

# Фрикционные передачи и вариаторы

# Фрикционные передачи

- **Общие сведения**
- Фрикционными называют передачи у которых силовое “замыкание” жестких звеньев осуществляется за счет сил сцепления (трения). Их применяют для передачи движения между валами с параллельными и пересекающимися осями, а также для преобразования вращательного движения в поступательное или винтовое.
- Фрикционная передача может быть реализована как жесткими, так и податливыми (гибкими) звеньями.

# Фрикционные передачи

- Основные достоинства передач: удобство регулирования частоты вращения ведомого звена, простота конструкции, плавность движения и безшумность.
- Недостатки передач обусловлены большими нагрузками на валы и возможностью взаимного проскальзывания катков.
- Передача обычно состоит из ведущего и ведомого катков (цилиндрических или конических), а также опор одна из которых подвижна.

# Фрикционные передачи

- Рабочие поверхности тел качения могут быть коническими, сферическими и др. Кроме передач с внешним контактом нередко используют передачи с внутренним контактом катков.
- В приборах (например лентопротяжных устройствах и т. п.), транспортных машинах и др. используют механизмы преобразующие вращательное движение ведомого катка в поступательное движение ведомого звена.

# Фрикционные передачи

- Принцип действия и классификация.
- *Работа фрикционной передачи основана на использовании сил трения, которые возникают в месте контакта двух тел вращения под действием сил прижатия  $F$ ,* (рис.1). При этом должно быть

$$F_t \leq F; \quad \bullet \quad (1)$$

- где  $F_t$  — окружная сила;  $F$  — сила трения между катками.

# Фрикционные передачи

- Для передачи с цилиндрическими катками (см. рис. 1)

