


# ЗУБЧАТЫЕ МЕХАНИЗМЫ

## Основные виды зубчатых передач

Лекция 2



*Зубчатая передача* — это механизм, который с помощью зубчатого зацепления передает движение с изменением скоростей и моментов.

По расположению осей валов различают:

- а) зубчатые передачи с параллельными осями;
- б) зубчатые передачи с пересекающимися осями.

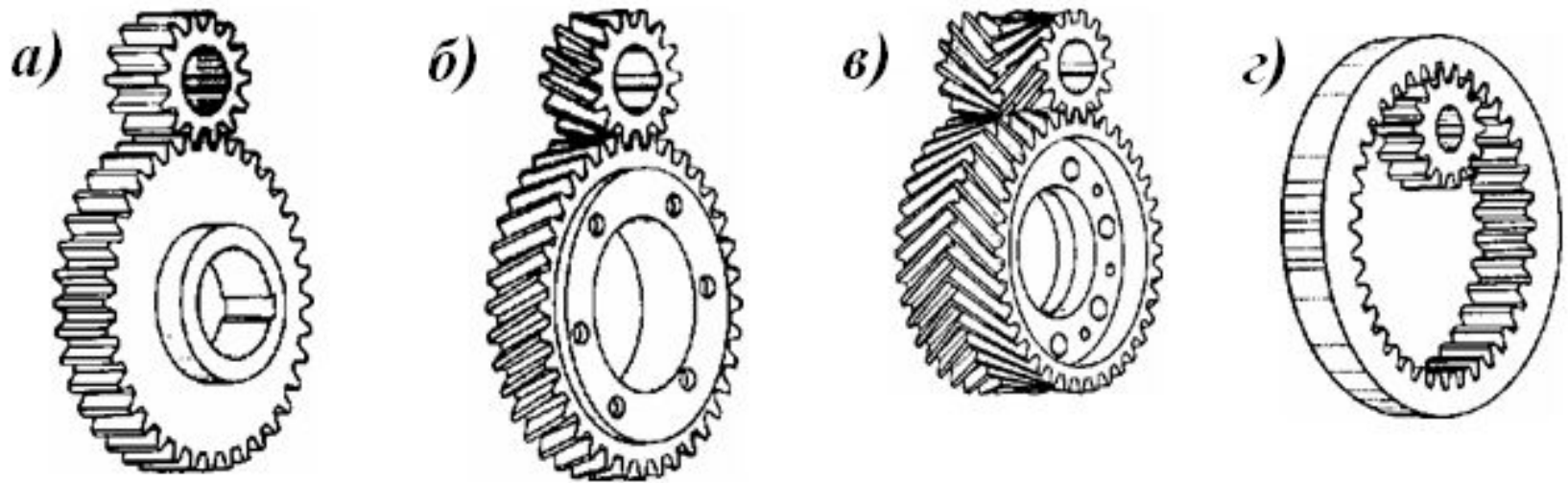
По расположению зубьев на колесах различают:

- а) прямозубые;
- б) косозубые.

По форме профиля зубьев:

- а) эвольвентные;
- б) круговые.

