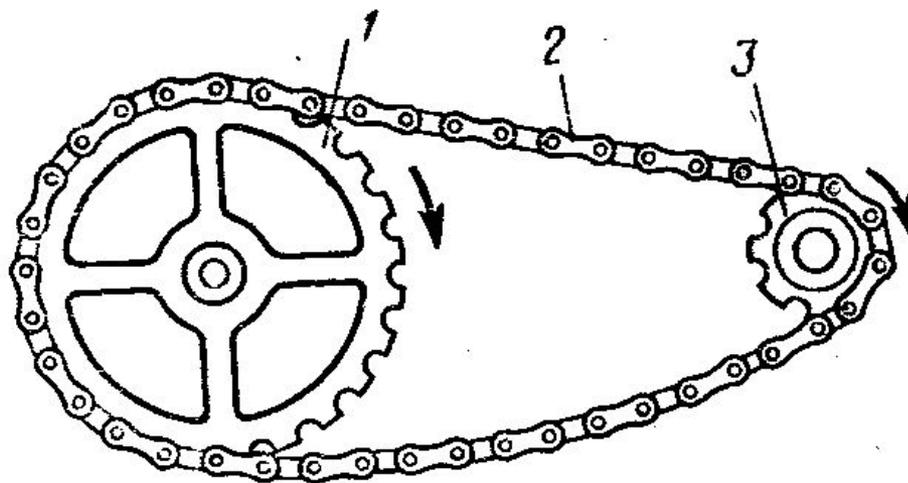


Механика 1.3

Лекция 7

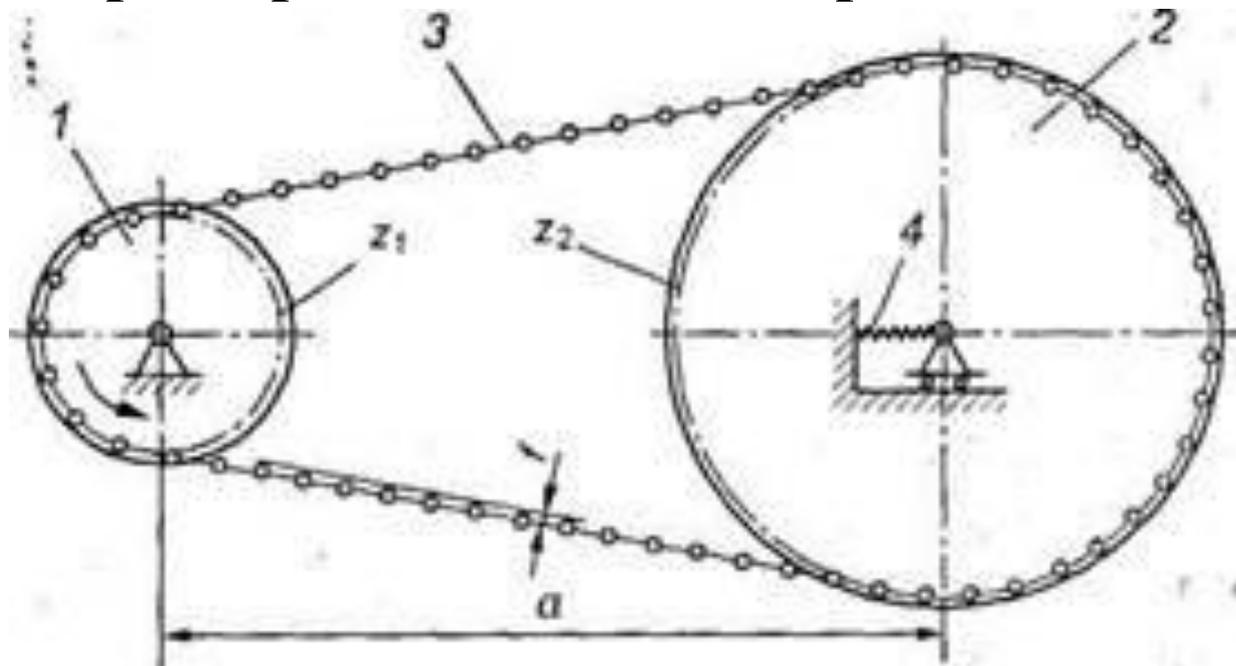


Цепная передача (зацеплением)



Цепная передача – механизм для передачи вращательного движения между параллельными валами с помощью жестко закрепленных на них зубчатых колес – звездочек и охватывающей их многозвенной гибкой связи с жесткими звеньями, называемой цепью.

Характеристики цепных передач



Мощность до 5000 кВт (обычно до 100 кВт), Скорость цепи до 35 м/с (обычно до 15 м/с), передаточное число до 10, межосевое расстояние до 8 м.

