



Министерство образования и науки Российской Федерации

**Федеральное бюджетное государственное образовательное
учреждение высшего профессионального образования**

**" САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ"**

Кафедра Машиноведение и детали машин

Е.А. Тарасенко

ДЕТАЛИ МАШИН И ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ
РЕМЕННЫЕ ПЕРЕДАЧИ

Методические указания к выполнению лабораторной работы

Санкт-Петербург
2012

УДК 620.1: 621.81 (075.8)

ББК 34.41я7

Е.А. Тарасенко Детали машин и основы конструирования: Ременные передачи. Методические указания к выполнению лабораторной работы /СПб.: Изд-во Политехн.ун-та, 2012. - 13 с.

В методических указаниях приведены основные теоретические сведения, методика проведения лабораторной работы и рекомендации по оформлению отчетов.

Методические указания предназначены для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям 150700 «Машиностроение», 151000 «Технология машиностроения и оборудование», 151600 «Прикладная механика», 151900 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительного производства», 190100 «Наземные транспортно-технологические комплексы» при изучении соответствующих разделов по дисциплинам «Детали машин и основы конструирования», «Механика. Детали машин». Может быть использовано в системах непрерывного образования.

Табл.6. Илл.7 . Библиогр. 3

Ременные передачи

Цель работы: ознакомиться с особенностями ременных передач, оценить их преимущества и недостатки, области применения; ознакомиться с конструкциями и основными параметрами приводных ремней, критериями их работоспособности.

Оборудование и принадлежности: лабораторная установка, набор ремней, измерительный инструмент.

Краткие теоретические сведения

Ременная передача состоит из ведущего и ведомого шкивов и ремня, надетого на шкивы с натяжением и передающего окружную силу за счет трения со шкивами (рис. 1).

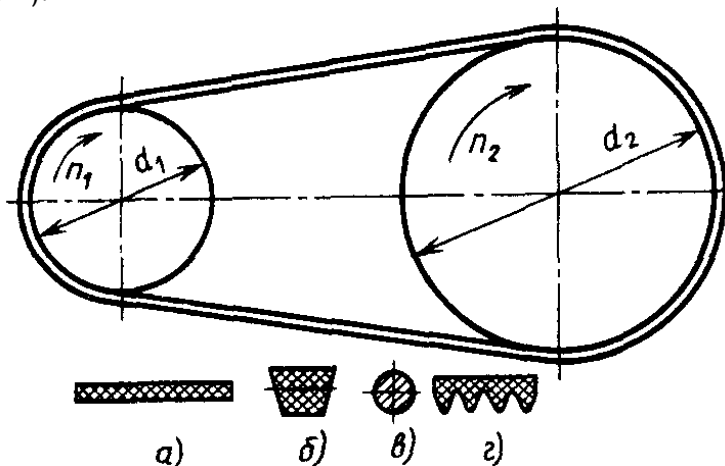


Рис. 1. Схема ременной передачи

Ремни выполняют с сечением в виде узкого прямоугольника – плоские ремни (рис.1,а); трапециевидного сечения – клиновые ремни (рис.1,б) круглого сечения – круглые ремни (рис.1,в), поликлиновые ремни (рис.1,г), и зубчатые ремни (рис.2).

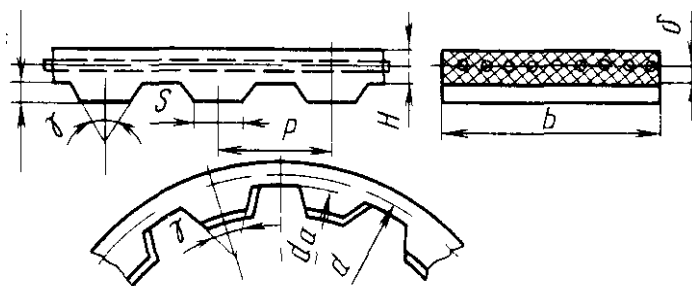


Рис. 2. Зубчатый ремень

Наиболее широкое распространение имеют клиновые и плоские ремни.

Достоинства ременных передач, определяющие области их применения:

- 1) возможность передачи движения на значительные расстояния;
- 2) плавность работы – смягчение толчков, бесшумность;
- 3) возможность работы с высокими частотами вращения;
- 4) малая стоимость.

Недостатки ременных передач:

- 1) значительные габариты – обычно в несколько раз большие, чем у зубчатых;
- 2) непостоянство передаточного отношения из-за проскальзывания ремня относительно шкива;

3) значительные силы давления на валы и опоры для создания сил трения между ремнем и шкивом, обеспечивающих передачу необходимых вращающих моментов; необходимость, за редкими исключениями, устройств для натяжения ремней;

4) необходимость предохранения ремня от попадания масла;

5) малая долговечность ремней в быстроходных передачах.

Условием работы ременных передач является натяжение ремня, которое должно сохраняться во время эксплуатации.

