



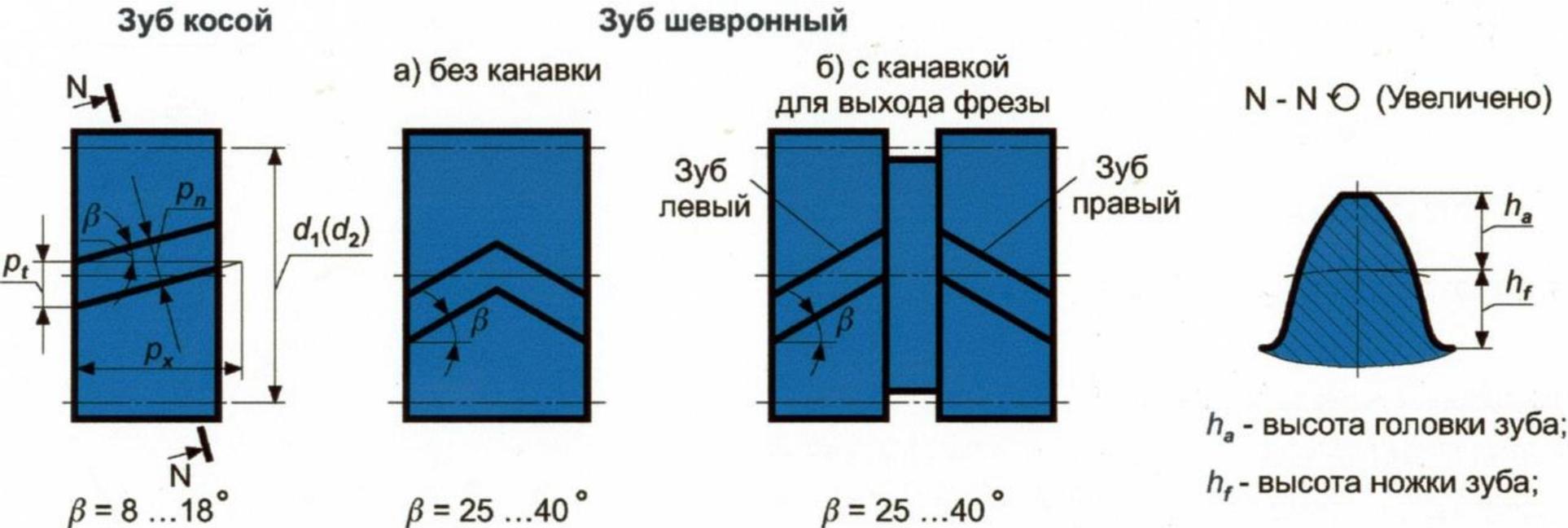
Московский государственный
университет технологий и управления
им. К.Г. Разумовского (ПКУ)

«Детали машин и цифровая среда проектирования»

Механические передачи Часть 2

Завалишин Игорь Владимирович
кандидат технических наук, доцент

Особенности косозубых и шевронных цилиндрических колес



p_n, p_t, p_x - шаги нормальный, торцовый, осевой;
 β - угол наклона зубьев;

m_n, m_t, m_x - модули нормальный, торцовый, осевой;
 z_1, z_2 - числа зубьев шестерни и колеса;
 d_1, d_2 - делительные диаметры шестерни и колеса;

$$p_t = \frac{p_n}{\cos \beta};$$

$$p_x = \frac{p_n}{\sin \beta};$$

$$m_n = \frac{p_n}{\pi};$$

$$m_t = \frac{p_t}{\pi};$$

$$m_x = \frac{p_x}{\pi};$$

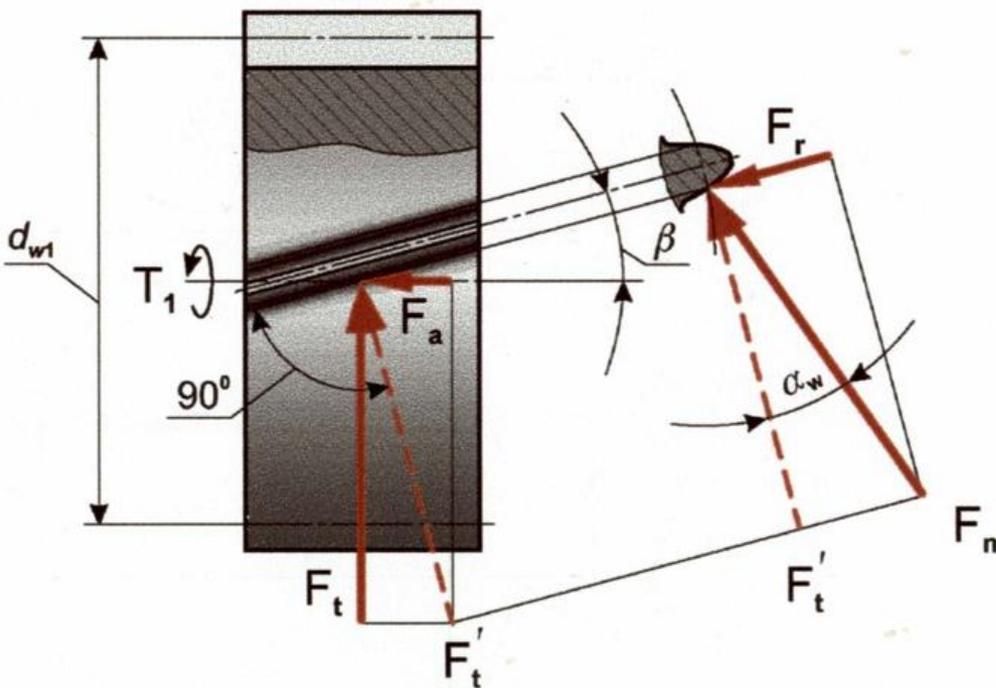
$$d_1 = m_t \cdot z_1 = \frac{m_n \cdot z_1}{\cos \beta};$$

$$d_2 = m_t \cdot z_2 = \frac{m_n \cdot z_2}{\cos \beta};$$

$$h_a = m_n;$$

$$h_f = 1,25 \cdot m_n.$$

Силы в косозубой цилиндрической передаче



d_{w1} - начальный диаметр шестерни, мм;

F_n - нормальная сила, действующая в полюсе зацепления по нормали к сопряженным поверхностям, Н;

F_t - окружная сила, действующая по касательной к начальным окружностям, Н;

F_r - радиальная сила, действующая по радиусу к центру, Н;

F_a - осевая сила, параллельная осям зубчатых колес, Н;

T_1 - вращающий момент на шестерне, Н·м;

α_w - угол зацепления в нормальном сечении;

β - угол наклона зуба;

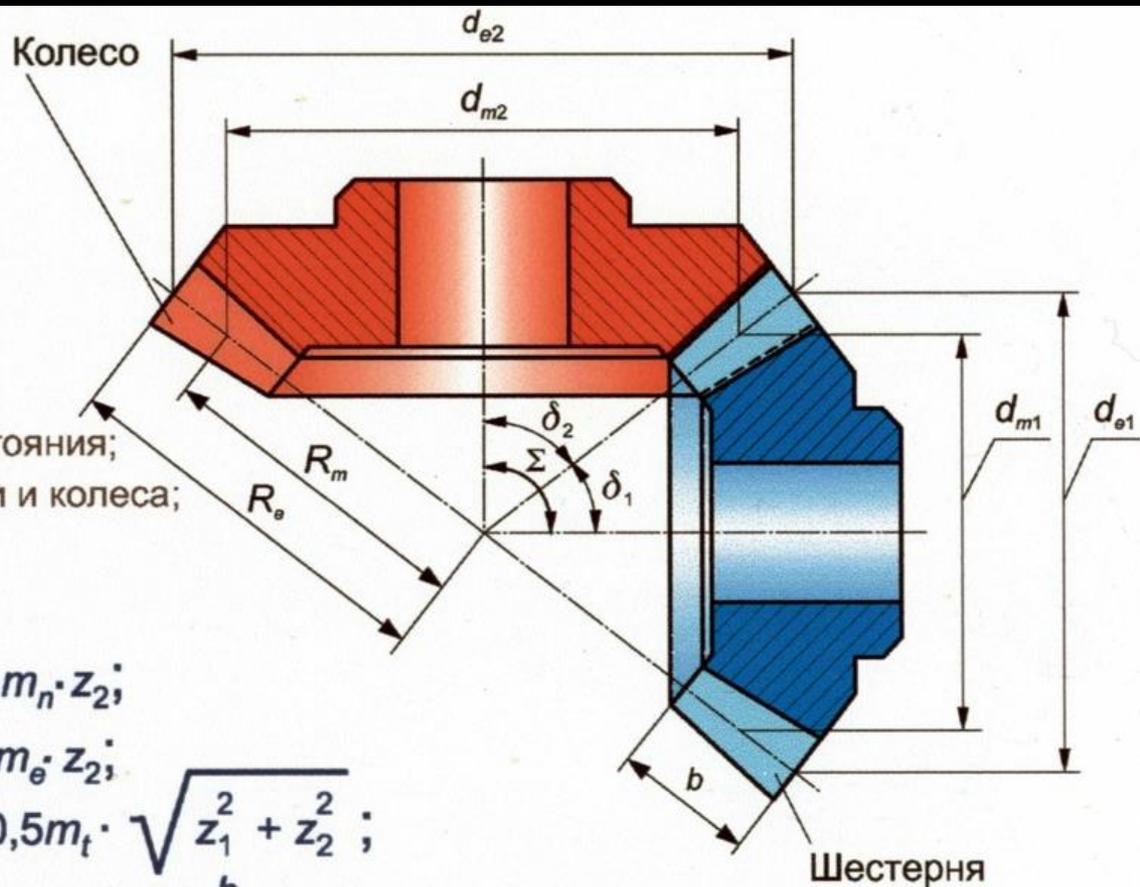
$$F_t = \frac{2000 \cdot T_1}{d_{w1}} ; \quad F_r = \frac{F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha_w}{\cos \beta} ;$$

