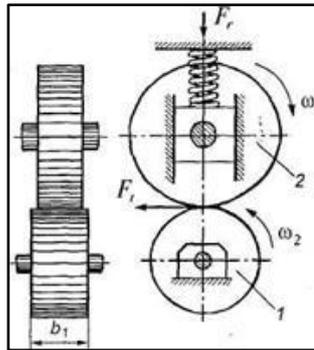


## ФРИКЦИОННЫЕ ПЕРЕДАЧИ И ВАРИАТОРЫ

### Фрикционные передачи

Фрикционная передача – механическая передача, служащая для передачи вращательного движения (или для преобразования вращательного движения в поступательное) между валами с помощью сил трения, возникающих между катками, цилиндрами или конусами, насаженными на валы и прижимаемыми один к другому.

Фрикционные передачи состоят из двух катков: ведущего 1 и ведомого 2, которые прижимаются один к другому силой  $F_r$  (на рисунке – пружиной), так что сила трения  $F_f$  в месте контакта катков достаточна для передаваемой окружной силы  $F_t$ .



Цилиндрическая фрикционная передача:

1 – ведущий каток;

2 – ведомый каток.

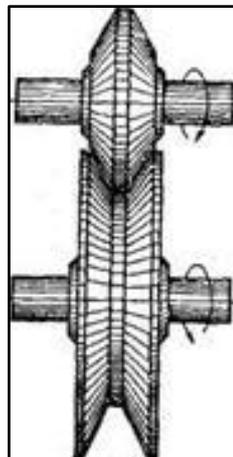
Условие работоспособности передачи:

$$F_f \geq F_t$$

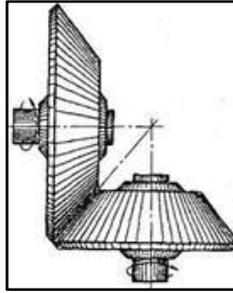
Фрикционные передачи классифицируют по следующим признакам:

#### 1. По назначению:

- с нерегулируемым передаточным числом;
- с бесступенчатым (плавным) регулированием передаточного числа (вариаторы).



Цилиндрическая фрикционная передача с катками клинчатой формы



Коническая фрикционная передача

**2. По взаимному расположению осей валов:**

- цилиндрические или конусные с параллельными осями;
- конические с пересекающимися осями.

**3. В зависимости от условий работы:**

- открытые (работают всухую);
- закрытые (работают в масляной ванне).

**4. По принципу действия:**

- нереверсивные;
- реверсивные.

**5. Различают передачи с постоянным или автоматическим регулируемым прижатием катков, с промежуточным (паразитным) фрикционным элементом или без него.**

**Достоинства фрикционных передач:**

- простота конструкции и обслуживания;
- плавность передачи движения и регулирования скорости и бесшумность работы;
- большие кинематические возможности (преобразование вращательного движения в поступательное, бесступенчатое изменение скорости, возможность реверсирования на ходу, включение и выключение передачи на ходу без остановки);
- передача обладает предохранительными свойствами.

**Недостатки фрикционных передач:**

- непостоянство передаточного числа из-за проскальзывания;
- незначительная передаваемая мощность (открытые передачи – до 10-20 кВт; закрытые – до 200-300 кВт);
- для открытых передач низкий КПД;
- большое и неравномерное изнашивание катков при буксовании;
- необходимость применения опор валов специальной конструкции с прижимными устройствами (это делает передачу громоздкой);

- для силовых открытых передач незначительная окружная скорость ( $v \leq 7-10$  м/с);

- большие нагрузки на валы и подшипники от прижимной силы  $F_t$ , что увеличивает их размеры и делает передачу громоздкой. Этот недостаток ограничивает величину передаваемой мощности;

- большие потери на трение.

### **Применение**

Фрикционные передачи с нерегулируемым передаточным числом в машиностроении применяются сравнительно редко, например, во фрикционных прессах, молотах, лебедках, буровой технике).

Эти передачи применяются преимущественно в приборах, где требуется плавность и бесшумность работы (магнитофоны, проигрыватели, спидометры). Они уступают зубчатым передачам в несущей способности.

