

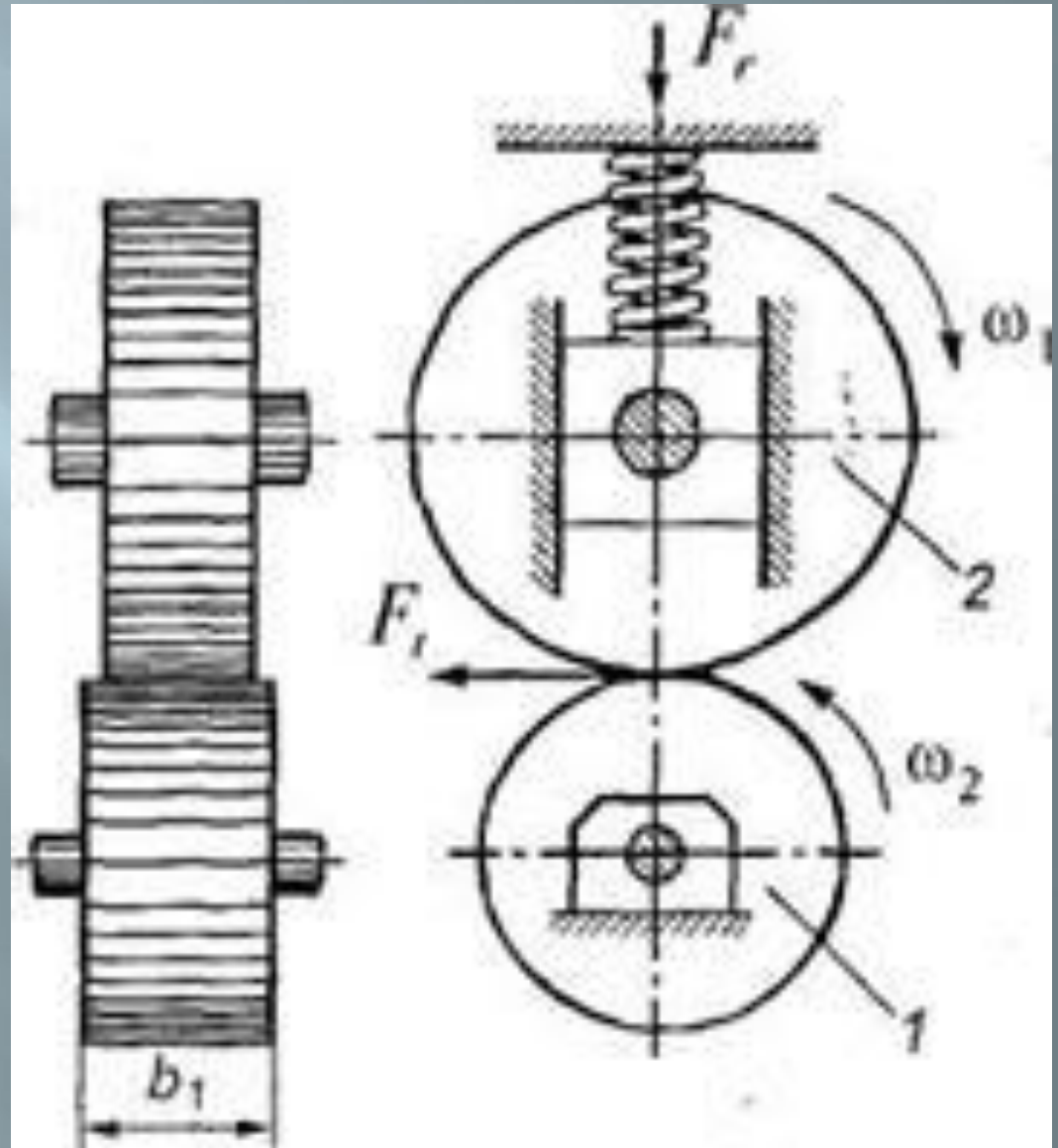
# ФРИКЦИОННЫЕ ПЕРЕДАЧИ.

## Цель:

- изучить устройство и материалы фрикционных передач
- критерии работоспособности
- практическое применение фрикционных передач
- порядок расчета

- Фрикционная передача — механическая передача, служащая для передачи вращательного движения (или для преобразования вращательного движения в поступательное) с помощью сил трения, возникающих между катками, цилиндрами или конусами, 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 в месте контакта катков достаточна для передаваемой окружной силы  $F_t$ .



## Условие работоспособности передачи:



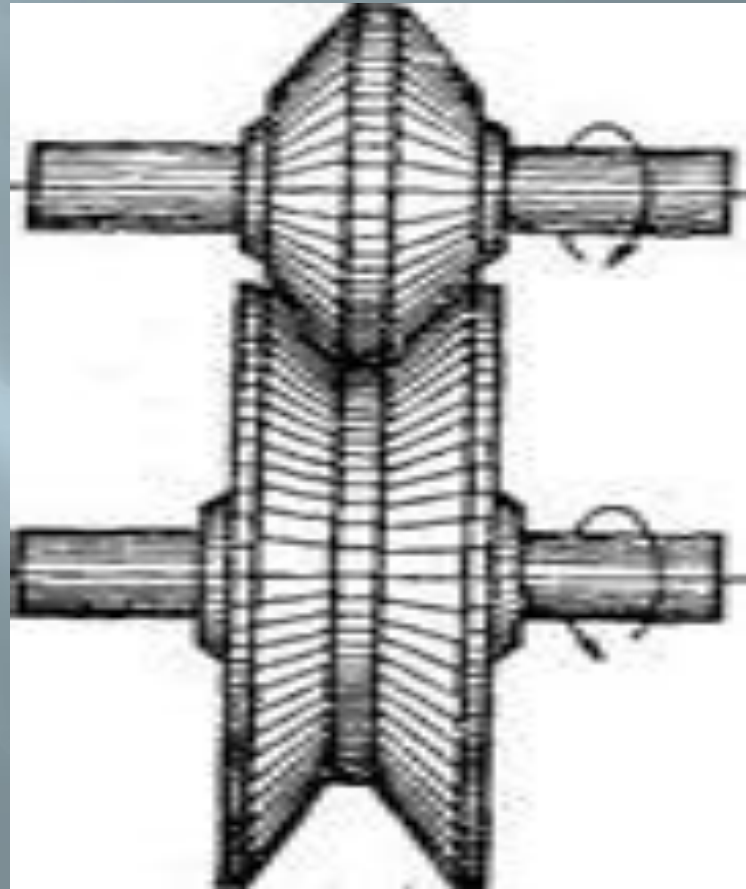
- Нарушение условия приводит к буксованию и быстрому износу катков. Для того чтобы передать заданное окружное усилие  $F_t$ , фрикционные катки надо прижать друг к другу усилием  $F_r$  так, чтобы возникающая при этом сила трения была бы больше силы  $F_t$  на величину коэффициента запаса сцепления, который принимают равным  $\mu = 1,25 \dots 2,0$ .