$$F_a = F_t \cdot \operatorname{tg} \beta ; \quad F_n = \sqrt{F_t^2 + F_r^2 + F_a^2} .$$

В шевронной передаче осевые силы на полушевронах замыкаются на зубчатых колесах и на валы и опоры не передаются.

Геометрия эвольвентной конической прямозубой передачи

z_1, z_2 - числа зубьев шестерни и колеса;
 m_n - средний нормальный модуль;
 m_t - внешний торцовый модуль;
 d_{m1}, d_{m2} - средние делительные диаметры шестерни и колеса;
 d_{e1}, d_{e2} - внешние делительные диаметры шестерни и колеса;
 b - ширина зубчатого венца;
 R_m, R_e - среднее и внешнее конусные расстояния;
 δ_1, δ_2 - углы делительных конусов шестерни и колеса;
 Σ - угол между осями валов передачи;
 u - передаточное число передачи.



$$d_{m1} = m_n \cdot z_1;$$

$$d_{e1} = m_e \cdot z_1;$$

$$R_m = 0,5m_n \cdot \sqrt{z_1^2 + z_2^2};$$

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

$$u = \frac{z_2}{z_1} = \text{ctg} \delta_1 = \text{tg} \delta_2;$$

$$d_{m2} = m_n \cdot z_2;$$

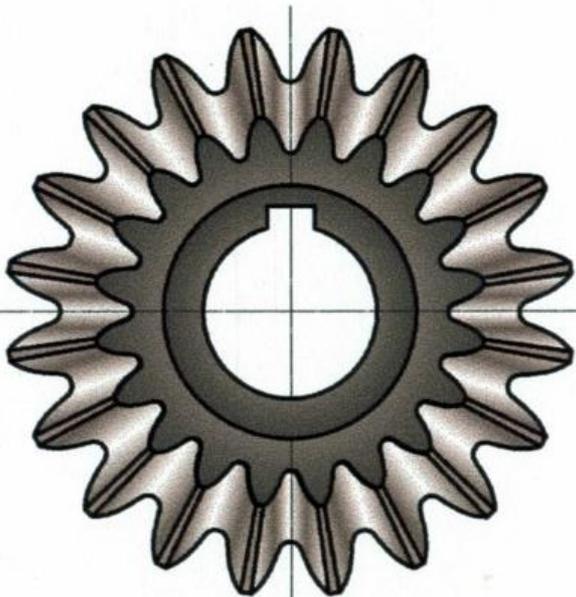
$$d_{e2} = m_e \cdot z_2;$$

$$R_e = 0,5m_t \cdot \sqrt{z_1^2 + z_2^2};$$

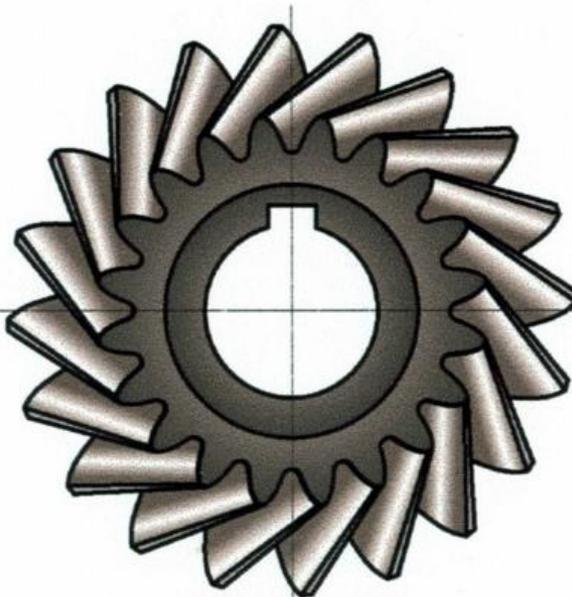
$$m_n = m_e \cdot \left(1 - 0,5 \frac{b}{R_e}\right).$$