Зато фрикционные передачи с бесступенчатым регулированием скорости – вариаторы – широко применяются в различных машинах, например, в металлорежущих станках, в текстильных и транспортирующих машинах. Зубчатые передачи не позволяют такого регулирования.

На практике широко применяют реверсивные фрикционные передачи винтовых прессов, передачи колесо – рельс и колесо – дорожное полотно самоходного транспорта.

Фрикционные передачи предназначены для мощностей, не превышающих 20 кВт, окружная скорость катков допускается до 25 м/с.

### **Геометрические параметры, кинематические и силовые соотношения во фрикционных передачах**

#### **Основные геометрические параметры фрикционной передачи:**

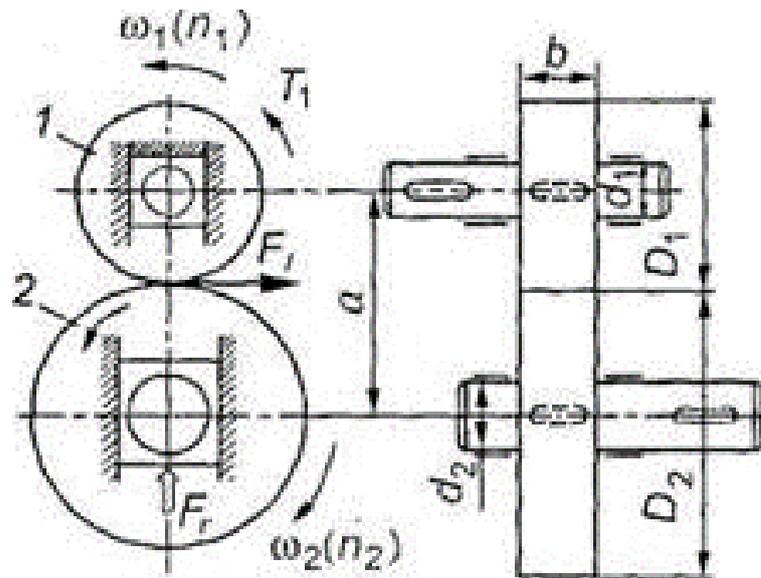
$D_1$  и  $D_2$  – диаметры ведущего и ведомого катков;

$a$  – межосевое расстояние;

$b$  – ширина катка;

$d_1$  и  $d_2$  – диаметры валов ведущего и ведомого катков.

Методика определения диаметров катков  $D_1$ ,  $D_2$  и их ширины, как относящихся к параметрам фрикционной передачи, рассмотрена в настоящей главе.



Геометрические параметры фрикционных передач

Передаточное число.

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{D_2}{D_1} = u,$$

где  $u$  – передаточное число.

Передаточное отношение фрикционной передачи с учетом скольжения

$$i_{1-2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{D_2}{D_1(1-\varepsilon)} \approx \frac{D_2}{D_1} \approx u,$$

передаточное отношение без учета скольжения

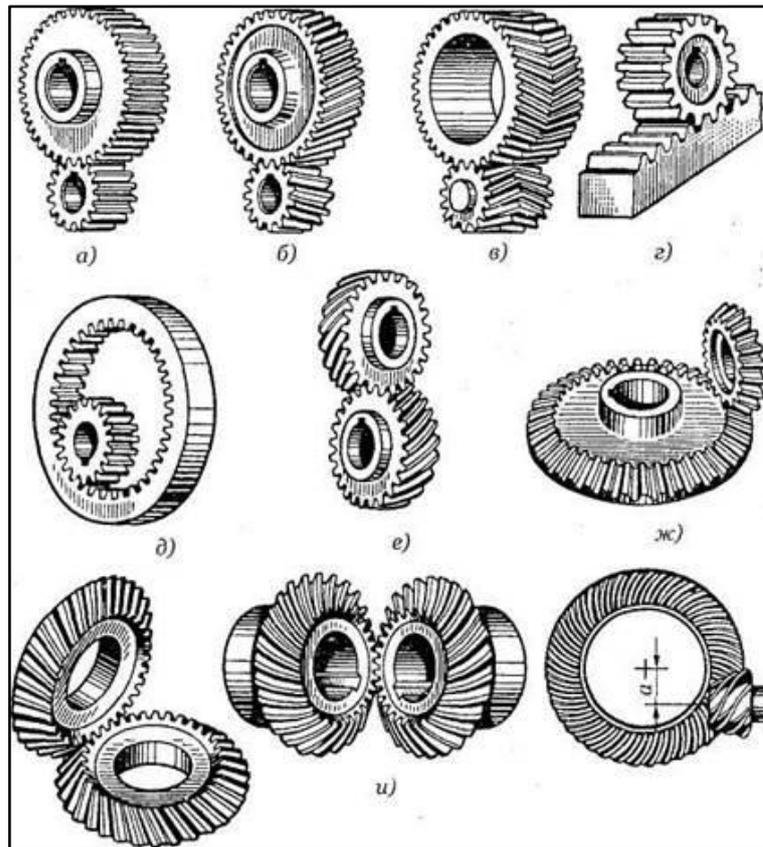
$$u = \frac{\omega_1}{\omega_2} \approx \frac{d_2}{d_1} = \operatorname{ctg} \delta_1 = \operatorname{tg} \delta_2.$$

