi}$$

После расчета модуль округляется до стандартных величин

Таким образом, делительный диаметр можно определить:

$$d = mz$$

Диаметр окружности выступов получается дополнением делительного диаметра двумя высотами головок зуба:

$$d_a = d + 2h_a$$

Диаметр окружности впадин получается вычитанием из делительного диаметра двух высот ножек зуба:

$$d_f = d - 2h_f$$

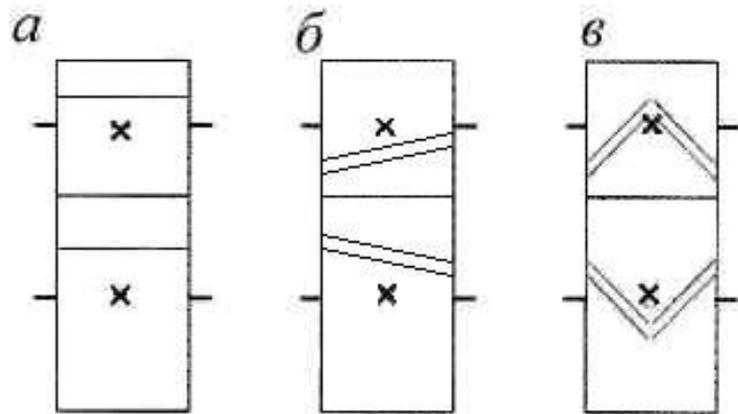
Высота головки зуба равна модулю, а высота ножки зуба 1,25 модуля:

$$h_a = m$$

и

$$h_f = 1,25m$$

*В зависимости от взаимного расположения осей вращения ведущего и ведомого валов различают следующие виды передач:*



Цилиндрическая передача

- а – с прямым зубом;
- б – с косым зубом;
- в – с шевронным зубом.

**1. Передача вращения между валами с параллельными осями осуществляется цилиндрическими колесами с прямыми, косыми и шевронными зубьями;**

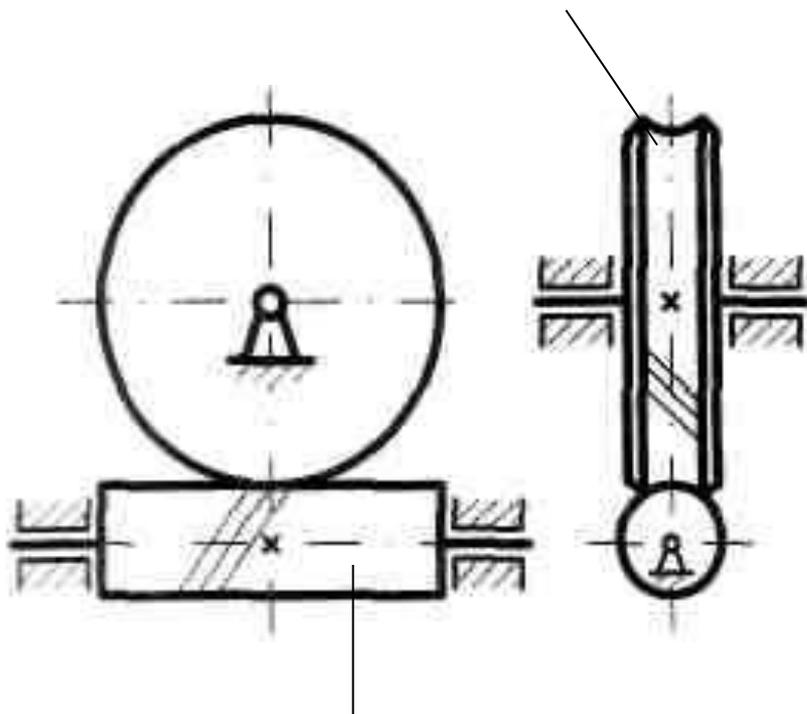


**2.** *Передача вращения между валами с пересекающимися осями (лежащими в одной плоскости) осуществляется коническими колесами. Форма зубьев может быть прямая, косая и криволинейная. На рисунке показана коническая передача с прямыми зубьями.*

*1 – ведущее колесо*

*2 – ведомое колесо*

*червячное колесо*



*червяк*

- 3.** *Передача вращения между валами со скрещивающимися осями лежащими в разных плоскостях осуществляется червячной передачей.*

## *Особенности червячных передач:*

- значительно большие передаточные числа, чем в зубчатых передачах (до 80);
- самоторможение, то есть движение возможно только от ведущего (червяка) к ведомому (колесо) элементам.

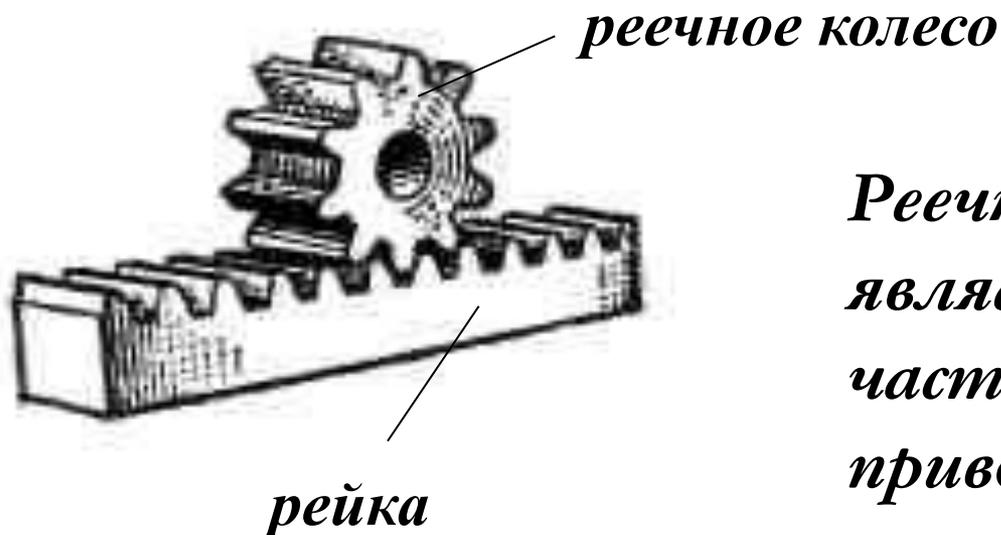
*Передаточное число цилиндрической и конической передач определяются по формуле*

$$u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{T_2}{T_1 \cdot \eta}$$

$T_1, T_2$  – крутящие моменты на ведомом и ведущем колесах

$\eta$  – коэффициент полезного действия зубчатой передачи,  $\eta=0,96$

## 1.5 Реечный механизм



*Реечная передача является составной частью реечного привода.*

*Реечные передачи применяются в приводах главного движения продольно строгальных и долбежных станков и в механизмах движения подачи в токарных и других станках.*

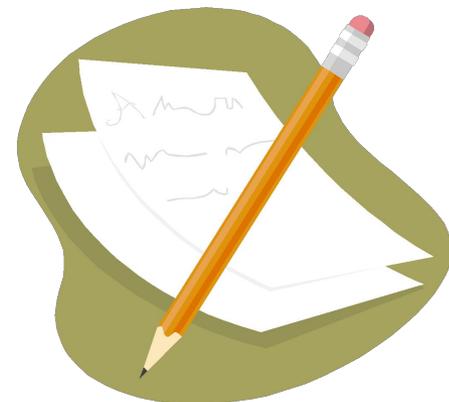
*Длина прямолинейного перемещения рейки за один оборот реечного колеса равна:*

$$H = P \cdot z = \pi \cdot m \cdot z$$

*P – шаг зуба рейки, мм*

*z – число зубьев рейки, мм*

*m – модуль, мм*



## ***Достоинства:***

- возможность получения большого передаточного числа;
- высокий КПД.