Виды конических зубчатых колес

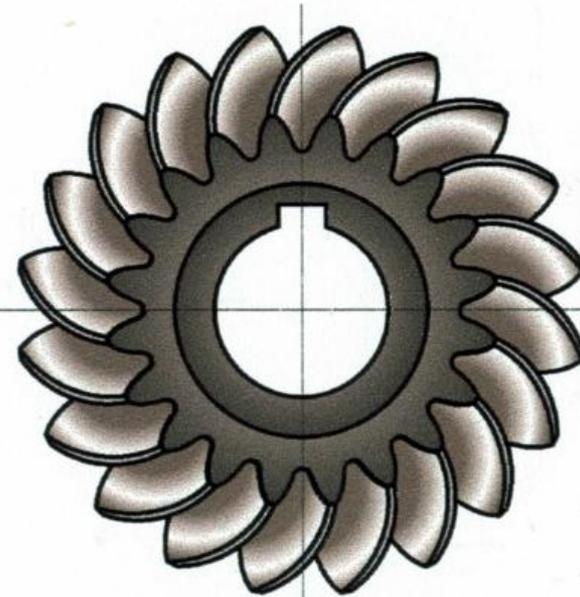
С прямыми зубьями



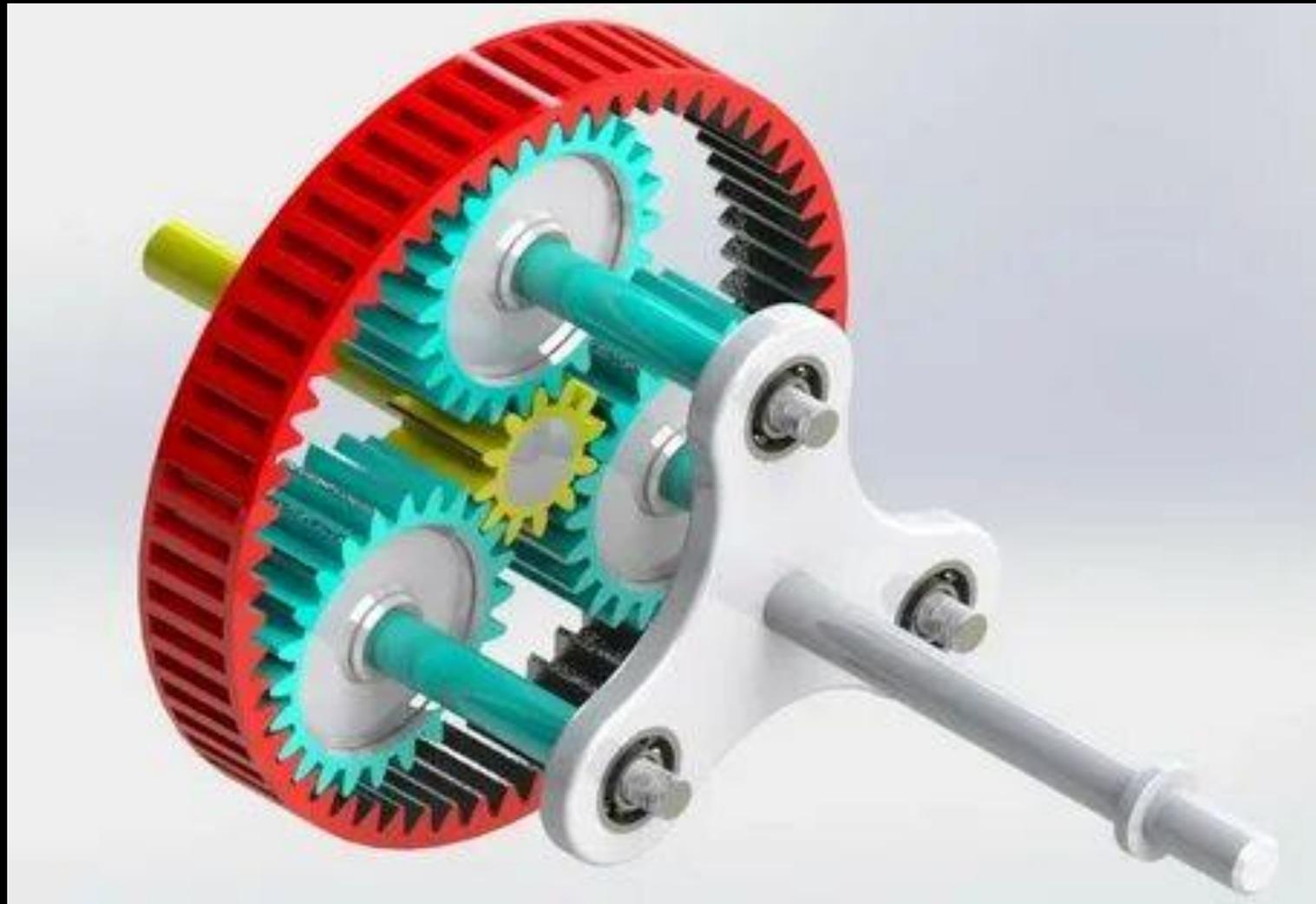
С тангенциальными зубьями



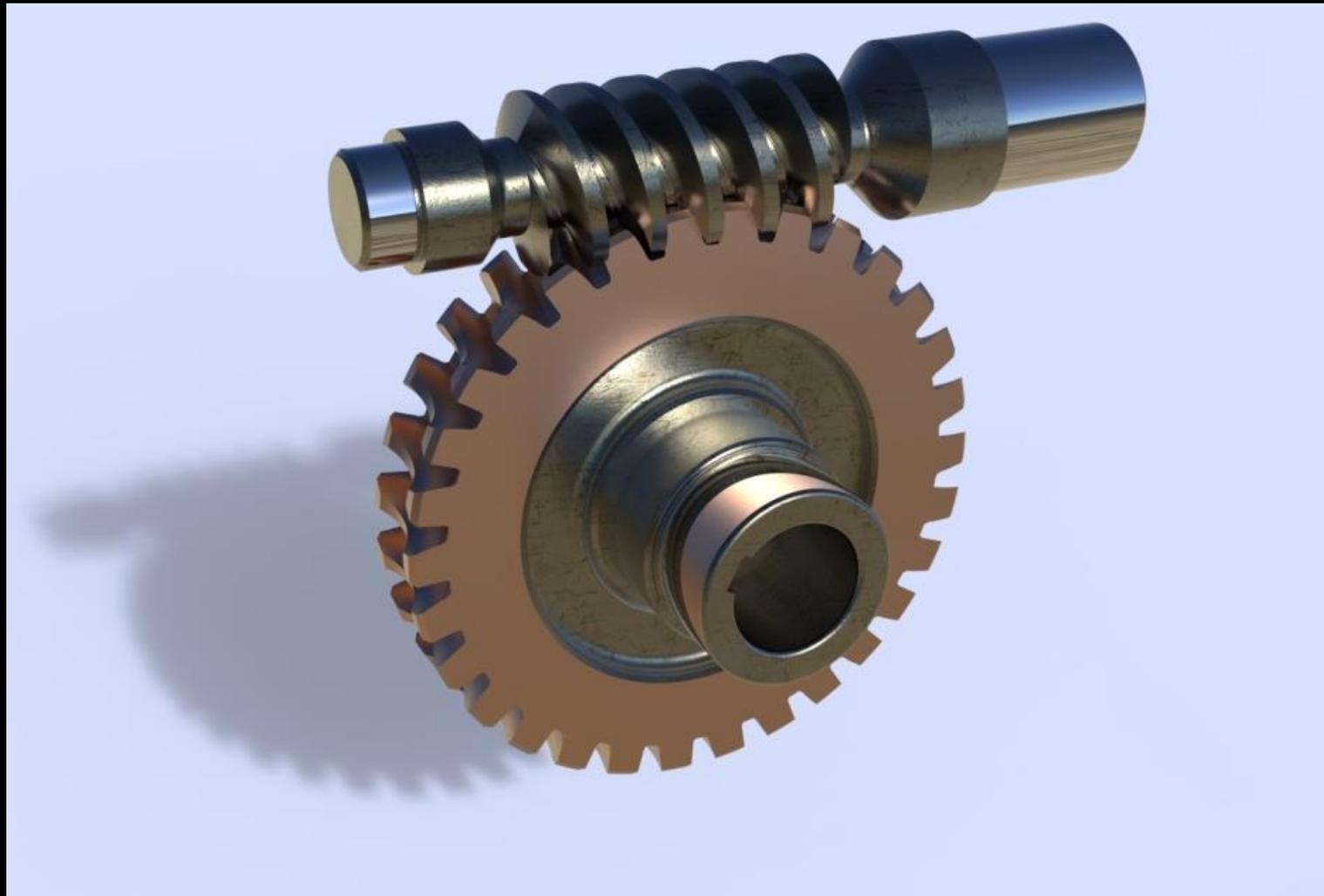
С круговыми зубьями



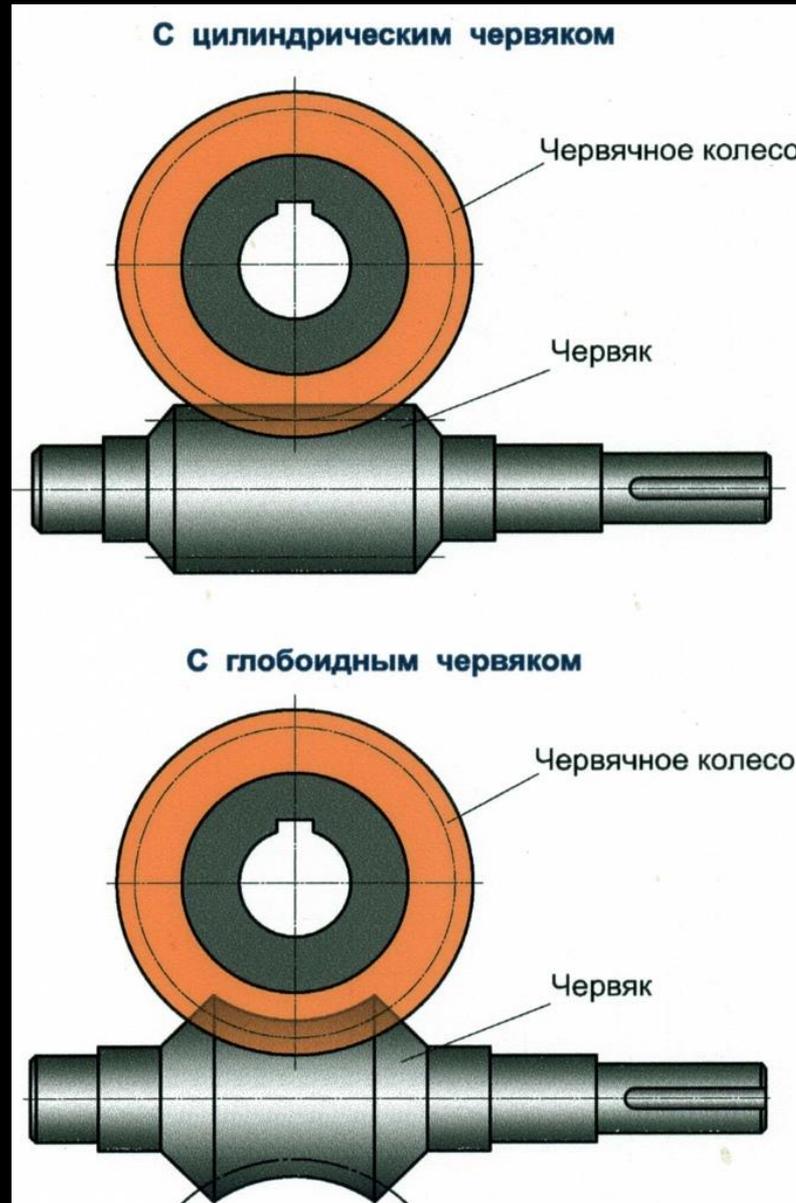
Планетарная передача



Червячная передача

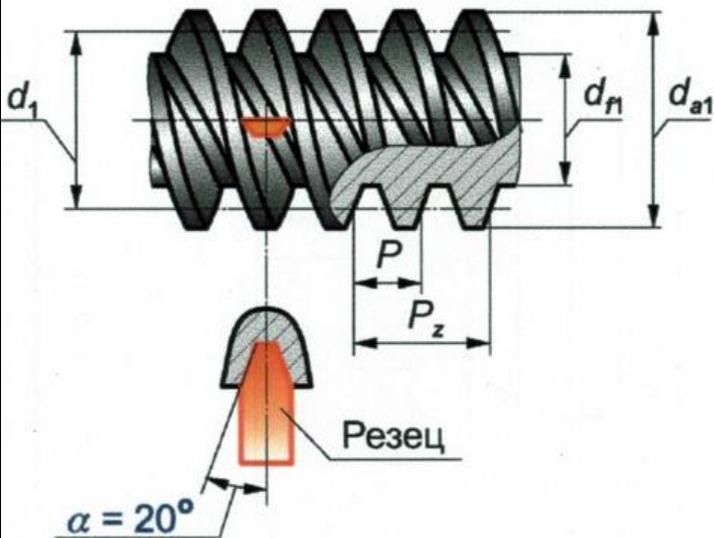


Виды червячных передач



Профили цилиндрических червяков

Архимедов ZA



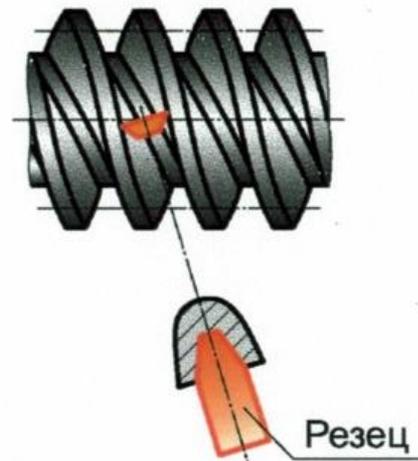
P - осевой шаг червяка;

$m = P/\pi$ - осевой модуль червяка;

