

ПЛАН ЗАНЯТИЯ

Дата **3.10.2022** Группа: ХКМ 3/1. Курс: 3, семестр: V

Дисциплина: Техническая механика

Специальность: 15.02.06 «Монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям)»

Тема занятия: Ременные передачи

Цель занятия:

- *методическая* - совершенствование методики проведения лекционного занятия;

- *учебная* - развивать: умение самостоятельно работать с дидактическими материалами, создавать целостную картину новых понятий по ее частным понятиям; любознательность, наблюдательность, сообразительность; образное мышление и технический кругозор, в т.ч. с упором на жизненный практический опыт; формирование пространственного представления.

- *воспитательная* - воспитывать культуру общения (в том числе с использованием специальной терминологии), усидчивость, внимательность, графические и аналитические способности.

Вид занятия: Лекция

Межпредметные связи:

Обеспечивающие: Материаловедение, Инженерная графика

Обеспечиваемые: Управление обслуживанием ХО и К, дипломное проектирование

Рекомендуемая литература

Основная литература:

1. Никитин Е.М. Теоретическая механика для техникумов. М.: Высшая школа, 2014
2. Олофинская В.П. Техническая механика. Сборник тестовых заданий. – Москва, Форум, Инфра М, 2014.
3. Аркуша А.И. Техническая механика. – Москва, Высшая школа, 2012.

Дополнительная литература:

1. Аркуша А.И. Руководство к решению задач по теоретической механике. - М.: Высшая школа, 2012.
2. <https://www.youtube.com/watch?v=9aoYqxeXLsw> Ременная передача
3. <https://www.youtube.com/watch?v=dQQlalkZ6oY> Ременная передача
4. <https://www.youtube.com/watch?v=M3ST5OYXnW8> Ременная передача

Тема: Ременные передачи (6 часов)

1. Устройства для натяжения ремня
2. Плоскоременная передача. Конструкции ремней для плоскоременных передач
3. Геометрия передачи, кинематические соотношения и КПД плоскоременной передачи

1. Устройства для натяжения ремня

Для нормальной работы передачи необходимо предварительное натяжение ремня, обеспечивающее возникновение сил трения на участках контакта (ремень—шкив). Оно осуществляется:

- 1) вследствие упругости ремня — укорочением его при сшивке, передвижением одного вала или с помощью нажимного ролика;
- 2) под действием силы тяжести качающейся системы мы или силы пружины;
- 3) автоматически, в результате реактивного момента, возникающего на статоре двигателя;
- 4) с применением специальных натяжных устройств (рис.3, д и рис.3.2).

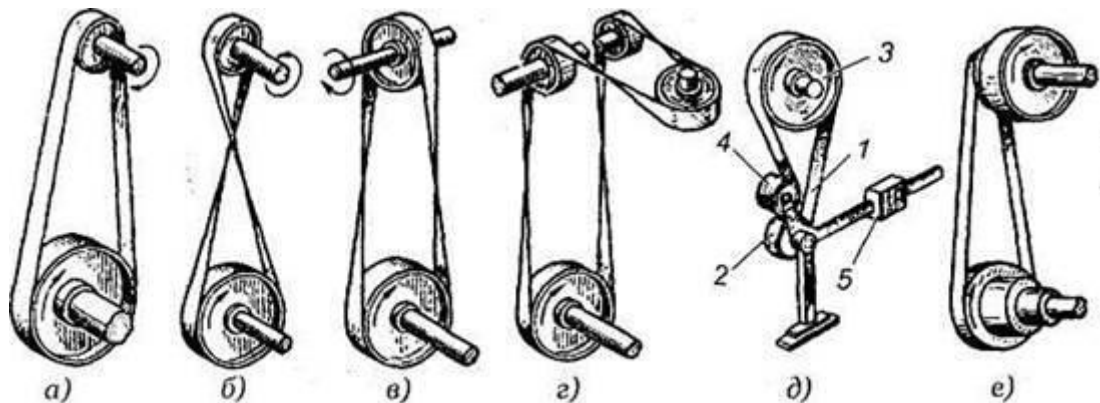


Рисунок 3- Виды ременных передач: а — открытая передача; б — перекрестная передача; в — полуперекрестная передача (со скрещивающимися валами); г — угловая передача (с направляющим роликом); д — передача с нажимным роликом; е — передача со ступенчатым шкивом

Так как на практике большинство передач работает с переменным режимом нагрузки, то ремни с постоянным предварительным натяжением в период недогрузок оказываются излишне натянутыми, что ведет к резкому снижению долговечности. С этих позиций целесообразнее применять третий способ, при котором натяжение меняется в зависимости от нагрузки и срок

службы ремня наибольший. Однако автоматическое натяжение в реверсивных передачах с непараллельными осями валов применить нельзя.

