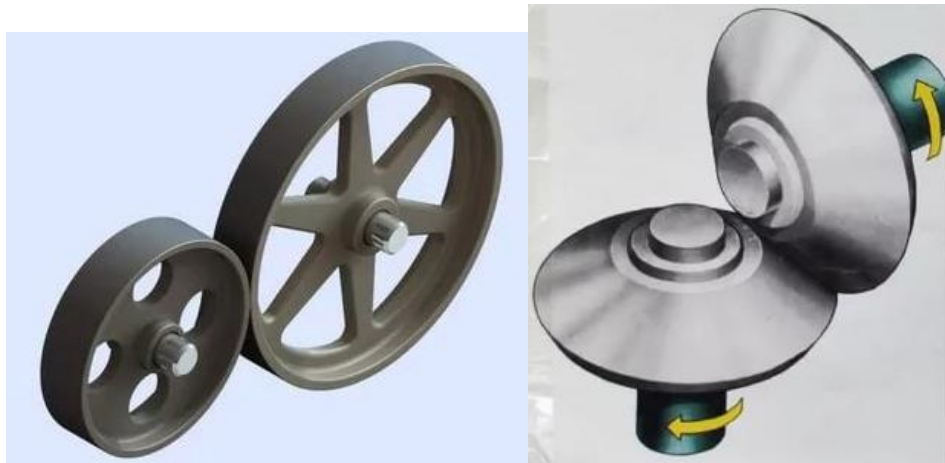


Лекция 6. Фрикционные передачи

1. Фрикционные передачи

Фрикционной передачей называют механизм, в котором движение одного жесткого звена преобразуется в движение другого жесткого звена за счет сил трения в контакте.

Все фрикционные передачи делят на две группы: *нерегулируемые* и *регулируемые*, или *вариаторы*. Последние позволяют плавно изменять передаточное отношение непосредственно в процессе работы.



Цилиндрическая и коническая нерегулируемые фрикционные передачи

Сила трения создается за счет прижатия звеньев друг к другу, т. е. силовым замыканием.

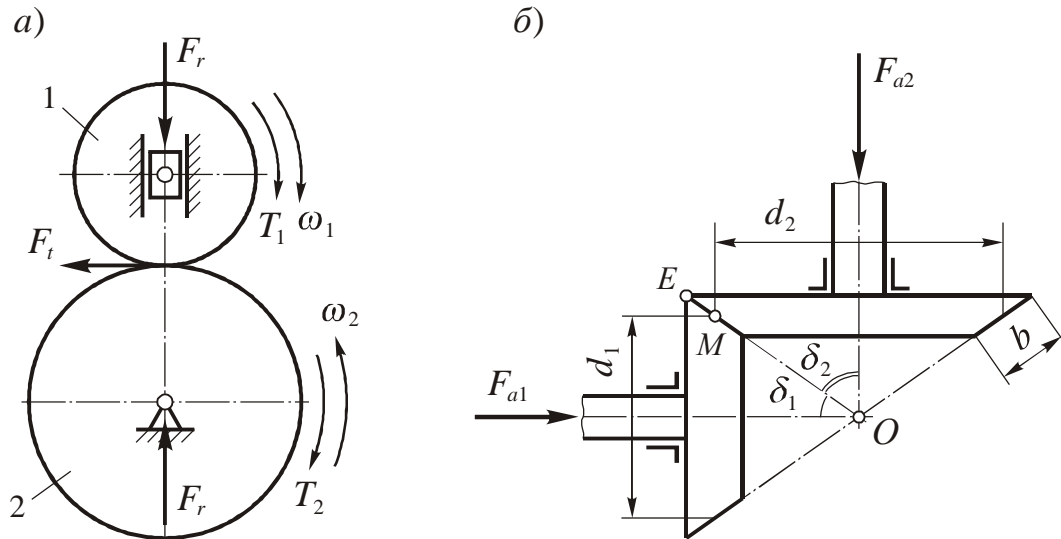
Из нерегулируемых фрикционных передач наибольшее распространение получили *цилиндрические* и *конические*. Простейшая цилиндрическая передача состоит из ведущего 1 и ведомого 2 катков. Для одной из опор предусмотрена возможность смещения по направлению к другой, что имеет целью создание необходимой силы давления F_r в контактной зоне. Прижатие катков является необходимым условием работы фрикционной передачи, его осуществляют либо постоянной силой (сила тяжести, упругая сила пружины, упругая сила, вызванная предварительной деформацией звеньев), либо регулируемой силой, зависящей от величины рабочей нагрузки.