Значения коэффициента трения между катками в среднем:

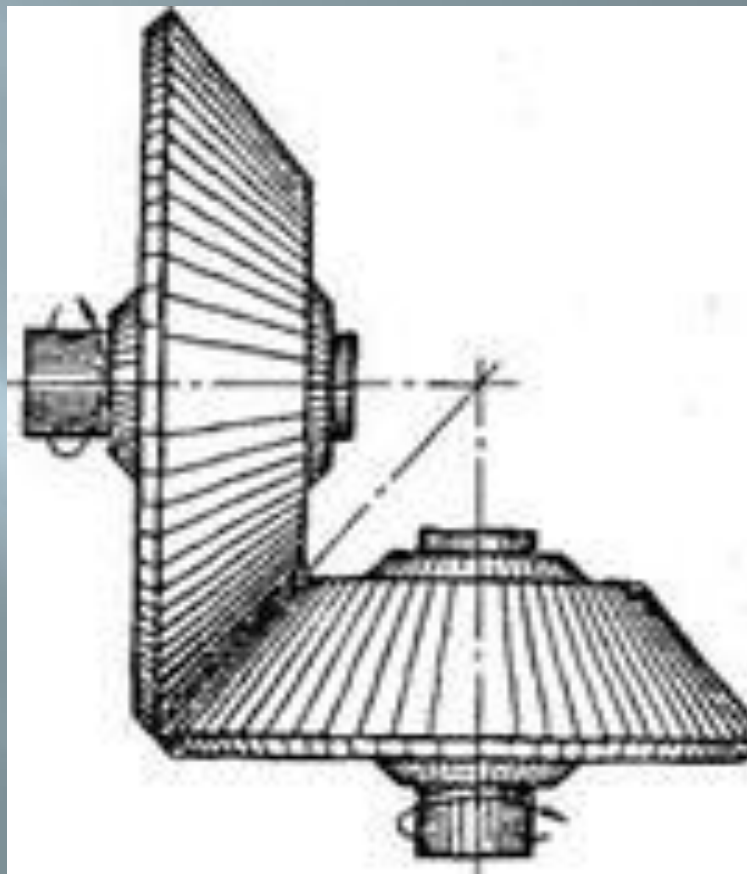
- сталь или чугун по коже или насухо  $f = 0,3$ ;
- то же в масле  $f = 0,1$ ;
- сталь или чугун по стали или чугуно насухо  $f = 0,15$ ;
- то же в масле  $f = 0,07$ .

Подставив эти значения в уравнение, можно убедиться в том, что усилие прижатия фрикционных катков во много раз превышает передаваемое окружное усилие.

Цилиндрическая  
фрикционная  
передача с  
катками  
клинчатой  
формы



# Коническая фрикционная передача



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).

В открытых фрикционных передачах коэффициент трения выше, прижимное усилие катков  $F_n$  меньше. В закрытых фрикционных передачах масляная ванна обеспечивает хороший отвод тепла, делает скольжение менее опасным, увеличивает долговечность передачи.



4. По принципу действия:  
- нереверсивные ;  
( показаны на предыдущих  
слайдах) а также

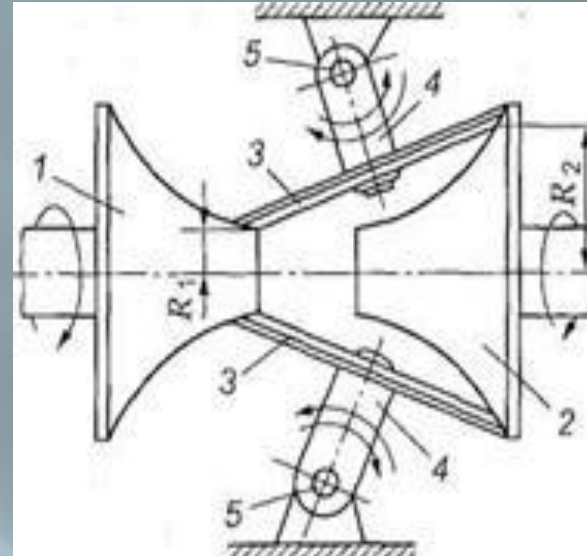
**Рис.1. Торový вариатор:**

**1 — ведущая торовая  
чашка;**

**2 — ведомая торовая  
чашка; 3 — диск;**

**4 — оси дисков;**

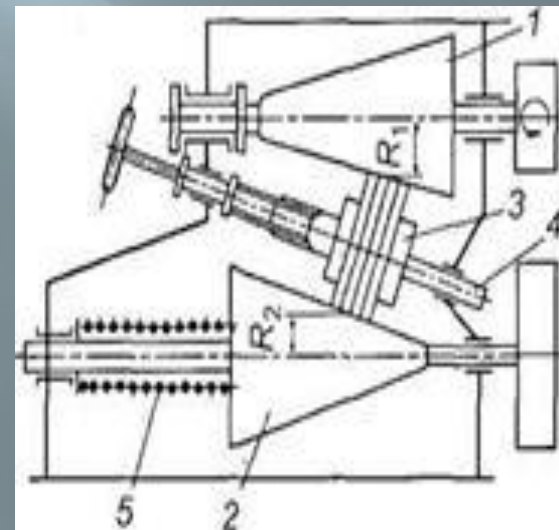
**5 — шарниры осей**



**Рис.2. Конусный  
вариатор: 1 — ведущий  
каток: 2 — ведомый каток:**

**3 — промежуточный  
диск: 4 — ось диска; 5 —**

**пружина**



## *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, включение и выключение передачи на ходу без остановки);
- - за счет возможностей пробуксовки передача обладает предохранительными свойствами. Однако после пробуксовки передача неравномерно срабатываются фрикционные поверхности и т.д. Поэтому использовать пробуксовку как предохранительное средство не рекомендуется
- - равномерность вращения, что удобно для приборов;

## Недостатки:

- ▣ - непостоянство передаточного числа из-за проскальзывания;
- ▣ - незначительная передаваемая мощность (открытые передачи - до 10-20 кВт; закрытые - до 200-300 кВт);
- ▣ - для открытых передач сравнительно 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 ( 7 - 10 м/с);
- ▣ - Большие нагрузки на валы и подшипники. 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, лебедках, буровой технике и т.п.). Они громоздки. Эти передачи применяются преимущественно в приборах, где требуется плавность и бесшумность работы (магнитофоны, проигрыватели, спидометры и т. п.). 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 и т. д. 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