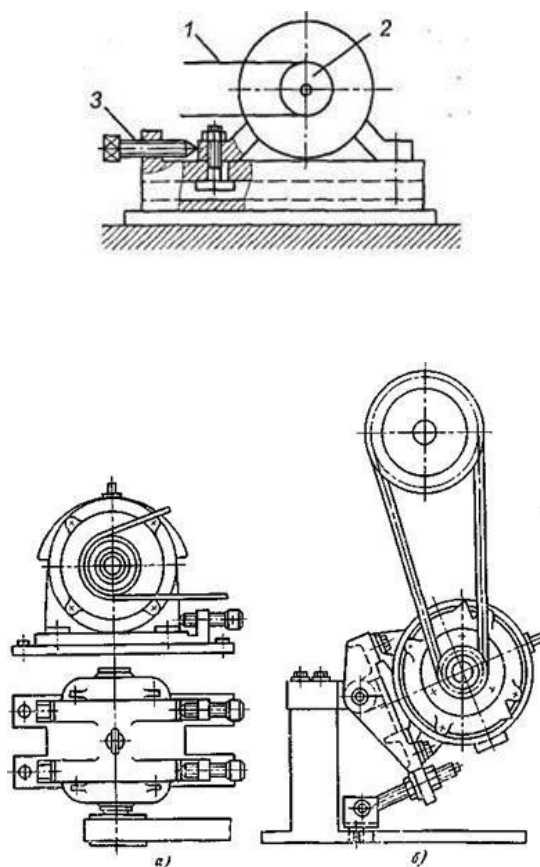


Рисунок 3.2 - Регулировка натяжения ремня перемещением двигателя:
 1 — ремень; 2 — шкив; 3 — натяжное устройство
 Способы регулирования натяжения ремней установки электродвигателя
 а) на салазках; б) на шарнирной плите

