

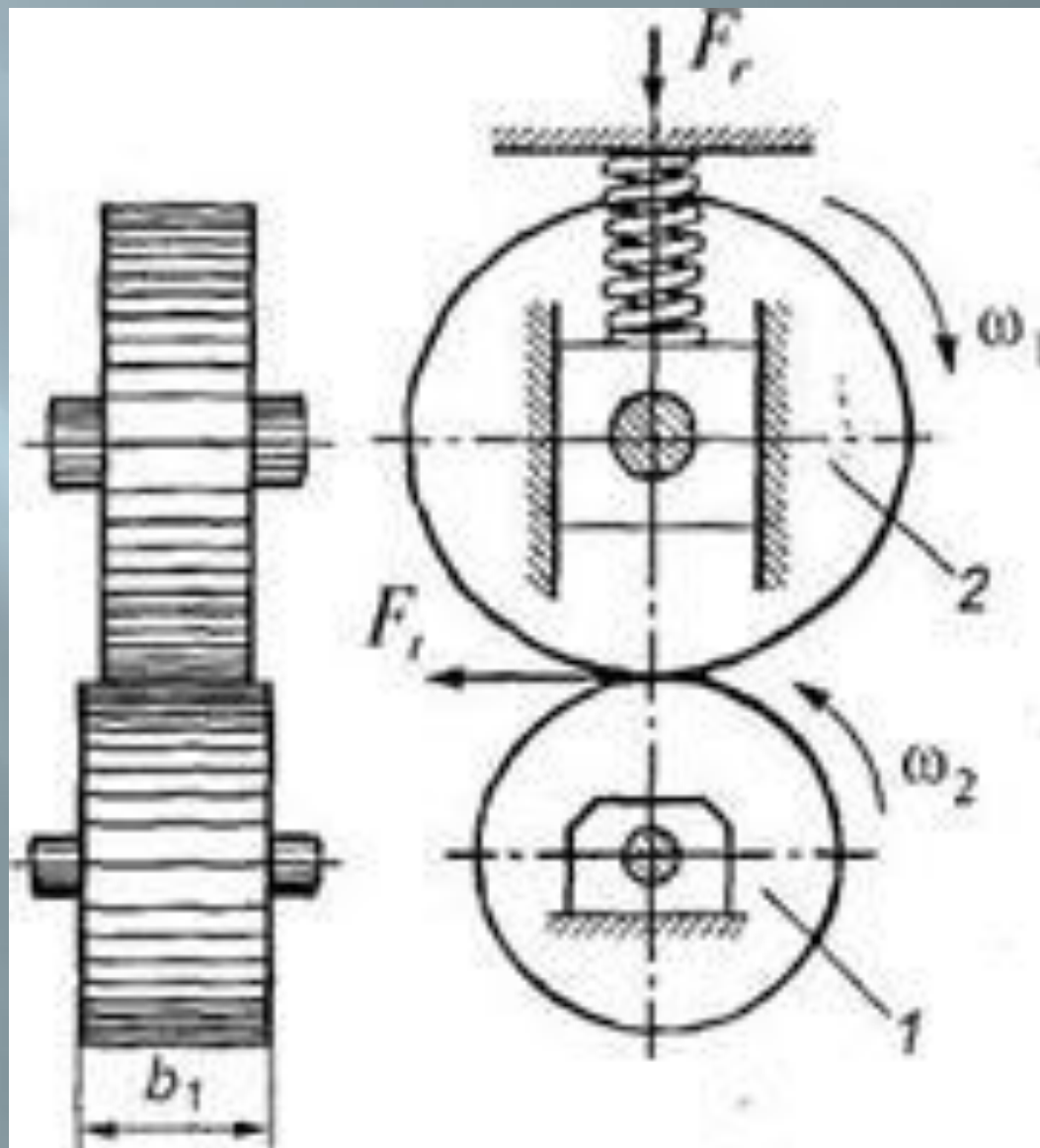
ФРИКЦИОННЫЕ ПЕРЕДАЧИ.

Цель:

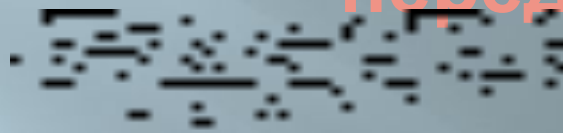
- изучить устройство и материалы фрикционных передач
- критерии работоспособности
- практическое применение фрикционных передач
- порядок расчета

- 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:



