

Тема № 18. Механические передачи

Лекция № 36

Учебные вопросы:

- 18.1. Назначение, классификация и характеристики механических передач
- 18.2. Общая характеристика зубчатых передач.
- 18.3. Характеристики цилиндрических прямозубых колес. Способы нарезания зубьев.
- 18.4. Характер нагружения и виды разрушения зубчатых колес.

Литература для самостоятельной работы

- 1. Иванов М. Н. Детали машин. – М.: Высшая школа, 2000, стр.113...126.

18.1. Назначение, классификация и характеристики механических передач

Передачи предназначены для согласования режимов работы двигателей с режимами работы исполнительных органов рабочих машин.

В зависимости от вида передаваемой энергии передачи бывают **механические, электрические, пневматические, гидравлические и комбинированные.**

Механической передачей называется механизм, предназначенный для передачи механической энергии от источника к потребителю с одновременным преобразованием характеристик передаваемой энергии.

Механические передачи могут выполнять следующие функции:

- *изменять величину угловых скоростей и крутящих (вращающих) моментов;*
- *преобразовывать вид движения;*

- *изменять (реверсировать) направление движения:*
- *регулировать (плавно или ступенчато) скорость вращения:*
- *распределять энергию между несколькими потребителями.*

В зависимости от **принципа действия** передачи делят на две группы:

- 1) **передачи с зацеплением** (*зубчатые, цепные, винтовые, червячные*);
- 2) **передачи с использованием сил трения** (*фрикционные и ременные*).

В зависимости от **способа соединения** ведущего и ведомого звена можно выделить:

- а) **передачи с непосредственным контактом** тел вращения (*зубчатые, фрикционные, червячные*);
- б) **передачи с гибкой связью** (*ременные, цепные, канатные*).

В нашем курсе рассматриваются механические передачи **вращательного движения**, входные и выходные звенья которых называют **валами**.

• Основные характеристики механических передач

1. Мощности на входном N_1 и выходном N_2 валах.
2. Угловые скорости ω_1 ω_2
3. Коэффициент полезного действия передачи $\eta = \frac{N_2}{N_1}$;
4. Окружные (линейные) скорости $v_i = \omega_i \cdot r = \frac{\omega_i D}{2}$;
5. Окружная сила $P_t = \frac{N}{v} = \frac{2N}{\omega D} = \frac{2M_k}{D}$;
6. Крутящий (вращающий) момент $T = M_k = P \cdot \frac{D}{2} = \frac{N}{\omega}$;
7. Передаточное отношение $i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2}$; При $i > 1$ передача понижающая (**редуктор**), если $i < 1$ передача повышающая (**мультипликатор**). Передаточное отношение имеет знак.
8. Передаточное число $u = \frac{|\omega_1|}{|\omega_2|}$ (оно всегда больше единицы).

18.2. Общая характеристика зубчатых передач.

- Простейшая **зубчатая** передача состоит из двух колес с зубьями, которые расположены на валах и входят в зацепление друг с другом.

Меньшее зубчатое колесо называют **шестерней** (ее параметры имеют индекс **1**), большее – **колесом** (индекс **2**).

Достоинства зубчатых передач:

- высокая надежность работы в широком диапазоне нагрузок ($N \leq 10^7$ Вт) и скоростей ($v \leq 150 \div 200$ м/с);
- постоянство передаточного отношения;
- малые габариты, высокий КПД (до **0,99**);
- большой ресурс работы (до **36000** ч);
- сравнительно малые нагрузки на валы и подшипники,
- способность передавать энергию между валами, как угодно расположенными в пространстве,
- простота обслуживания.

Недостатки зубчатых передач:

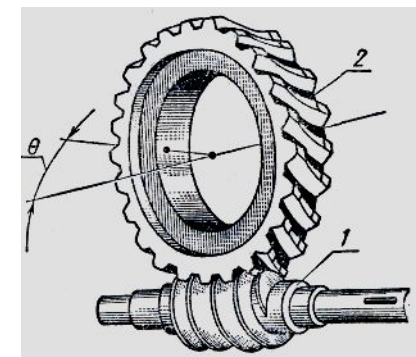
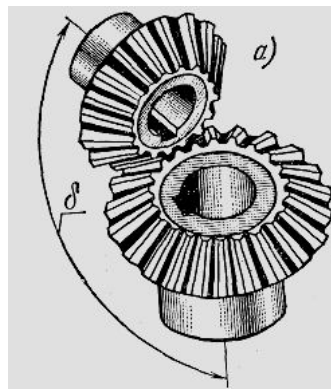
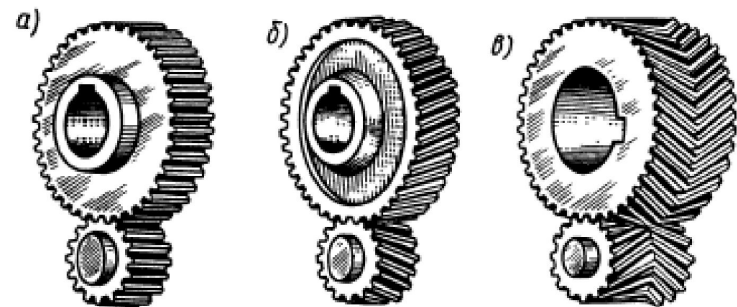
- относительно высокие требования к точности изготовления, монтажу и эксплуатации,
- шум при больших скоростях,
- высокая жесткость передачи не позволяет компенсировать динамические нагрузки.

Классификация зубчатых передач

с параллельными
осями

с пересекающимися
осями

с перекрещивающимися
осями



По расположению зубьев на ободе колеса различают передачи:

прямозубые, косозубые и с шевронными зубьями.

По форме профиля зубьев: *эвольвентные и круговые* (Новикова).

В зависимости от числа ступеней зубчатые передачи бывают **одно - и многоступенчатые.**

По величине окружной скорости:

- при*
- | | |
|-----------------------|----------------------|
| V до 0,5 м/с | - весьма тихоходные; |
| $V = 0,5...3,0$ м/с | - тихоходные; |
| $V = 3...15$, м/с | - среднескоростные; |
| $V = 15...40$ м/с | - высокоскоростные. |

- 6) Межосевое расстояние (межцентровое) - a ;
- 7) Высота зуба - h ;
- 8) Высота головки зуба - h_a ;
- 9) Высота ножки зуба - h_f ;
- 10) Линия зацепления (общая касательная к основным окружностям) - N-N;
- 15) Полюс зацепления (точка пересечения линии центров колес O_1O_2 с линией зацепления) - Π ;

Основным параметром зубчатого колеса является **модуль зацепления m** . Из определения шага следует

$$\pi d = pz \quad \text{или} \quad \frac{d}{z} = \frac{p}{\pi} = m$$

т. е *модулем зацепления m* называется часть диаметра делительной окружности, приходящаяся на один зуб. **Все параметры зубчатого колеса выражаются через модуль.**

$$d = d_w = mz;$$

$$d_a = d + 2m$$

$$d_f = d - 2,5m$$

$$a = 0,5 m (z_1 + z_2) \text{ или } a = 0,5(d_1 + d_2),$$

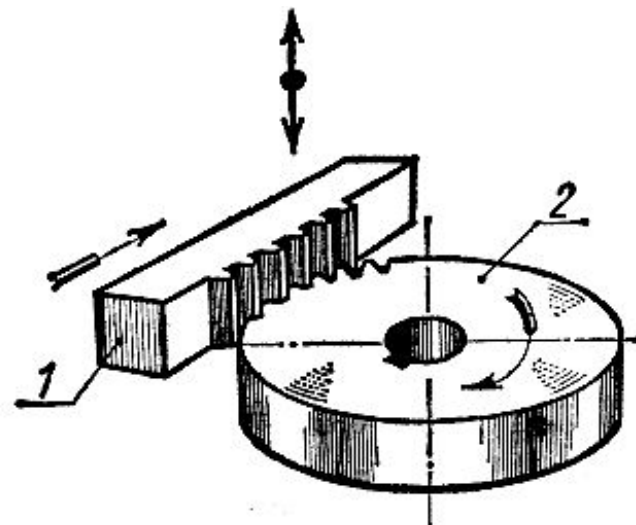
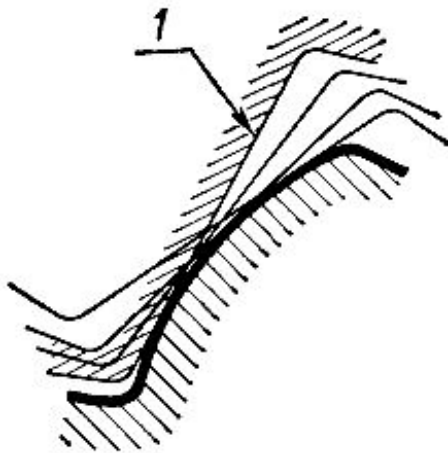
$$h = 2,25m,$$