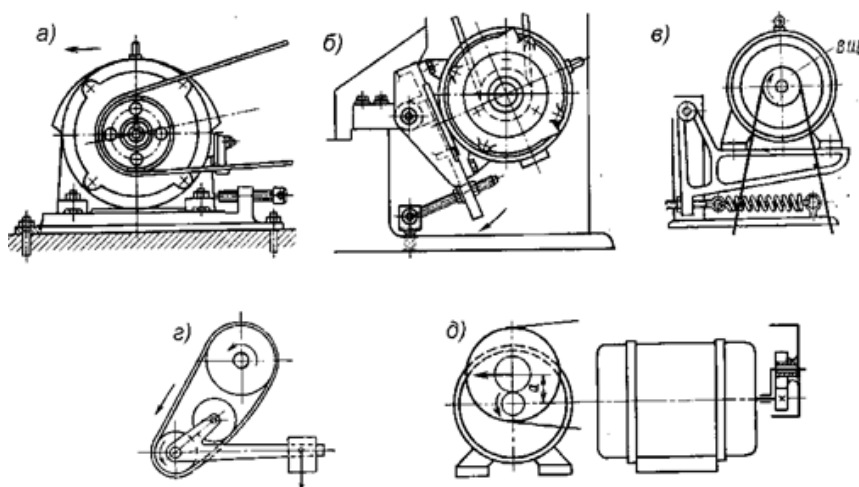


Рисунок 3.3- Способы предварительного натяжения приводных ремней

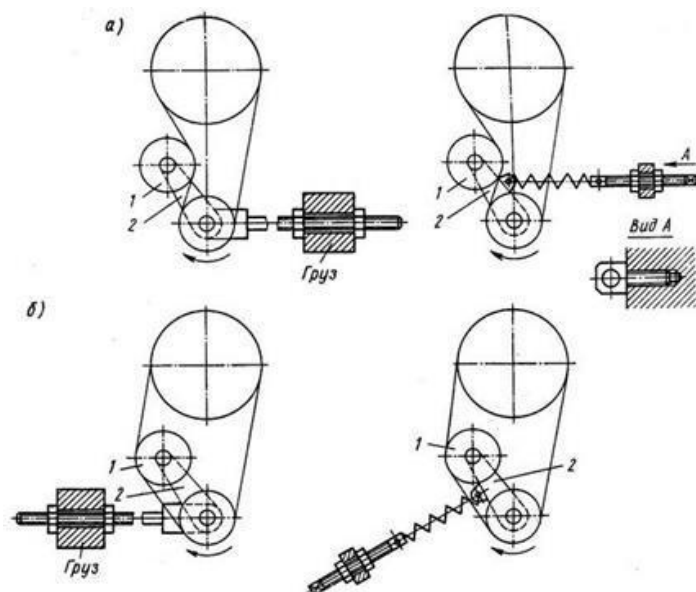


Рисунок 3.4 - Натяжные устройства а) с отклоняющим роликом; б) с оттяжным роликом

Первоначальное натяжение ремня обеспечивают одним из следующих способов:

- периодическим перемещением в процессе эксплуатации ременной передачи одного из её шкивов при помощи передачи “Винт-гайка” (рис. 3.3, а; б);
- автоматическим перемещением одного из шкивов передачи, вызываемым силой тяжести вспомогательных грузов или упругости пружины (рис. 3.3, в);
- перемещением (периодическим или автоматическим, используя дополнительные грузы или пружины) специального натяжного или оттяжного ролика (рис. 3.3, г, рис.3.4, а, б), обычно взаимодействующего с внутренней стороной (что повышает долговечность ремня из-за отсутствия его перегибов в противоположную сторону) ведомой ветви ремня;
- специальными устройствами (рис. 3.3, д), автоматически обеспечивающими в процессе эксплуатации передачи необходимое значение натяжения её ремня в зависимости от конкретного значения внешней нагрузки;
- предварительным упругим растяжением ремня (наименее надежный способ, практически не применяемый в настоящее время).

В ременных передачах со шкивом, расположенным на валу электродвигателя, наибольшее применение получили натяжные устройства, которые предусматривают периодическое (при помощи передачи “Винт-гайка”) перемещение (осуществляемое при профилактических работах, проводимых в процессе эксплуатации передачи) этого шкива вместе с электродвигателем, устанавливаемым в этом случае на салазках (рис. 3.3, а) или поворотной плите (рис. 3.3, б).

В передачах, имеющих шкив, установленный на приводном валу проектируемого изделия, основное применение получили устройства с натяжным роликом (рис. 3.3, г).

2. Плоскоременная передача. Конструкция и основные геометрические соотношения

*Ременную передачу с параллельными, пересекающимися или скрещивающимися осями с плоским приводным ремнем называют **плоскоременной**.*

На рис. 1 показаны варианты плоскоременной передачи. Эта передача проста по конструкции, может работать при весьма высоких скоростях (до 100 м/с) и больших межосевых расстояниях (до 15 м).

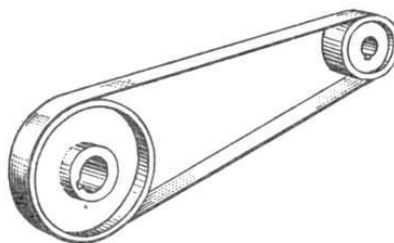


Рисунок 1 - Плоскоременная передача

Вследствие большой эластичности ремня она обладает сравнительно высокой долговечностью. Они требуют шкивов с простейшей формой обода, допускают передачу вращательного движения между валами, как угодно расположенными в пространстве, а вследствие малой толщины плоские ремни обладают наибольшей (по сравнению с другими видами приводных ремней) гибкостью, в связи с чем они испытывают меньшие напряжения изгиба при своем движении по шкивам передачи. Для плоскоременных передач рекомендуется принимать $u < 6$ (с натяжным роликом — до 10).

Однако плоскоременные передачи требуют более высокого, чем остальные виды передач, значения усилия первоначального натяжения ремня F_0 , необходимого для работы без буксования на шкивах, вследствие чего повышаются нагрузки на валы передачи и их подшипники. Помимо этого, из-за особенностей технологии изготовления значительная часть плоских ремней выпускается не бесконечными (замкнутыми), а в виде лент конечной длины - в рулонах. Поэтому при монтаже плоскоременной передачи концы ремня приходится соединять друг с другом. Соединение концов ремня в той или иной степени повышает его жесткость и вес в зоне этого соединения, что ухудшает работу ремня на шкивах и значительно снижает его долговечность.