$z_1 = 1, 2, 4$ - число витков (заходов) червяка;

$P_z = P \cdot z_1$ - ход витка червяка;

Конволютный ZN



$q = 6,3...25$ - коэффициент диаметра червяка;

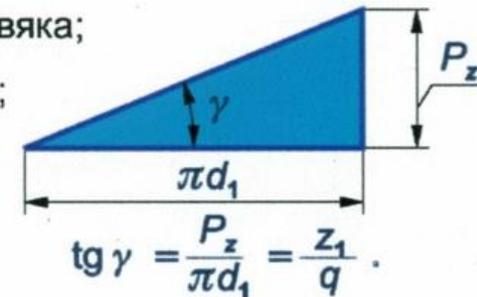
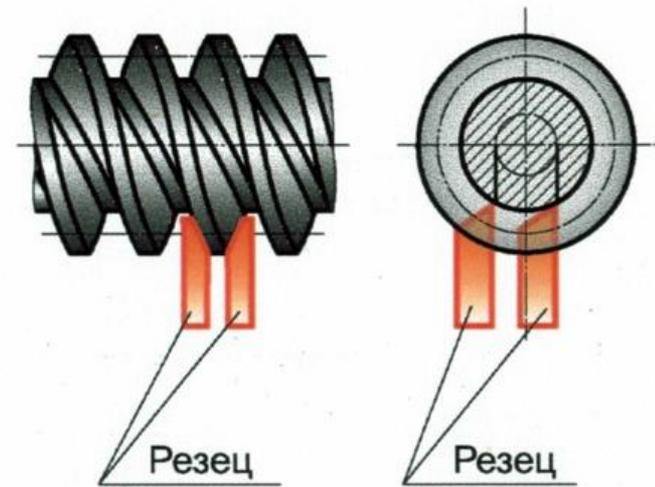
$d_1 = m \cdot q$ - делительный диаметр червяка;

$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m$ - диаметр вершин червяка;

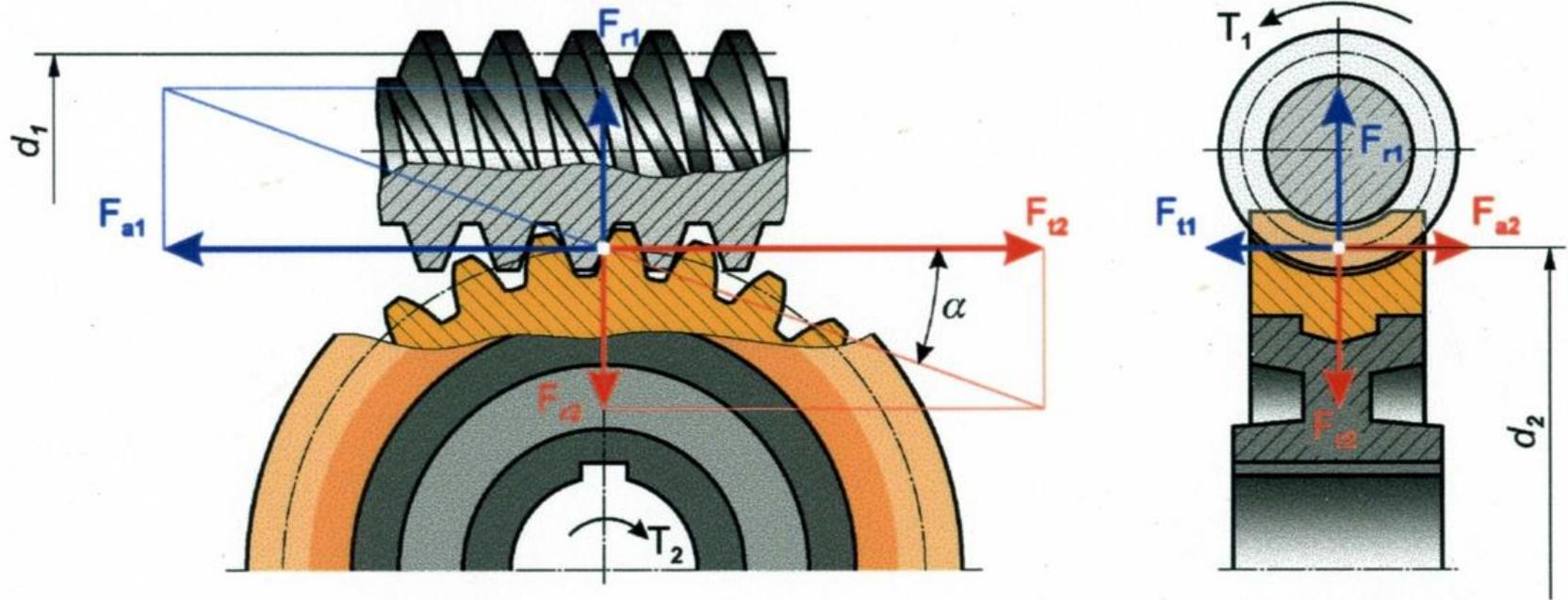
$d_{fl} = d_1 - 2,4 \cdot m$ - диаметр впадин червяка;

γ - делительный угол подъема витка.