К нерегулируемым фрикционным передачам также могут быть отнесены механизмы, преобразующие вращательное движение в поступательное: это передачи вида колесо – рельс или колесо – грунт для ведущих колес транспортных экипажей, валки прокатных станков, различные лентопротяжные устройства и др.

Среди достоинств фрикционных передач следует отметить простоту конструкции, безударное включение и плавность движения. Недостатками являются упругое скольжение в контакте катков, большие нагрузки на опоры валов, вызванные необходимостью создания значительных усилий прижатия,

сравнительно невысокие значения КПД и передаваемой мощности. КПД открытых силовых передач составляет всего $\eta = 0,8 \dots 0,92$, для закрытых передач $\eta = 0,92 \dots 0,98$. Окружные скорости катков открытых силовых передач не превышают 10 м/с, закрытых – 20 м/с.

Нерегулируемые фрикционные передачи применяют главным образом в приборостроении, там где плавность хода, бесшумность и безударность включения особенно важны, а передаваемая мощность стоит на втором плане.



Схемы нерегулируемых фрикционных передач

2. Кинематика фрикционных передач

Из-за деформации катков в зоне контакта возникает упругое скольжение. В результате окружная скорость ведомого катка несколько меньше, чем у ведущего:

$$v_2 = (1 - \xi)v_1,$$

где коэффициент скольжения $\xi = 0,01 \dots 0,05$.

Вывод формулы, определяющей передаточное отношение передачи с цилиндрическими катками, по сути, повторяет вывод аналогичной формулы для ременной передачи:

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = -\frac{d_2}{d_1(1 - \xi)}.$$

Знак минус обусловлен разнонаправленностью вращения катков.

Для конической передачи (рис. б) диаметры катков пропорциональны

синусам углов δ_1 и δ_2 , поэтому

$$i = \frac{\sin \delta_2}{\sin \delta_1 (1 - \xi)}.$$

Знак минус в этой формуле не ставят, поскольку при передаче вращения между непараллельными валами понятие сонаправленности вращения теряет смысл. В случае ортогональной конической передачи $\delta_1 + \delta_2 = \pi / 2$, передаточное отношение

$$i = \frac{\operatorname{tg} \delta_2}{(1 - \xi)}.$$

3. Силовой анализ цилиндрической фрикционной передачи.

Рассмотрим цилиндрическую фрикционную передачу. Для передачи вращения окружная сила (см. рис. выше) должна быть меньше силы трения:

$$F_t < F_{\text{тр}}, \quad \text{или} \quad KF_t = F_{\text{тр}},$$

где коэффициент запаса сцепления $K = 1,25 \dots 1,5$ в силовых передачах и $K = 3$ в приборах.

Согласно закону трения,

$$F_{\text{тр}} = fF_r.$$

Здесь F_r – радиальное усилие, или сила прижатия катков; f – коэффициент трения в контакте.

Необходимо заметить, что благодаря большому разнообразию применяемых материалов, значения коэффициента трения имеют значительный разброс. Так, стальные и чугунные катки силовых передач с целью уменьшения износа работают в условиях смазки, при этом значения f невелики: $f = 0,04 \dots 0,08$. Использование же таких пар материалов, как кожа, дерево или резина по чугуну без смазки позволяют довести значения коэффициента трения до 0,5 и даже выше.