Поэтому плоские ремни в настоящее время получили весьма ограниченное применение (только при необходимости передачи вращения на расстояние свыше 4 м и при скоростях движения ремня свыше 40 м/с).

На практике встречаются самые различные конструкции передач с плоским ремнем. Рассмотрим наиболее типичные:

- **открытая** (см. рис. 3, а) — самая простая, надежная и удобная в работе передача; ее применяют при параллельных осях;

- **перекрестная** (см. рис. 3, б) — используется при необходимости вращения шкивов в противоположных направлениях и параллельных осях. Имеет повышенное изнашивание кромки ремня. Эта передача не находит широкого применения;

- **полуперекрестная** (см. рис. 3, в) — передача для перекрещивающихся осей;

- **угловая** (рис. 3, г) — рекомендуется при пересекающихся осях (преимущественно под углом 90°).

Материалы плоскоремennых передач

Общие требования к материалам приводных ремней: износостойкость и прочность при циклических нагрузках; высокий коэффициент трения со шкивами; малый модуль упругости и изгибную жесткость.

Этим условиям удовлетворяют высококачественная кожа и синтетические материалы (резина), армированные белтинговым тканевым (ГОСТ 6982-54), полимерным (капрон, полиамид С-6, каучук СКН-40, латекс) или металлическим кордом. Применяются прорезиненные тканевые ремни (ГОСТ 101-54), слоистые нарезные ремни с резиновыми прослойками, послойно и спирально завёрнутые ремни. В сырых помещениях и агрессивных средах применяют ремни с резиновыми прокладками. На рис. 3.5 приведены конструкции основных типов плоских ремней: резинотканевые (рис. 3.5,а); прорезиненные кордошнуровые (рис. 3.5,б); синтетические (рис. 3.5,в).

Шкивы изготовляют из чугуна марки СЧ10, СЧ15, СЧ25 и др. Шкив сварных конструкций изготовляют из стали марок Ст1, Ст2 и др. Для шкивов облегченных конструкций используют алюминиевые сплавы, текстолиты.

Для уменьшения проскальзывания ремня для изготовления шкивов ременной передачи желательно выбрать текстолит. По сравнению с перечисленными материалами в этом случае передача будет иметь большую надежность работы без пробуксовки.

Конструкции ремней для плоскоремennых передач

По виду применяемого материала в современном машиностроении получили основное применение тканевые и прорезиненные ремни. В свою очередь, тканевые ремни бывают резинотканевыми и синтетическими (рис.3.5). Размеры и характеристики кожаных, прорезиненных и хлопчатобумажных ремней стандартизованы (табл. 1)

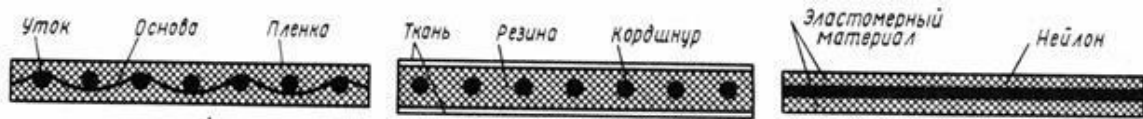


Рисунок 3.5 - Основные типы плоских ремней: а — резинотканевый ремень; б — прорезиненный кордшнуровый ремень; в — синтетический ремень

Кожаные ремни изготавливают из кожи животных (кожу подвергают специальному дублению). Эти ремни обладают высокой тяговой способностью, эластичностью и износостойкостью, допускают меньшие диаметры шкивов, хорошо работают при переменных и ударных нагрузках. Однако из-за дефицитности и высокой стоимости в настоящее время их применяют редко, только для особо ответственных конструкций. Кожаные ремни не рекомендуются для эксплуатации в средах с высокой влажностью, с парами кислот и щелочей.

Основа прорезиненного ремня — прочная кордовая провулканизованная крупноплетенная техническая хлопчатобумажная ткань (бельтинг) в 2-9 слоев связанных между собой вулканизированной резиной. Ткань, имеющая больший модуль упругости, чем резина, передает основную часть нагрузки.