$$F_t = 2T_1 / d_1$$

$$v = n_1 z p_{\text{ц}} / 60$$

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$$

$$\eta = 0.96 - 0.98$$

$$a = (30 \dots 50) p_{\text{ц}}$$

z_1, z_2 - Нечетное

z_3 - Четное

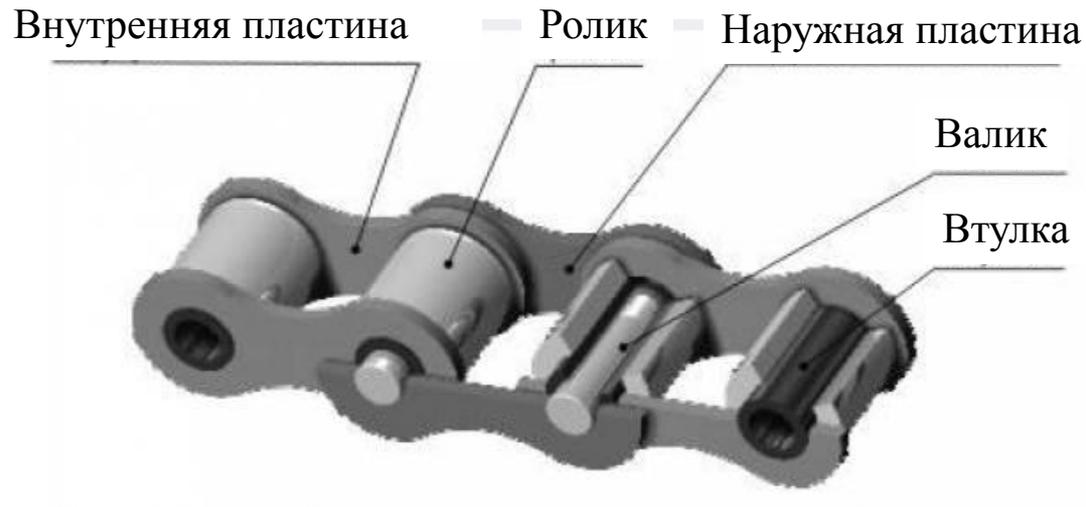
Цепная передача

Достоинства	Недостатки
передача на большие расстояния	Повышенная шумность
возможность передачи движения нескольким валам	Динамические нагрузки (неравномерность скорости цепи)
Отсутствие проскальзывания	Интенсивный износ в результате скольжения
Низкая нагрузка на валы и подшипники	Высокая стоимость
	Сложность смазки

Приводные цепи

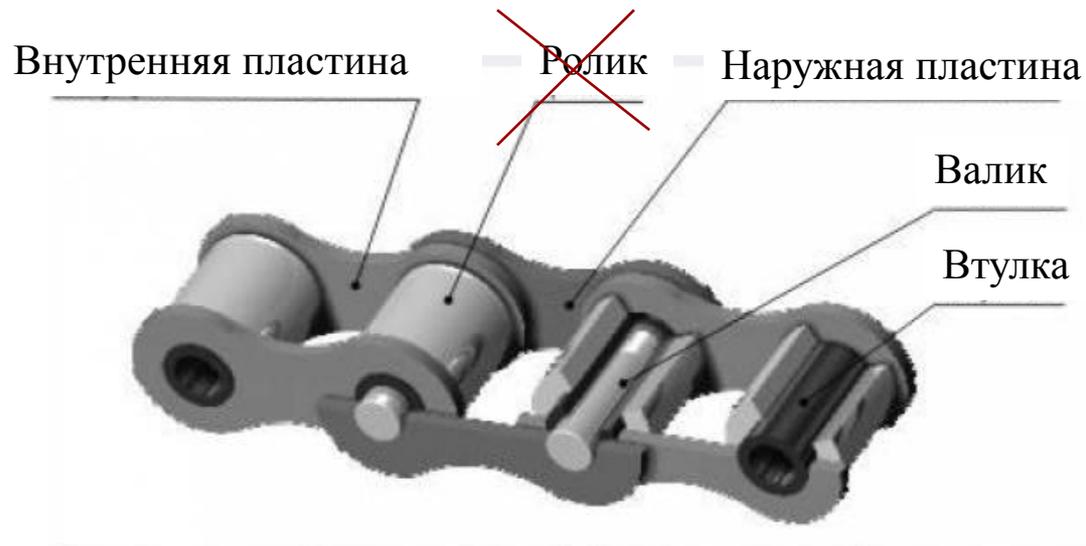
Роликовые (ГОСТ 13568-97) – однорядные или многорядные

Ролики – тела качения (снижается износ), используются на скоростях до 15 м/с



Приводные цепи

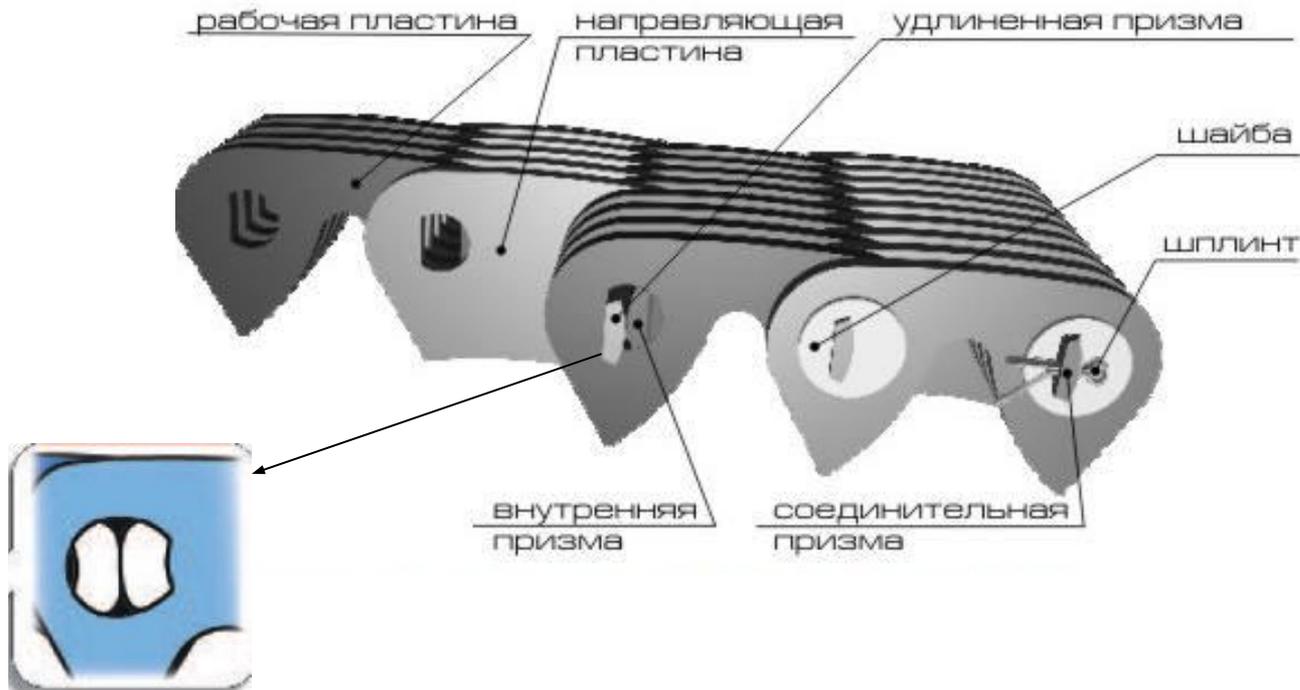
Втулочные (ГОСТ 13568-97) – однорядные или двухрядные, шаг 9,525 мм
Используются на скоростях до 1 м/с, легче и дешевле роликовых