## ***Недостатки:***

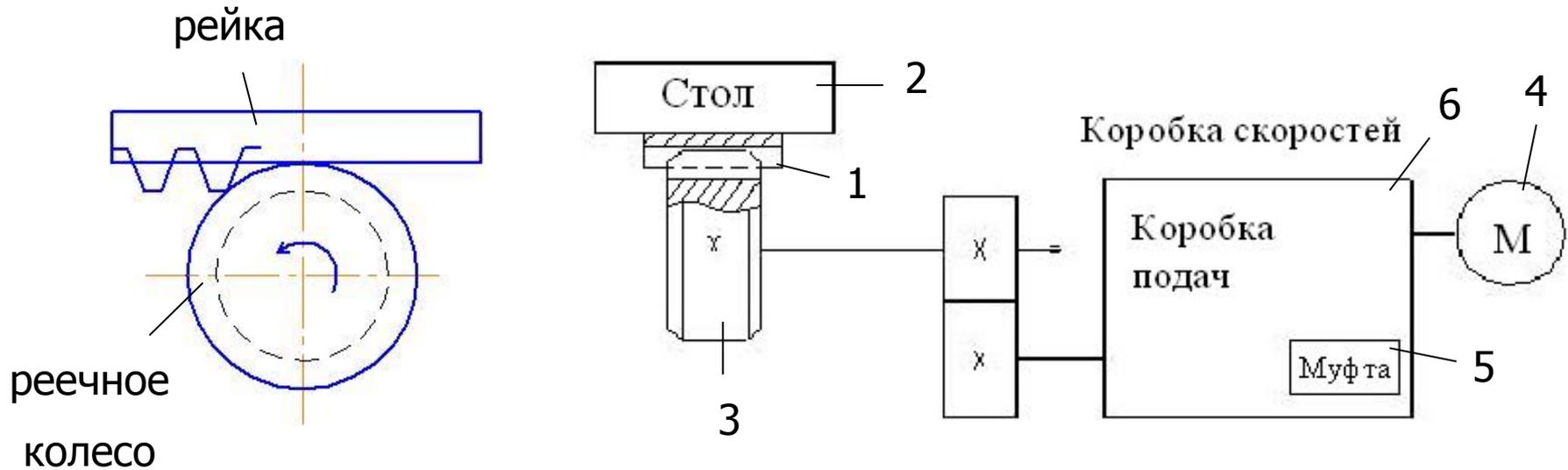
- неравномерность передаточного отношения;
- отсутствие самоторможения

*Реечные колеса, как правило, изготавливают из углеродистой легированной стали 40ХФА. Реже их изготавливают из серого чугуна СХ-21 и СЧ-28.*

*Рейки получают из легированной стали 40ХФА или из стали 45, кроме того, применяют поверхностную закалку.*

*Поверхностная закалка используется, чтобы устранить или недопустить деформации рейки.*

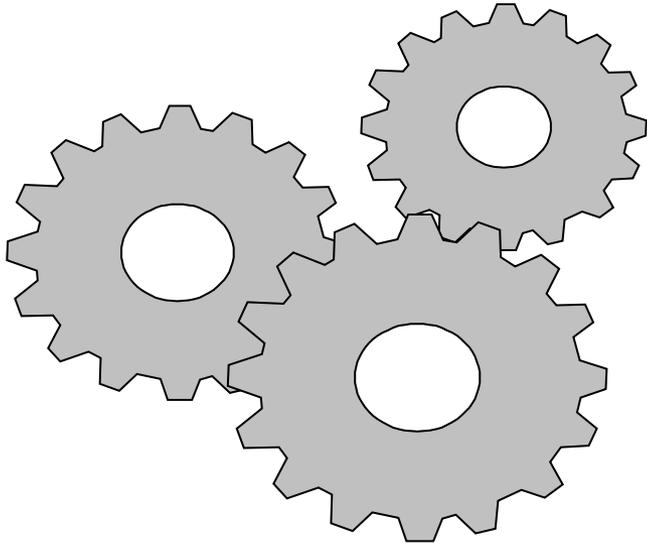
# Реечный привод



## Особенностями привода являются:

1. Рейка (1) прикреплена к столу (2);
2. Реечное колесо (3) прямозубое;
3. Изменение направления движения стола
  - 3.1. Электродвигателем (4);
  - 3.2. Реверсивной муфтой (5);
4. Изменение скорости за счёт
  - 4.1. Электродвигателя;
  - 4.2. Ступенчатой коробки скоростей (6).

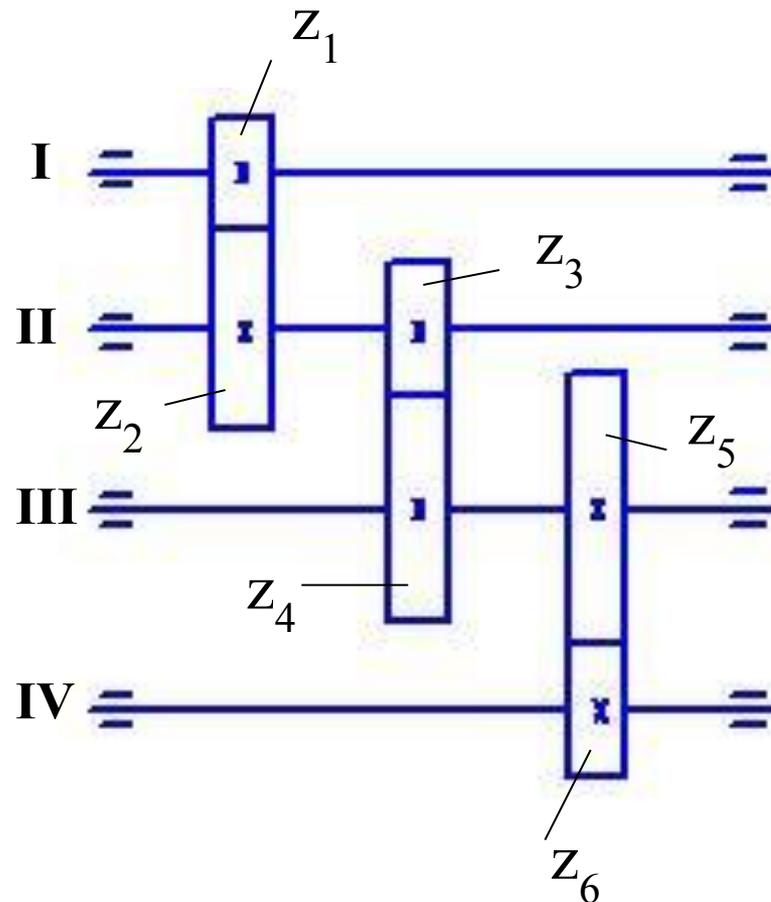
## 2 Кинематика зубчатых передач



*Механизмы, состоящие из одной пары зубчатых колес, обеспечивают относительно небольшое передаточное отношение.*

*Для получения больших передаточных отношений используют зубчатые передачи, построенные из нескольких последовательно соединенных зацеплений.*

*Рассмотрим механизм, состоящий из трех пар цилиндрических зубчатых колес, каждая из которых называется ступенью.*



Определение направления вращения может быть учтено знаком передаточного числа.

Для внешнего зацепления это минус, так как колеса вращаются в противоположные стороны; для внутреннего зацепления, в котором шестерня и колесо вращаются в одну сторону, знак будет плюс.