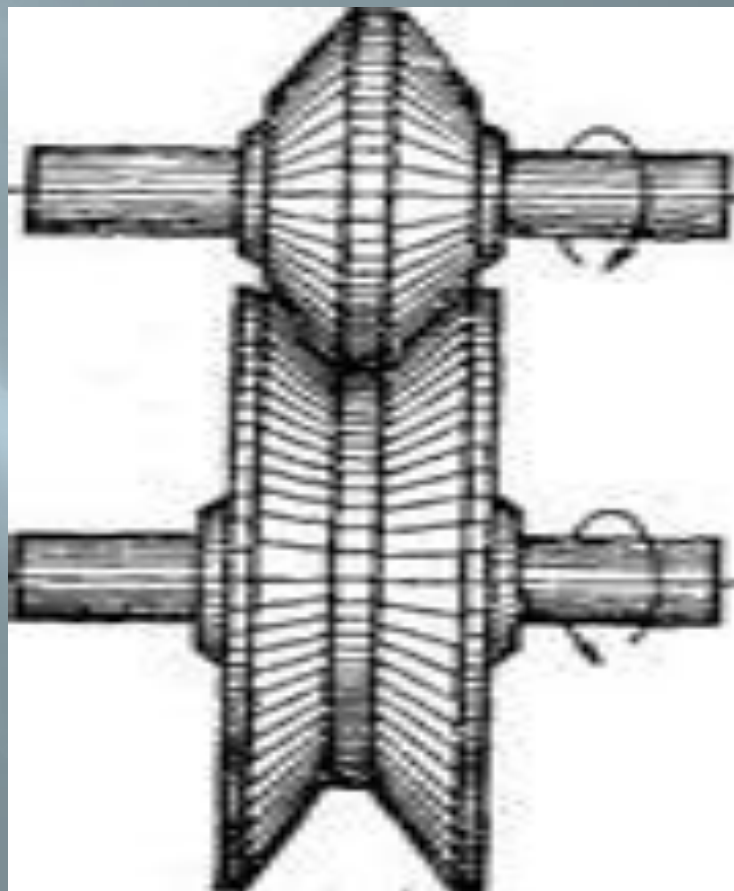
- Нарушение условия приводит к буксованию и быстрому износу катков. Для того чтобы передать заданное окружное усилие F_t , фрикционные катки надо прижать друг к другу усилием F_r так, чтобы возникающая при этом сила трения была бы больше силы F_t на величину коэффициента запаса сцепления, который принимают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

Значения коэффициента трения между катками в среднем:

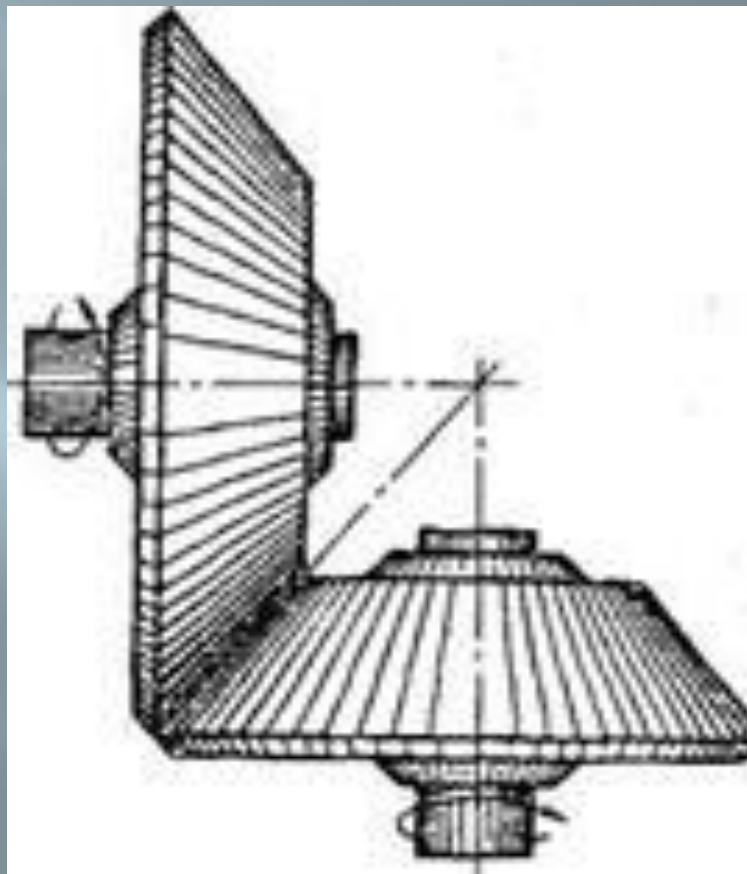
- сталь или чугун по коже или насухо $f = 0,3$;
- то же в масле $f = 0,1$;
- сталь или чугун по стали или чугуну насухо $f = 0,15$;
- то же в масле $f = 0,07$.

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

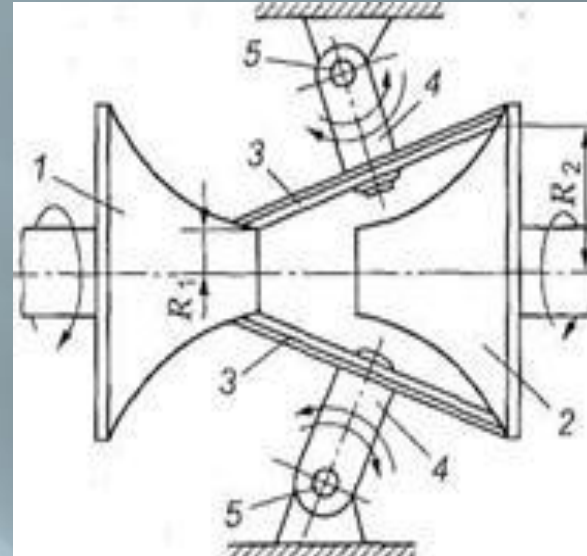
Рис.1. Торовый вариатор:

**1 — ведущая торовая
чашка;**

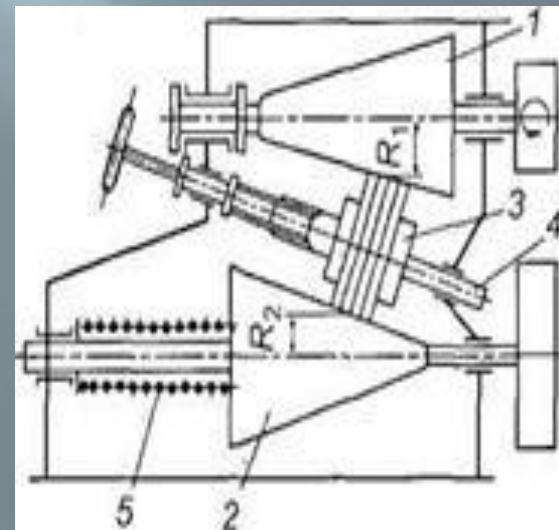
**2 — ведомая торовая
чашка; 3 — диск;**

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 чугуну. 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 обрезиненные 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».

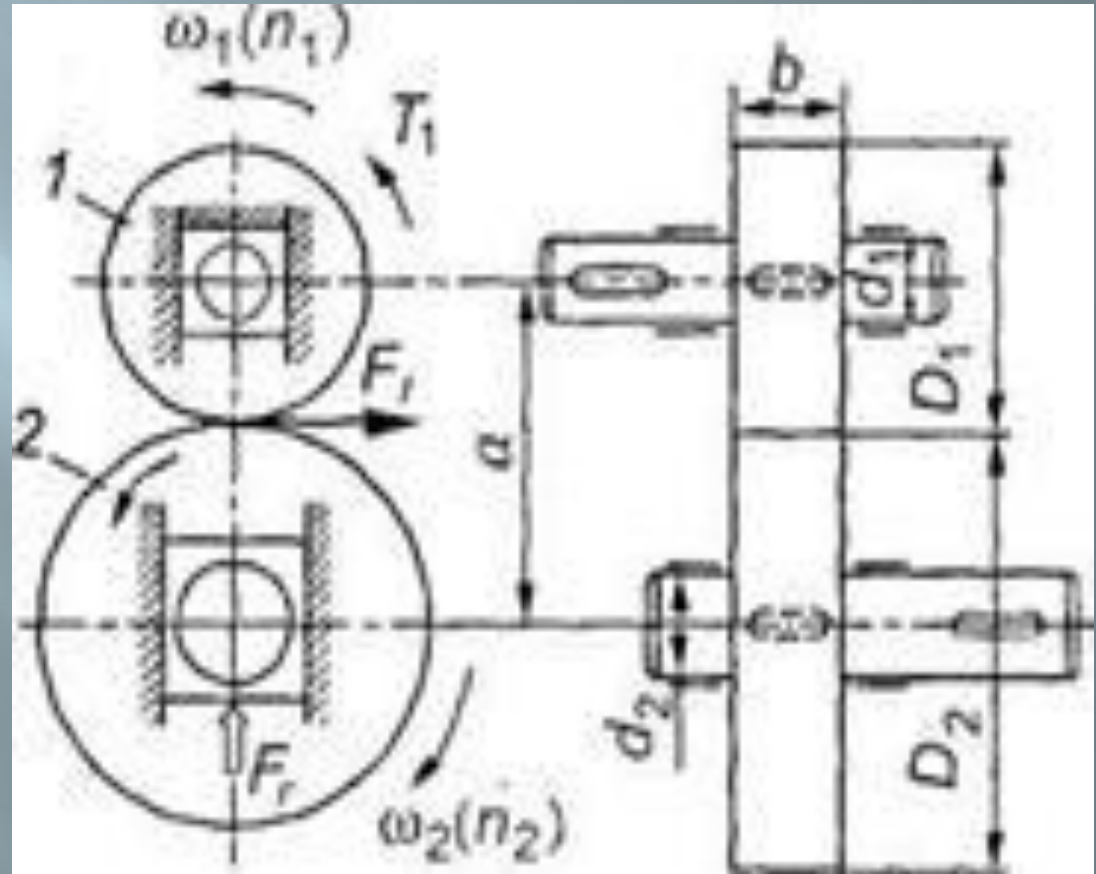
Геометрические параметры

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.