Приводные цепи

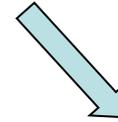
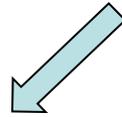
Зубчатые (ГОСТ 13552-81) –многозвенные

Призмы – тела качения (снижается износ), менее шумные, надежные, используются на скоростях до 35 м/с, дорогие и тяжелые



Критерий работоспособности

Износостойкость



Для звездочек и пластин цепей
применяют углеродистые и
легированные стали 40Х, 45, 50

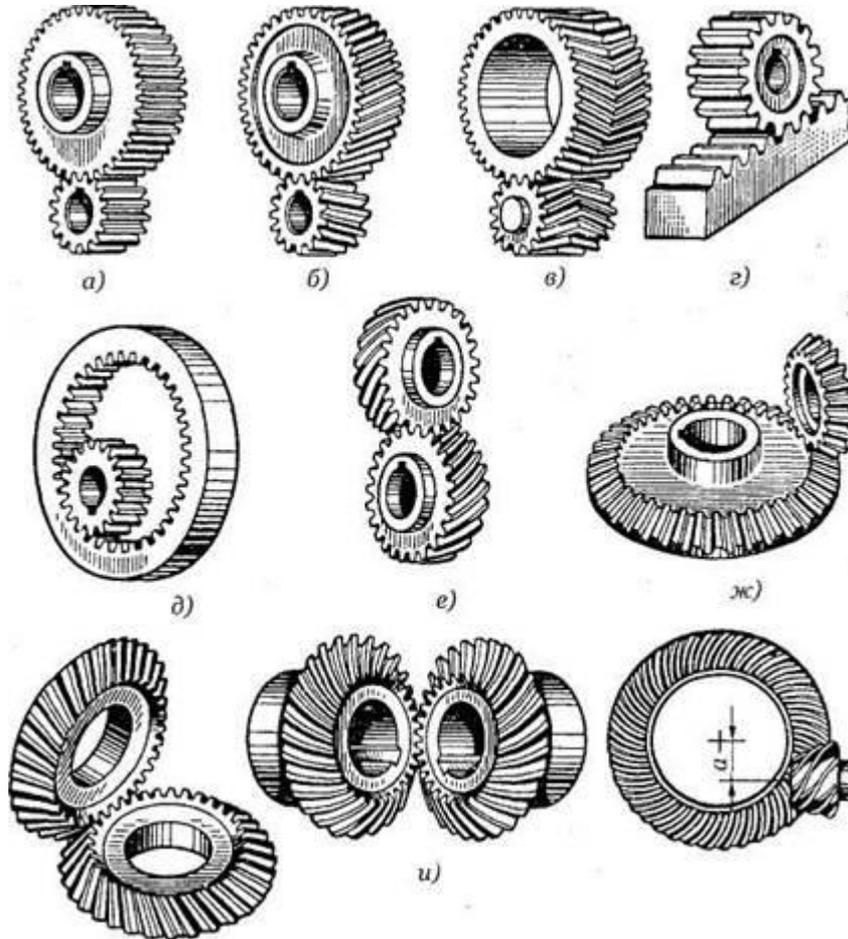
Для валиков и роликов стали 15, 20, 20Х

Расчет допустимого давления в
шарнире

$$p = \frac{F_t}{n \cdot B \cdot d} \leq [p]$$

Расчет: $i \rightarrow p_u \rightarrow z_1, z_2 \rightarrow a \rightarrow z_3 \rightarrow a \rightarrow l_u \rightarrow$ проверка p

Зубчатые передачи



Зубчатая передача - механизм, в котором два подвижных звена являются зубчатыми колесами, образующими с неподвижным звеном вращательную или поступательную пару.

Зубчатые передачи

Достоинства	Недостатки
постоянство передаточного числа	высокие требования к точности изготовления и монтажа
нагрузочная способность	шум при больших скоростях
высокий КПД (до 0,97-0,99)	высокая жесткость, не позволяющая компенсировать динамические нагрузки
малые габаритные размеры	
надежность в работе, простота обслуживания	
малые нагрузки на валы и опоры	

Классификация зубчатых передач

По расположению осей

- с параллельными осями – цилиндрические;
- с пересекающимися осями – конические;
- со скрещивающимися осями – цилиндрические винтовые, конические гипоидные и червячные;
- реечная передача.

По направлению профиля венца:

- прямозубые;
- косозубые;
- шевронные;
- с круговым зубом.

По конструктивному исполнению

открытые (не защищены от влияния внешней среды);
закрытые (изолированные от внешней среды).

- рядовые;
- планетарные.

По взаимному расположению зубчатых колёс:

- с внешним зацеплением;
- с внутренним зацеплением.

По форме профиля зуба:

- эвольвентные;
- с зацеплением М. Л. Новикова;
- циклоидальные.