С помощью записанных равенств необходимая сила прижатия катков в зависимости от полезной окружной силы может быть выражена формулой

$$F_r = \frac{K}{f} F_t.$$

Если, к примеру, положить $f = 0,05$ (для стальных или чугунных катков в

условиях масляной смазки) и $K = 1,5$, получим

$$F_r = 30F_t.$$

Полученный результат иллюстрирует основной недостаток фрикционных передач, ограничивающий их применение: сила прижатия катков оказывается существенно большей, чем полезная окружная сила, в данном примере – в 30 раз! Большая нагрузка на катки передается на опоры валов, что требует принятия конструктивных мер по усилению как самих опор, так и других деталей передачи. В итоге, массогабаритные показатели при одинаковой передаваемой мощности у фрикционных передач оказываются существенно более высокими, чем у передач других видов.

4. Вариаторы

Вариаторы предназначены для бесступенчатого регулирования передаточного отношения, а следовательно, – плавного изменения частоты вращения выходного вала. Этот вид фрикционных передач отличается конструктивным разнообразием. В практике машиностроения получили распространение следующие виды вариаторов: лобовые, конические, многодисковые, торовые, клиноременные и др.

Конструкция вариаторов позволяет в процессе их работы изменять передаточное отношение в определенных пределах:

$$i_{\min} \leq i \leq i_{\max}.$$

Величину D , равную отношению указанных пределов, называют диапазоном регулирования вариатора:

$$D = \frac{i_{\max}}{i_{\min}}.$$

Определим диапазон регулирования лобового вариатора (см. рис. ниже). Максимальное и минимальное значения передаточного отношения зависят от граничных положений ведущего катка, определяемых параметром r_2 :

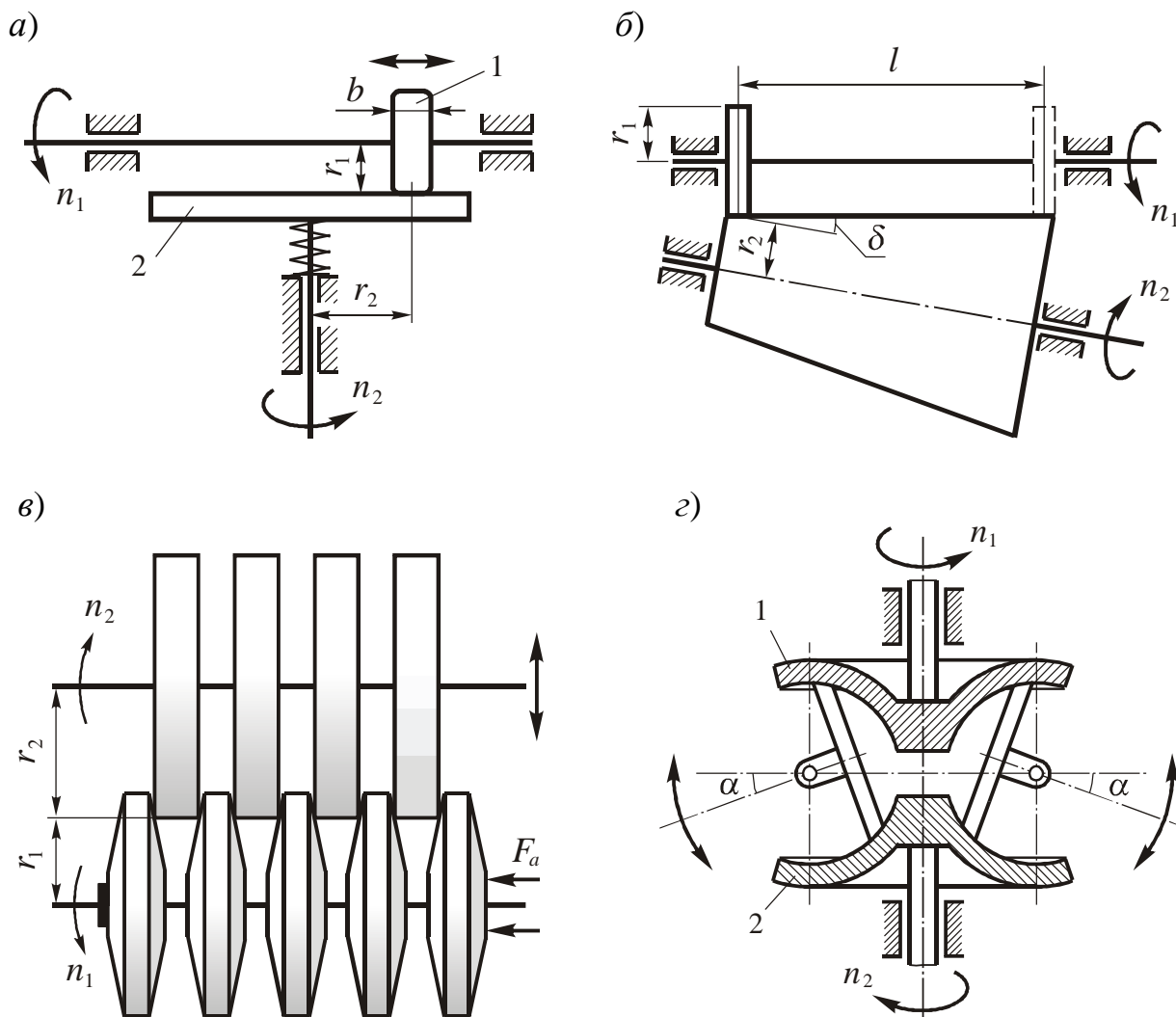
$$i_{\max} = \frac{\omega_1}{\omega_{2\min}} = \frac{r_{2\max}}{r_1}; \quad i_{\min} = \frac{\omega_1}{\omega_{2\max}} = \frac{r_{2\min}}{r_1}.$$