В зависимости от варианта укладки тканевой основы перед вулканизацией ремни делят на три типа (рис.4): *А* — нарезные (ткань нарезается по ширине ремня), кромки защищены специальным водостойким составом, применяются наиболее часто, скорость ремня до 30 м/с; *Б* — послойно-завернутые, используются для тяжелых условий работы при скоростях до 20 м/с; *В* — спирально-завернутые изготавливаются, из одного куска бельтинговой ткани без прослоек между прокладками, применяются при малых нагрузках и скоростях до 15 м/с, обеспечивает повышенную износостойкость кромок. Наиболее гибкие ремни типа *А*, они получили преимущественное распространение. Недостатком этих ремней является разрушающее воздействие на них минеральных масел, бензина, щелочей. Прорезиненные ремни всех типов изготавливают как без резиновых обкладок (для нормальных условий работы), так и с обкладками (для работы в сырых помещениях, а также в среде, насыщенной парами кислот и щелочей).

Текстильные ремни (хлопчатобумажные и шерстяные) изготавливают в несколько слоев из шерстяных и хлопчатобумажных нитей. Пропитываются составом из олифы, порошкового мела и железного сурика. Они менее

чувствительны к повышенной температуре, влажности, парам кислот и щелочей, что и определяет их область применения.

Хлопчатобумажные ремни изготавливают на ткацких станках из хлопчатобумажной пряжи в несколько переплетающихся слоев (четыре-восемь) с последующей пропиткой азокеритом и битумом. Хлопчатобумажные ремни имеют меньшую стоимость, чем прорезиненные.

Шерстяные ремни изготавливают из шерстяной пряжи, переплетенной и прошитой хлопчатобумажной пряжей, пропитанной составом из олифы, мела и железного сурика. Нагрузочная способность этих ремней выше, чем хлопчатобумажных. Находят применение в химической промышленности.

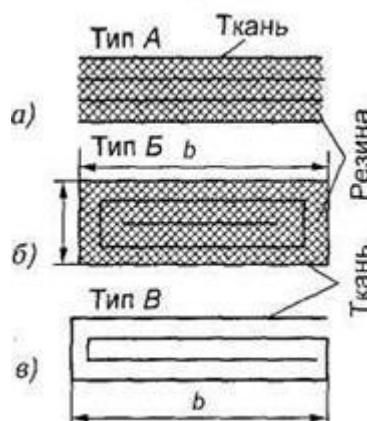


Рисунок 4 - Конструкции плоских ремней

Синтетические тканевые ремни изготавливают из мешковых капроновых тканей просвечивающегося переплетения. Эти ткани пропитывают раствором полиамида С-6 и покрывают пленкой на основе этого полиамида с нитрильным каучуком.

Широкое распространение получают пленочные ремни из капроновой ткани или саржи с фрикционным покрытием (пленкой)

Синтетические ремни ввиду их повышенной прочности и долговечности, а также возможности обеспечить достаточно высокое значение коэффициента трения являются наиболее перспективными из тканевых ремней. Эти ремни имеют малую массу и сравнительно высокий коэффициент трения с шкивом ($f \ll 0,5$). Применяются в приводах быстроходных и сверхбыстроходных передач ($[v] < 100$ м/с).

Однако до сих пор они изготавливаются в ограниченном диапазоне размеров, что сдерживает возможность их более широкого применения.

Примеры условных обозначений ремней:

- ремень резинотканевый шириной $b = 50$ мм с четырьмя прокладками из ткани Б-800 толщиной $\delta = 4,5$ мм из резины класса В: *Ремень 50 - 4- Б-800 - 4,5 - В ГОСТ 23831-79*

- ремень сечения В длиной $l = 2500$ мм с кордтканью: *Ремень В 2500 Т ГОСТ 1284.1-80 - ГОСТ 1284.2-80*

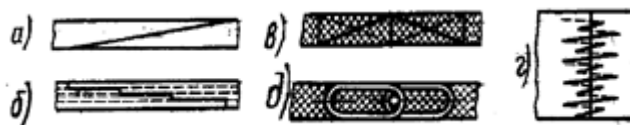
- ремень сечения Б длиной $l = 1800$ мм с кордшнуром: *Ремень Б 1800 Ш ГОСТ 1284.1-80 - ГОСТ 1284.2-80.*

Соединение ремней

Плоские ремни в основном изготавливают в виде длинных лент и поставляют потребителю в рулонах. Перед установкой ремня производят соединение его концов (для получения замкнутой ленты) методом склеивания, сшивания или скрепления металлическими деталями. Соединение концов ремней оказывает большое влияние на работу передачи, особенно при больших скоростях. Выбирая тип соединения следует учитывать рекомендации специальной литературы.