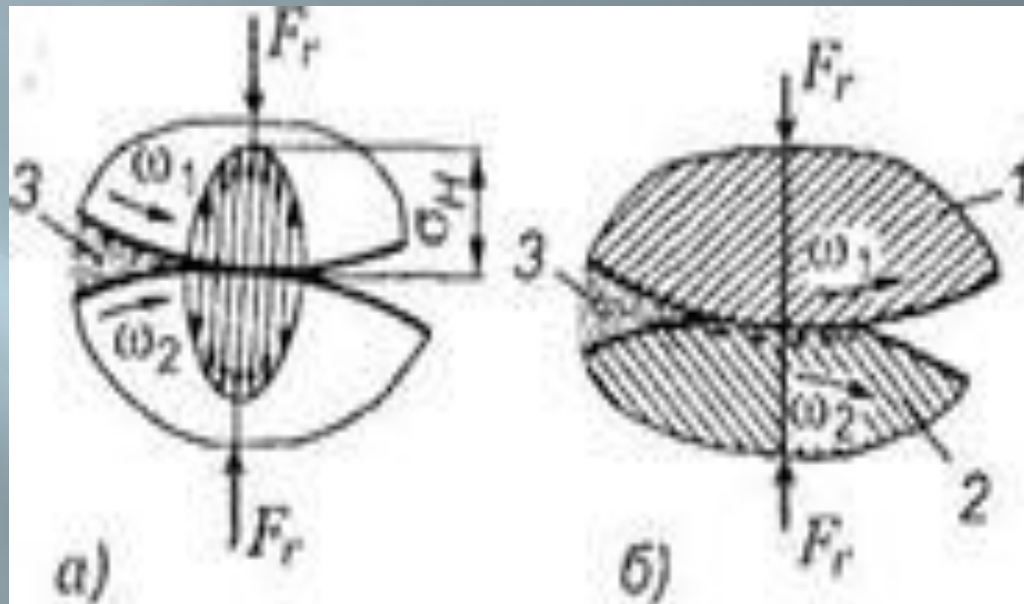
- Если допустить, что во фрикционной передаче скольжение отсутствует, то окружные скорости катков будут равны, т. е. . Для передачи, показанной на рис.1:
- Приравнявая правые части равенств, получим $\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1}$ или $\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{z_2}{z_1}$. Отсюда $i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{z_2}{z_1}$.
- ,
- Где i — передаточное число.
- В действительности скольжение между катками есть, т. е. . Величина скольжения оценивается коэффициентом скольжения $\mu = \frac{v_{sl}}{v_t}$; $\mu = 0,005 \div 0,03$ (здесь v_t — теоретическая угловая скорость).
- Передаточное отношение фрикционной передачи с учетом скольжения $i_{fr} = \frac{z_2}{z_1} (1 \pm \mu)$.
-
- Для передачи движения между валами с пересекающимися осями используют коническую фрикционную передачу. Угол Σ между осями валов обычно составляет 90° . В этом случае передаточное отношение без учета скольжения $i = \frac{z_2}{z_1}$.

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.

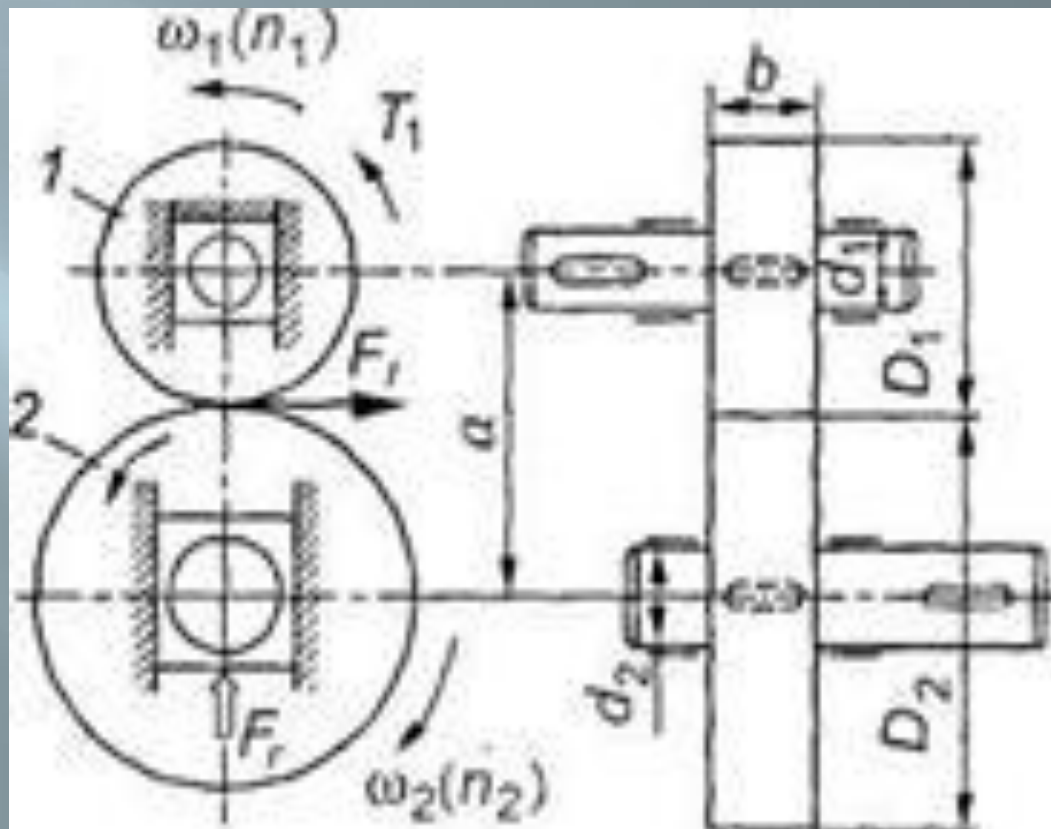
Упругое скольжение связано с упругими деформациями в зоне контакта. Величина этого скольжения невелика и обычно не превышает 0,2% для стальных катков и 1% для текстолита по стали.