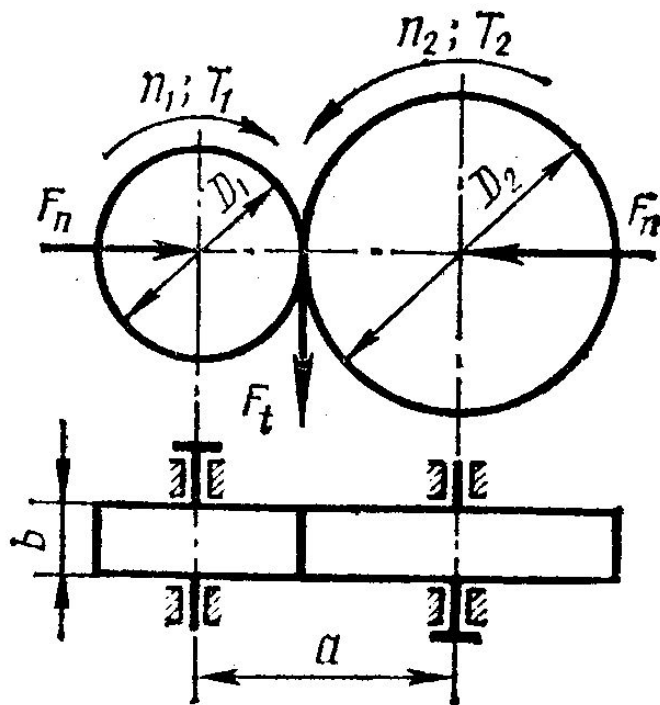


Рис. 1

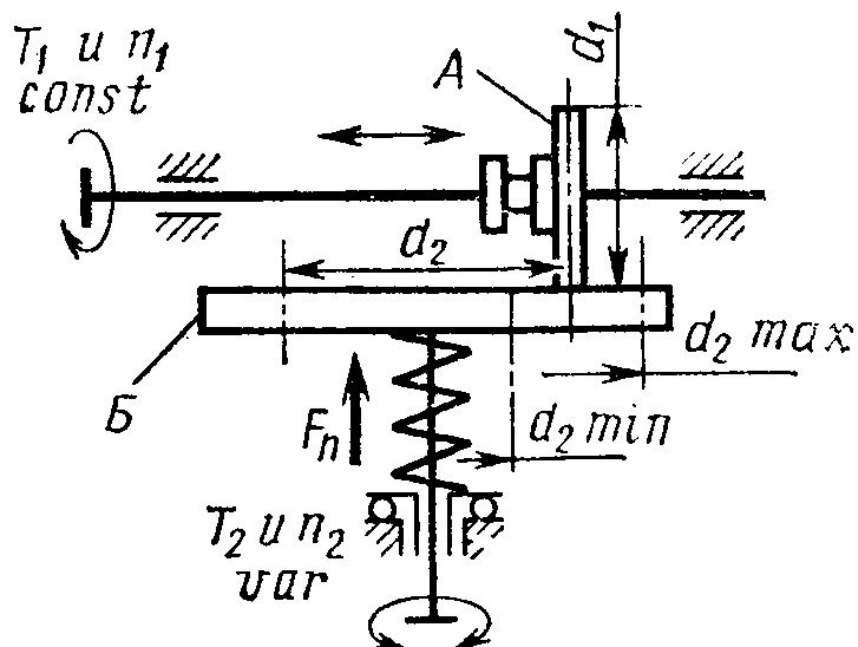


Рис. 2

# Фрикционные передачи

$$F = F_n \cdot f; \quad (2).$$

- где  $f$  — коэффициент трения.
- Нарушение условия (1) приводит к буксованию и быстрому износу катков.

# Фрикционные передачи

- Все фрикционные передачи можно разделить на две основные группы: *передачи нерегулируемые*, т. е. с постоянным передаточным отношением: *передачи регулируемые, или вариаторы*, позволяющие изменять передаточное отношение плавно и непрерывно (бесступенчатое регулирование) [1]



# Фрикционные передачи

- [1] Особую группу составляют фрикционные механизмы для преобразования вращательного движения в поступательное или винтовое (ведущие колеса экипажей, валки прокатных станков, подающие валки шлифовальных станков и т. п.). В курсе «Детали машин» эти механизмы не изучают

# Фрикционные передачи

- Каждая из указанных групп охватывает большое количество передач, различающихся по конструкции и назначению. Например, различают передачи с параллельными и пересекающимися осями валов; с цилиндрической, конической, шаровой или торовой поверхностью рабочих катков; с постоянным или автоматически регулируемым прижатием катков, с промежуточным (паразитным) фрикционным элементом или без него и т. д.

# Фрикционные передачи

- Схема простейшей нерегулируемой передачи изображена на рис.1. Она состоит из двух катков с гладкой цилиндрической поверхностью, закрепленных на параллельных валах.
- На рис. 2 показана схема простейшего вариатора (лобовой вариатор).

# Фрикционные передачи

- Ведущий ролик **A** можно перемещать по валу в направлениях, указанных стрелками. При этом передаточное отношение плавно изменяется в соответствии с изменением рабочего диаметра  $d_2$  ведомого диска **Б**. Если перевести ролик на левую сторону диска, то можно получить изменение направления вращения ведомого вала — вариатор обладает свойством реверсивности.

# Фрикционные передачи

- **Примечание.** Фрикционные передачи с постоянным передаточным отношением применяют сравнительно редко. Их область ограничивается преимущественно кинематическими цепями приборов, от которых требуется плавность движения, бесшумность работы, безударное включение на ходу и т. п. Как силовые (не кинематические) передачи они не могут конкурировать с зубчатыми передачами по габаритам, надежности, к. п. д. и пр.

# Фрикционные передачи

- Особую группу составляют фрикционные механизмы для преобразования вращательного движения в поступательное или винтовое (ведущие колеса экипажей, валки прокатных станов, подающие валки шлифовальных станков и т. п.). В курсе «Детали машин» эти механизмы не изучают

# Фрикционные передачи

- Фрикционные вариаторы применяют как в кинематических, так и силовых передачах в тех случаях, когда требуется бесступенчатое регулирование скорости (зубчатая передача не позволяет такого регулирования). Применение фрикционных вариаторов на практике ограничивается диапазоном малых и средних мощностей — до 10, реже до 20 кВт.

# Фрикционные передачи

- В этом диапазоне они успешно конкурируют с гидравлическими и электрическими вариаторами, отличаясь от них простотой конструкции, малыми габаритами и повышенным к. п. д.
- При больших мощностях трудно обеспечивать необходимую силу прижатия катков. Эта сила, а также соответствующие нагрузки на валы и опоры становятся слишком большими, конструкция вариатора и нажимного устройства усложняется.