Сшивка — широко доступный метод, приемлемый для любых типов ремней. Сшивку концов ремня встык или внахлестку производят ушивальниками — ремешками из сыромятной кожи. Иногда для сшивки применяют жилные струны (диаметром 1,5-3,0 мм).

Соединение концов ремня



**Рисунок 4.1- Соединение ремней: а) склеивание по косому срезу; б) склеивание по ступенчатой поверхности;
в), г) сшивка встык жилными струнами; д) сшивка проволочными спиралями.**

Самый совершенный способ соединения — склеивание, которое производят для однородных ремней по косому срезу (рис.4.1,а), для слоёных по ступенчатой поверхности (рис.4.1,б). Надёжным способом считают сшивку встык жилными струнами (рис.4.1,в, г). Из механических соединений лучшими являются проволочные спирали, которые продеваются в отверстия и после прессования обжимают концы ремней (рис.4.1,д).

Конструкции шкивов плоскоремennых передач

Шкив (рис.5, а) состоит из обода 1, спин (или диска) 2 и ступицы 3. Плоскоремennые шкивы имеют гладкую рабочую поверхность обода и по стандарту выполняются трех исполнений (рис.5, б).

Для предупреждения спадания плоского ремня со шкивов один из них (чаще больший) выполняют с выпуклым ободом, описанным по дуге, или цилиндрическими с двусторонней конусностью (рис.5, б). Стрелу выпуклости обода шкива h принимают в зависимости от диаметра шкива D и ширины ремня b . Ведущий шкив применяют второго исполнения, ведомый — первого и второго. Шероховатость $R_z \leq 10$ мкм.

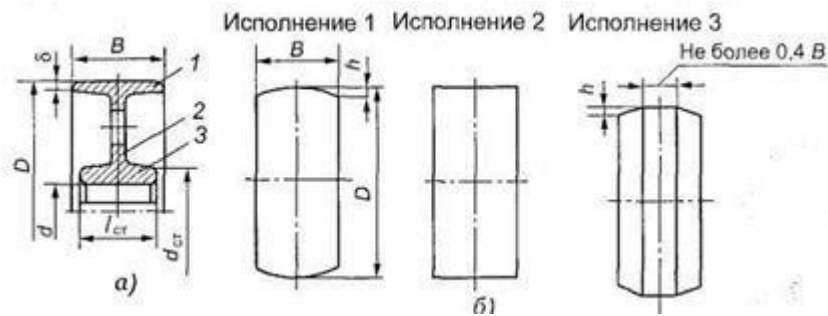


Рисунок 5 - Конструкции шкивов плоскоременных передач

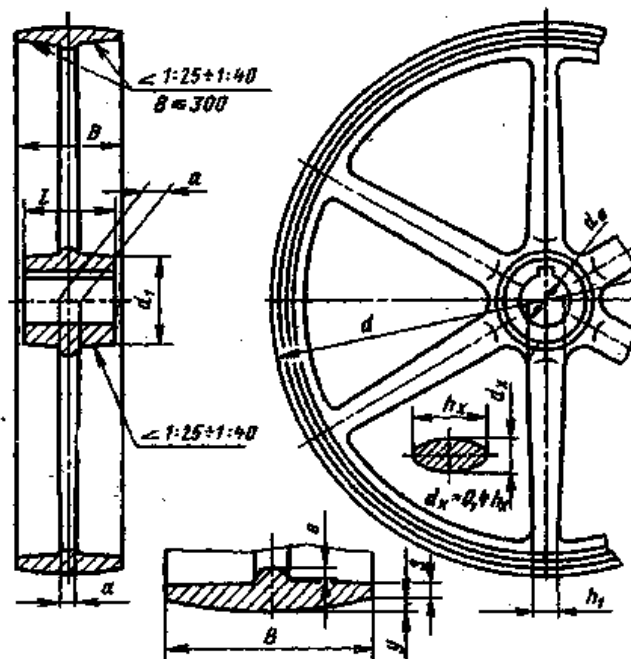


Рисунок 5.1-Шкив плоскоременной передачи

В высокоскоростных передачах ($V > 40$ м/с) на шкивах выполняют кольцевые канавки, которые, как показывает практика, уменьшают «аэродинамический клин» между ремнем и шкивом, ослабляющий сцепление между ними.