# Материалы катков фрикционных передач.

- ▣ **Передачи с металлическими рабочими поверхностями катков** (могут работать в масле или всухую, а с неметаллическими – только всухую)
  - ▣ 1. Для быстроходных закрытых силовых передач – закаленная сталь по закаленной стали (стали ШХ15, 40ХН, 18ХГТ и др.). Такое сочетание обеспечивает наибольшую компактность передачи, но требует более точного изготовления и малых параметров шероховатости поверхностей.
  - ▣ 2. Для открытых тихоходных силовых передач – чугун по чугуну (СЧ15; СЧ20; СЧ25 и др.) или чугун по стали. Чаще применяют чугун по стали, что обеспечивает меньший шум при работе передачи.
  - ▣ 3. Для малонагруженных открытых передач, не требующих большой долговечности, – текстолит, гетинакс или фибра по стали или по чугуну.

# Неметаллические материалы .

- Для передачи незначительных вращательных моментов — кожа, резина, прорезиненная ткань, ферродо, пластмасса по стали или чугуна. Один из катков изготавливают из стали или чугуна (чаще ведомый), а второй покрывают одним из перечисленных неметаллических материалов (рис.4, а, б, г).
- Разработаны специальные фрикционные пластмассы с асбестовым и целлюлозным наполнителем, коэффициент трения которых достигает 0,5.
- Более надёжны передачи, у которых ведущий каток твёрже, чем ведомый, т.к. тогда при пробуксовке не образуются лыски (вмятины).
- Применяются обрешиненные катки, однако их коэффициент трения падает с ростом влажности воздуха.

# Геометрические параметры

- ▣  $D_1$  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 (рис.5). Методика определения диаметров катков  $D_1$ ,  $D_2$  и их ширины, как относящихся к параметрам фрикционной передачи, рассмотрена в настоящей главе. Диаметры валов  $d_1$  и  $d_2$  рассчитывают по известным формулам курса «Сопротивление материалов».



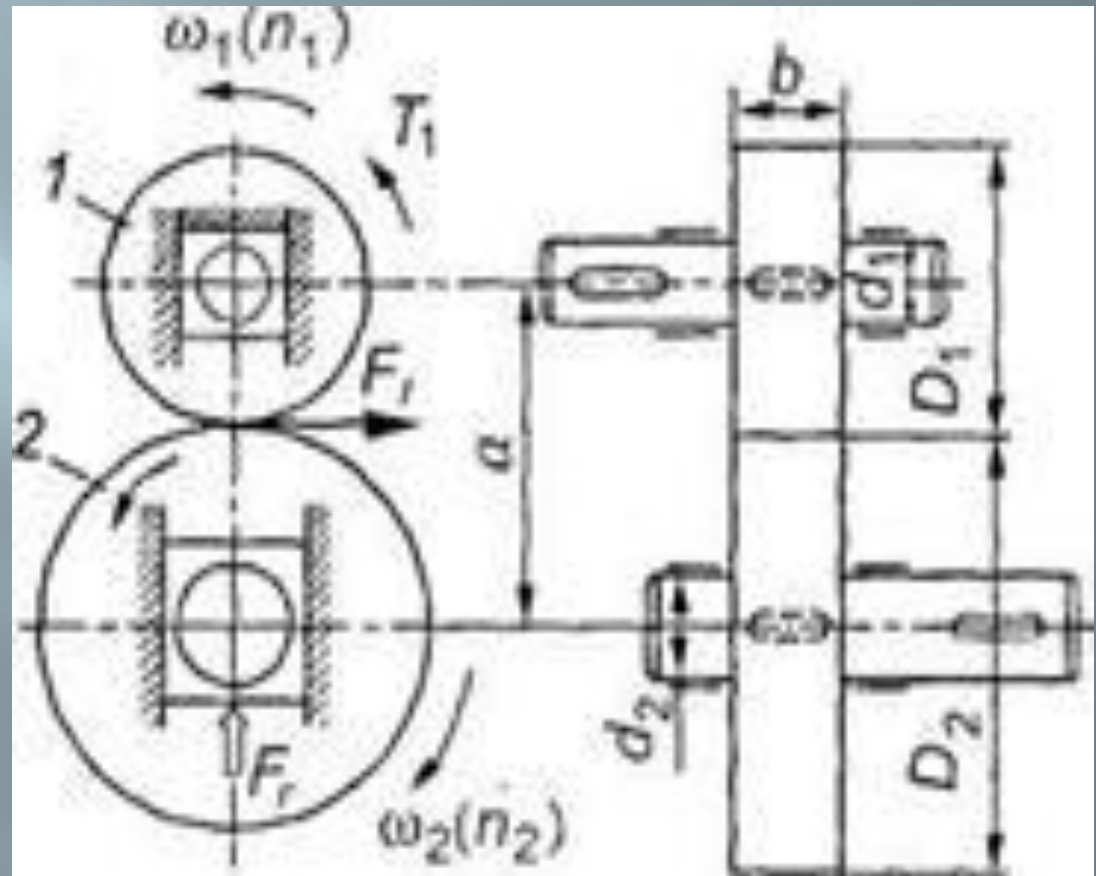
## Геометрические параметры

$D_1$  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 (рис.5). Методика определения диаметров катков  $D_1$ ,  $D_2$  и их ширины, как относящихся к параметрам фрикционной передачи, рассмотрена в настоящей главе.





# Передаточное число.

- Если допустить, что во фрикционной передаче скольжение отсутствует, то окружные скорости катков будут равны, т. е. . Для передачи, показанной на рис.1:

- Приравняв правые части равенств, получим  $\frac{\omega_1 r_1}{\omega_2 r_2} = 1$  или  $\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1}$ . Отсюда

- $i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1}$ ,
- где  $i$  – передаточное число.

- В действительности скольжение между катками есть, т. е. . Величина скольжения оценивается коэффициентом скольжения  $\mu$ ;  $\mu = 0,005 \div 0,03$  (здесь  $\omega_0$  – теоретическая угловая скорость).