*Передаточные числа отдельных пар  
зубчатых колес, составляющих  
трехступенчатый механизм, определяются  
по формулам:*

Первой  
ступени

$$u_1 = \frac{\omega_I}{\omega_{II}} = \frac{z_2}{z_1}$$

$$u_2 = \frac{\omega_{II}}{\omega_{III}} = \frac{z_4}{z_3}$$

Второй  
ступени

Третьей  
ступени

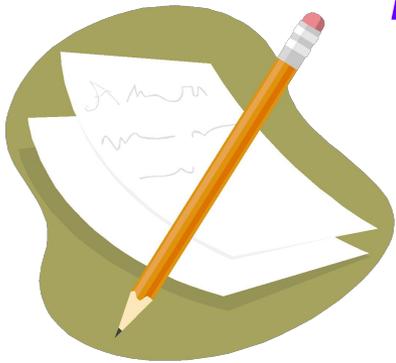
$$u_3 = \frac{\omega_{III}}{\omega_{IV}} = \frac{z_6}{z_5}$$

$\omega_I, \omega_{II}, \omega_{III}, \omega_{IV}$  – угловые скорости валов  
соответственно,  $\text{с}^{-1}$ ;

$z_1, z_2, z_3, z_4, z_5, z_6$  – числа зубьев колес.



Передаточное число зубчатого механизма, состоящего из нескольких пар зубчатых колес, соединенных последовательно, равно произведению передаточных чисел отдельных пар, составляющих механизм.



$$u_{\text{общ}} = u_1 \cdot u_2 \cdot u_3 = \left( \frac{z_2}{z_1} \right) \cdot \left( \frac{z_4}{z_5} \right) \cdot \left( \frac{z_6}{z_5} \right)$$

Передаточное число обратно пропорционально передаточному отношению

$$u = \frac{1}{i}$$

## Таким образом:

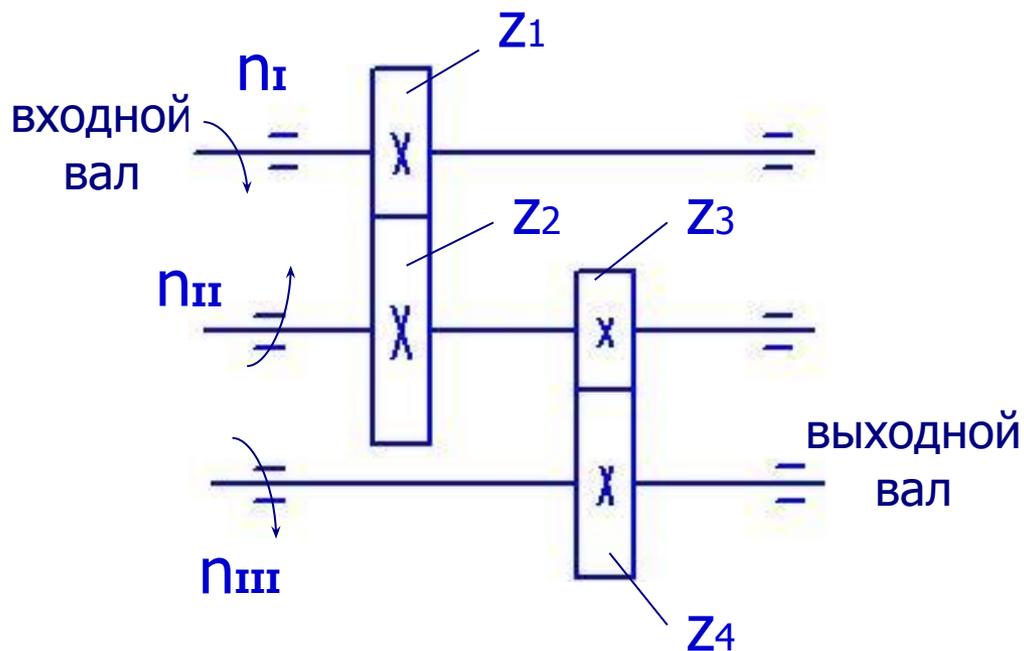
Передаточное отношение ступени определяется отношением чисел зубьев колес её составляющих, а также отношением частот вращения соответствующих валов.

$$i_1 = \frac{z_1}{z_2} = \frac{n_{II}}{n_I}, \quad i_2 = \frac{z_3}{z_4} = \frac{n_{III}}{n_{II}}, \quad i_3 = \frac{z_5}{z_6} = \frac{n_{IV}}{n_{III}}$$

Передаточное отношение всей системы определяется произведением передаточных чисел входной и выходной ступени, или произведением частот вращения входного и выходного валов.

$$i_1 i_2 i_3 = \frac{n_{IV}}{n_I} = i_{общ}$$

**Пример:** Найти  $z_2$  и  $z_3$ , если известно, что  $u_1 = 2$ ,  $u_{\text{общ}} = 8$ ,  $z_1 = 30$ ,  $z_4 = 80$



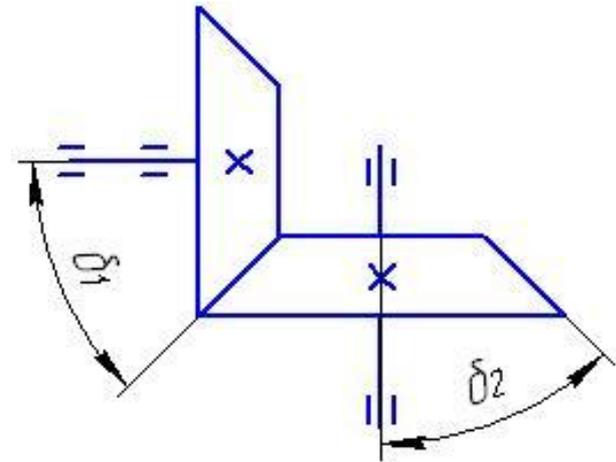
**Решение:**

$$z_2 = z_1 u_1 = 30 \cdot 2 = 60$$

$$u_2 = u_{\text{общ}} / u_1 = 8 / 2 = 4$$

$$z_3 = z_4 / u_1 = 80 / 4 = 20$$

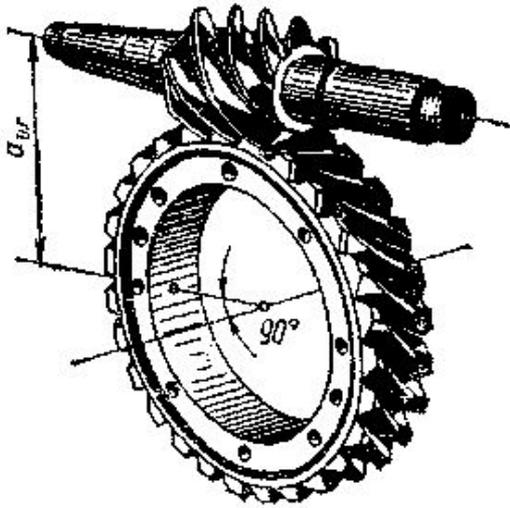
На кинематических схемах  
коническую передачу  
изображают следующим  
образом:



Коническую передачу используют для передачи движения между валами с пересекающимися осями. Угол между осями валов может быть различным, чаще всего он равен  $90^\circ$ .

$\delta_1, \delta_2$  – углы делительного конуса шестерни и колеса, мм;

$$\delta_1 + \delta_2 = 90^\circ$$



Червячная передача состоит из червяка, то есть винта с трапецеидальной или близкой к ней резьбой, и червячного колеса – зубчатого колеса особой формы, получаемой в результате их огибания витками червяка.