Эвольвентный ZI



Силы в червячном зацеплении



d_1 - делительный диаметр червяка, мм;

d_2 - делительный диаметр червячного колеса, мм;

α - угол зацепления;

T_1 - вращающий момент на червяке, Н·м;

T_2 - вращающий момент на червячном колесе, Н·м;

F_{t1} - окружная сила на червяке, Н;

F_{t2} - окружная сила на червячном колесе, Н;

F_{r1} - радиальная сила на червяке, Н;

F_{r2} - радиальная сила на червячном колесе, Н;

F_{a1} - осевая сила на червяке, Н;

F_{a2} - осевая сила на червячном колесе, Н.

$$F_{t1} = \frac{2000 \cdot T_1}{d_1}; \quad F_{t2} = \frac{2000 \cdot T_2}{d_2}; \quad F_{r2} = F_{t2} \cdot \operatorname{tg} \alpha; \quad \overline{F}_{t1} = -\overline{F}_{a2}; \quad \overline{F}_{a1} = -\overline{F}_{t2}; \quad \overline{F}_{r1} = -\overline{F}_{r2}.$$

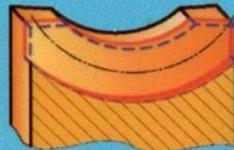
Разрушение зубьев и условия работы в червячном зацеплении

Выкрашивание поверхностных слоев зубьев червячного колеса



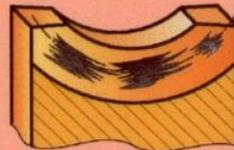
Червячные передачи с высокими антифрикционными свойствами (червячное колесо выполнено из оловянной бронзы). Выкрашивание связано с циклическим нагружением зубьев червячного колеса. Может быть ограниченным или прогрессирующим.

Абразивный износ



Червячные передачи с низкими антифрикционными свойствами (червячное колесо выполнено из безоловянной бронзы или чугуна). Износ обусловлен значительным скольжением в зацеплении.

Заедание



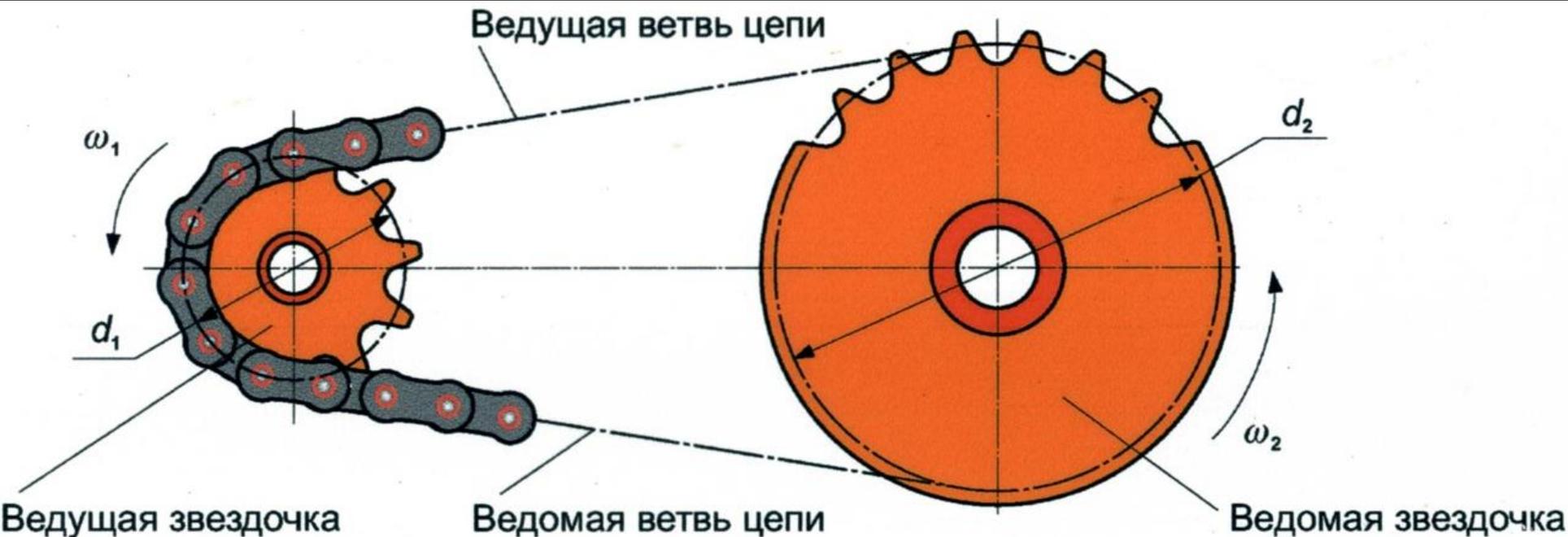
Высоконагруженные передачи. При высокой удельной нагрузке происходит разрыв масляной пленки, нагрев и схватывание сопряженных поверхностей с образованием следов задира в направлении скольжения витка червяка по зубу колеса.

Поломка зубьев



В червячных передачах поломка зубьев червячного колеса встречается крайне редко и характерна для мелко модульных передач с числом зубьев червячного колеса более 100.

Кинематика цепной передачи



d_1 - диаметр делительной окружности ведущей звездочки;

d_2 - диаметр делительной окружности ведомой звездочки;

z_1 - число зубьев ведущей звездочки;

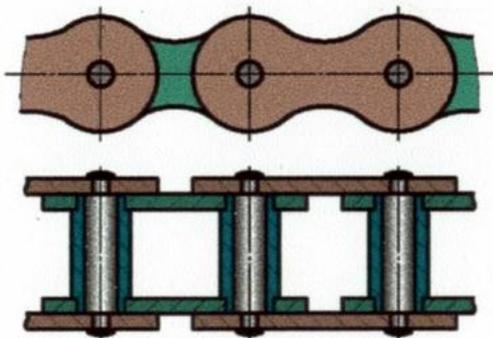
z_2 - число зубьев ведомой звездочки;

i - передаточное отношение передачи.

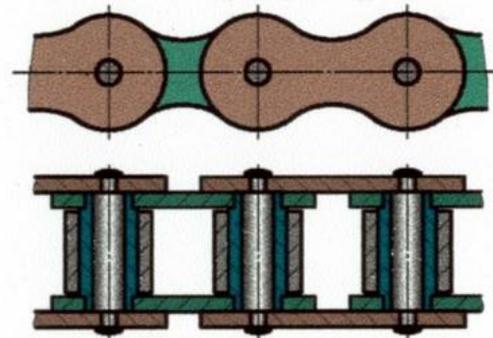
$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1} .$$

Конструкции приводных цепей

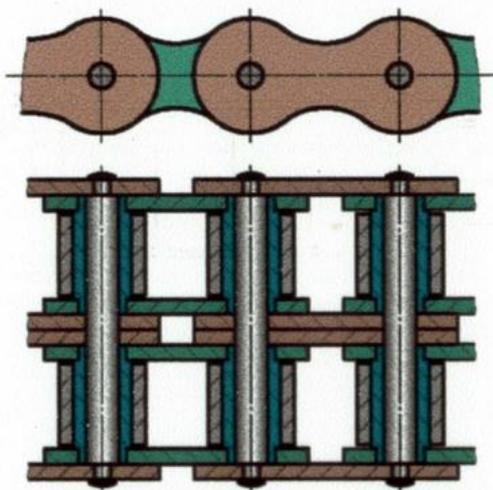
Втулочная ПВ
по ГОСТ 13568-75



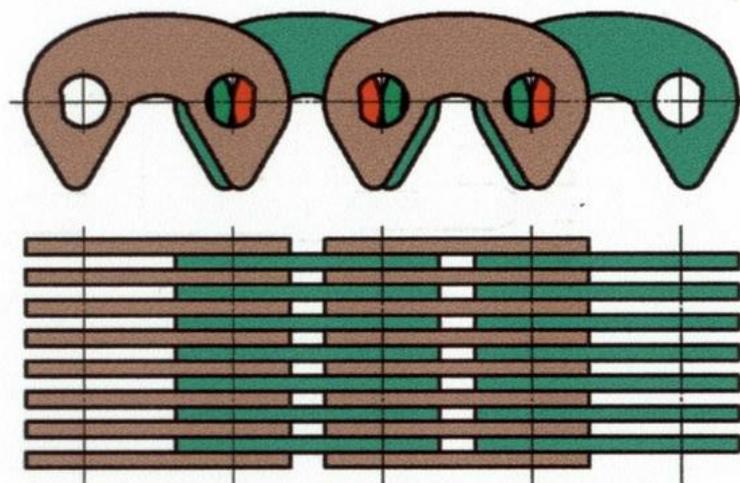
Роликовая однорядная ПР
по ГОСТ 13568-75