По окружной скорости:

- тихоходные ($v \leq 3 \text{ м/с}$);
- среднескоростные ($v = 3 \dots 5 \text{ м/с}$);
- скоростные ($v = 15 \dots 40 \text{ м/с}$);
- быстроходные ($v > 40 \text{ м/с}$).

- одноступенчатые;
- многоступенчатые.

ГОСТ 16531—83

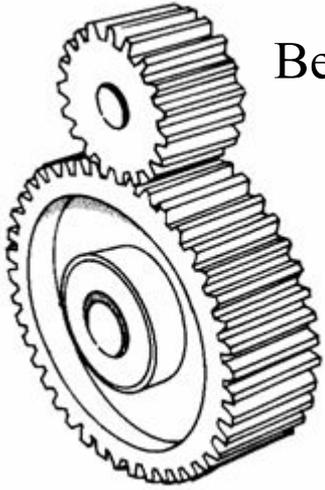
М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

**ПЕРЕДАЧИ ЗУБЧАТЫЕ
ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ**

ТЕРМИНЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

Издание официальное

Основные термины зубчатых передач



Ведущее колесо - **шестерня**

Ведомое колесо - **колесо**

Делительная окружность (d) - окружность, по которой обкатывается инструмент при нарезании. Окружная толщина зуба s равна ширине впадины e

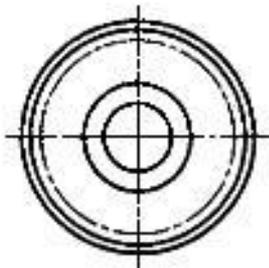
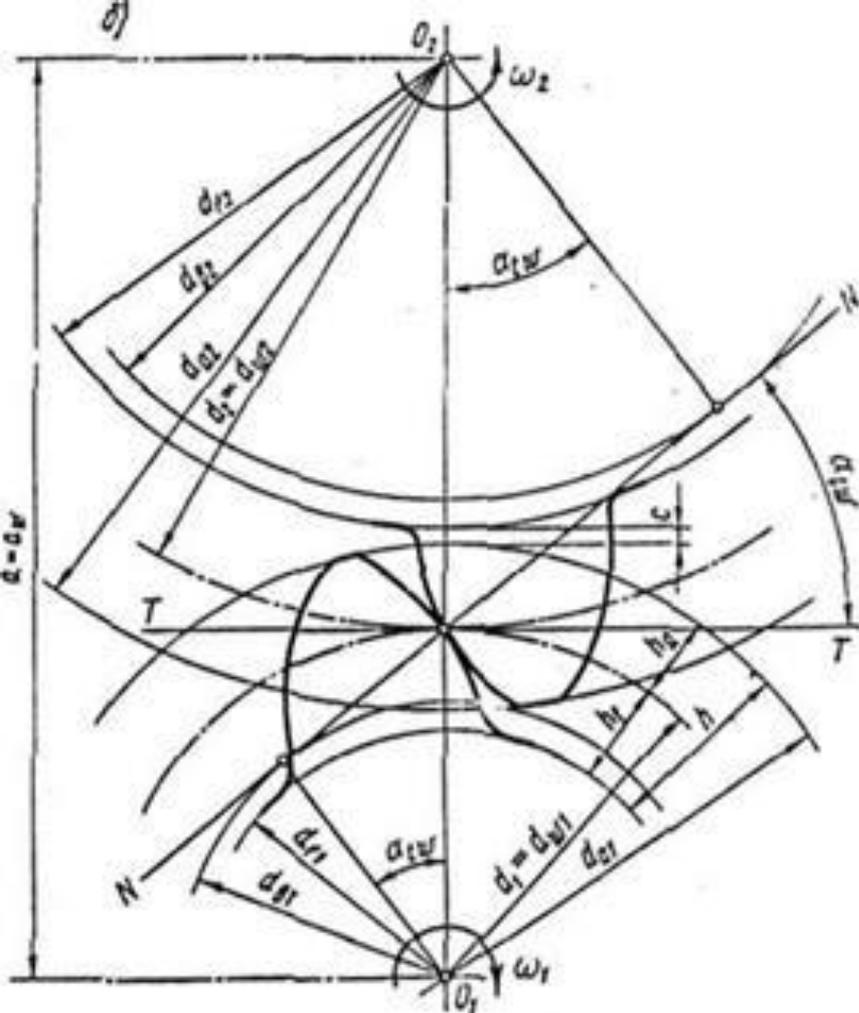
Модуль зацепления (m) - линейная величина в π раз меньшая окружного шага p

Начальная окружность (d_w) — каждая из взаимокасающихся окружностей зубчатых колес передачи, принадлежащая начальной поверхности данного зубчатого колеса. Являются сопряженными окружностями в зацеплении.

Основная (базовая) окружность (d_b) – окружность, по которой разворачивается эвольвента, очерчивающая профили зубьев.

Окружности вершин (d_a) и впадин (d_f) ограничивают вершины и впадины зубьев.

Линия зацепления - геометрическое место точек контакта зубьев в зацеплении. В эвольвентном зацеплении линия зацепления - прямая, нормальная к профилю зубьев в зацеплении и касательная к основным окружностям.



Угол зацепления ($\alpha_{t\omega}$) - угол между линией зацепления и перпендикуляром к линии центров.