$$h_a = m,$$

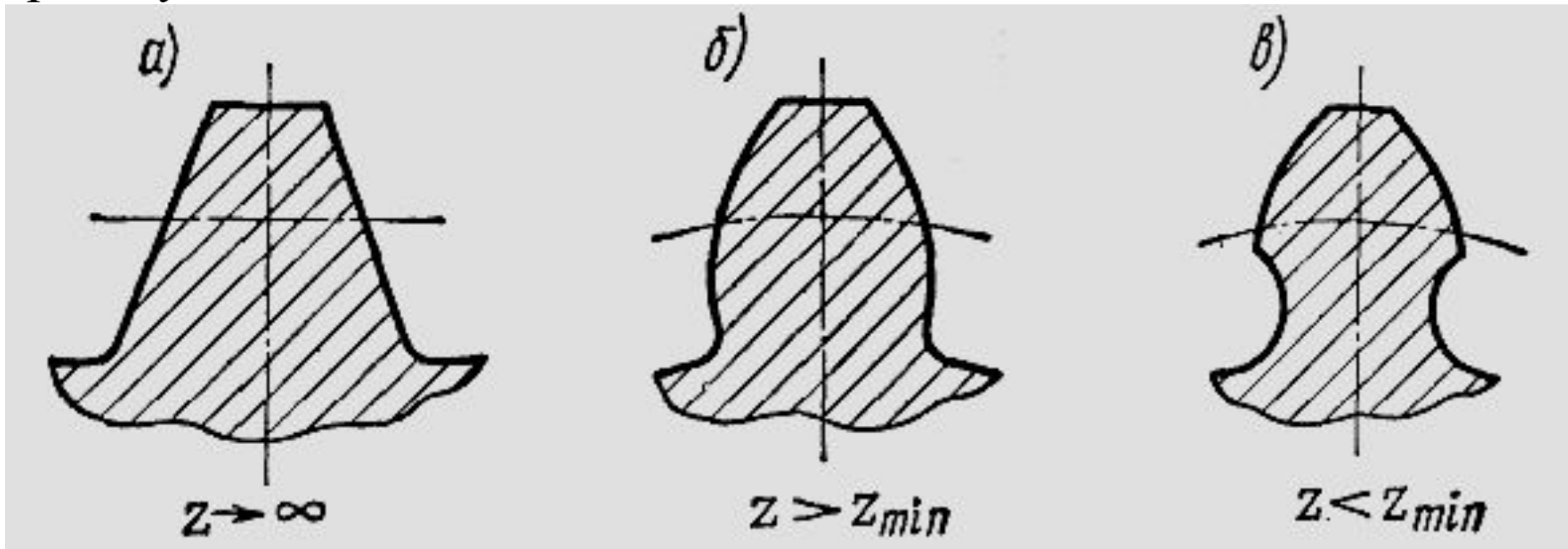
$$h_f = 1,25 m$$

Для обеспечения взаимозаменяемости зубчатых колес и унификации зуборезного инструмента значения m регламентированы ГОСТ 9563—60

Ряды	Модуль, мм
1-й	1; 1,25; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25
2-й	1,125; 1,375; 1,75; 2,25; 2,75; 3,5; 4,5; 5,5; 7; 9; 11; 14; 18; 22



Для уменьшения габаритов зубчатой передачи применяют колеса с малым числом зубьев. Изменение числа зубьев приводит к изменению формы зуба.



Можно доказать, что подрезание ножки зуба имеет место при $z < 17$.

18.4. Характер нагружения и виды разрушения зубчатых колес.