*Червячные передачи сложны в изготовлении, поэтому их применяют при необходимости передачи движения между перекрещивающимися валами, а также в механизмах, где необходимы большие передаточные отношения и высокая кинематическая точность, например делительные устройства, автомобилестроение, подъемно-транспортные машины.*

За один оборот червяка колесо поворачивается на число зубьев, равное числу заходов червяка; чтобы колесо повернулось на один оборот, необходимо  $z_1/z_2$  оборотов червяка.

*Передаточное число червячной передачи определяется отношением числа зубьев колеса к числу заходов червяка и не зависит от соотношения диаметров колеса и червяка.*

$$u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{T_2}{T_1 \cdot \eta}$$

*Передачу отличает возможность получения большого передаточного числа при малых габаритных размерах, плавность и бесшумность работы, возможность обеспечения самоторможения.*

### 3 Сведения о допусках и посадках

**При изготовлении деталей размеры внешнего и внутреннего диаметров выполняются с погрешностями.**

**Конструктор исходит из того, что погрешности неизбежны, и определяет, в каких пределах они допустимы.**

**Разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами называется допуском.**

**Характер соединения деталей, определяемый величиной получающихся в нем зазоров и натягов, называется посадкой.**



**Поле допуска** – поле, ограниченное наибольшим и наименьшим предельными размерами и определяемое величиной допуска и его положением относительно нулевой линии, соответствующей номинальному размеру.

Поле допуска относительно нулевой линии определяется основным отклонением, и обозначается одной из букв латинского алфавита.

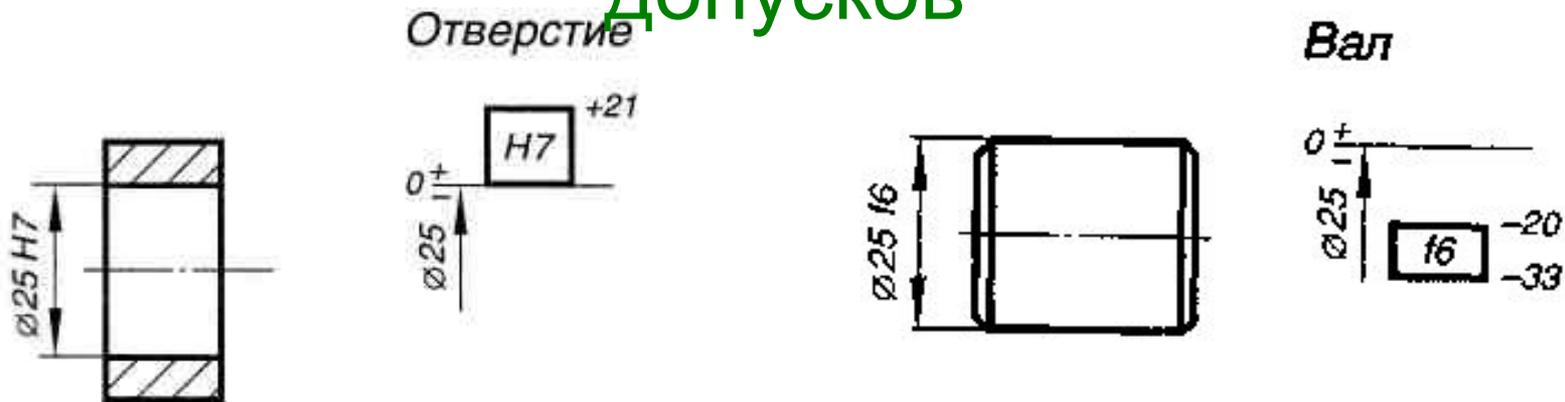
**Например:** H, k, m, n

Чем уже поле допуска между верхним и нижним отклонениями, тем выше при прочих равных условиях степень точности, которая обозначается цифрой и называется **квалитетом**.

В машиностроении используют 6, 7 квалитеты, тогда обозначение будет H7 или k6.

Поле допуска обозначается сочетанием буквы, указывающей на положение допуска относительно нулевой линии, с цифрой, говорящей о степени точности – величине допуска.

## Примеры обозначения на чертеже полей допусков



*Основные отклонения отверстий обозначаются прописными буквами латинского алфавита, валов – строчными.*

# Пример расчета поля допуска на размер

Номинальный размер:  $D_{\text{ном}} = 25$

Для отверстия

$\varnothing 25\text{H}7(+0,021)$

Верхнее предельное отклонение (ES):

$$ES = +21 \text{ мкм или } 0,021 \text{ мм}$$

Нижнее предельное отклонение (EI):

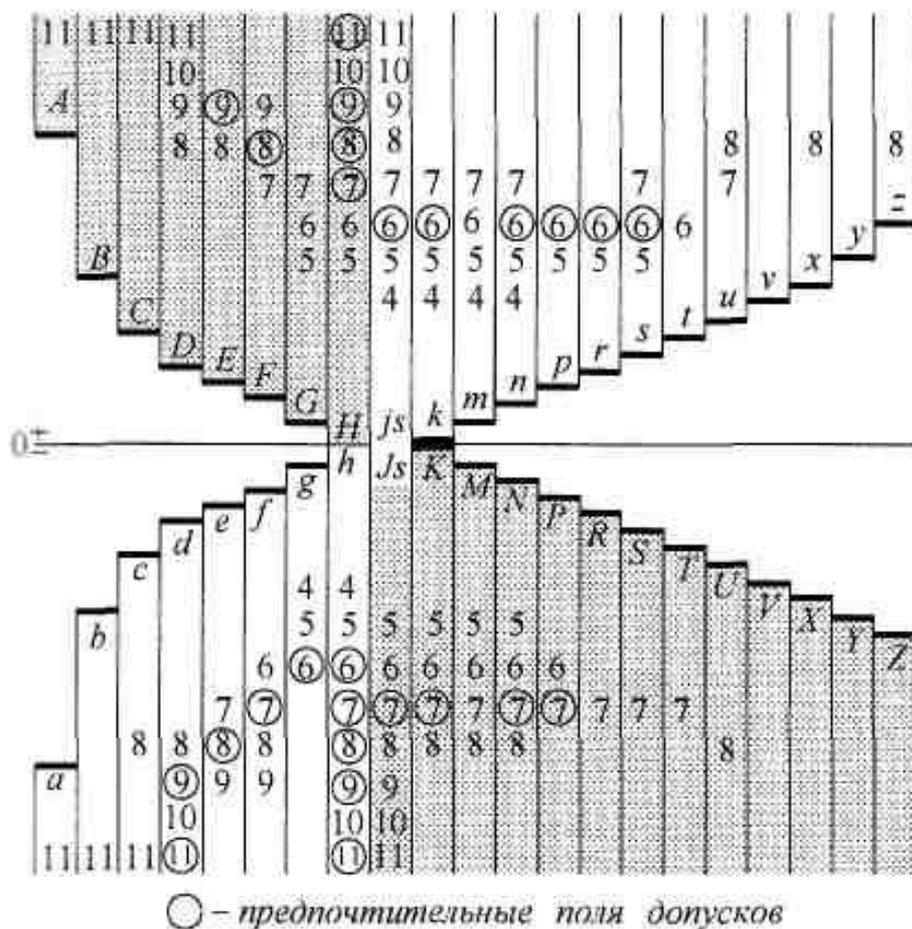
$$EI = 0$$

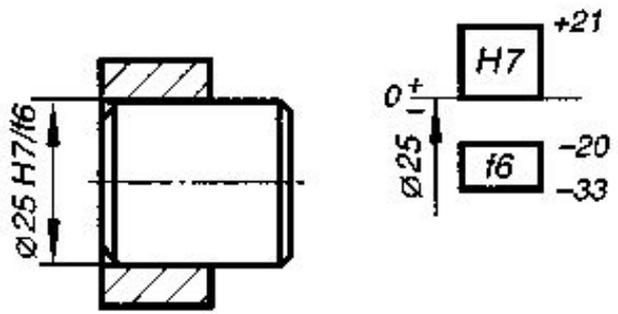
$$D_{\text{max}} = D_{\text{ном}} + ES = 25 + 0,021 = 25,021 \text{ мм}$$