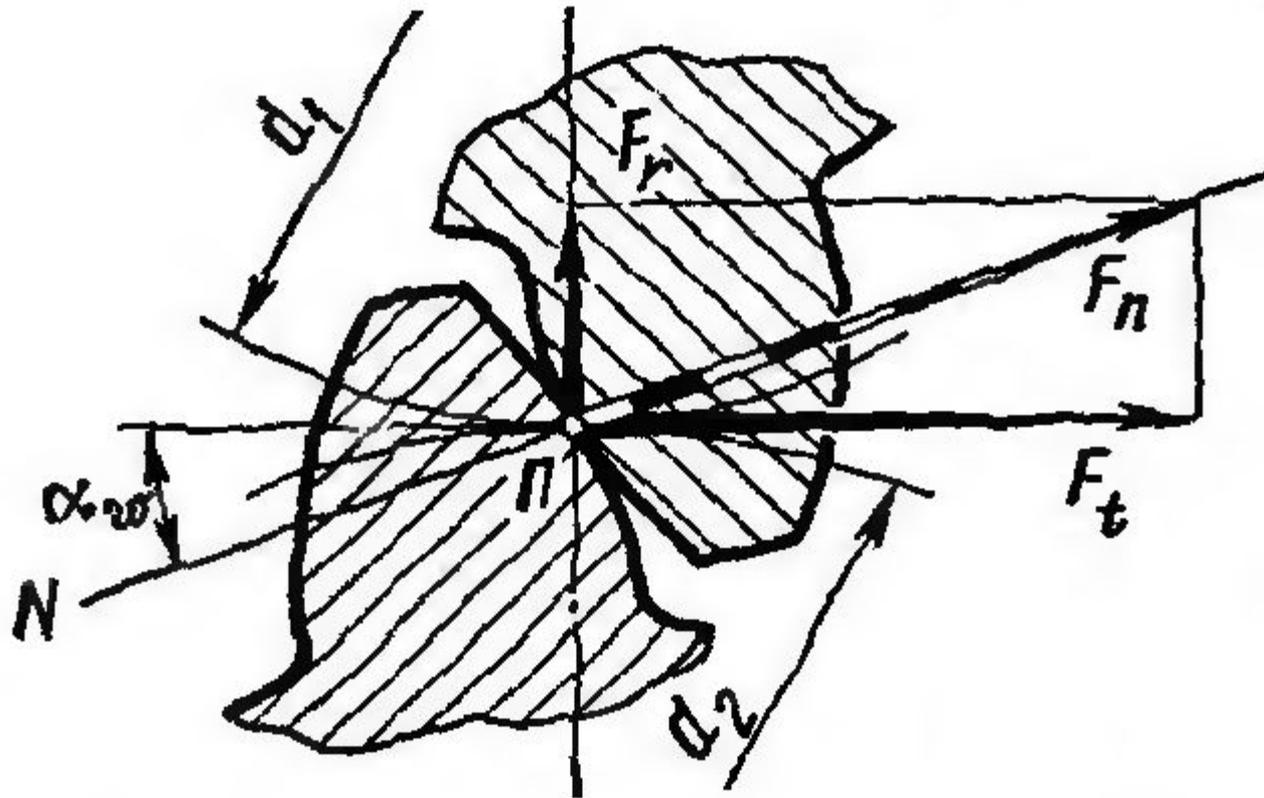
Головка зуба - его часть, расположенная между делительной окружностью цилиндрического зубчатого колеса и окружностью вершин зубьев

Ножка зуба - часть зуба, расположенная между делительной окружностью и окружностью впадин

Ширина венца (b) — наибольшее расстояние между торцами зубьев цилиндрического зубчатого колеса по линии, параллельной его оси.

Межосевое расстояние (a_{ω}) — расстояние между осями зубчатых колес передачи.

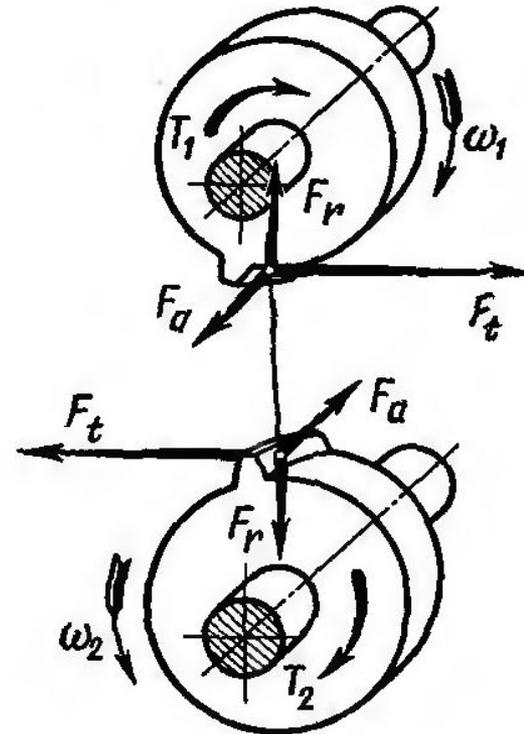
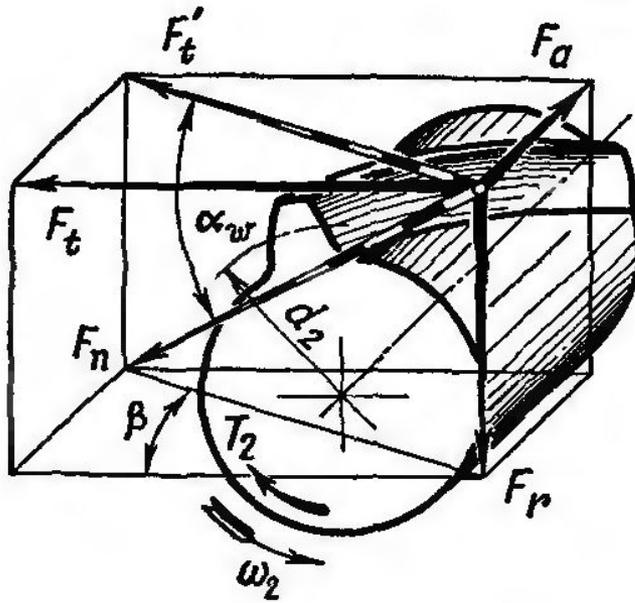
Силы в зубчатом зацеплении