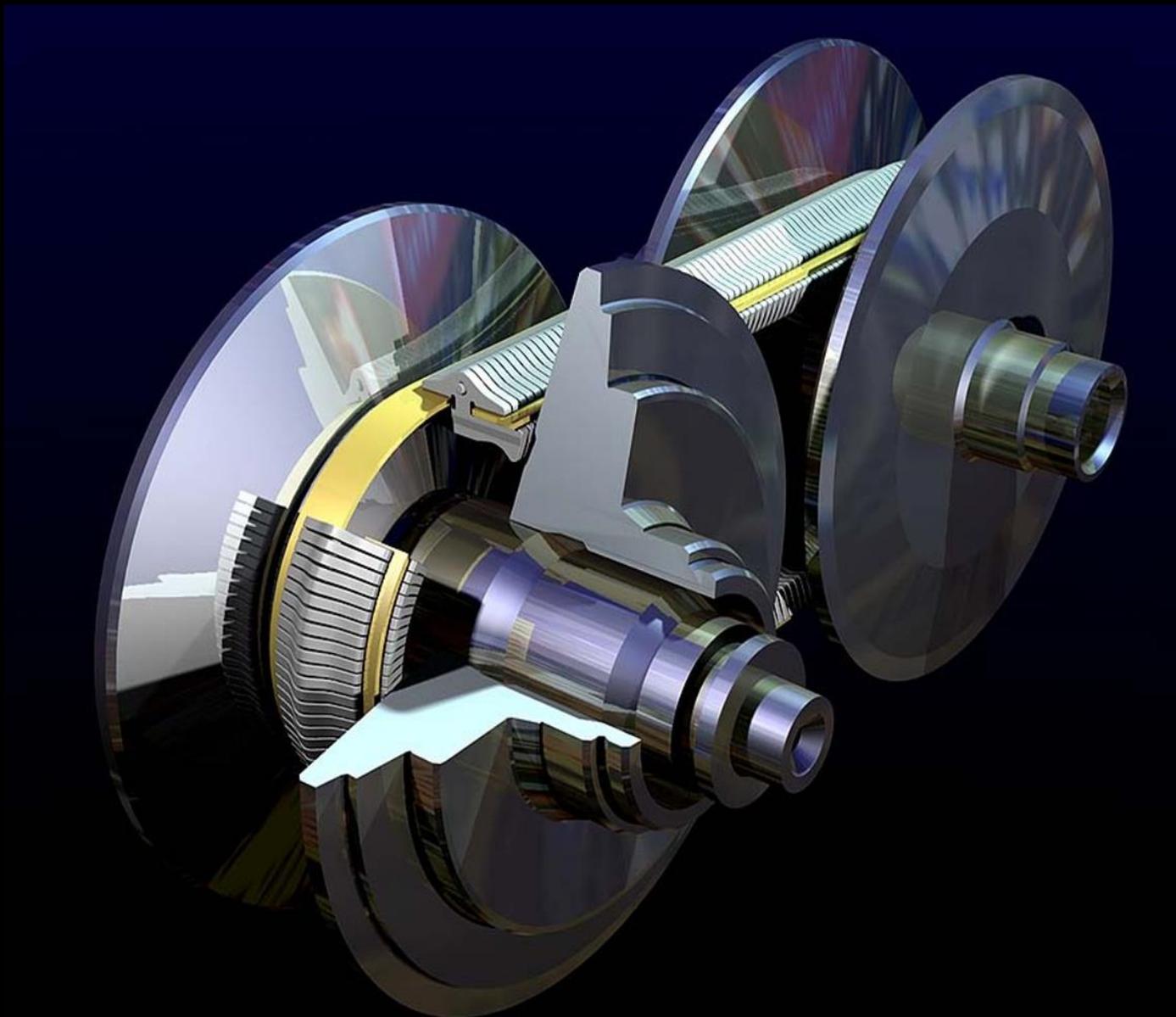
Роликовая двухрядная 2ПР
по ГОСТ 13568-75