- Передаточное отношение фрикционной передачи с учетом скольжения  $i_{\text{фр}} = \frac{r_2}{r_1} (1 - \mu)$

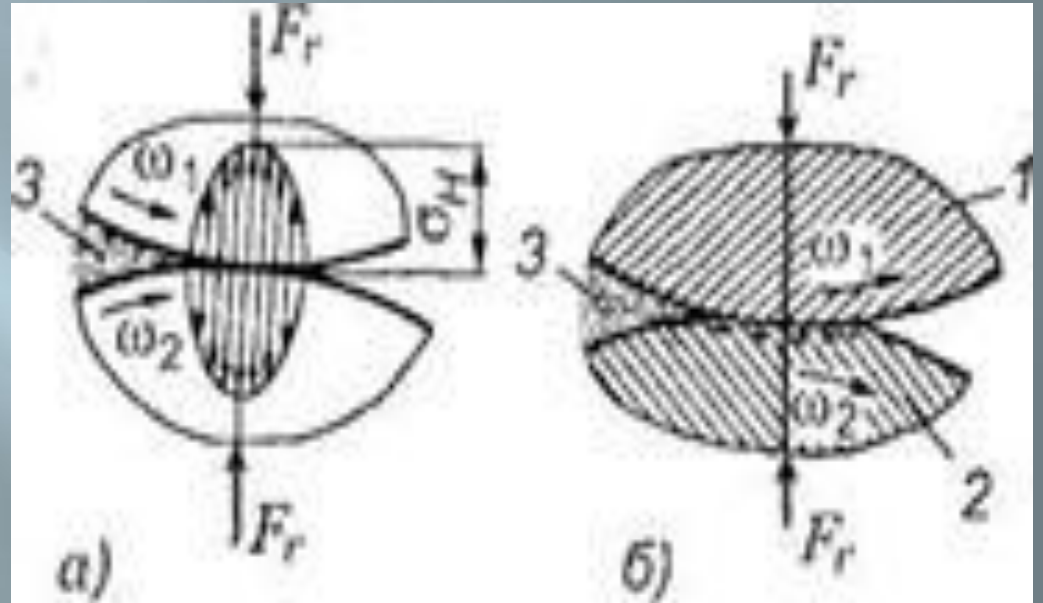
- Для передачи движения между валами с пересекающимися осями используют коническую фрикционную передачу. Угол  $\Sigma$  между осями валов обычно составляет  $90^\circ$ . В этом случае передаточное отношение без учета скольжения

## Основные виды повреждений рабочих поверхностей катков и критерии расчета

- ▣ *Усталостное выкрашивание (питтинг)*. Встречается в закрытых передачах, работающих при обильной смазке и защищенных от попадания абразивных частиц. На рабочей поверхности катка появляются мелкие раковины. В закрытых передачах, работающих при обилии смазочного материала, микротрещины расклиниваются смазочным материалом, и от рабочей поверхности катка выкрашиваются частицы металла. Такой вид разрушения катка называют усталостным выкрашиванием. Поэтому проектный расчет фрикционных передач выполняют на контактную прочность. Условие для предотвращения усталостного выкрашивания (или условие

Усилия и  
напряжения в  
контакте  
цилиндрических  
колес

**1** – ведущее  
колесо; **2** –  
ведомое колесо;  
**3** – смазочное  
масло



## Изнашивание и задир

- Изнашивание повреждения рабочих поверхностей катков чаще наблюдается в открытых передачах из за попадания абразивных материалов.
- Наблюдается также изнашивание катков при буксовании и вследствие упругого скольжения, как в открытых, так и в закрытых передачах.
- *Задир* возникает в быстроходных сильно нагруженных передачах при разрыве масляной пленки на рабочей поверхности катков. В месте касания катков повышается температура, масляный слой разрывается, и катки непосредственно соприкасаются друг с другом. В результате происходит приваривание частиц металла с последующим отрывом от одной из поверхностей катков. Приварившиеся частицы задирают рабочие поверхности в направлении скольжения. Для предупреждения задира применяют противозадирные масла.

## Скольжение

*Скольжение* является причиной износа, уменьшения КПД и непостоянства передаточного отношения во фрикционных передачах. Различают три вида скольжения: буксование, упругое скольжение, геометрическое скольжение.

*Буксование* наступает при перегрузках. При буксовании ведомый каток останавливается, а ведущий скользит по нему, вызывая местный износ или задир поверхности.

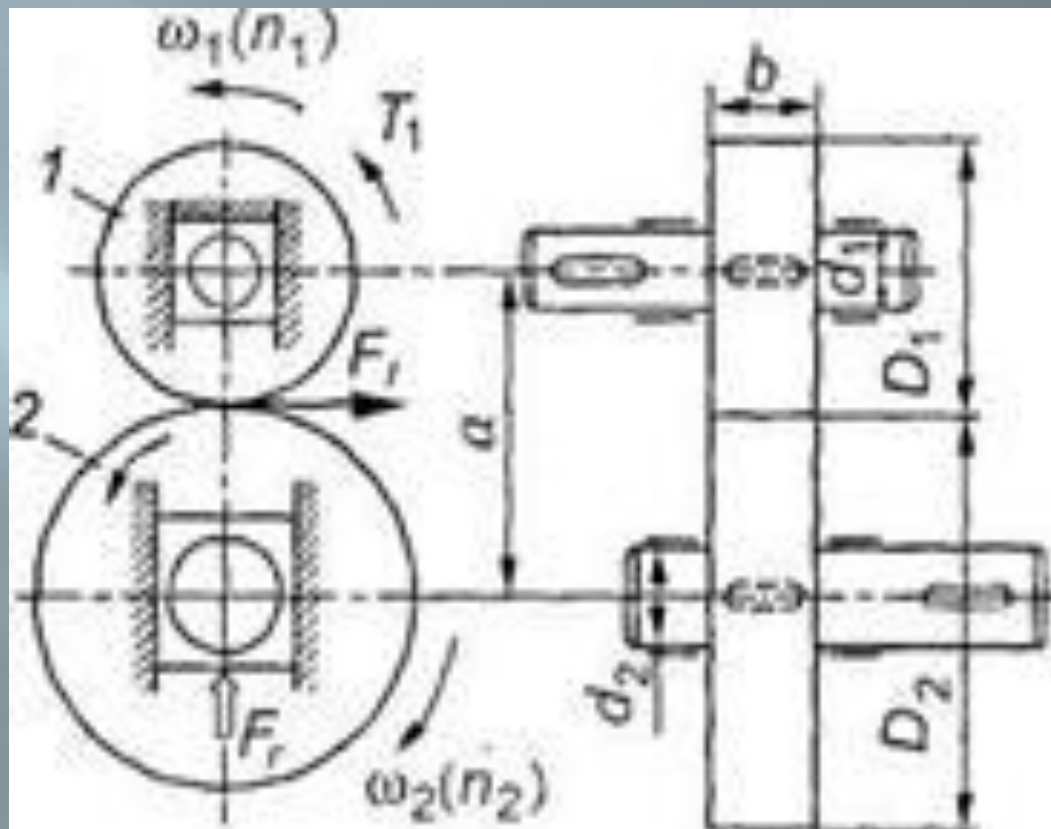
*Упругое скольжение* связано с упругими деформациями в зоне контакта. Величина этого скольжения невелика и обычно не превышает 0,2% для стальных катков и 1% для текстолита по стали.