$$F_t = \frac{2T_2}{d_2}$$

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

Силы в зубчатом зацеплении



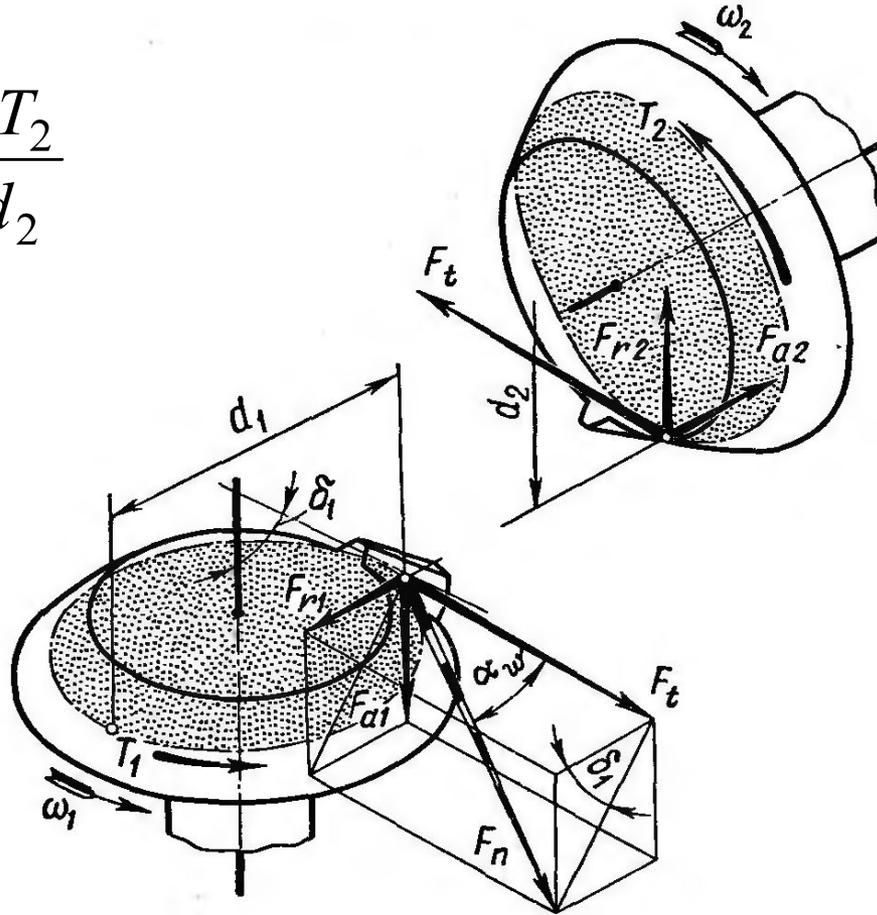
$$F_t = \frac{2T_2}{d_2}$$

$$F_a = F_t \cdot \operatorname{tg} \beta$$

$$F_r = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha_w / \cos \beta$$

Силы в зубчатом зацеплении

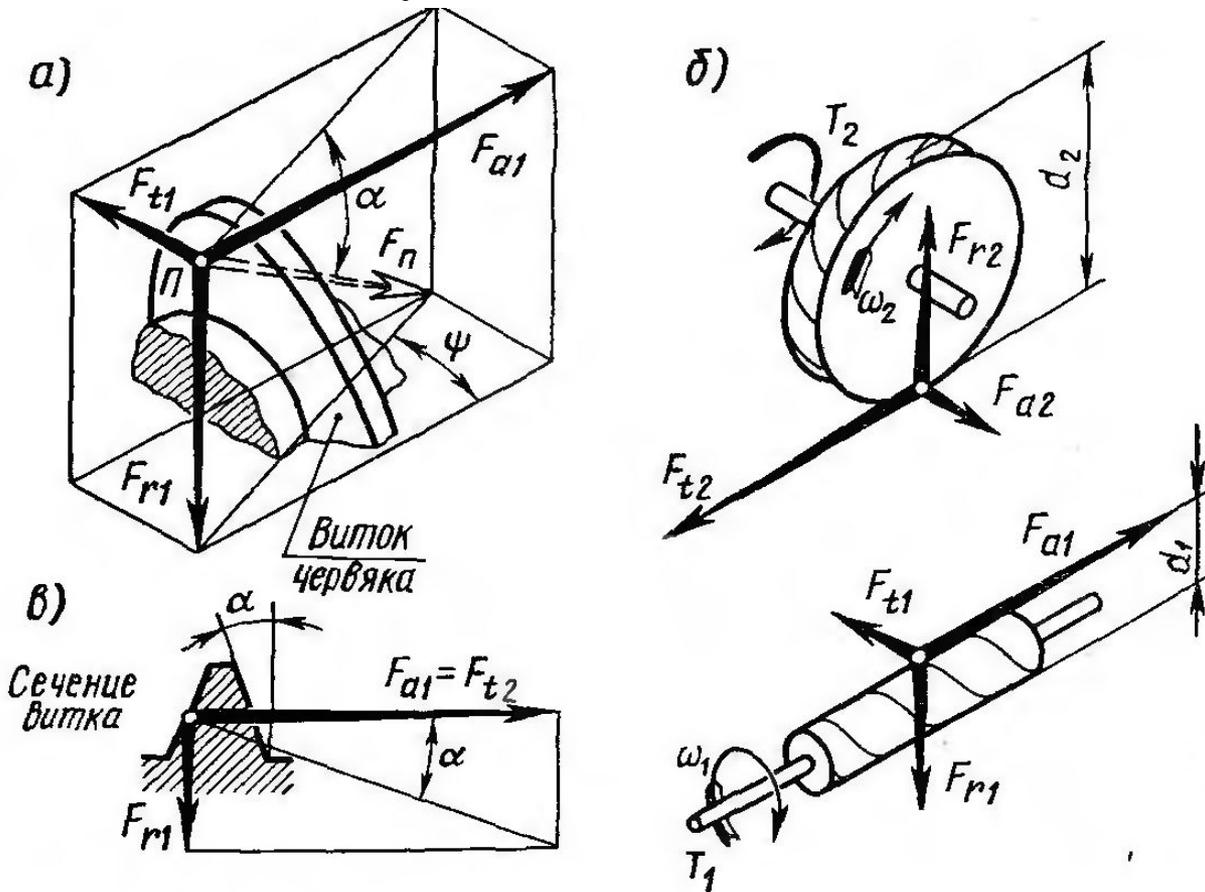
$$F_t = \frac{2T_2}{d_2}$$



$$F_{a1} = F_{r2} = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha_w \cdot \sin \delta_1$$

$$F_{a2} = F_{r1} = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha_w \cdot \cos \delta_1$$

Силы в зубчатом зацеплении



$$F_{t2} = F_{a1} = \frac{2T_2}{d_2}$$

$$F_{t1} = F_{a2} = \frac{2T_2}{u\eta d_1}$$

$$F_{r1} = F_{r2} = F_{t2} \operatorname{tg} \alpha_w$$

Материалы изготовления зубчатых колес

Сталь (преимущественно) – обеспечивает высокую несущую способность, малые габариты и высокую надежность при больших окружных скоростях.

Используется