# Фрикционные передачи

- Фрикционные вариаторы нашли применение в станкостроении, сварочных и литейных машинах, машинах текстильной, химической и бумажной промышленности, различных отраслях приборостроения и т. д. Фрикционные передачи любого типа неприменимы в конструкциях, от которых требуется жесткая кинематическая связь, не допускающая проскальзывания или накопления ошибок взаимного положения валов.

# Фрикционные передачи

- **Способы прижатия катков.** На практике применяют два способа прижатия катков: *с постоянной силой*, которую определяют по максимальной нагрузке передачи; *с переменной силой*, которая автоматически изменяется с изменением нагрузки. *Постоянное прижатие* образуют вследствие предварительной деформации упругих элементов системы при сборке (например, деформации податливых катков), установкой специальных пружин (см. рис. 2), использованием собственной массы элементов системы и т. п.

# Фрикционные передачи

- *Регулируемое прижатие* требует применения специальных нажимных устройств (см., например, на рис.5 шариковое само затягивающее устройство), при которых сохраняется постоянство отношения  $F/F_n$ . Кроме шариковых применяют также винтовые нажимные устройства.
- Способ прижатия катков оказывает большое влияние на качественные характеристики передачи: к. п. д., постоянство передаточного отношения, контактную прочность и износ катков. *Лучшие показатели получают при регулируемом прижатии.*