Зубчатая ПЗ-1
по ГОСТ 13552-81

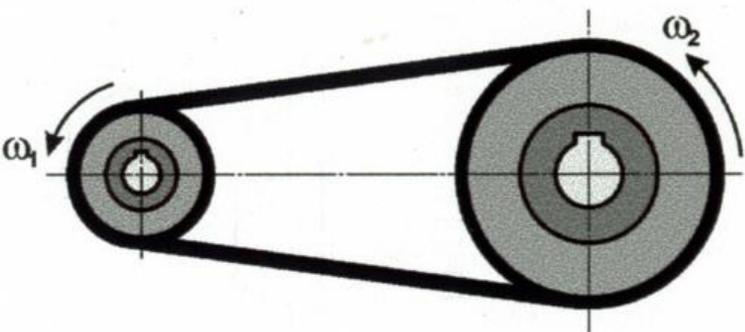


Фрикционные передачи – вариатор

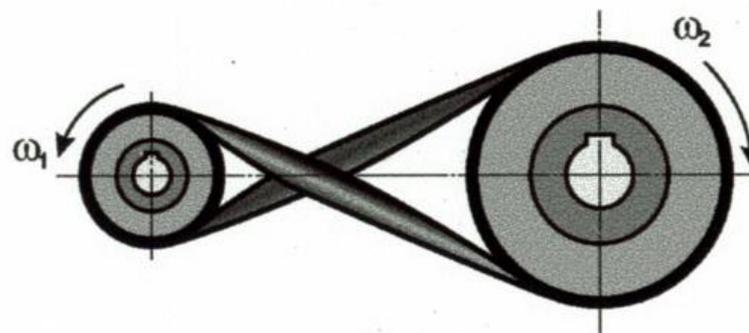


Схемы ременных передач

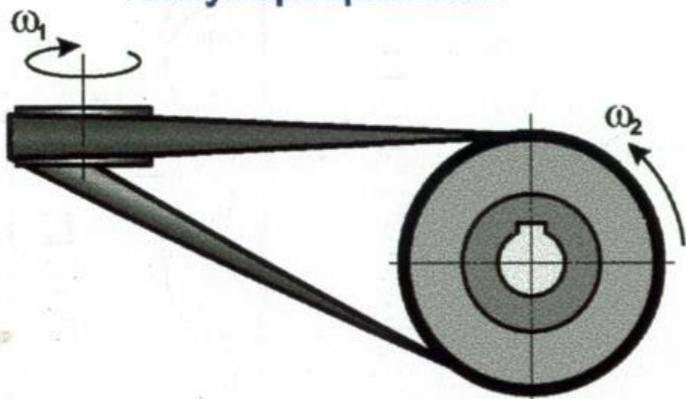
Открытая



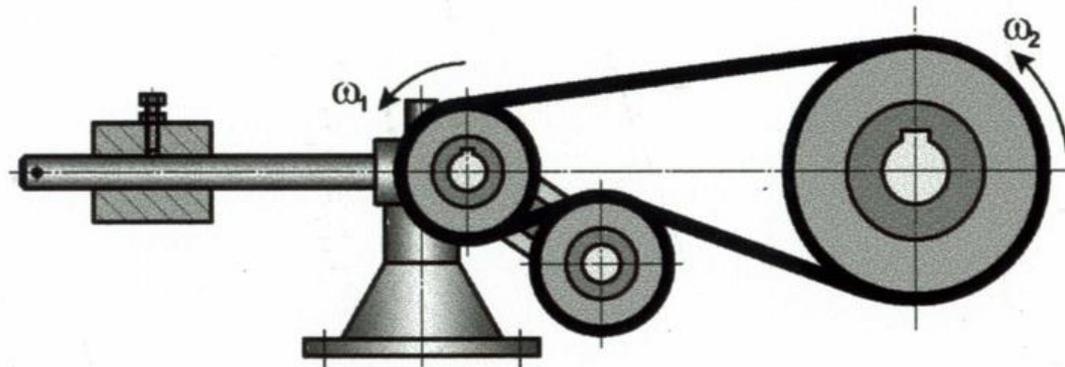
Перекрестная



Полуперекрестная



С натяжным роликом

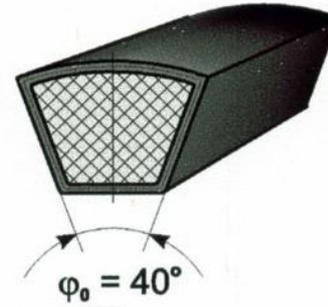


Профили ремней

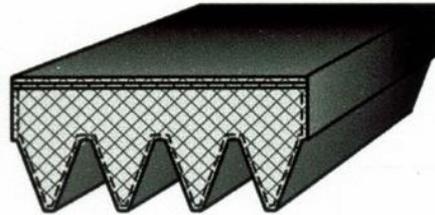
Плоский



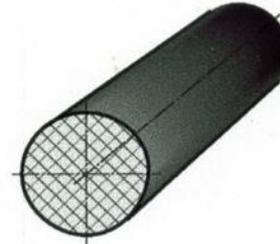
Клиновы́й



Поликлиновы́й



Круглы́й



Зубчатые

трапецеидальной формы

A
→



A
→

A - A



полукруглой формы

Б
→



Б
→

Б - Б



Клиновые приводные ремни

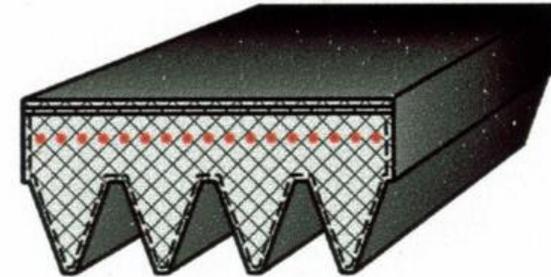
Кордшнуровой



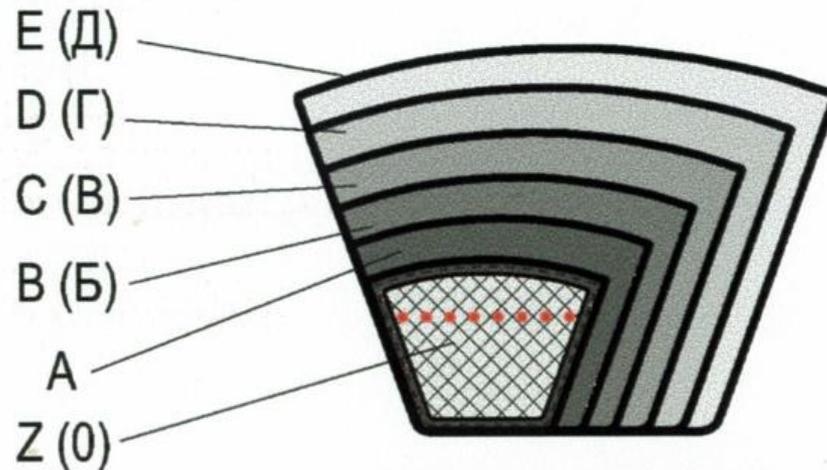
Кордтканевый



Поликлиновый



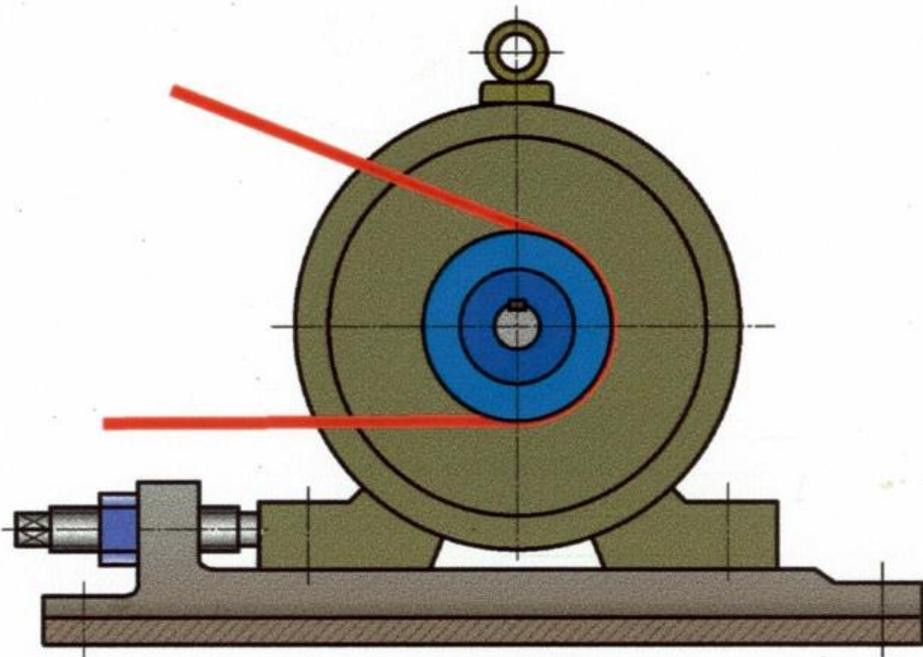