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.

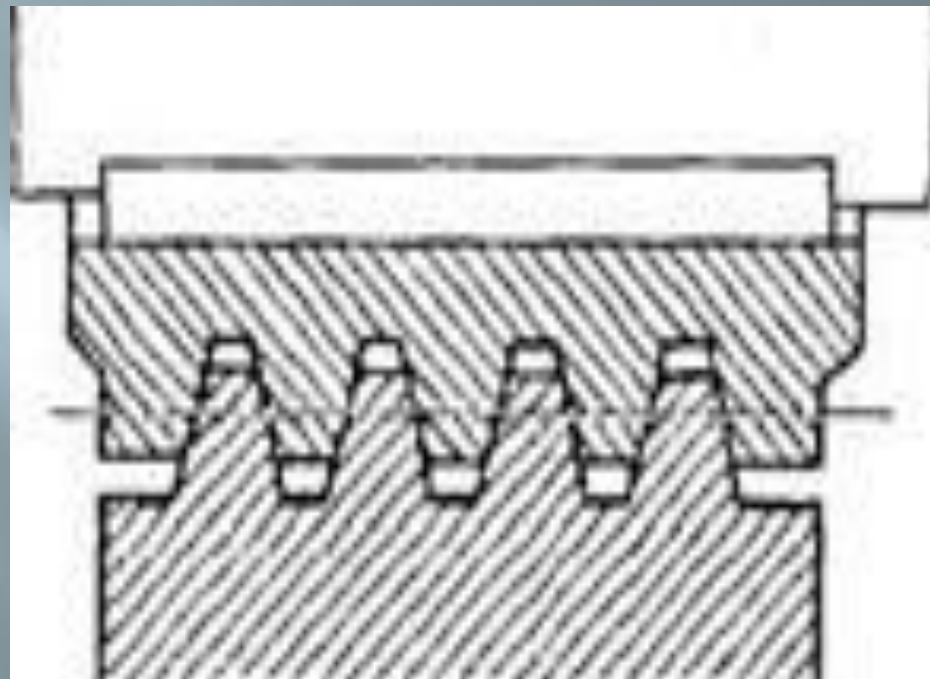
Простейшая фрикционная передача с гладкими катками и постоянным передаточным числом показана на рисунке



Разновидности фрикционных цилиндрических передач

Разновидности
фрикционных
цилиндрических
передач

Катки клинчатой
передачи



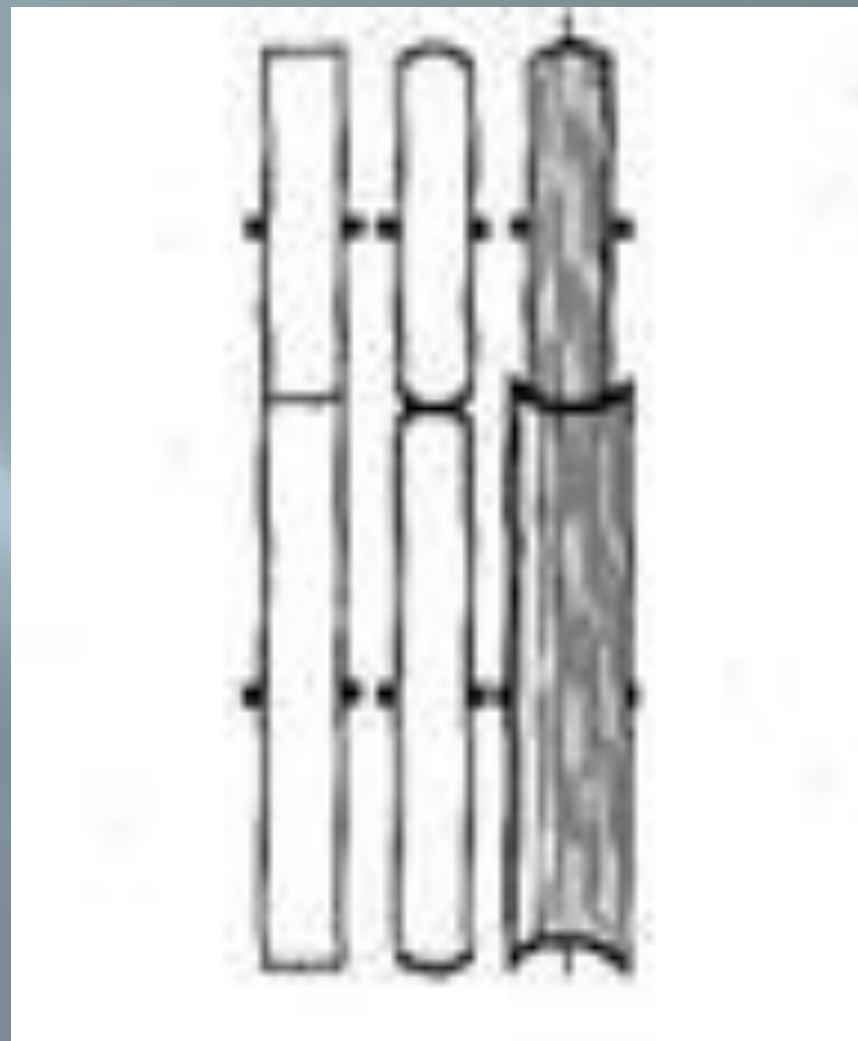
Разновидности фрикционных передач цилиндрических