# Вариаторы

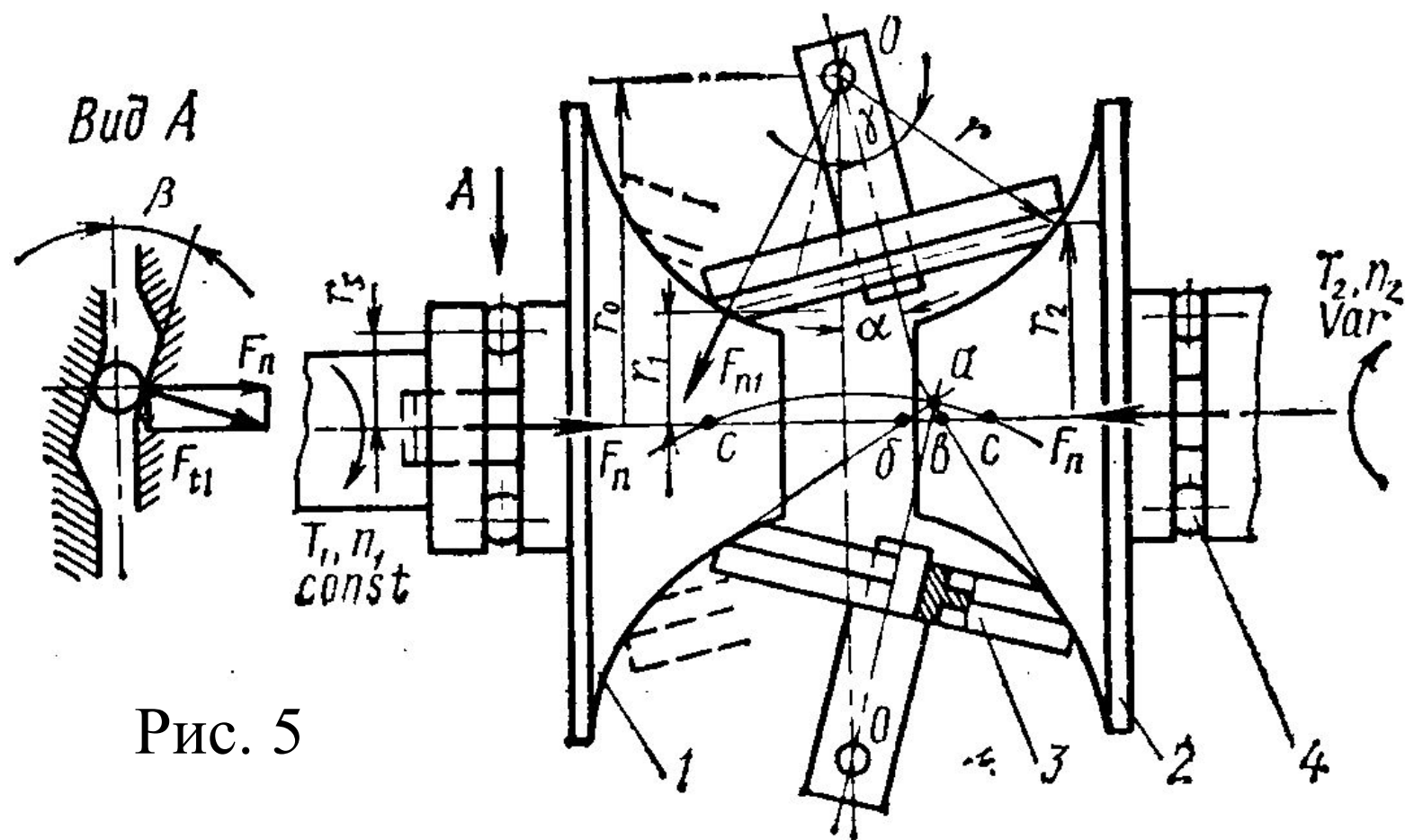


Рис. 5

# Фрикционные передачи

- *Основные типы фрикционных передач и вариаторов*
- *Во фрикционной передаче с гладкими цилиндрическими катками (см. рис. 1)*

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1(1-\varepsilon)} \approx \frac{d_2}{d_1}; \quad (3)$$

# Фрикционные передачи

$$F_n = \frac{K \cdot F_t}{f}; \quad \bullet \quad (4)$$

- где  $\varepsilon \approx 0,01 \dots 0,03$  — коэффициент скольжения;  $K$  — запас сцепления;  $K \approx 1,25 \dots 1,5$  — для силовых передач;  $K \approx$  до 3 — для передач приборов.

# Фрикционные передачи

- Коэффициент трения  $f$  во фрикционных передачах имеет для разных случаев следующие значения:
- сталь по стали в масле  $f \approx 0,04. \dots 0,05$ ;
- сталь по стали или чугуну без смазки  $f \approx 0,15 \dots 0,20$ ;
- сталь по текстолиту или фибре без смазки  $f \approx 0,2. \dots 0,3$ .

# Фрикционные передачи

- Формула (4) позволяет отметить большое значение силы прижатия катков (фрикционной передачи. Например, принимая  $f = 0,1$  и  $K = 1,5$ , получаем  $F_n = 15 F_t$ , тогда как в зубчатых передачах нагрузка в зацеплении примерно равна  $F_t$ .