*Геометрическое скольжение.* Возникает вследствие разности скоростей ведущего и ведомого катков по длине контакта  $b$ . Геометрическое скольжение не позволяет катки делать широкими, вследствие чего в передаче возникают большие контактные напряжения, ограничивающие передаваемую мощность.

Геометрическое скольжение является основной

## Цилиндрическая фрикционная передача.

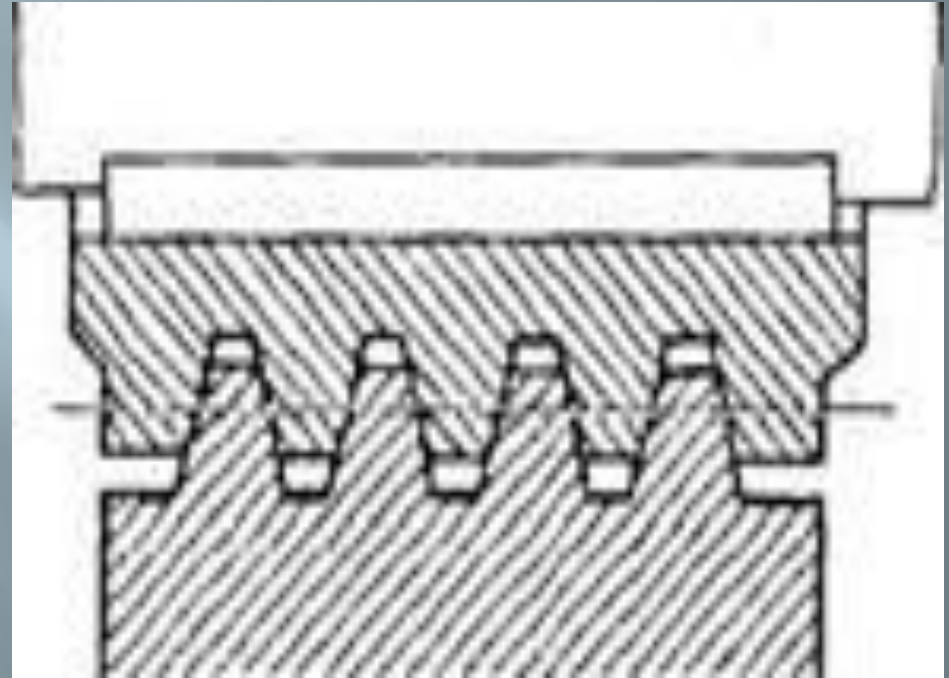
Фрикционную передачу с параллельными осями валов и с рабочими по поверхностям цилиндрической формы называют цилиндрической. Простейшая фрикционная передача с гладкими катками и постоянным передаточным числом показана на рисунке



## Разновидности фрикционных цилиндрических передач

Разновидности  
фрикционных  
цилиндрических  
передач

Катки клинчатой  
передачи



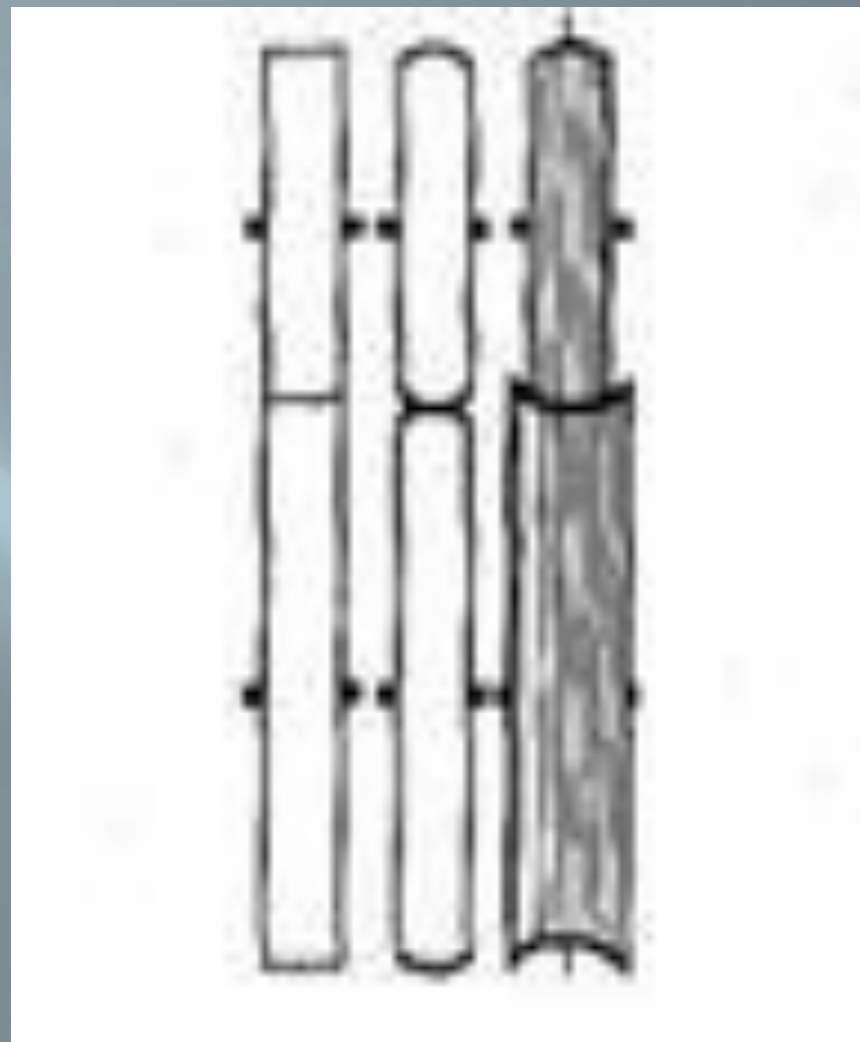
## Разновидности фрикционных передач цилиндрических

**Типы катков:**

*a* — гладкие катки:

*б* — выпуклые  
катки:

*в* — выпукло-  
вогнутые катки



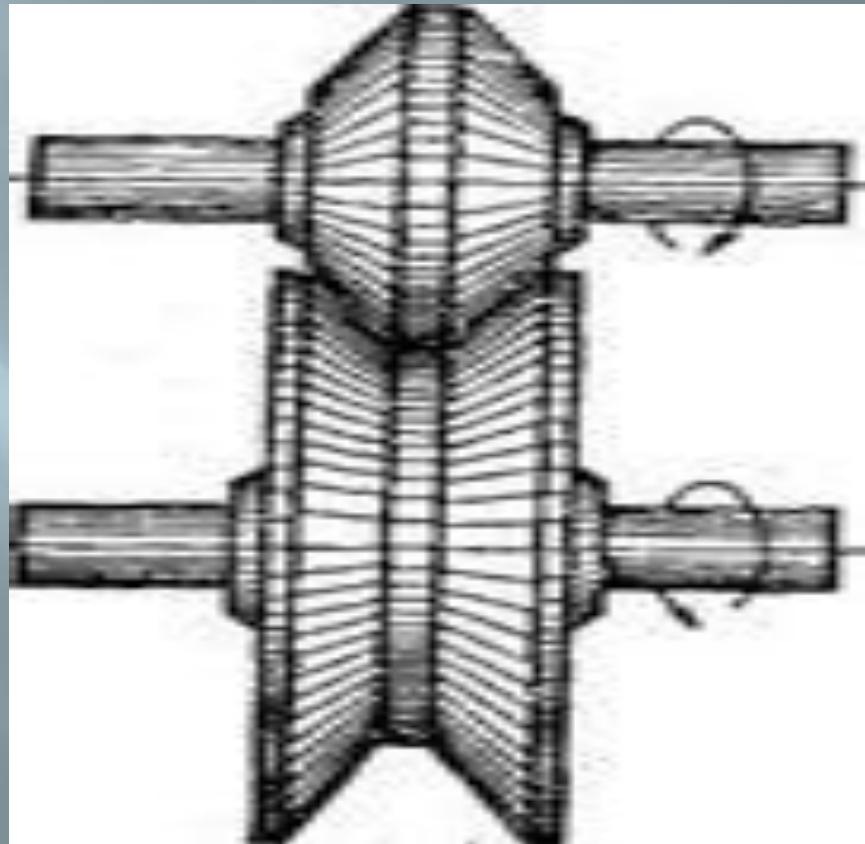


## фрикционная передача с катками клинчатой формы

В передачах с клинчатыми катками нормальные силы между рабочими поверхностями, а следовательно, и силы трения значительно больше, чем в передачах с гладкими катками.

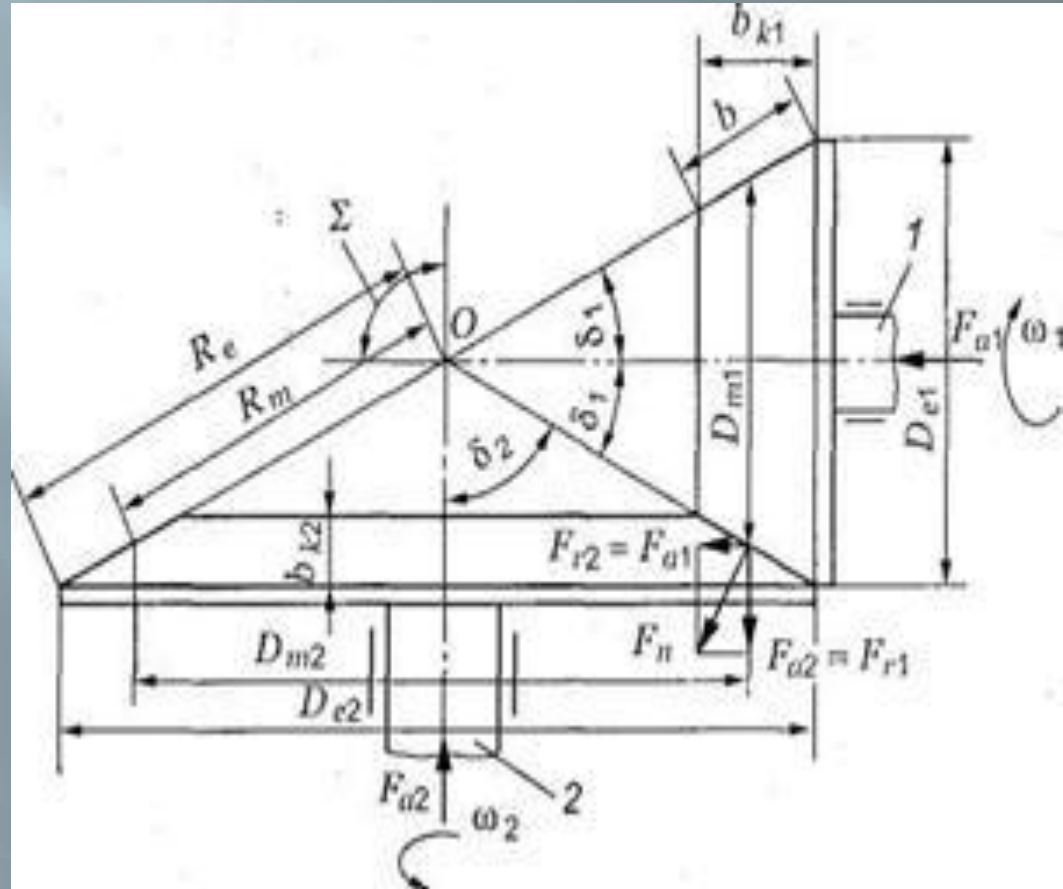
Это позволяет снизить в передачах с клинчатыми катками силу  $F_r$  в 2–3 раза.

Число клиновидных выступов для катков принимают равным  $z = 3 \div 5$  (рис.7). При  $z > 5$  условие равномерного прилегания всех рабочих поверхностей таких катков ухудшается.



## Коническая фрикционная передача

Фрикционную передачу с пересекающимися валами и катками, рабочие поверхности которых конические, называют фрикционной конической передачей. Прижимной каток конической передачи обычно меньше, так как при этом необходима меньшая сила нажатия. Угол между осями валов может быть различным.