Шкивы обычно изготавливают чугунными литыми, стальными, сварными или сборными, литыми из лёгких сплавов и пластмасс. Диаметры шкивов определяют из расчёта ременной передачи, а потом округляют до ближайшего значения из ряда $R40$ (ГОСТ 17383-73*). Чугунные шкивы применяют при скоростях до $30 \div 45$ м/с. Шкивы малых диаметров до 350 мм имеют сплошные диски, шкивы больших диаметров – ступицы эллиптического переменного сечения. Стальные сварные шкивы применяют при скоростях $60 \div 80$ м/с. Шкивы из лёгких сплавов перспективны для быстроходных передач до 100 м/с.

У шкивов быстроходных передач рабочая поверхность выполняется полированной. При скорости $v > 5$ м/с шкивы подвергаются статической балансировке, шкивы быстроходных передач — динамической.

3. Геометрия передачи, кинематические соотношения и КПД плоскоременной передачи

Основные геометрические параметры D_1 и D_2 — диаметры ведущего и ведомого шкивов; a — межосевое расстояние; B — ширина шкива; L — длина ремня; α — угол обхвата; β — угол между ветвями ремня (рис.6).

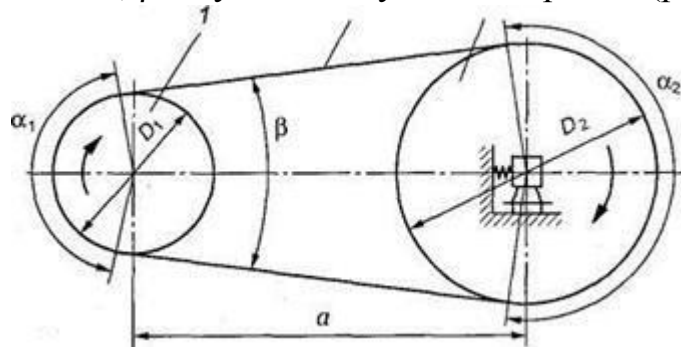


Рисунок 6 - Основные геометрические параметры ременных передач

Углы α_1 и α_2 , соответствующие дугам, по которым происходит касание ремня и обода шкива, называют углами обхвата. Перечисленные геометрические параметры являются общими для всех типов ременных передач.

Расчет геометрических параметров.

1. Межосевое расстояние (расстояние между геометрическими осями валов) определяется конструктором машины или ее привода

$$a = \frac{1}{8} \{ 2L - \pi(D_2 + D_1) + \sqrt{[2L - \pi(D_2 + D_1)]^2 - 8(D_2 - D_1)^2} \}, \quad (1)$$

где L — расчетная длина ремня; D_1 и D_2 — диаметры ведущего (1) и ведомого (2) шкивов.

Для нормальной работы плоскоременной передачи должно соблюдаться условие:

$$\begin{aligned} a_{\min} &\geq 1,5(D_1 + D_2); \\ a_{\max} &\geq 2,5(D_1 + D_2) \end{aligned} \quad (2)$$

при этом a должно быть не более 15 м.

2. Расчетная длина ремня (без учета припуска на соединение концов)

$$L \cong 2a + \frac{\pi}{2}(D_1 + D_2) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4a}; \quad (3)$$

на сшивку добавляют еще 100-300 мм.

3. Диаметр ведущего шкива (малого), мм

$$D_1 = (520 \div 610) \sqrt[3]{\frac{P_1}{\omega_1}}, \quad (4)$$

где P_1 — мощность на ведущем валу, кВт; ω_1 — угловая скорость ведущего вала, рад/с.

4. Диаметр ведомого шкива

$$D_2 = u D_1 (1 - \varepsilon) \approx u D_1; \quad (5)$$

где u — передаточное число; ε — коэффициент скольжения.

При диаметре $D > 300$ мм шкивы изготавливают с четырьмя—шести спицами. Для шкивов, имеющих отклонения от стандартных размеров, производят расчет на прочность. Обод рассчитывают на прочность как свободно вращающееся кольцо под действием сил и

Допускаемые углы обхвата ременных передач.