Таким образом,

$$D = \frac{r_{2\max}}{r_{2\min}}.$$

На практике диапазон регулирования лобового вариатора ограничива-

ют значением $D \leq 3$, хотя теоретически возможны и более высокие значения, поскольку при $r_{2\min} \rightarrow 0 \ D \rightarrow \infty$. Техническая реализация больших значений D невозможна, поскольку при малых r_2 резко возрастает геометрическое скольжение и износ катков, в то время как КПД передачи падает до нуля. Характерно, что лобовой вариатор допускает реверс движения, когда ведущий каток перемещают на другую сторону относительно центра диска 2.



Схемы фрикционных вариаторов: а – лобовой;
 б – конический; в – многодисковый; г – торовый

Принцип работы конического вариатора вполне аналогичен принципу работы лобового вариатора, с той разницей, что ведомый каток имеет коническую форму.

Конструкция многодискового вариатора включает два набора дисков цилиндрической и конической формы. Каждый отдельный диск имеет возможность свободного перемещения вдоль оси вала. При приложении к крайнему из ведущих дисков осевого усилия F_a вся система приходит в состояние плотного прижатия в контактной зоне, что обеспечивает передачу вращения

и полезной нагрузки. Варьируемым параметром является радиус r_1 , зависящий от расстояния между валами, которое может изменяться по усмотрению оператора.

В торовом вариаторе между ведущим и ведомым катками, имеющими тороидальную контактную поверхность, расположены промежуточные катки. Изменяя угол α наклона осей промежуточных катков, оператор тем самым изменяет радиусы вращения контактных пятен на ведущем и ведомом катках. Соответственно, изменяется и передаточное отношение.

Клиноременный вариатор имеет две пары раздвижных конусов. Оператор с помощью специального винтового механизма раздвигает одну из пар конусов. Вторая пара конусов при этом сдвигается на такую же величину. Клиновый ремень меняет свое положение, изменяются радиусы вращения и передаточное отношение механизма. Диапазон регулирования клиноременного вариатора определяется следующими формулами:

$$i_{\max} = \frac{d_{2\max}}{d_{1\min}}; \quad i_{\min} = \frac{d_{2\min}}{d_{1\max}} \quad \rightarrow \quad D = \frac{d_{1\max} d_{2\max}}{d_{1\min} d_{2\min}}.$$

Применение специальных широких клиновых ремней позволяет регулировать передаточное отношение в диапазоне до $D = 5$.