- 1) сталь углеродистая обыкновенного качества марок Ст5, Ст6;
- 2) качественная сталь марок 35, 40, 45, 50, 55;
- 3) легированная сталь марок 12ХНЗА, 30ХГС, 40Х, 35Х, 40ХН, 50Г;
- 4) сталь 35Л, 45Л, 55Л;

Серый чугун рекомендуется применять для тихоходных, преимущественно крупных открытых передач или редко работающих, сменных колес. Обладает невысокой прочностью, низкой стоимостью, антифрикционными свойствами, хорошо лется и прирабатывается

Используется

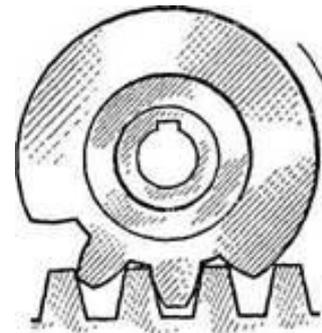
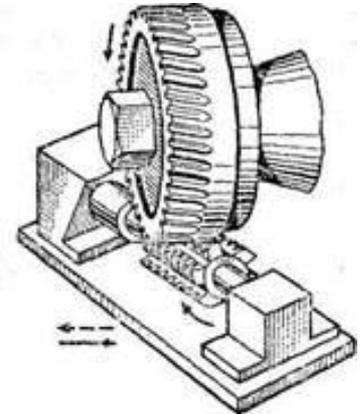
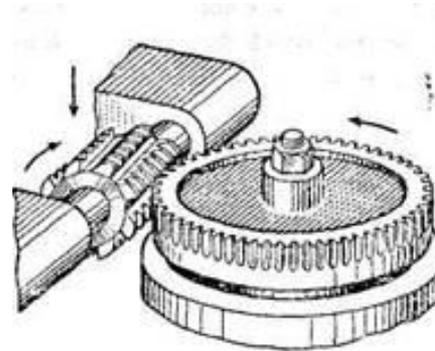
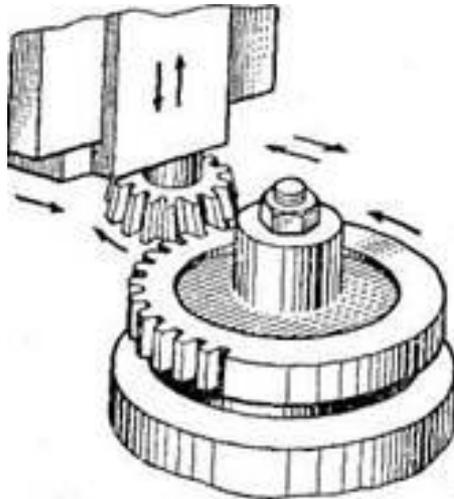
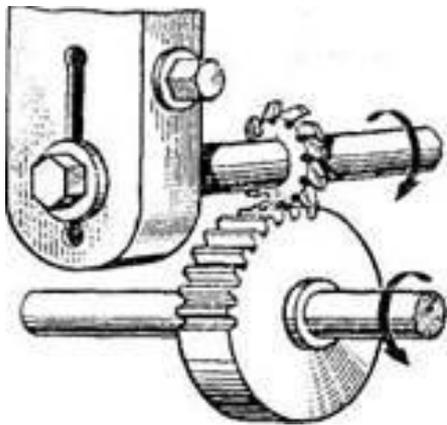
- 1) серый чугун марок СЧ10, СЧ15, СЧ20, СЧ25, СЧ30, СЧ40,
- 2) высококачественный чугун марок ВЧ50-2, ВЧ45-5

Неметаллические материалы (текстолит, капролон и др.) применяются в малонагруженных и кинематических передачах, обладают высокими антифрикционными свойствами, низкой стоимостью, пониженным уровнем шума, ненадежны.