### Зубчатые передачи

Механизм, в котором два подвижных звена являются зубчатыми колесами, образующими с неподвижным звеном вращательную или поступательную пару, называют **зубчатой передачей**.

Меньшее из колес передачи принято называть **шестерней**, а большее – **колесом**, звено зубчатой передачи, совершающее прямолинейное движение, называют зубчатой рейкой.

Термин «зубчатое колесо» является общим. При одинаковых размерах колес шестерней называют ведущее зубчатое колесо. Параметры шестерни сопровождаются индексом «1», а колеса – «2».



### Виды зубчатых передач:

- а, б, в – цилиндрические зубчатые передачи с внешним зацеплением;
- г – реечная передача;
- д – цилиндрическая передача с внутренним зацеплением;
- е – зубчатая винтовая передача;
- ж, з, и – конические зубчатые передачи;
- к – гипоидная передача.

В большинстве случаев **зубчатая передача служит для передачи вращательного движения**. В некоторых механизмах эту передачу применяют для преобразования вращательного движения в поступательное.

Зубчатые передачи – наиболее распространенный тип передач в современном машиностроении и приборостроении. Их применяют для передачи мощностей от долей (механизм кварцевых наручных часов) до десятков тысяч киловатт (крупные шаровые мельницы, дробилки, обжиговые печи) при окружных скоростях до 150 м/с и передаточных числах до нескольких сотен и даже тысяч, с диаметром колес от долей миллиметра до 6 м и более. Диаметры колес судовых установок, например, в передачах на гребной винт достигают 6 м.

## **Достоинства и недостатки зубчатых передач**

### **Основные достоинства зубчатых передач:**

- технологичность, постоянство передаточного числа;
- высокая нагрузочная способность (до  $N=50000$  кВт);
- высокий КПД (до 0,97-0,99 для одной пары колес);
- малые габаритные размеры по сравнению с другими видами передач при равных условиях;
- большая надежность в работе, простота обслуживания;
- сравнительно малые нагрузки на валы и опоры.

### **Недостатки зубчатых передач:**

- невозможность бесступенчатого изменения передаточного числа;
- высокие требования к точности изготовления и монтажа;
- шум при больших скоростях; плохие амортизирующие свойства;
- громоздкость при больших расстояниях между осями ведущего и ведомого валов;
- потребность в специальном оборудовании и инструменте для нарезания зубьев;
- высокая жесткость, не позволяющая компенсировать динамические нагрузки;
- нерациональное использование зубьев – в работе передачи одновременно участвуют обычно не более двух зубьев каждого из зацепляющихся колёс;
- зубчатая передача не предохраняет машину от возможных опасных перегрузок.