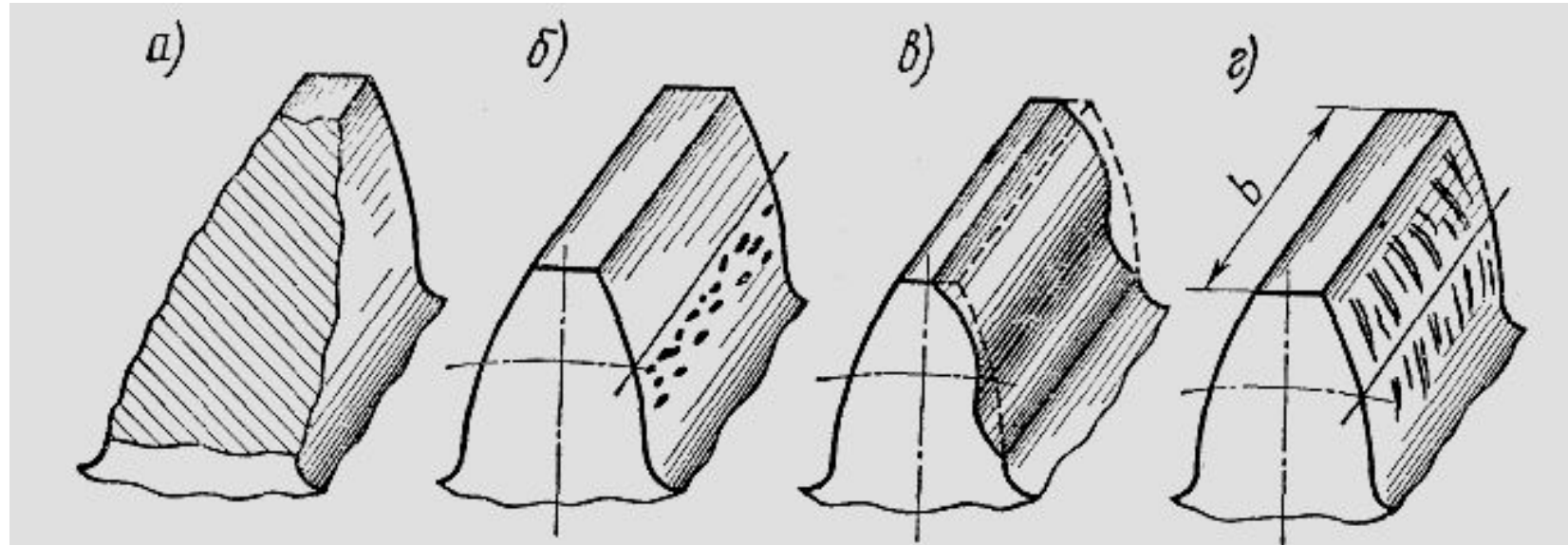
- В процессе работы зубчатой передачи на зубья действует нормальная сила F_n и сила трения скольжения $F_{тр}$. Под действием этих сил материал зубьев находится в сложном напряженном состоянии:
 - в поперечных сечениях зубьев действуют **напряжения изгиба**, которых принято обозначать σ_F ,
 - в месте контакта зубьев шестерни и колеса, в поверхностных слоях возникают **контактные напряжения** σ_H .

И изгибные, и контактные напряжения во времени меняются по прерывистому отнулевому (пульсирующему) циклу.

Переменные во времени напряжения являются причиной **усталостного** разрушения зубьев.

Напряжения изгиба вызывают **поломку** зубьев, контактные напряжения вызывают **усталостное выкрашивание** поверхностных слоев зубьев.

Скольжение и силы трения в зацеплении вызывают **изнашивание и заедание** зубьев.



Излом зубьев является следствием возникающих в зубьях повторно-переменных напряжений изгиба. Усталостные трещины образуются у основания зуба на той стороне, где от изгиба возникают наибольшие напряжения растяжения. . Прямые короткие зубья выламываются полностью, а длинные, особенно косые, обламываются по косому сечению.

Усталостное выкрашивание рабочих поверхностей зубьев является основным видом разрушения зубьев *закрытых передач*. Возникает вследствие действия повторно-переменных контактных напряжений. Процесс разрушения начинается на ножке зуба в околополюсной зоне, где развивается наибольшая сила трения, способствующая образованию микротрещин на поверхности зубьев. Развитие микротрещин приводит к выкрашиванию частиц поверхности, образованию вначале мелких ямок, переходящих далее в раковины.

Износ зубьев является основным видом разрушения зубьев *открытых передач*. По мере износа зуб утончается, ослабляется его ножка, увеличиваются зазоры в зацеплении, что в конечном итоге приводит к поломке зубьев.

- **Заедание зубьев** заключается в приваривании частиц одного зуба к другому вследствие местного повышения температур в зоне зацепления. Образовавшиеся наросты на зубьях задирают рабочие поверхности других зубьев, бороздя их в направлении скольжения.