Типы катков:

a — гладкие катки:

б — выпуклые
катки:

в — выпукло-
вогнутые катки

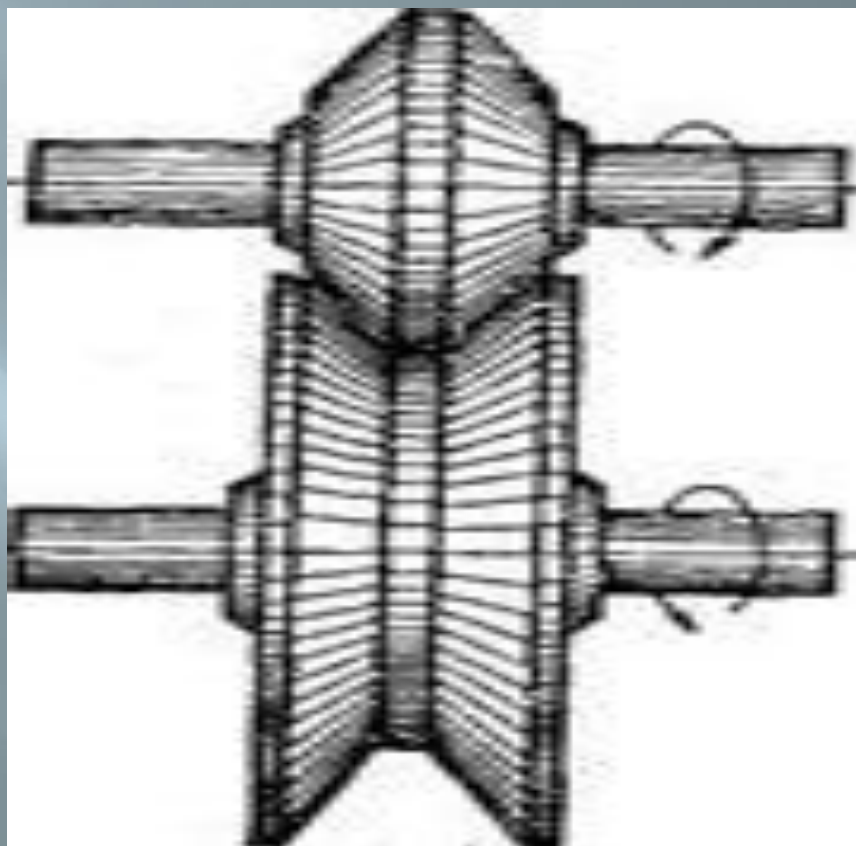


фрикционная передача с катками клинчатой формы

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

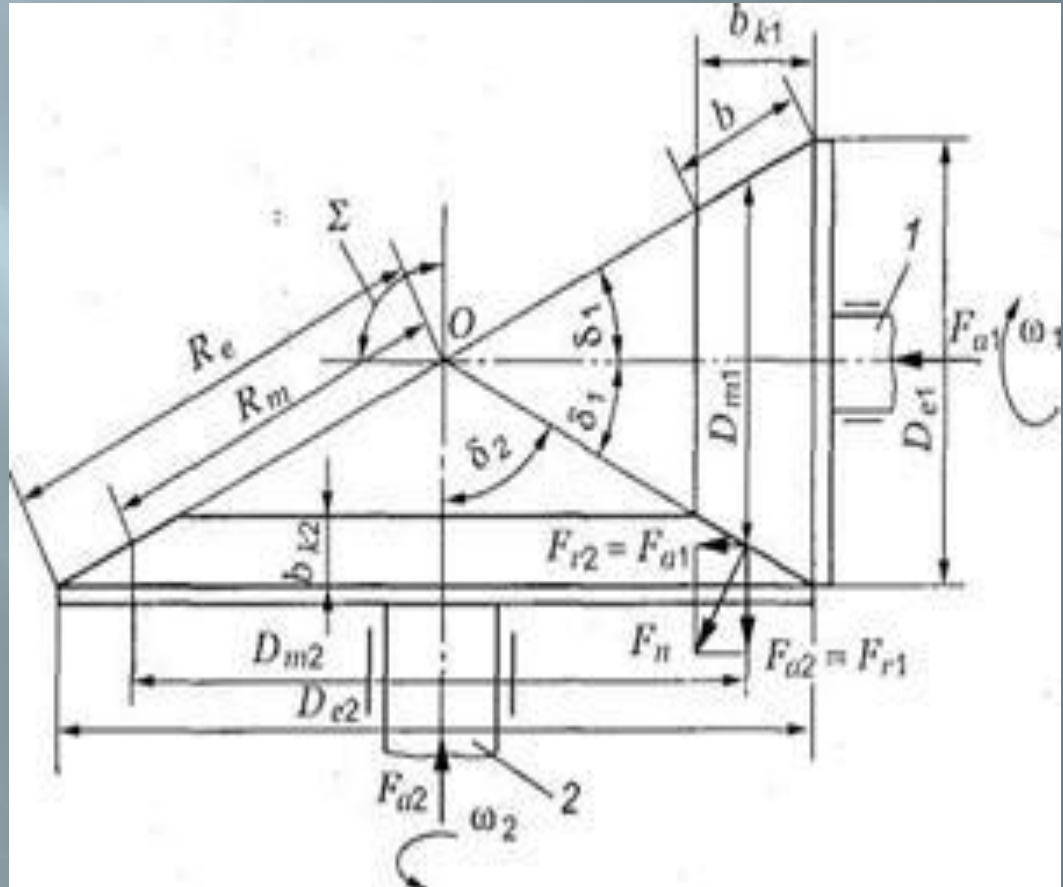
Это позволяет снизить в передачах с клинчатыми катками силу F_r в 2–3 раза.