$$D_{\text{max}} = D_{\text{ном}} + ES = \\ 25 + 0,021 = 25,021 \text{ мм}$$

$$T_D = D_{\text{max}} - D_{\text{min}} = 25,021 - 25 = 0,021 \text{ мм}$$

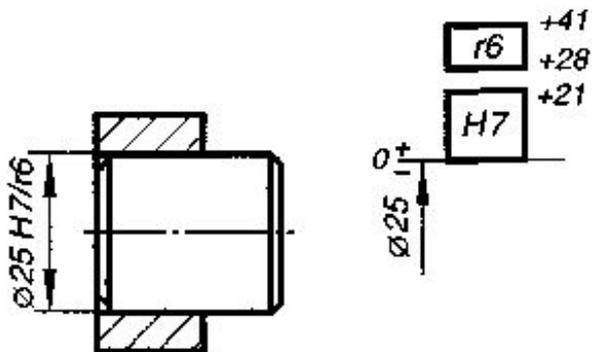
*Схема расположения основных отклонений с указанием квалитетов, в которых рекомендуется их применять, для размеров до 500 мм*





Посадки с зазором в сопряжениях образуют зазоры, применяются как в точных, так и в грубых качествах.

**Посадки предназначены для подвижных сопряжений, например для подшипников скольжения, а также для неподвижных сопряжений, например для обеспечения беспрепятственной сборки деталей.**



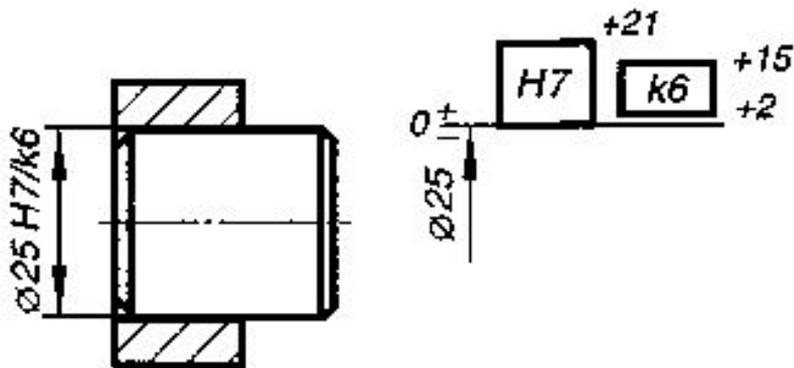
Посадки с натягом в сопряжении образуют только натяги, применяются только в точных квалитетах.

Они используются для передачи крутящих моментов и осевых сил без дополнительного крепления, а иногда для создания предварительно напряженного состояния у сопрягаемых деталей.

**Посадки с натягом предназначены для неподвижных и неразъемных соединений.**

**Преимущество посадок** – отсутствие дополнительного крепления, что упрощает конфигурацию деталей и их сборку.

Посадки обеспечивают высокую нагрузочную способность сопряжения, которая резко возрастает с увеличением диаметра сопряжения.



**Переходные посадки применяются только в точных качествах с четвертого по восьмой.**

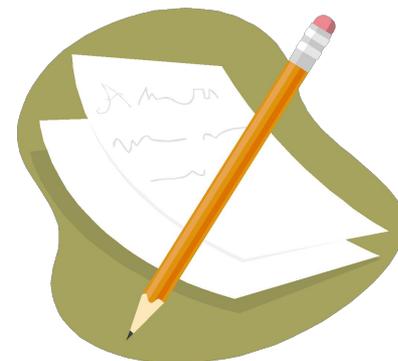
**В сопряжении могут получаться как зазоры, так и натяги.**

**Эти посадки используются как центрирующие посадки. Они предназначены для неподвижных, но разъемных соединений, так как обеспечивают легкую сборку и разборку соединения.**

Переходные посадки требуют, как правило, дополнительного крепления соединяемых деталей шпонками, штифтами или болтами.

## Правила образования посадок:

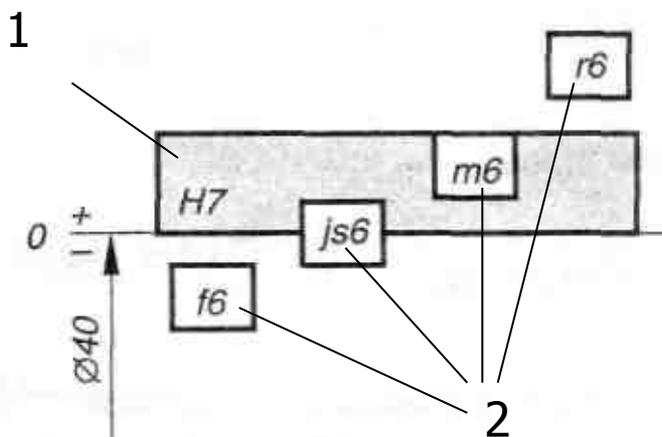
- Посадки должны назначаться либо в системе отверстия, либо в системе вала
- Применение системы отверстия предпочтительнее
- Посадки с четвертого по седьмой квалитеты рекомендуется образовывать путем сопряжения отверстия на квалитет грубее, чем вал



## Предусмотрены посадки в системе отверстия и в системе вала

В системе отверстия основная деталь – отверстие. Поле допуска не зависит от посадки и определяется качеством и номинальным размером. Нижний предельный размер отверстия равен номинальному размеру. Верхний предельный размер отверстия больше номинального на величину допуска, установленного заданным качеством.

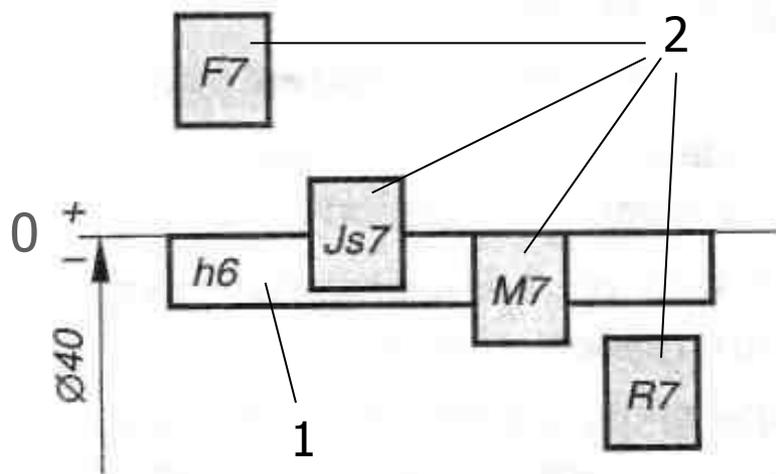
**Например:** поле допуска отверстия H7.



Требуемые зазоры и натяги получаются сочетанием различных полей допусков валов (2) с полем допуска основного отверстия (1).

В системе вала основная деталь – вал. Поле допуска вала не зависит от посадки и определяется качеством и номинальным размером. Верхний предельный размер вала равен номинальному размеру. Нижний предельный размер вала меньше номинального на величину допуска, установленного заданным качеством.