# Фрикционные передачи

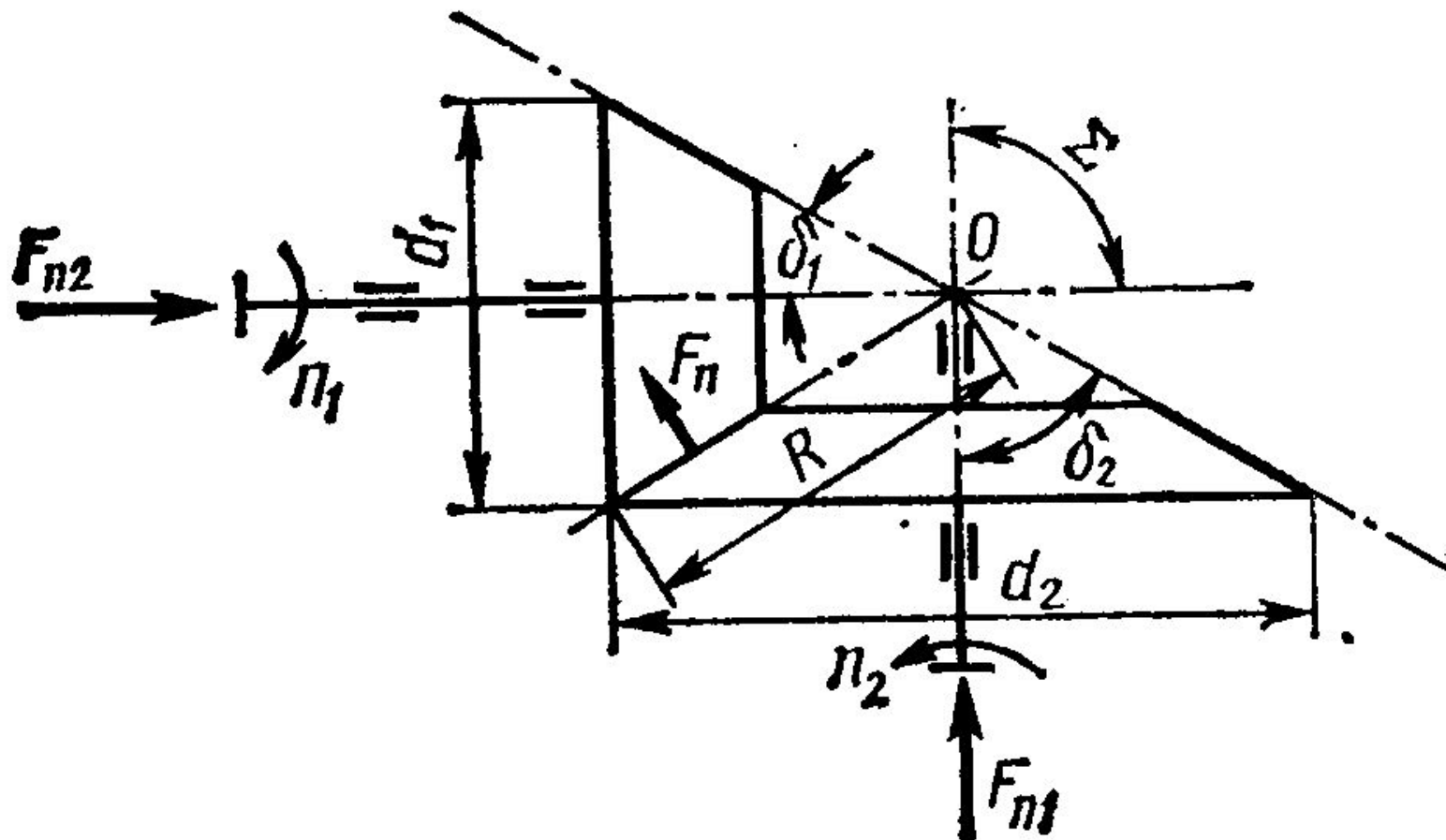


Рис. 3

# Фрикционные передачи

- Для передачи движения между валами с пересекающимися осями используют коническую фрикционную передачу (рис. 3). Угол  $2$  между осями валов может быть различным, чаще всего он равен  $90^\circ$ . Без учета проскальзывания передаточное отношение

$$u \approx \frac{d_2}{d_1};$$

# Фрикционные передачи

- Учитывая, что  $d_2 = 2R \sin \delta_2$ , а  $d_1 = 2R \sin \delta_1$ , для конической передачи получаем

$$u = \frac{\sin \delta_2}{\sin \delta_1};$$

# Фрикционные передачи

- и при  $\Sigma = \delta_1 + \delta_2 = 90^\circ$ ,
  - $u = \operatorname{tg} \delta_2 = \operatorname{ctg} \delta_2$ .

# Фрикционные передачи

- Необходимое значение сил прижатия  $F_{n1}$  и  $F_{n2}$  определяют из уравнений:

$$KF_t = f \cdot F_n = \frac{f \cdot F_{n1}}{\sin \delta_1}$$

$$KF_t = f \cdot F_n = \frac{f \cdot F_{n2}}{\sin \delta_2}; \quad (6)$$

# Фрикционные передачи

- Из формул (6) с учетом (5) следует, что с увеличением передаточного отношения уменьшается  $F_{n1}$  и увеличивается  $F_{n2}$ . Поэтому в понижающих конических передачах прижимное устройство целесообразно устанавливать на ведущем валу.

# Вариаторы

- **Лобовой вариатор** (см. рис. 2). Максимальное и минимальное значения передаточного отношения