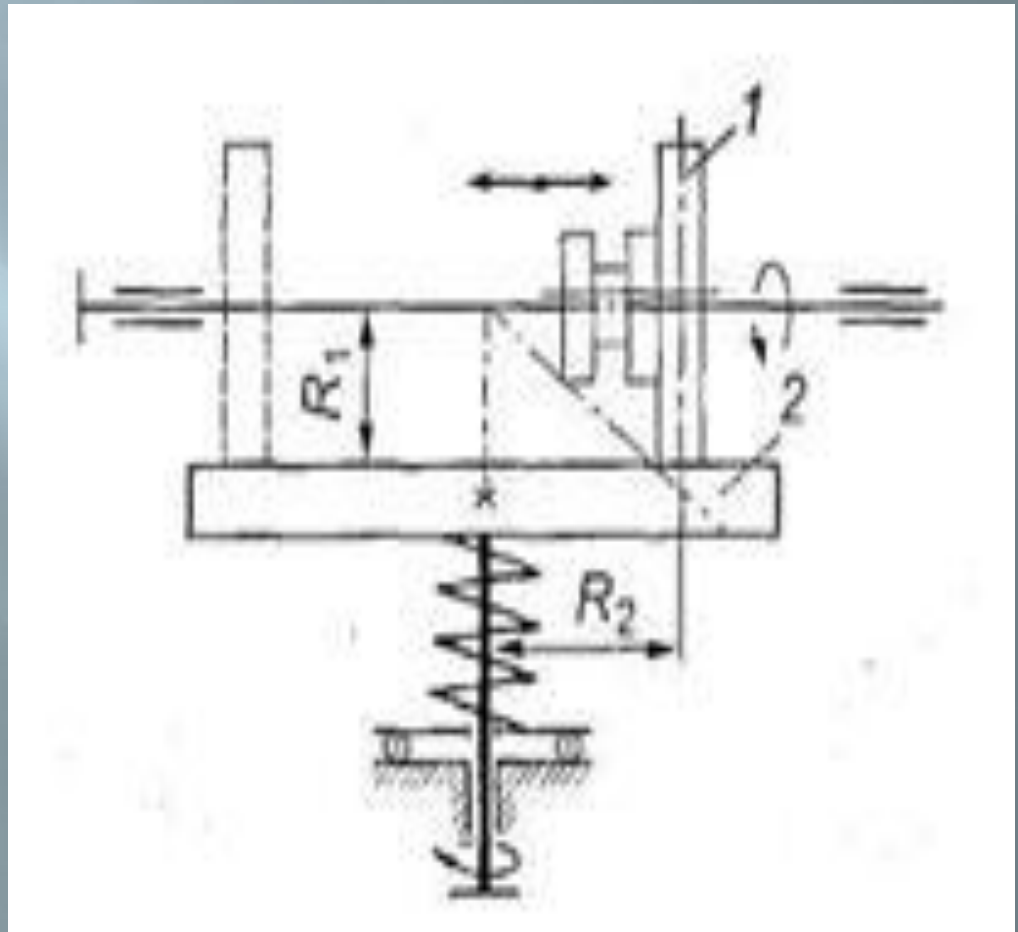
# Вариаторы

- ▣ *Фрикционный механизм, предназначенный для бесступенчатого регулирования передаточного числа, называют фрикционным вариатором или просто вариатором*

Большинство современных рабочих машин требует регулирования скорости рабочих органов . Для этого машины снабжают ступенчатыми коробками передач с большим числом зубчатых пар, например, в коробке передач автомобилей их 4 - 6 пар, станков 5 - 16. Применение в машинах вариаторов (бесступенчатых передач) значительно упрощает конструкцию, позволяет установить оптимальный скоростной режим и регулировать скорость на ходу. Все это существенно повышает производительность машины, качество продукции и, кроме того, вызывает уменьшение шума и вибрации. Эти достоинства вариаторов обусловили их широкое распространение в различных областях машиностроения (в станках, в машинах пищевой и легкой промышленности, в сельскохозяйственном и дорожном машиностроении и т.д.).

## Лобовой вариатор:

- 1** – ведущий каток;
- 2** – ведомый каток



## Торовый вариатор

:

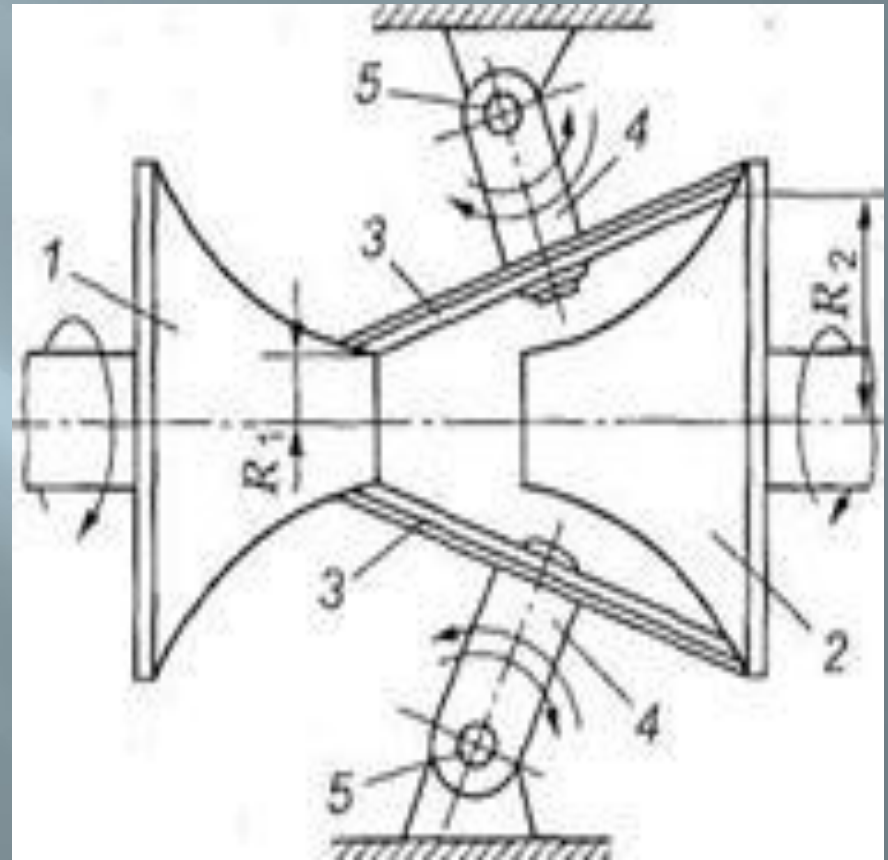
1 – ведущая торовая чашка;

2 – ведомая торовая чашка;

3 – диск;

4 – оси дисков;