Методы изготовления зубчатых колес

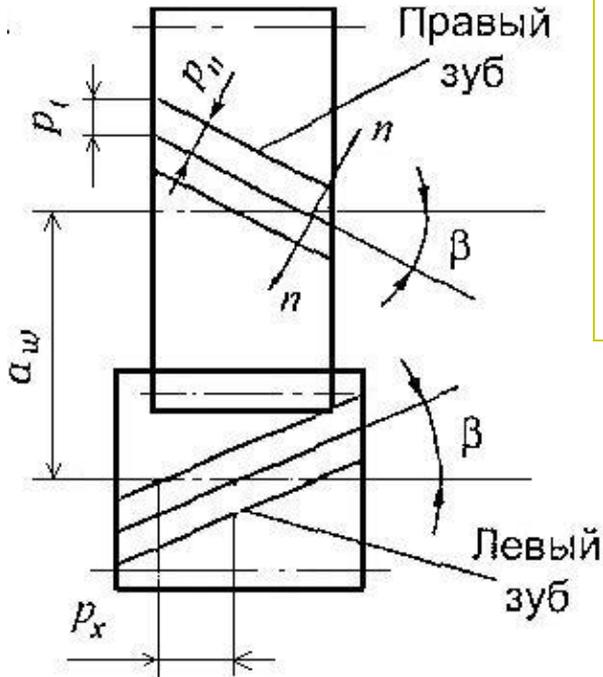
Способы изготовления зубчатых колес (обработки зубьев):

1. литье (без последующей механической обработки зубьев), применяют редко;
2. без снятия стружки (метод порошковой металлургии, горячая штамповка, горячее накатывание, холодная накатка);
3. накатка зубьев на заготовке (без последующей их обработки);
4. нарезание зубьев (зубья получаются в процессе механической обработки заготовки). **Наиболее частый метод**



Особенности косозубых передач

В контакт входят одновременно несколько зубьев



$$\beta = 7-20^\circ$$

P_n, m_n Определяются инструментов (из ряда прямозубых колес)

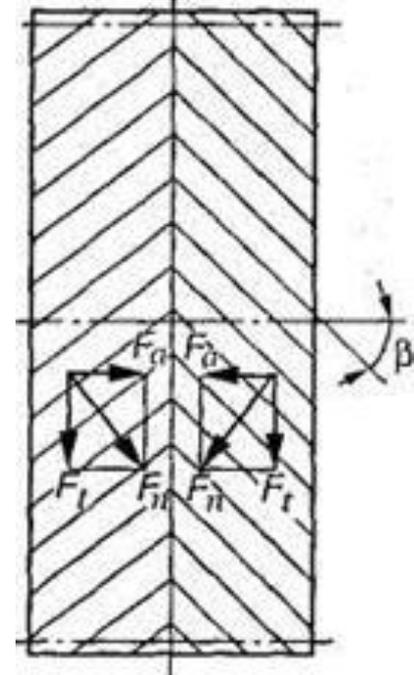
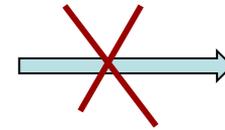
$$m_t = m_n \cos(\beta)$$

Достоинства:

- уменьшение шума при работе;
- высокая плавность зацепления;
- большая нагрузочная способность;
- значительно меньшие дополнительные динамические нагрузки.

Недостатки:

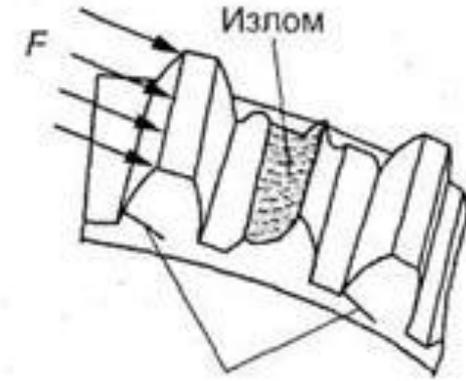
- осевые нагрузки на вал и опоры



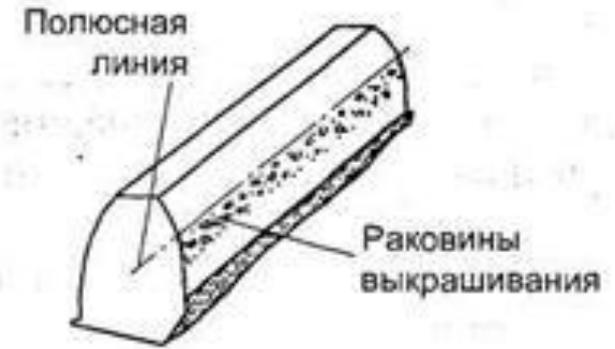
$$\beta = 25-40^\circ$$

Виды повреждений зубчатых колес

Поломка зубьев – повреждение, часто возникающее в основании зуба, является следствием усталостного нагружения или кратковременных перегрузок, сопровождается повреждением смежных узлов и деталей машин



Выкрашивание (питтинг) рабочих поверхностей зубьев – распространенный вид повреждения зубьев колес, является следствием переменных контактных нагрузок (продавливания зубьев в результате контакта). Смазочный материал является усугубляющим фактором выкрашивания.



Изнашивание (истирание) зубьев – наблюдается в передачах с плохой смазкой (открытых) и при попадании в смазку абразивных частиц. Приработка колес подразумевает изнашивание на начальном этапе.

Заедание зубьев – точечное схватывание (сварка) зубьев в условиях временного отсутствия смазки, возможно при высоких скоростях тяжело нагруженных передач

Пластическое деформирование поверхностного слоя зубьев – действие сил трения в тяжело нагруженных передачах при обедненной смазке

Алгоритм расчета при проектировании зубчатых передач

- Передаточное число
- Мощность

Материал зубчатых колес

$[\sigma_H]$ - Допускаемые контактные напряжения
 $[\sigma_F]$ - Допускаемые напряжения на изгиб

Межосевое расстояние, ширина венца, модуль зацепления

Число зубьев колес, уточненное передаточное отношение,
уточненное межосевое расстояние, угол зацепления

Проверочный расчет по контактным напряжениям и
напряжениям изгиба

Особенности червячных передач и передач винт-гайка разобрать самостоятельно по рекомендованной ранее литературе