**Например:** поле допуска вала  $h6$ .



Требуемые зазоры и натяги получаются сочетанием различных полей допусков отверстий (2) с полем допуска основного вала (1).

# Примеры расчета натяга и зазора в системе отверстия:

Зазор (S): См. слайд 53

Ø 25 H7/ f6

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = (D_{\text{НОМ}} + ES) - (d_{\text{НОМ}} - ei)$$

$$S_{\max} = (25 - 0,021) - (25 - 0,033) = 0,054 \text{ мм}$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = D_{\text{НОМ}} - (d_{\text{НОМ}} + es) = 25 - (25 + 0,02) = 0,02 \text{ мм}$$

Натяг (N): См. слайд 54

Ø 25 H7/ r6

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = (d_{\text{НОМ}} + es) - D_{\text{НОМ}} = 25 + 0,041 - 25 = 0,041 \text{ мм}$$

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = (d_{\text{НОМ}} + ei) - (D_{\text{НОМ}} + ES)$$

$$N_{\min} = (25 + 0,028) - (25 + 0,021) = 0,007 \text{ мм}$$

## 4 Опоры валов

Опорами для валов и вращающихся осей служат подшипники. Они воспринимают радиальные и осевые нагрузки, приложенные к валу, и передают их на корпус машины.

### Подшипники



по виду трения, возникающего в элементах рабочих поверхностей

- подшипники скольжения
- подшипники качения

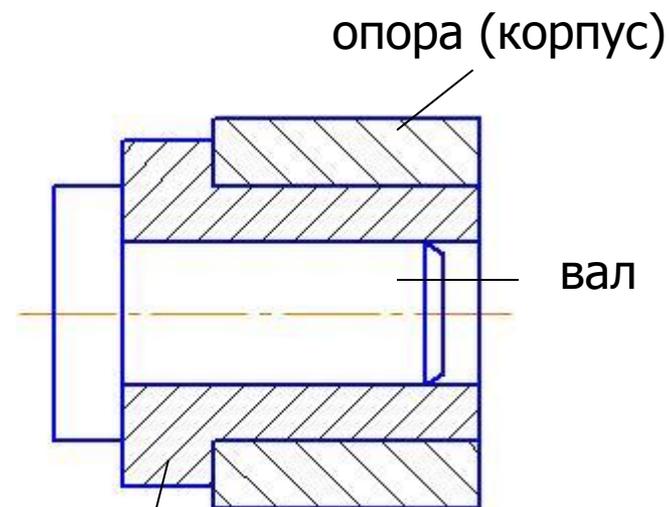


В зависимости от нагрузки, разделяют на

- радиальные
- радиально-упорные
- упорные

**Подшипники скольжения** – это опоры вращающихся деталей, работающие в условиях относительного скольжения поверхности шейки вала и поверхности подшипника.

Область применения подшипников скольжения в современном машиностроении значительно сократилась в связи с широким распространением подшипников качения.



Подшипник скольжения (втулка) из антифрикционного материала

Однако для некоторых опор преимущество отдается подшипникам скольжения.

## ***Подшипники скольжения применяют:***

- для высокоскоростных опор (до десятков тысяч оборотов в минуту);
- для тяжело нагруженных крупных валов, к которым не стандартные подшипники качения;
- для опор, подверженных интенсивным вибрационным и ударным нагрузкам или работающим в воде и агрессивных средах;
- для опор, нуждающихся по условиям сборки в разьеме по диаметру.

# **Недостатки подшипников скольжения:**

- сравнительно большой коэффициент трения, особенно при неустановившемся движении и в период пуска и остановки машины;
- сложность системы смазки и большой расход смазки;
- сравнительно большие размеры в осевом направлении;
- необходимость применения цветных антифрикционных металлов для изготовления втулок (вкладышей).

*В зависимости от направления воспринимаемой нагрузки подшипники скольжения различают:*

- радиальные для восприятия радиальных, то есть перпендикулярных осям и валам, нагрузок;
- упорные, или подпятники, для восприятия нагрузок, расположенных вдоль осевых линий осей и валов;
- радиально-упорные для восприятия одновременно радиальных и осевых нагрузок.

*В зависимости от толщины масляного слоя подшипник работает в режиме жидкостного, полужидкостного или полусухого трения.*

**Подшипниках качения в большинстве случаев состоят из наружного и внутреннего колец с дорожками качения, тел качения (шариков или роликов) и сепаратора, разделяющего и направляющего тел качения.**

*Область применения подшипников качения в зависимости от нагрузки:*

- **Радиальная нагрузка** – шариковые, роликовые или игольчатые подшипники
- **Только осевая нагрузка** – упорные подшипники
- **Радиальная и осевая нагрузка при совместном действии** – радиально-упорные шариковые или роликовые подшипники

# Типы подшипников качения



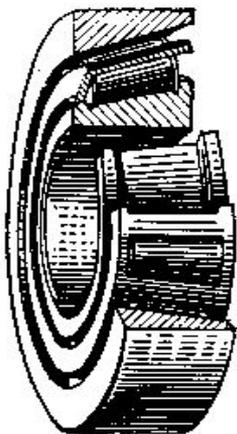
Шариковый  
радиальный



Роликовый  
радиальный



Игольчатый



Роликовый  
радиально-  
упорный



Шариковый  
упорный

## ***Достоинства подшипников качения по сравнению с подшипниками скольжения:***

- меньший момент сил трения;
- меньшие пусковые моменты;
- меньший нагрев;
- незначительный расход смазки;
- простота обслуживания.

## ***Недостатки подшипников качения :***

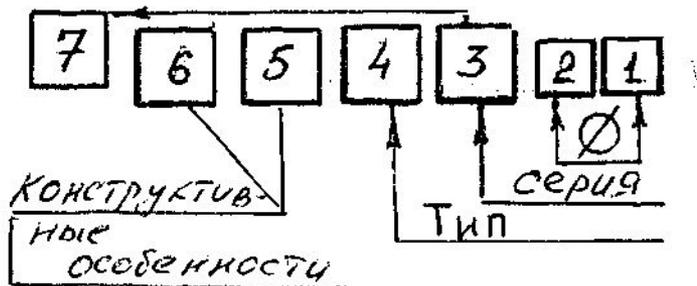
- меньшая долговечность при больших угловых скоростях и нагрузках;
- ограниченная способность воспринимать ударные и динамические нагрузки;
- большие габариты по диаметру, особенно при больших радиальных нагрузках;
- отсутствие осевого разъема, что ограничивает применение и усложняет монтаж.



Материалом шариков и роликов с диаметром до 20 мм, а также колец подшипников с толщиной стенки до 12 мм обычно является хромистая высокоуглеродистая сталь марка ШХ15.

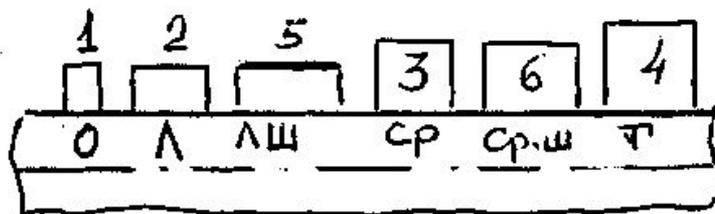
Для изготовления роликов и колец больших размеров используют стали с повышенным уровнем легирования – ШХ15СГ и ШХ20СГ.

Обозначение подшипника состоит из семи букв, его расшифровку начинают справа налево



Первыми двумя цифрами справа указывается внутренний диаметр подшипника. Эти цифры соответствуют внутреннему диаметру, деленному на пять.