5 – шарниры осей



## Конусный вариатор

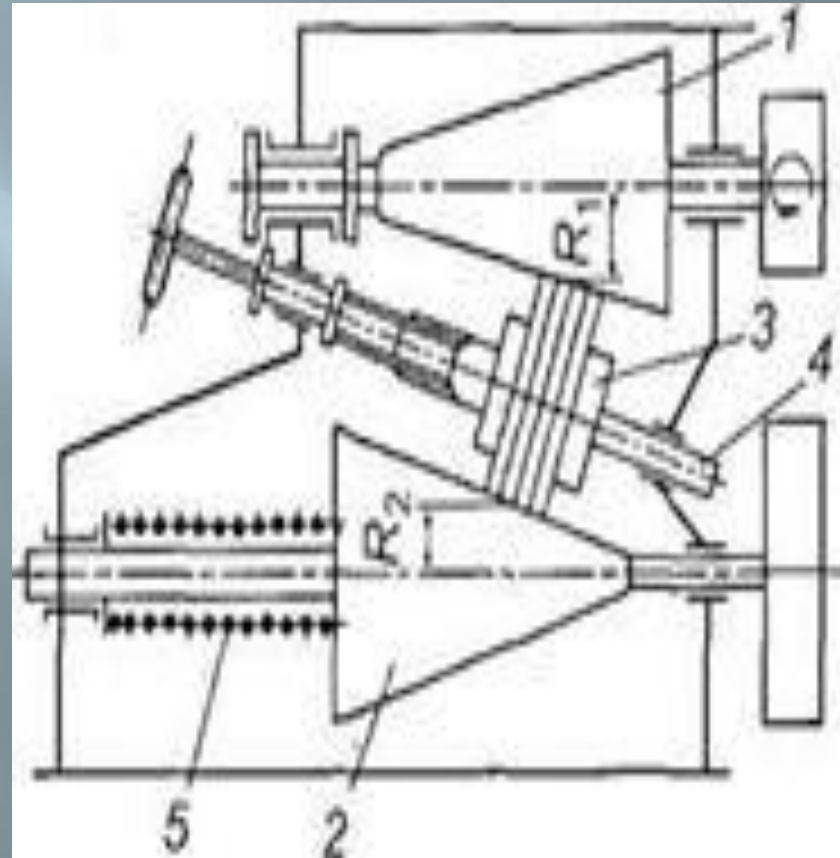
1 – ведущий  
каток:

2 – ведомый  
каток:

3 –  
промежуточный  
диск:

4 – ось диска;

5 – пружина

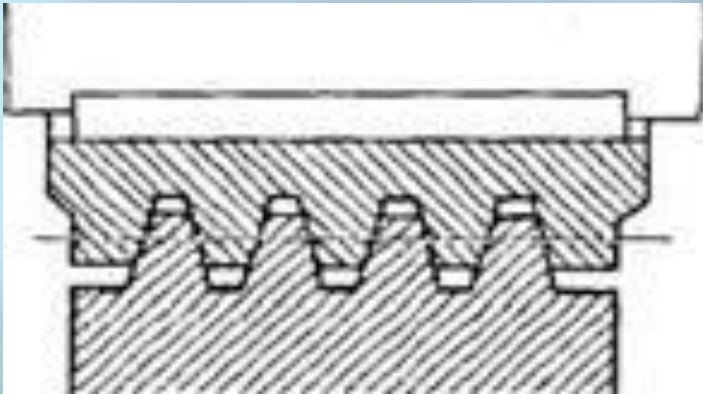


# Проверочный тест

1. Как классифицировать фрикционные передачи по принципу передачи движения и способу соединения ведущего и ведомого звеньев?
  - ▣ 1. Зацеплением
  - ▣ 2. Трением с непосредственным контактом
  - ▣ 3. Передача с промежуточным звеном
  - ▣ 4. Трением с гибкой связью
2. Можно ли применить фрикционную передачу для изменения скорости приводных колес автомобиля, снегохода и т. д.
  1. Нельзя
  2. Можно
3. Из какого материала изготавливают катки тяжело нагруженных быстроходных закрытых фрикционных передач?
  - ▣ 1. Сталь
  - ▣ 2. Чугун
  - ▣ 3. Бронза
  - ▣ 4. Из любого материала (сталь, чугун, бронза)
  - 5. Текстолит, и другие неметаллические материалы

4. Как называется передача, показанная на рисунке?

1. Цилиндрическая фрикционная с гладкими катками
2. Клинчатая фрикционная
3. Коническая фрикционная
4. Червячная





**Пример:** Определить основные размеры цилиндрической фрикционной передачи привода транспортера, Передаваемая мощность

$P=1,5\text{кВт}$  при угловых скоростях ведущего и ведомого катков, равных  $\omega_1 = 90$  рад/с и  $\omega_2 = 30$  рад/с.

**Решение.** Выбираем материалы катков для меньшего (ведущего) катка – текстолит марки ПТК, а большего – чугун СЧ-18.

Найдем передаточное число передачи

$$u = \omega_1 / \omega_2 = 90 / 30 = 3$$

Определим вращающий момент на ведущем валу:

$$T_1 = P / \omega_1 = 1,5 \cdot 10^3 / 90 = 16,7 \text{ Нм}$$

*Находим по таблицам.*

Зададимся коэффициентом ширины катка  $\psi_a = 0,3$

коэффициент запаса сцепления  $k = 1,3$

Допускаемое контактное напряжение для

текстолитовых катков  $[\sigma_H] = 100 \text{ МПа}$ . Коэффициент

трения текстолита по чугуну  $f = 0,3$ . Модуль

упругости материала катков текстолита  $E_1 = 7 \cdot$

$10^3 \text{ МПа}$

и чугуна  $E_2 = 1,1 \cdot 10^3 \text{ МПа}$

Тогда приведенный модуль упругости

$$E_{\text{пр}} = \frac{2E_1E_2}{E_1 + E_2}$$

$$E_1 = \frac{2 \cdot 7 \cdot 10^3 \cdot 1,1 \cdot 10^3}{7 \cdot 10^3 + 1,1 \cdot 10^3} = 1,32 \cdot 10^4 \text{ МПа} =$$

$$1,32 \cdot 10^{10} \text{ Па}$$

Подставим найденные и принятые величины в формулу для проектного расчета , найдем межосевое расстояние передачи.

$$a = (u + 1) \sqrt[3]{\left(\frac{0,418}{[\sigma_H]}\right)^2 \frac{E_{\text{пр}} k T_1}{f \psi_a u}}$$

$$a = 0,106 \text{ м} = 106 \text{ мм}$$

Определяем основные размеры катков:

$$\text{диаметр ведущего катка } D_1 = 2a / (u + 1) = 2 \cdot 106 / (3 + 1) = 53 \text{ мм}$$

$$\text{Диаметр ведомого катка } D_2 = D_1 \cdot u = 53 \cdot 3 = 159 \text{ мм}$$

$$\text{Ширина катков } b_2 \psi_a = 0,3 \cdot 106 = 32 \text{ мм},$$

$$b_1 = b_2 + 3 = 32 + 3 = 35 \text{ мм}$$