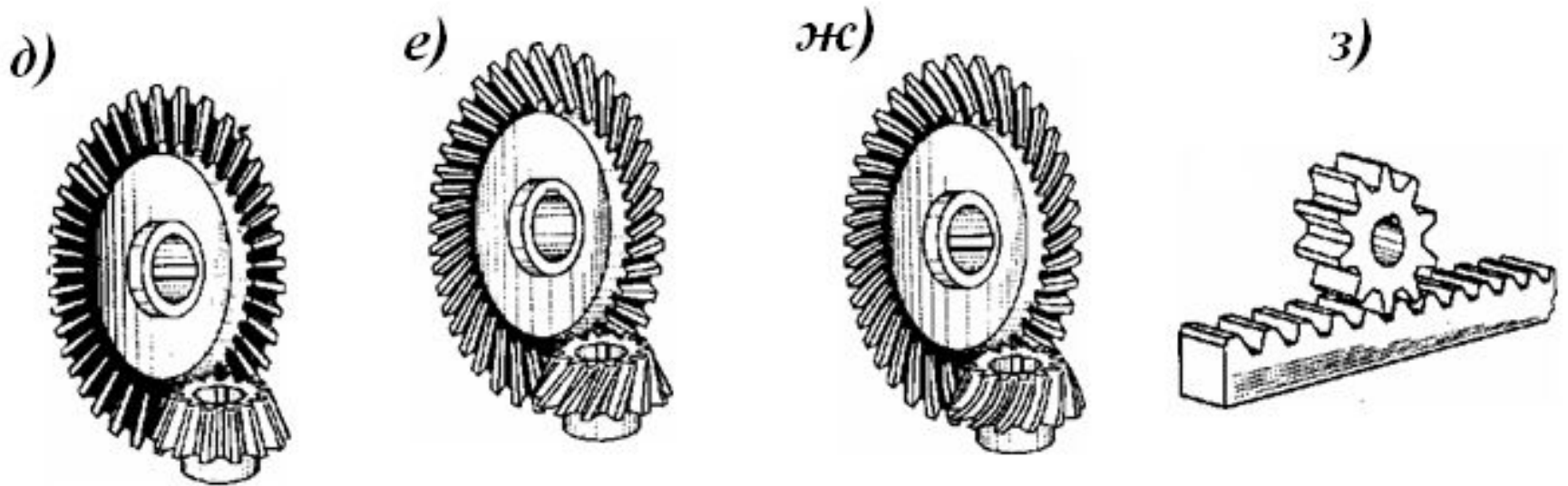
## Основные виды зубчатых передач



**Рисунок 1** – Зубчатые передачи с параллельными осями:

*а* — цилиндрическая прямозубая; *б* - цилиндрическая косозубая; *в*— шевронная; *г* — цилиндрическая с внутренним зацеплением

## Основные виды зубчатых передач



**Рисунок 1** – Зубчатые передачи с пересекающимися осями:

*d* - коническая прямозубая; *e* - коническая косозубая; *ж* - коническая с круговыми зубьями; *з* – реечная

## Основные виды зубчатых передач

---

### *Достоинства* зубчатых передач:

- малые габариты;
- высокий КПД;
- постоянство передаточного отношения;
- широкий диапазон вращающих моментов, скоростей и передаточных отношений;
- надежность в работе и простота обслуживания.

### *Недостатки* зубчатых передач:

- высокие требования к точности изготовления;
- шум при работе со значительными скоростями.

## Основные виды зубчатых передач

Меньшее из колес, находящихся в зацеплении, называют *шестерней*, большее — *колесом*.

Основными характеристиками передачи являются:

$z_1, z_2$  — число зубьев шестерни и колеса;

$P_1, P_2$  — мощности на валах шестерни и колеса, кВт;

$\omega_1, \omega_2$  — угловые скорости шестерни и колеса,  $\text{с}^{-1}$ ;

$V$  — окружная скорость на делительном цилиндре, м/с;

$T_1, T_2$  — вращающие моменты на валах шестерни и колеса,  $\text{Н} \cdot \text{м}$ ;

$u = \frac{z_2}{z_1}$  — передаточное число;

$\eta$  — коэффициент полезного действия.

# ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПРЯМОЗУБАЯ ПЕРЕДАЧА

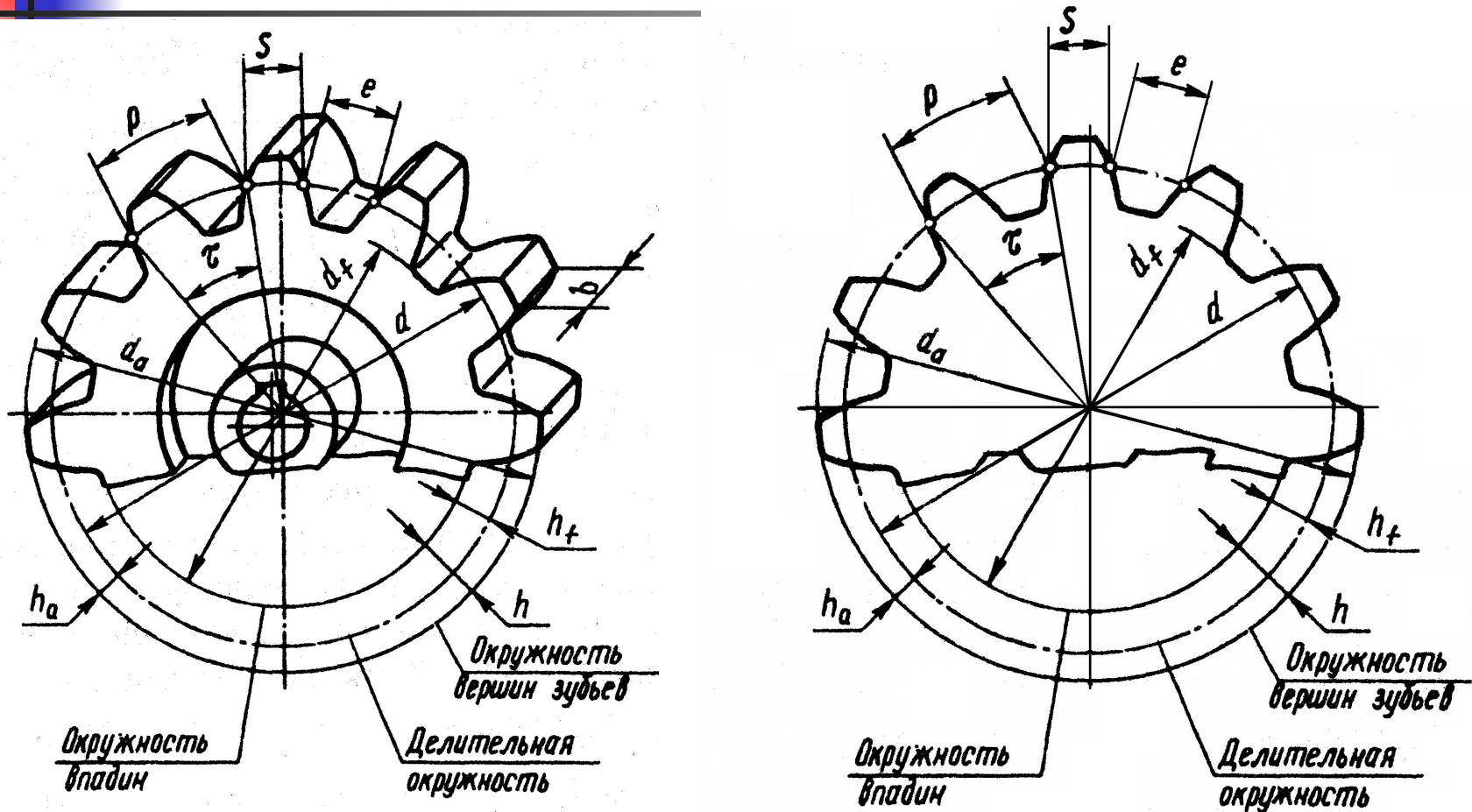


Рисунок 2 – Цилиндрическое колесо с прямыми зубьями  
Зубчатые передачи



## ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПРЯМОЗУБАЯ ПЕРЕДАЧА

Расстояние  $p$ , измеренное по дуге делительной окружности, называется *окружным делительным шагом* зубьев:

$$p = s + e.$$

Линейная величина:

$$m = \frac{p}{\pi} \quad (31)$$

называется модулем.

Модуль зубьев  $m$  — основной параметр зубчатого колеса. Для пары колес, находящихся в зацеплении, модуль должен быть одинаковым. Модули зубьев для цилиндрических и конических передач регламентированы ГОСТ 9563-60 (СТ СЭВ 310-76).