Вследствие вытяжки и провисания ремня при эксплуатации углы обхвата α измеряются приближенно (в градусах):

$$\alpha \cong 180^\circ - \frac{D_2 - D_1}{a} 57,3^\circ. \quad (6)$$

В формуле (6) выражение

$$\frac{D_2 - D_1}{a} 57,3^\circ = \beta, \quad (7)$$

где β — угол между ветвями ремня (для плоскоременной передачи ($\beta < 30^\circ$)). Угол β между ветвями ремня влияет на величину углов обхвата (α_1 и α_2). Рекомендуется принимать также значение диаметров шкивов (D_1 и D_2), чтобы соблюдалось условие

$$\alpha_1 = (180 - \beta) \geq [\alpha], \quad (8)$$

где для плоскоременной передачи $[\alpha] = 150^\circ$, для клиноременной — $[\alpha] = 120^\circ$.

Скорости ременных передач.

Окружные скорости на шкивах, м/с:

$$v_1 = \frac{\pi D_1 n_1}{60000} \text{ и } v_2 = \frac{\pi D_2 n_2}{60000}, \quad (8.1)$$

где D_1 и D_2 — диаметры ведущего и ведомого шкивов, мм; n_1 и n_2 — частоты вращения ведущего и ведомого шкивов, мин⁻¹.

Окружная скорость на ведомом шкиве v_2 меньше скорости на ведущем v_1 вследствие скольжения:

$$v_2 = v_1(1 - \varepsilon), \quad (8.2)$$

где ε — коэффициент скольжения.

$$\varepsilon = \frac{n_2 - n'_2}{n_2}, \quad (8.3)$$

где n_2 — частота вращения на холостом ходу; n'_2 — частота вращения под нагрузкой.

Передаточное число.

В ременной передаче, как и во фрикционной, в результате упругого скольжения ремня окружные скорости не одинаковые. Отсюда передаточное число

$$u = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1(1 - \varepsilon)} = \frac{T_2}{\eta T_1}, \quad (9)$$

где ω_1 , n_1 — угловая скорость и частота вращения ведущего шкива; ω_2 , n_2 — то же, ведомого шкива; D_1 , D_2 — диаметры ведущего и ведомого шкивов; ε — коэффициент скольжения; T_1 , T_2 — крутящие моменты на ведущем и ведомом валах; η — КПД передачи.

Относительная потеря скорости на шкивах характеризуется коэффициентом скольжения; при незначительном значении этого коэффициента ($\varepsilon < 0,02$) приближенно имеем

$$u \cong \frac{D_2}{D_1}. \quad (10)$$

Упругое скольжение является причиной некоторого непостоянства передаточного отношения в ременной передаче. При перегрузке дуга покоя уменьшается до 0, ремень начинает скользить по всей поверхности шкива, наступает режим буксования. При этом ведомый шкив останавливается, а КПД передачи равен 0.

КПД ременных передач.

Учитывая потери при работе, КПД передачи определяют из выражения

$$\eta = 1 - (\psi_y + \psi_{пл} + \psi_{св}), \quad (11)$$

где ψ_y — относительные потери, связанные со скольжением на шкивах и вследствие упругости ремня; $\psi_{пл}$ — относительные потери в опорах; $\psi_{св}$ — относительные потери от сопротивления воздуха (учитываются лишь при больших шкивах со спицами).

Если известная мощность P_1 на ведущем шкиве и мощность P_2 на ведомом (уменьшенная за счет потерь), то КПД передачи

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \quad (12)$$

для плоскоремненной открытой передачи среднее значение КПД 0,96-0,98; для клиноремненной передачи 0,95-0,96; для передачи с натяжным роликом

Контрольные вопросы

1. В чем сущность упругого скольжения ремня на шкивах?
2. Как соединяются концы ремня?
3. Какие силы действуют в ремне?
4. Каково назначение натяжного устройства?

Задание для самостоятельной работы:

1. Краткий конспект лекции
2. Просмотреть видео из списка литературы
3. Письменно ответить на контрольные вопросы

Фотографии отчета прислать в личном сообщении ВК <https://vk.com/id139705283>

На фотографиях сверху должна быть фамилия, дата выдачи задания, группа, дисциплина. Например: «Иванов И.И, 3.10.2022 , группа ХКМ 3/1, Техническая механика».