Размеры сечений ремня



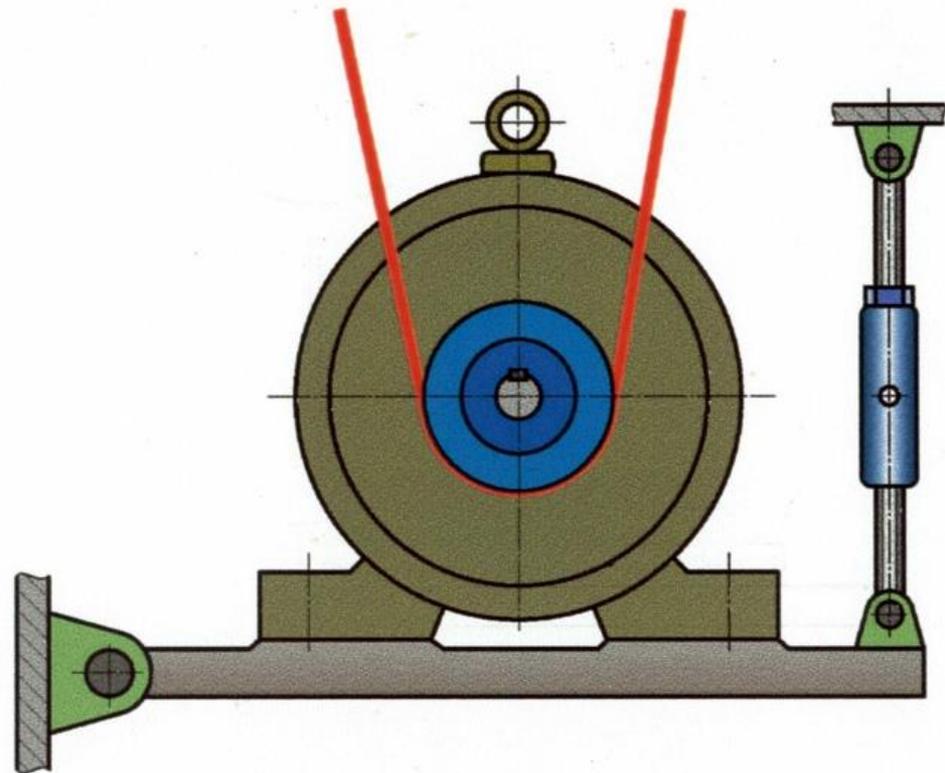
$$\varphi_0 = 40^\circ$$

Способы натяжения ремня

Перемещением двигателя по салазкам

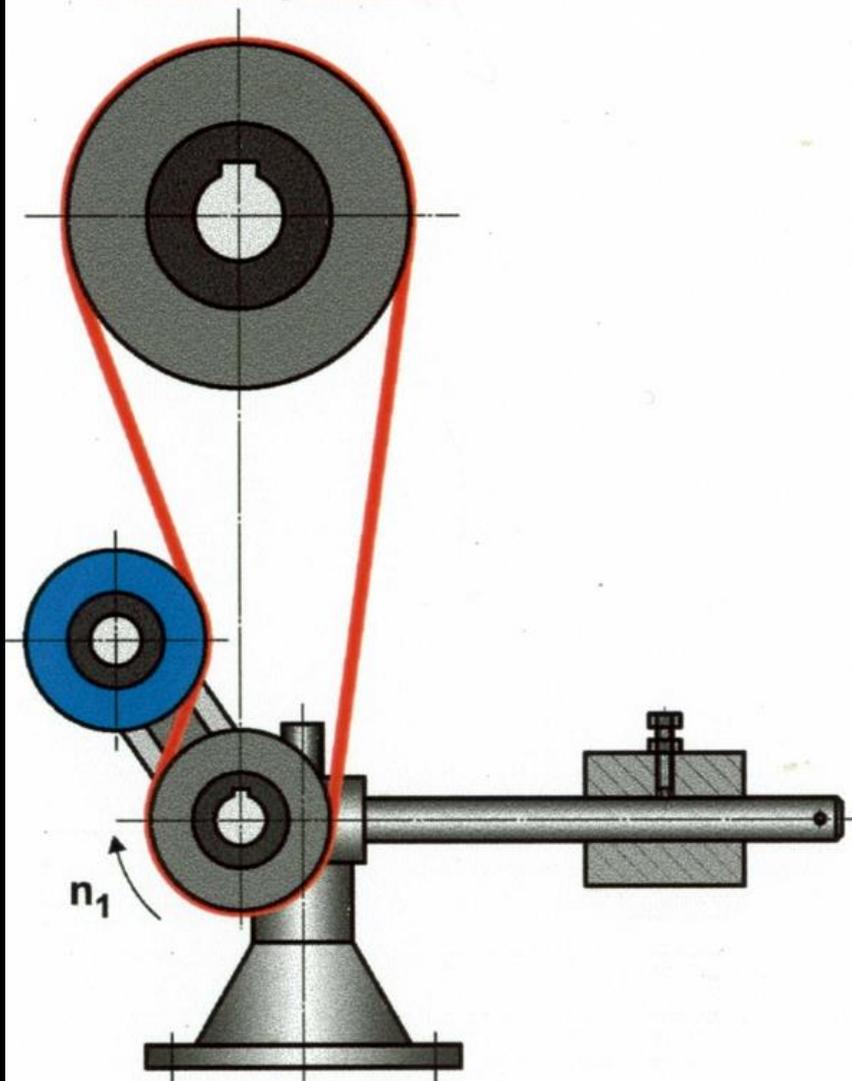


Поворотом двигателя на качающейся плите

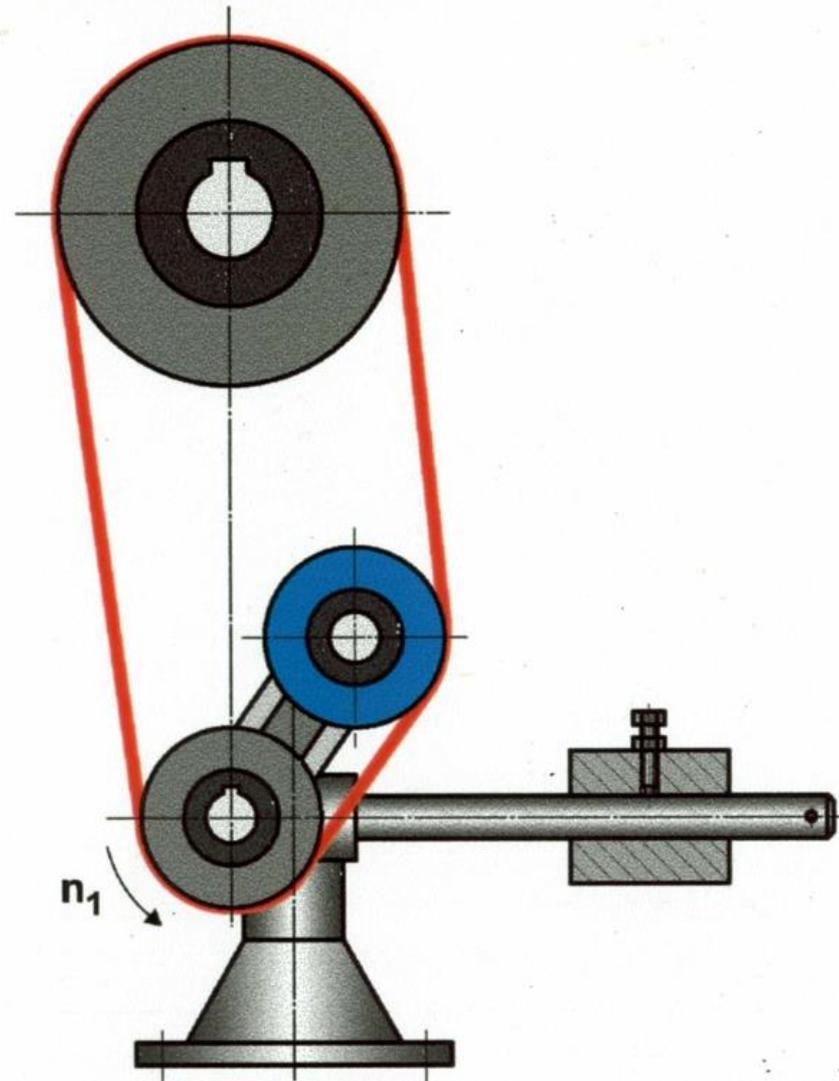


Способы натяжения ремня

Натяжным роликом

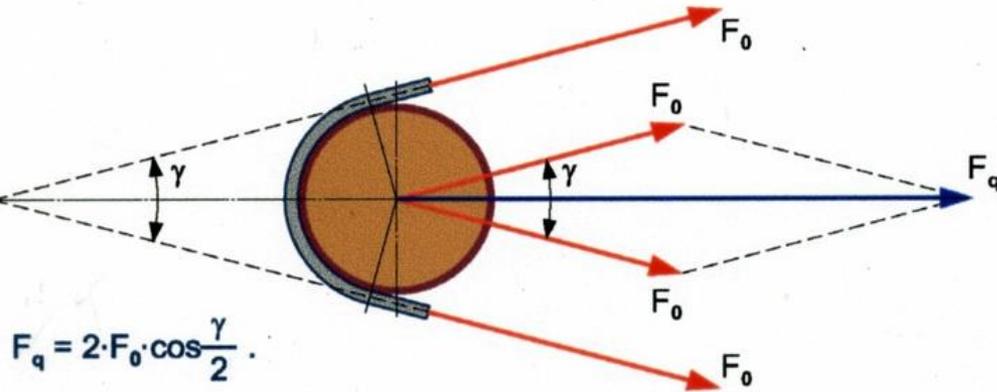


Оттяжным роликом

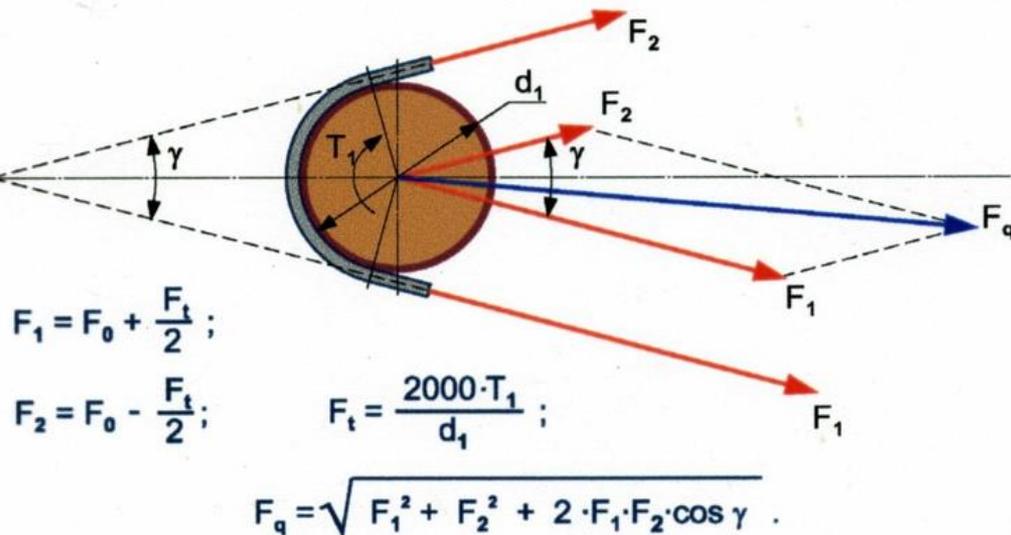


Силы в ременной передаче

Силы в неработающей передаче



Силы в работающей передаче



- F_0 - усилие предварительного натяжения ремня, Н;
- F_1 - усилие в ведущей ветви, Н;
- F_2 - усилие в ведомой ветви, Н;
- F_q - усилие давления на валы передачи, Н;
- F_t - окружное усилие на ведущем валу, Н;
- T_1 - вращающий момент на ведущем шкиве, Н·м;
- d_1 - диаметр ведущего шкива, мм.

Спасибо за внимание!