### **Классификация зубчатых передач**

Зубчатые передачи и колеса классифицируют по следующим признакам:

- по взаимному расположению осей колес: с параллельными осями (цилиндрические, см. рис. 1, а–д), с пересекающимися осями (конические), со скрещивающимися осями (винтовые, е, гипоидные,), с преобразованием движения (реечные);
- по расположению зубьев относительно образующих колес: прямозубые (продольная ось зуба параллельна образующей поверхности колес); косозубые (продольная ось зуба направлена под углом к образующей поверхности колес); шевронные (зуб выполнен в форме двух косозубых колес со встречным наклоном осей зубьев); с круговым зубом (ось зуба выполнена по окружности относительно образующей поверхности колеса);
- по направлению косые зубья бывают правые и левые;
- шевронные колеса по виду шеврона бывают с непрерывным шевроном и имеющие между полушевронами канавку для выхода режущего инструмента;

- по конструктивному оформлению: открытые (бескорпусные) и закрытые (корпусные);

- по окружной скорости: тихоходные (до 3 м/с), для средних скоростей (3–15 м/с), быстроходные (св. 15 м/с);

- по числу ступеней: одно- и многоступенчатые;

- по расположению зубьев в передаче и колесах: внешнее (зубья направлены своими вершинами от оси вращения колеса), внутреннее (зубья одного из зацепляющихся колес направлены своими вершинами к оси вращения колеса) и реечное зацепление (одно из колес заменено прямолинейной зубчатой рейкой);

- по форме профиля зуба: эвольвентные – рабочий профиль зуба очерчен по эвольвенте круга (линия описываемая точкой прямой, катящейся без скольжения по окружности); циклоидальные – рабочий профиль зуба очерчен по круговой циклоиде (линия описываемая точкой окружности, катящейся без скольжения по другой окружности); цевочное (разновидность циклоидального) – зубья одного из колес, входящих в зацепление, заменены цилиндрическими пальцами – цевками; с круговым профилем зуба (зацепление Новикова) – рабочие профили зубьев образованы дугами окружности практически одинаковых радиусов;

- по относительной подвижности геометрических осей зубчатых колес: с неподвижными осями колес – рядовые передачи; с подвижными осями некоторых колес – планетарные передачи;

- по жесткости зубчатого венца колес, входящих в зацепление: с колесами неизменяемой формы (с жестким венцом); включающая колеса с венцом изменяющейся формы (гибким);

- по величине передаточного числа: с передаточным числом  $u \geq 1$  – редуцирующие (редукторы – большинство зубчатых передач); с передаточным числом  $u < 1$  – мультиплицирующие (мультипликаторы). Реализуемое передаточное число может быть постоянным и ступенчато-регулируемым осевым перемещением колес по валу (в коробках скоростей);

- по точности зацепления. Стандартом предусмотрено 12 степеней точности. Практически передачи общего машиностроения изготавливают от шестой до десятой степени точности. Передачи, изготовленные по шестой степени точности, используют для наиболее ответственных случаев;

- по назначению различают: силовые передачи, предназначенные для передачи мощности; кинематические передачи, то есть передачи, не передающие значительной мощности, а выполняющие чисто кинематические функции.

Из перечисленных выше зубчатых передач наибольшее распространение получили цилиндрические прямозубые и косозубые передачи, как наиболее простые в изготовлении и эксплуатации.

Наиболее широкое применение находят редуцирующие зубчатые передачи вращательного движения, в том числе и в многоцелевых гусеничных и колесных машинах (коробки передач, бортовые редукторы, приводы различных устройств).

Преимущественное распространение получили передачи с зубьями эвольвентного профиля, которые изготавливаются массовым методом обкатки на зубофрезерных или зубодолбежных станках. Достоинство эвольвентного зацепления состоит в том, что оно мало чувствительно к колебанию межцентрового расстояния.

Прямозубые колёса (около 70%) применяют при невысоких и средних скоростях, когда динамические нагрузки от неточности изготовления невелики, в планетарных, открытых передачах, а также при необходимости осевого перемещения колёс.

Косозубые колёса (более 30%) имеют большую плавность хода и применяются для ответственных механизмов при средних и высоких скоростях.

Шевронные колёса имеют достоинства косозубых колёс плюс уравновешенные осевые силы и используются в высоконагруженных передачах.

Конические передачи применяют только в тех случаях, когда это необходимо по условиям компоновки машины; винтовые – лишь в специальных случаях.

Колёса внутреннего зацепления вращаются в одинаковых направлениях и применяются обычно в планетарных передачах.