В третьей и седьмой клетках проставляется серия подшипника. Третья цифра справа обозначает серию по радиальным габаритам: особо легкая – 1, легкая – 2, средняя – 3 и тяжелая – 4, легкая широкая – 5, средняя широкая – 6.



В четвертой клетке зашифрован тип подшипника:

- 0 – шариковый радиальный;
- 1 – шариковый радиальный сферический двухрядный;
- 2 – роликовый радиальный с короткими роликами;
- 3 – роликовый радиальный сферический двухрядный;
- 4 – роликовый игольчатый;
- 5 – роликовый с витыми роликами;
- 6 – шариковый радиально-упорный;
- 7 – роликовый радиально-упорный (конический);
- 8 – шариковый упорный;
- 9 – роликовый упорный.

В пятой и шестой клетках проставляется конструктивная особенность подшипника, указываемая специальной литературе.

# Пример обозначение

7 1 0 6 подшипника:

Позициям 1,2 соответствует внутренний диаметр  
 $d=30$  мм, ( $30 : 5 = 6$ );

позиция 3 – подшипник особолегкой серии;

позиция 4 – роликовый радиально-упорный;

## 5 Общие сведения о машиностроительных материалах

При проектировании (создании) деталей современного оборудования используют различные машиностроительные материалы.

Для изготовления деталей машин широко применяют стали и чугуны, а также алюминиевые, магниевые, титановые и медные сплавы.

Стали процентное содержание углерода  $< 1,4 \%$

Чугун процентное содержание углерода  $> 1,4 \%$

# Машиностроительные материалы

Материал	Марка материала	Область применения
Чугун	СЧ 20 ВЧ 50	1. В различных отраслях народного хозяйства; 2. Для изготовления деталей станков, кузнечнопрессового оборудования, работающих в подшипниках и других узлах трения при повышенных и высоких давлениях; 3. В тяжелом машиностроении – для многих деталей прокатных станов.
Углеродистая конструкционная сталь	Ст1, Ст3,	1. Применяют в строительстве для сварных, клепанных и болтовых конструкций;
	Сталь 30, Сталь 45,	1. Для самых разнообразных деталей во всех отраслях промышленности;
	Сталь 60	1. Изготавливают пружины и рессоры, шпиндели, замковые шайбы, прокатные валки и т.д.
Легированная конструкционная сталь	40Х 38ХГН 12Х2Н4А	Широко применяют в автомобильной промышленности, тяжелом и транспортном машиностроении в станкостроении, инструментальной и других видах промышленности. Эти стали применяют для тяжело нагруженных металлоконструкций.
Пластмассы	Полиэтилен, Фторопласт	1. Применяют для изготовления труб, пленок, литых и прессованных несилевых деталей; 2. Для изготовления труб, вентилях, кранов, насосов, мембран, уплотнительных прокладок, манжет и др.

Основными критериями работоспособности деталей машин являются: надежность, технологичность, жесткость, износостойкость, экономичность и прочность.

**Надежность** – свойство изделия выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени.

**Технологичность** – соответствие изделия требованиям производства и эксплуатации при максимальной производительности труда и минимальных материальных затратах.

**Жесткость** – способность детали сопротивляться изменению формы под действием нагрузок.

**Износостойкость** является важнейшим критерием работоспособности трущихся деталей машин.

**Экономичность** определяют стоимостью материала, затратами на производство и эксплуатацию.

Важнейшим критерием работоспособности деталей машин является прочность.

При этом **работоспособность** – свойство изделия сохранять заданные функции, в соответствии с нормативно-технической документацией.

**Прочностью** называется способность материала оказывать сопротивление механическим усилиям.

Наиболее распространенным методом оценки прочности деталей машин является сравнение расчетных напряжений, возникающих в деталях машин при действии эксплуатационных нагрузок, с допускаемыми напряжениями.

Условие прочности рассчитываемой детали машины выражается неравенством

$$\sigma \leq [\sigma]$$

$\sigma$  – рабочее нормальное напряжения, МПа

$[\sigma]$  – допускаемое нормальное напряжение, МПа

Соответственно для касательных напряжений условие прочности имеет вид:

$$\tau \leq [\tau]$$

Рабочее напряжение для деформации растяжения определяется по формуле

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$F$  – прилагаемая нагрузка, Н;

$A$  – площадь сопротивления, мм<sup>2</sup>.

Допускаемое напряжение зависит от свойств обрабатываемого материала

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{пред}}{[S]}$$

$\sigma_{пред}$  – предельное напряжение, определяемое характером разрушения детали, Н/мм<sup>2</sup>;

$[S]$  – допускаемый коэффициент запаса прочности для рассчитываемой детали.

## *6 Понятие о методах упрочнения поверхностного слоя*

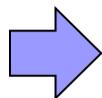
Для повышения качества поверхности пользуются различными методами упрочнения.

Состояние поверхностного слоя валов оказывает существенное влияние на эксплуатационные свойства машин. Специальной обработкой можно придать поверхностным слоям деталей машин особые физико-механические свойства.

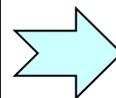
## *Методы упрочнения:*

- методы поверхностной термической обработки (обычная закалка, закалка токами высокой частоты);
- химико-термические методы (цементация, азотирование ; цианирование) – это насыщение поверхностного слоя углеродом;
- диффузионная металлизация (например хромирование);
- покрытие поверхностей твердыми сплавами и металлами (покрытие литыми и порошкообразными сплавами);
- металлизация расплавленной поверхности (напыление расплавленным металлом);
- поверхностно-пластическое деформирование.

Поверхностная  
закалка

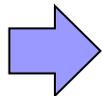


нагревание  
электротоком или  
газовым пламенем  
поверхности изделия

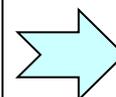


твердая изнoсоустoйчивая  
поверхность при  
сохранении прочной и  
вязкой сердцевины

Цементация

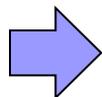


насыщение поверхностного  
слоя стали углеродом,  
выдержка и последующее  
охлаждение

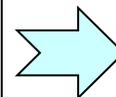


высокая твердость  
поверхностного слоя  
и сохранение  
пластичной  
сердцевины

Азотирование

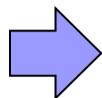


насыщение  
поверхностного слоя стали  
азотом при нагревании в  
газообразном аммиаке,  
выдержка и последующее  
охлаждение

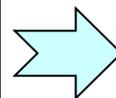


повышается  
твердость,  
изнoсоустoйчивость  
и антикоррозийные  
свойства

Цианирование

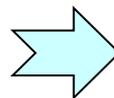


одновременное насыщение  
поверхностного слоя стали  
углеродом и азотом



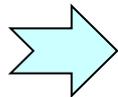
повышаются  
твердость,  
износостойкость

Покрытие поверхностей твердыми  
сплавами и металлами, металлизация



повышается  
износостойкость  
поверхностного слоя

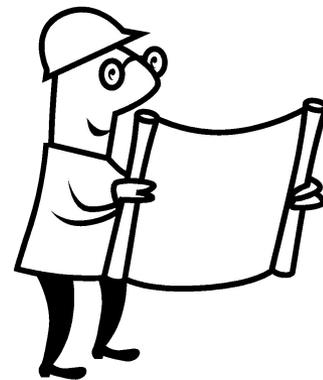
Поверхностно-  
пластическое  
деформирование  
(ППД)



повышается работоспособность и надежность  
изделий машиностроения, повышаются  
твердость и прочность поверхностного слоя,  
формируются благоприятные остаточные  
напряжения, уменьшается параметр  
шероховатости  $Ra$ , увеличиваются радиусы  
закругления вершин