Число клиновых 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 меньший, так как при этом необходима меньшая сила нажатия. Угол между осями валов может быть различным.



Вариаторы

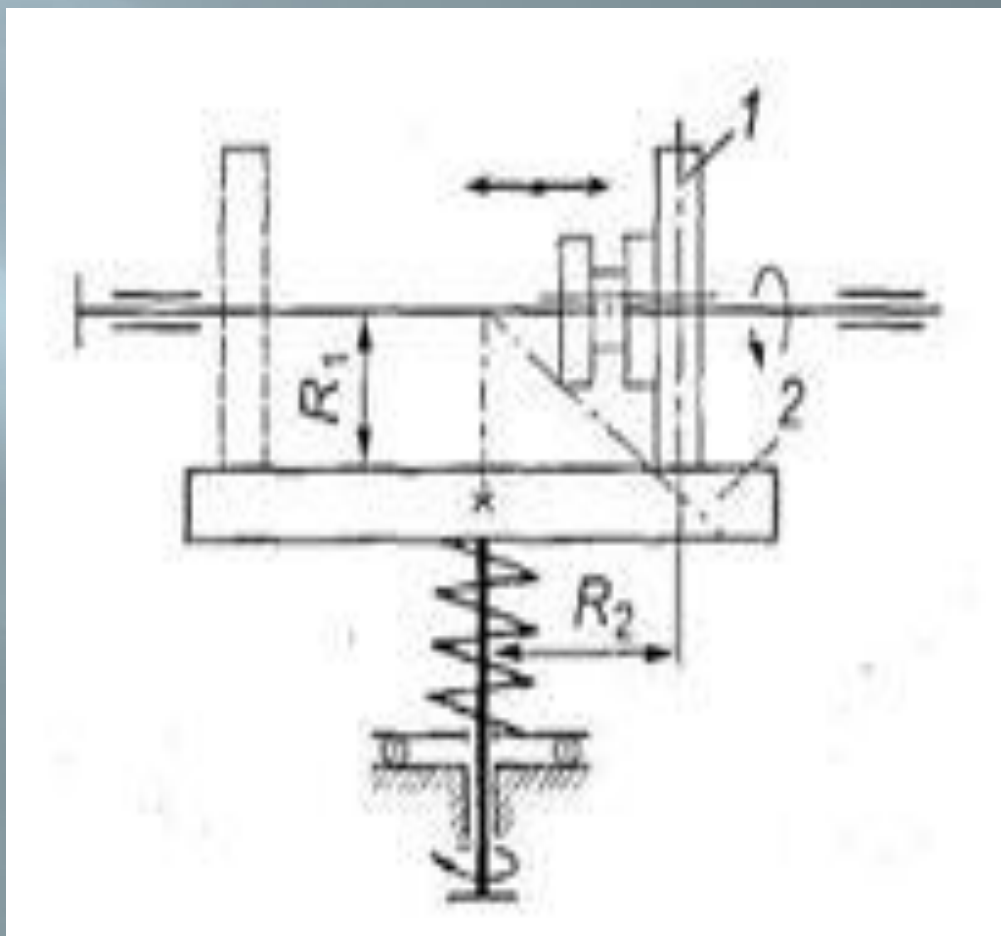
- *Фрикционный механизм, предназначенный для бесступенчатого регулирования передаточного числа, называют фрикционным вариатором или просто вариатором*

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

:

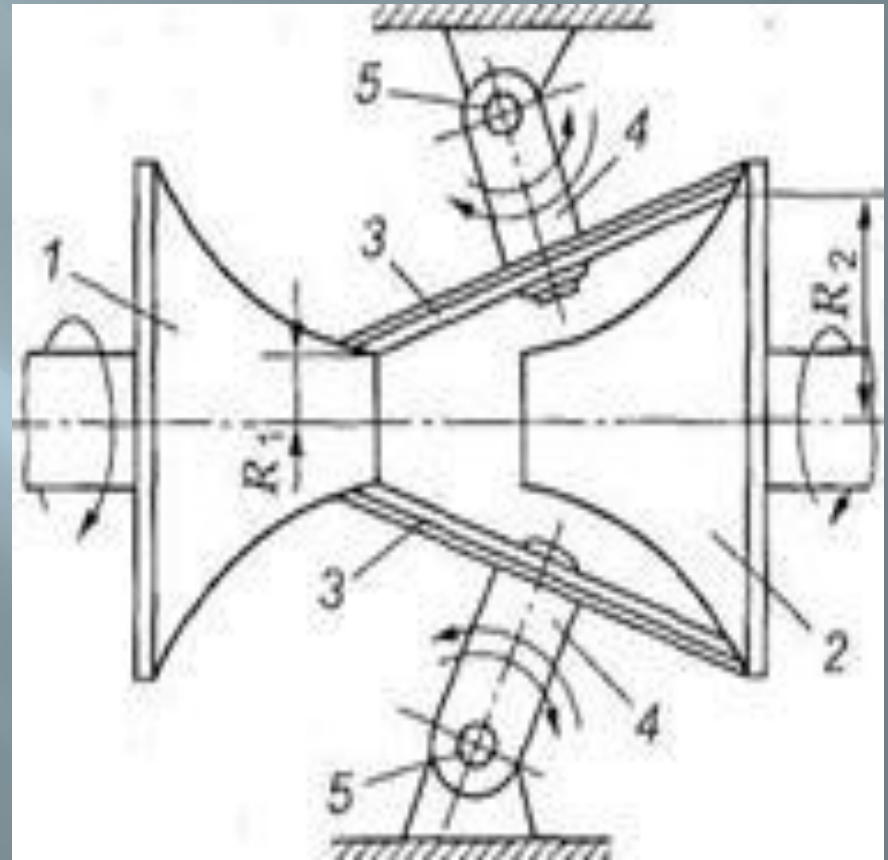
1 — ведущая торовая чашка;

2 — ведомая торовая чашка;

3 — диск;

4 — оси дисков;

5 — шарниры осей



Конусный вариатор

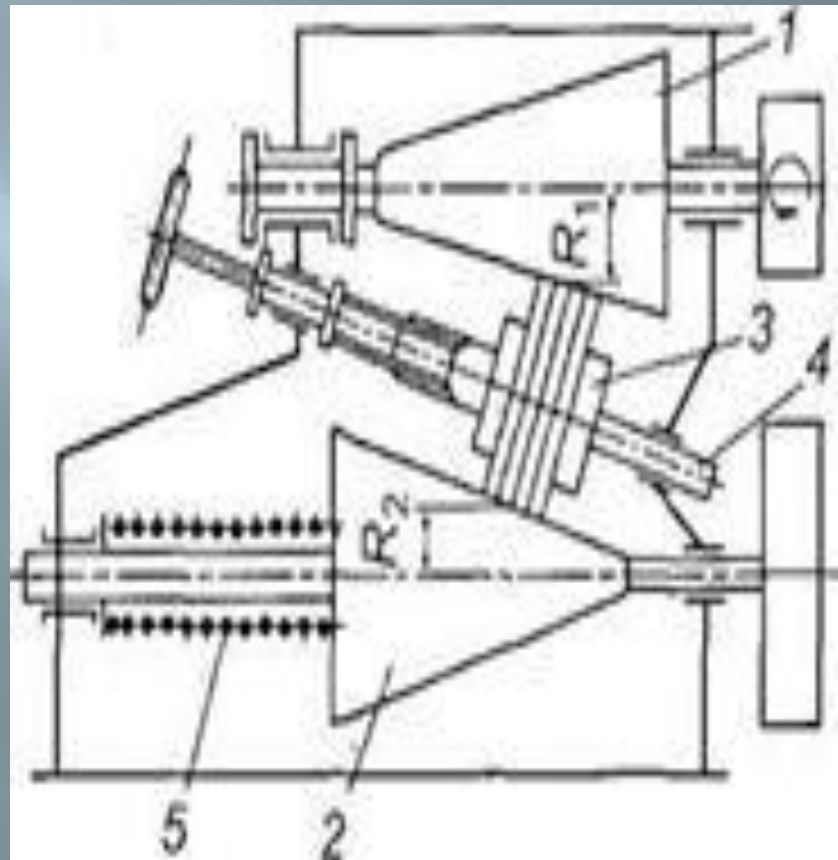
**1 — ведущий
каток:**

**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.

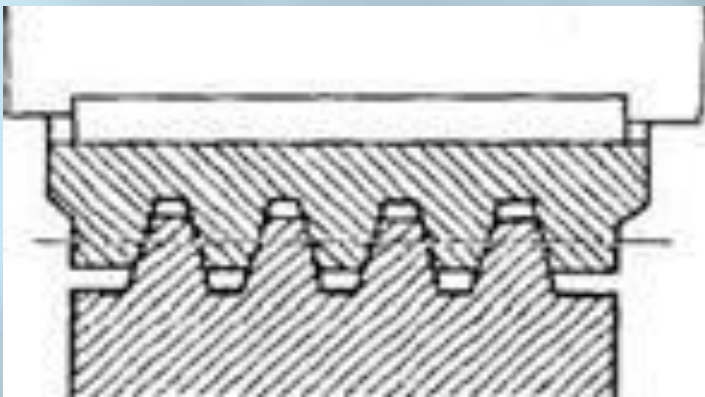
1. Нельзя 2. Можно

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 $\omega_1=90\text{ рад/с}$ и $\omega_2=30\text{ рад/с}$.

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.

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

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

Определяем основные размеры катков:

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

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

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

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