## СИЛЫ В ЗАЦЕПЛЕНИИ ПРЯМОЗУБЫХ ПЕРЕДАЧ

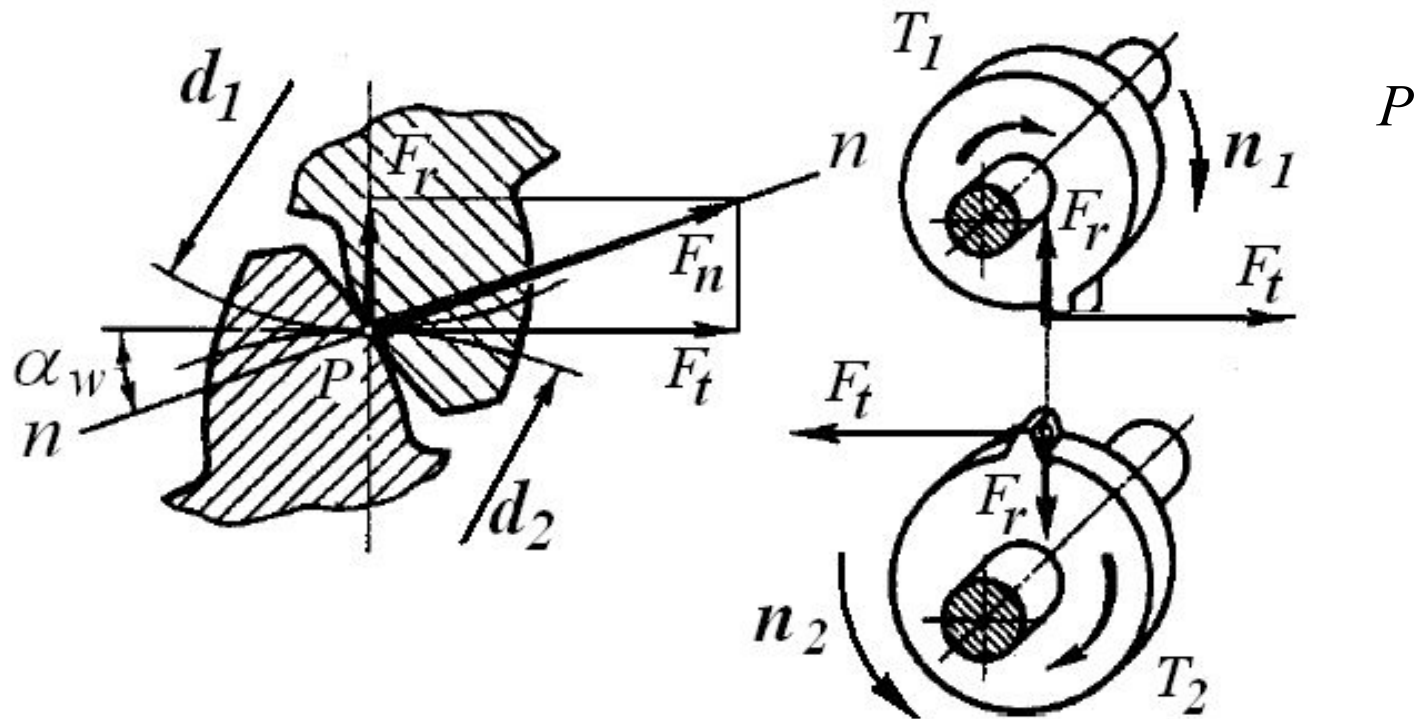


Рисунок 3 – Силы в прямозубой цилиндрической передаче.



## СИЛЫ В ЗАЦЕПЛЕНИИ ПРЯМОЗУБЫХ ПЕРЕДАЧ

Силы взаимодействия зубьев принято определять в полюсе зацепления  $P$  (рис. 3).

Для расчета валов и опор силу  $F_n$  раскладывают на составляющие:

**окружную силу**

$$F_t = F_n \cdot \cos \alpha_w = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot T_2}{d_2} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot T_1}{d_1} =$$

$$\frac{10^3 \cdot T_2 \cdot (u + 1)}{a_w \cdot u} = \frac{10^3 \cdot T_1 \cdot (u + 1)}{a_w},$$

**радиальную силу**

$$F_r = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha_w,$$



## СИЛЫ В ЗАЦЕПЛЕНИИ ПРЯМОЗУБЫХ ПЕРЕДАЧ

---

где  $T_1$  и  $T_2$  — вращающие моменты на шестерне и колесе, Н.м;

$d_1, d_2, a_w$  — делительные диаметры шестерни, колеса и межосевое расстояние соответственно, мм;

$\alpha_w = 20^\circ$  — угол зацепления.

На ведомом колесе направление окружной силы  $F_t$  совпадает с направлением вращения, на ведущем — противоположно ему.



## ТОЧНОСТЬ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

---

Погрешности изготовления зубчатых колес приводят к повышению динамических нагрузок, вибрации, шуму передач. Нарушается постоянство мгновенного передаточного отношения и согласованность угловых скоростей ведущего  $\omega_1$  и ведомого  $\omega_2$  валов.

Точность зубчатых колес регламентируется ГОСТом. Предусмотрены 12 степеней точности от 1 до 12 в порядке ее убывания. В быстроходных передачах (при окружной скорости на начальном диаметре  $V > 10 \text{ м/с}$ ) распространены 5, 6, 7 степени точности, а в тихоходных – 8, 9. С ростом точности зубчатых колес существенно возрастает стоимость их изготовления.

## КРИТЕРИИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И РАСЧЕТА

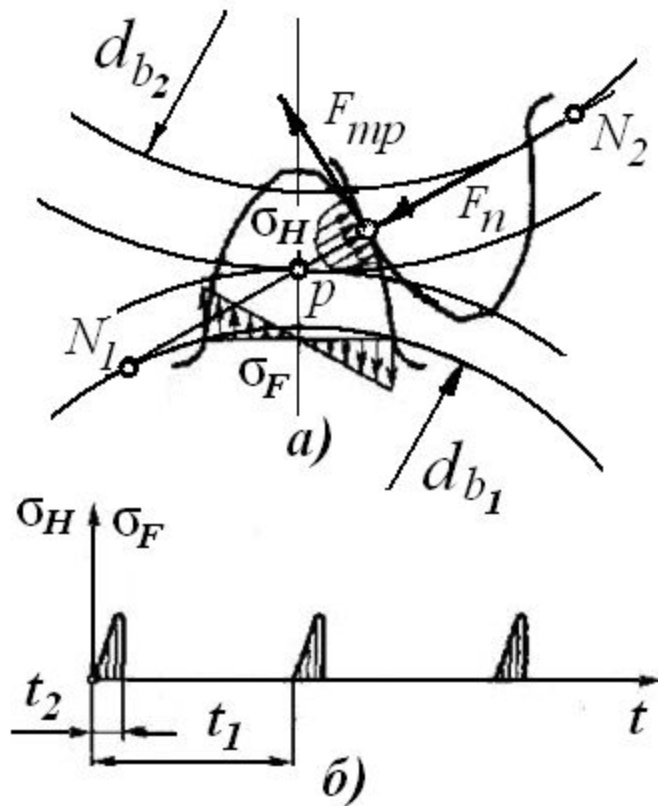


Рисунок 4- Напряжения в зубьях (а) и характер их нагружения (б).

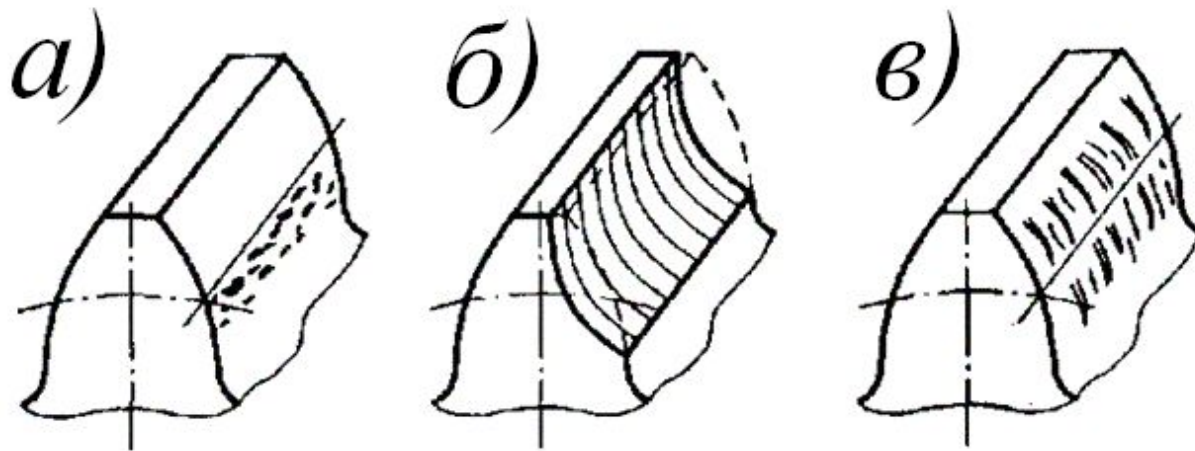
На линии контакта возникают упругие деформации профилей зубьев, вызывающие *контактные напряжения*  $\sigma_H$ .

У основания зуба от силы  $F_{тп}$  возникают напряжения изгиба  $\sigma_F$ .

Контактные и изгибные напряжения изменяются во времени по прерывистому отнулевому циклу.

## КРИТЕРИИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И РАСЧЕТА

Переменные напряжения являются причиной усталостного разрушения зубьев: *поломки, выкрашивания поверхностного слоя, износа, заедания.*



**Рисунок 5** - Виды разрушения зубьев:

*а* - выкрашивание, *б* - абразивный износ, *в* - заедание



## КРИТЕРИИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И РАСЧЕТА

---

Основными критериями работоспособности зубчатых передач являются **контактная прочность** рабочих поверхностей зубьев и **прочность зубьев при изгибе**.

Под **контактной прочностью** понимают способность контактирующих поверхностей зубьев обеспечить требуемую безопасность против усталостного выкрашивания.

Расчет сводится к проверке **условия прочности**:

$$\sigma_H \leq [\sigma_H],$$

где  $\sigma_H$  — контактное напряжение в полюсе зацепления;  
 $[\sigma_H]$  — допускаемое контактное напряжение.

## КРИТЕРИИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И РАСЧЕТА

***Прочность при изгибе*** — это способность зубьев обеспечить требуемую безопасность против усталостного излома зуба.

***Условие прочности:***

$$\sigma_F \leq [\sigma_F],$$

где  $\sigma_F$  — напряжение изгиба в опасном сечении зуба;  
 $[\sigma_F]$  — допускаемое напряжение изгиба зуба.