6 Использование полученных знаний  
при чтении рабочих чертежей и  
составлении технологического  
процесса

*Обработка деталей выполняется на основе  
рабочего чертежа*



13.02.06.01.00.01

√ Ra 6,3 (√)

Лист прайм

Станд. №

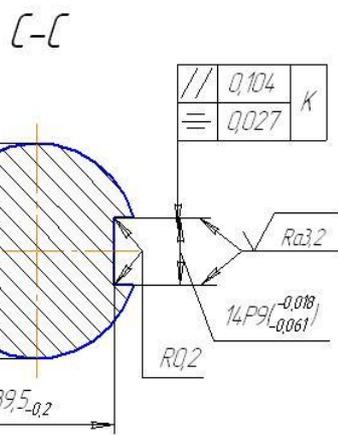
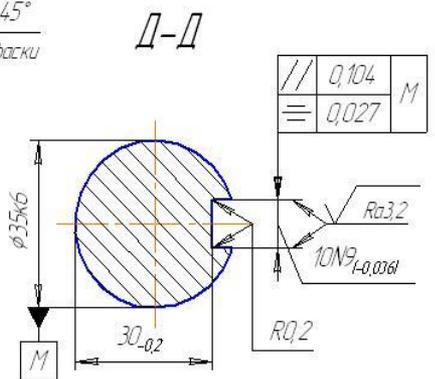
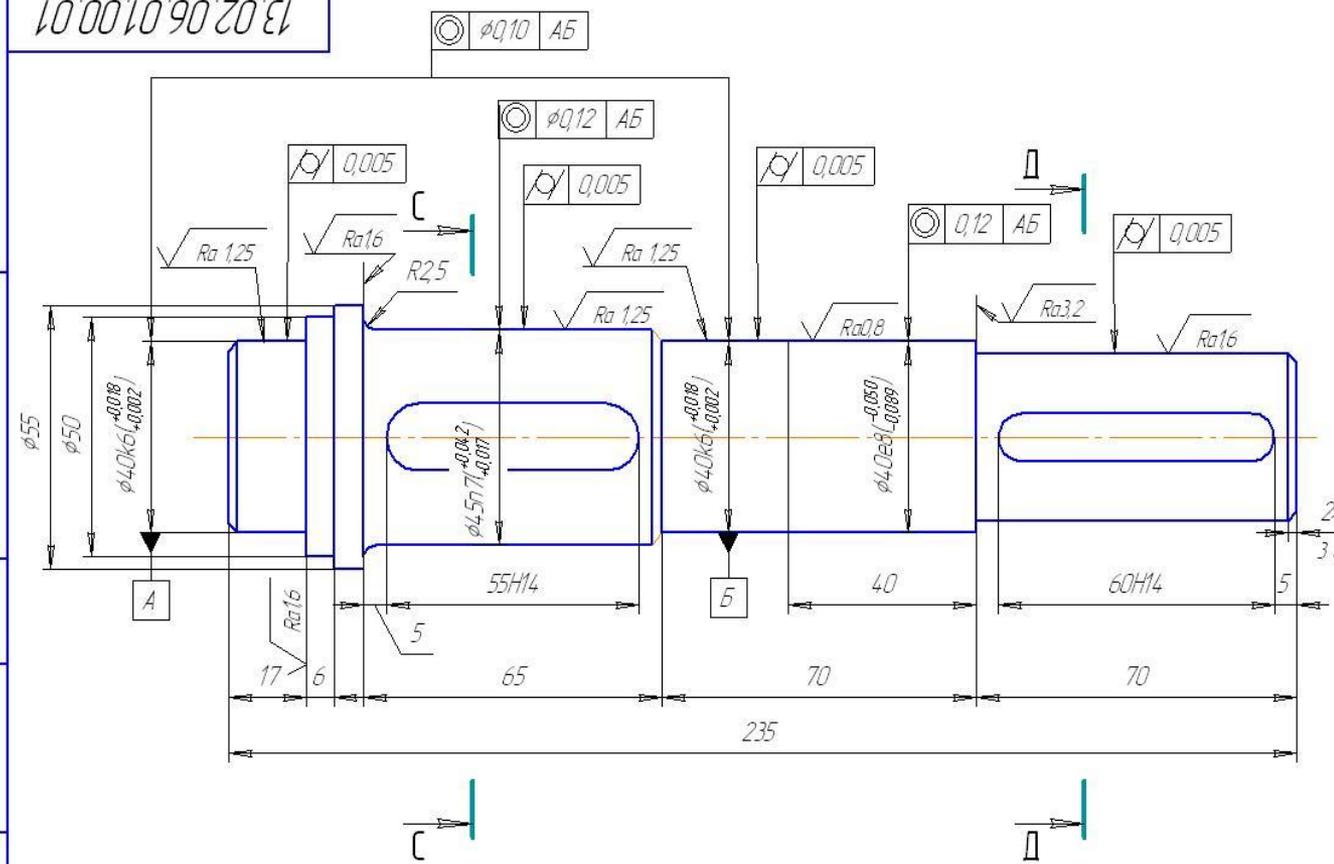
Подп. и дата

И-в. № д-д

Взят. и-в. №

Подп. и дата

И-в. № подл



1. НВ 167.207
2. Неуказанные предельные отклонения размеров: валов h14, остальных ±t/2
3. Неуказанные радиусы R1.2мм

				13.02.06.01.00.01				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>Вал</b>	Лит	Масса	Масштаб
Разр.							4,8	11
Проб.						Лист 1	Листов 1	
Т.контр.						РГПТУ-ИПИ		
И.контр.					Кафедра механики			
Утв.					Сталь 45 ГОСТ 1050-88			
						Копирол Формат А3		

## На рабочем чертеже изготовления детали указываются:

1. Технические требования, указывающие на общие условия изготовления детали (точность, твердость, виды обработки);
2. Чистота обработки поверхности в виде условных изображений шероховатости ( $\sqrt{Ra6,3}$ );
3. Условные обозначения допусков формы и расположения поверхностей (например // - параллельность поверхности относительно оси);
4. Виды посадок поверхностей, например  $\text{Ø}60k6$ , со значениями предельных отклонений  $\text{Ø}60k6\left(\begin{smallmatrix} 0,015 \\ 0,002 \end{smallmatrix}\right)$  ;
5. Необходимые разрезы и сечения, позволяющие раскрыть конструктивные особенности детали.

## Условные обозначения на отклонение формы и расположения поверхностей

Группа допусков	Вид допуска	Условный знак	
Допуски формы	Допуск	Прямолинейности	
		Плоскостности	
		Круглости	
		Цилиндричности	
		Профиля продольного сечения	
Допуски расположения	Допуск	Параллельности	
		Перпендикулярности	
		Наклона	
		Соосности <sup>М</sup>	
		Симметричности <sup>М</sup>	
		Позиционный <sup>М</sup>	
		Пересечения осей	
Суммарные допуски формы и расположения	Допуски	Радиального биения Торцевого биения Биения в заданном направлении	
		Полного радиального биения Полного торцевого биения	
		Формы заданного профиля	
		Формы заданной поверхности	

**Ra** – величина среднеарифметического отклонения профиля по абсолютным значениям отклонения профиля по базовой длине;

**Rz** – высота неровностей профиля по десяти точкам: пять наибольших выступов и пять наименьших впадин в пределах базовой длины.

*Чем меньше значение параметра шероховатости, тем качественнее обработана поверхность.*



***Можете переходить к  
выполнению итогового  
теста***