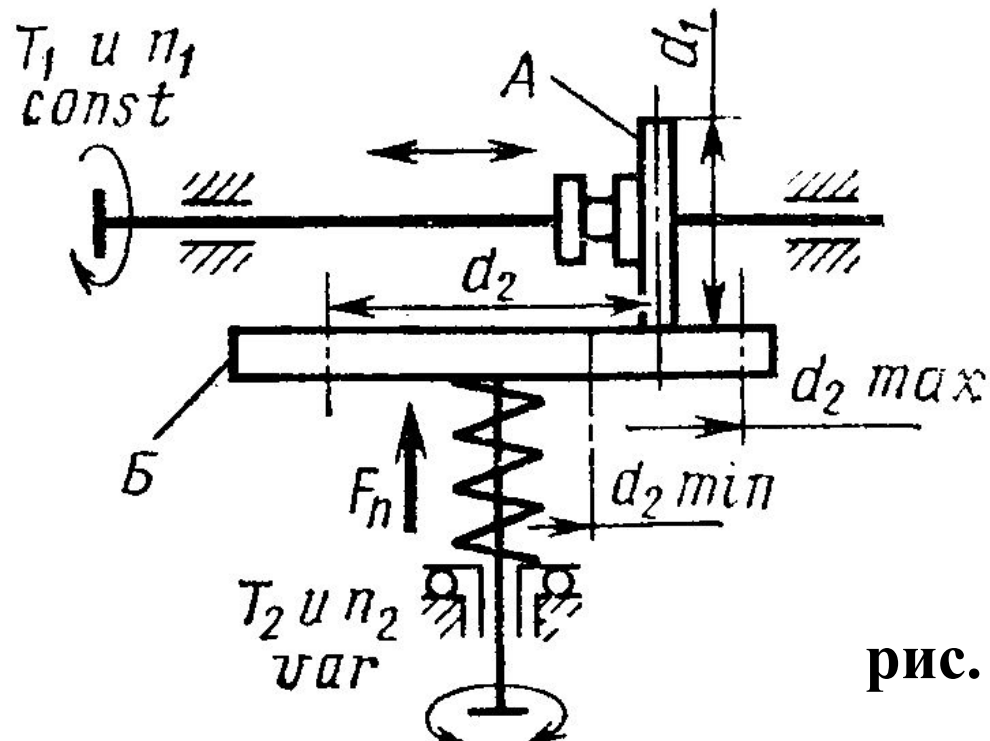


рис. 2

# Фрикционные передачи

- $i_{max} = n_1 / n_{2min} \approx d_{2max} / d_1 ;$
- $i_{min} = n_1 / n_{2max} \approx d_{2min} / d_1 ;$
- Диапазон регулирования
- $D = n_{2max} / n_{2min} = i_{max} / i_{min} = d_{2max} / d_{2min} ;$



# Фрикционные передачи

- *Диапазон регулирования является одной из основных характеристик любого вариатора.*
- Теоретически для лобового вариатора можно получить  $u_{min} \rightarrow 0$ , а  $D \rightarrow \infty$ . Практически диапазон регулирования ограничивают значениями  $D \leq 3$ . Это объясняется тем, что при малых  $d_2$  значительно возрастает скольжение и износ, а к. п. д. понижается.

# Вариаторы

- В отношении к. п. д. и износостойкости лобовые вариаторы уступают другим конструкциям. Однако простота и возможность реверсирования обеспечивают лобовым вариаторам достаточно широкое применение в маломощных передачах приборов и других подобных устройствах.

# Вариаторы

- Для повышения диапазона регулирования применяют двухдисковые лобовые вариаторы с промежуточным роликом (см. рис. 7, б). В этих вариаторах получают  $D=8. . .10$ .

# Вариаторы

- **Вариатор с раздвижными конусами** (рис. 4). Передающим элементом служит клиновидный ремень или специальная цепь. Винтовой механизм управления раздвигает одну и сдвигает другую пару конусов одновременно на одно и то же значение. При этом ремень перемещается на другие рабочие диаметры без изменения своей длины.



# Вариаторы

- Кинематические зависимости:
- $i_{\max} \approx d_{2\max}/d_{1\min}$ ,  $i_{\min} \approx d_{2\min}/d_{1\max}$ ,
- $D = d_{1\max} \cdot d_{2\max}/(d_{1\min} \cdot d_{2\min})$ ;

# Вариаторы

- Силовой расчет выполняют по теории ременных передач или с помощью специальных таблиц [34]. Максимальную (расчетную) нагрузку ремня определяют в положении, соответствующем  $i_{max}$ .

# Вариаторы

- Возможный по условиям конструкции диапазон регулирования зависит от ширины ремня. Стандартные приводные клиновые ремни по ГОСТ 1284.1—80 позволяют получать  $D$  до 1,5, а специальные широкие — до 5. Клиноременные вариаторы являются простыми и достаточно надежными.