Натяжение обеспечивают одним из следующих способов:

1) перемещением одного из шкивов по салазкам (рис.3,а) или поворотом качающейся плиты (рис.3,б);

2) натяжным роликом (рис.3,в);

3) предварительным упругим растяжением ремня при неподвижных опорах шкивов (наименее надежный способ, выходящий из употребления);

4) автоматическим устройством, обеспечивающим регулирование натяжения в зависимости от нагрузки.

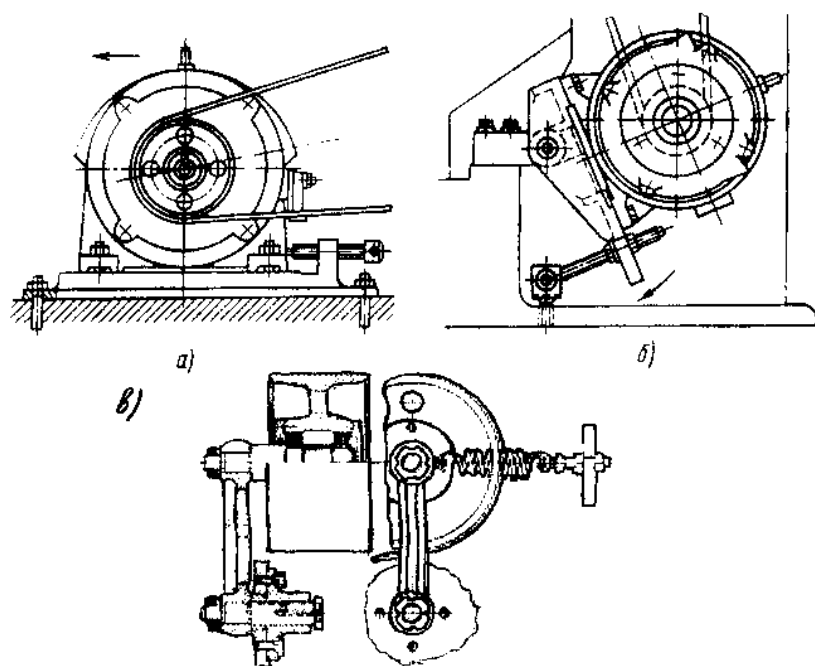


Рис. 3. Устройства натяжения ремней: а – по салазкам; б – поворотом качающейся плиты; в – натяжным роликом

Общие требования к материалам приводных ремней:

а) достаточная прочность при переменных напряжениях;

б) износостойкость;

в) достаточный коэффициент трения со шкивами;

г) невысокая изгибная жесткость.

У большинства современных ремней прочность обеспечивается специальными слоями корда, а повышенный коэффициент трения – пропиткой или обкладками. Несущие слои, расположенные по центру тяжести сечений, имеют высокий модуль упругости.

В настоящее время в промышленности наибольшее распространение получили синтетические, прорезиненные кордошнуровые, резинотканевые, кожаные и хлопчатобумажные ремни.

Синтетические ремни являются наиболее перспективными ввиду их повышенной прочности, долговечности, возможности обеспечить достаточно высокий коэффициент трения и позволяют получить высокие окружные скорости. Изготавливаются в ограниченном диапазоне размеров из мешковых капроновых

тканей просвечивающего переплетения, пропитываются раствором полиамида и покрываются пленкой на основе полиамида с нитрильным каучуком. Допустимая скорость ремня при толщине 0,8 мм – до 75 м/с, при толщине 1 мм – до 40 м/с.

Кордошнуровые прорезиненные ремни изготавливают из кордовых шнуров, провулканизированных резиной. Кордошнуровые ремни с лавсановым шнуром являются наиболее совершенными из прорезиненных ремней. В прорезиненных ремнях резина обеспечивает работу ремня как единого целого, повышенный коэффициент трения защищает корд от повреждений. Недостатком этих ремней является разрушающее действие на них минеральных масел, бензина, щелочей.

Резинотканевые ремни состоят из нескольких слоев хлопчатобумажной ткани – бельтинга, связанных вулканизированной резиной. Они выпускаются шириной от 20 до 1200 мм. Поставляются в рулонах. Для повышения гибкости их выполняют с резиновыми прослойками между прокладками. Кромки пропитаны специальным водоупорным составом.

Кожаные ремни обладают универсальными эксплуатационными свойствами, высокой несущей способностью и долговечностью, допускают работу со значительными скоростями (40...45 м/с), хорошо работают в условиях переменных и ударных нагрузок, ввиду своей гибкости могут работать на шкивах малых диаметров. Кожаные ремни предназначены для передачи малых и средних мощностей и имеют ширину 20...300 мм, применяются крайне редко из-за дефицитности кожи.

Хлопчатобумажные ремни применяют в легких быстроходных передачах со шкивами малых диаметров. Они дешевле других, но менее долговечны и более чувствительны к повреждению кромок. Выпускаются шириной 30...250 мм. В настоящее время эти ремни выходят из употребления.

Клиновые ремни – это ремни трапециевидного сечения с боковыми рабочими сторонами, работающие на шкивах с канавками соответствующего профиля (рис.4). Глубина канавок шкивов должна быть такой, чтобы между внутренней поверхностью ремней и дном желобков шкива сохранялся зазор.

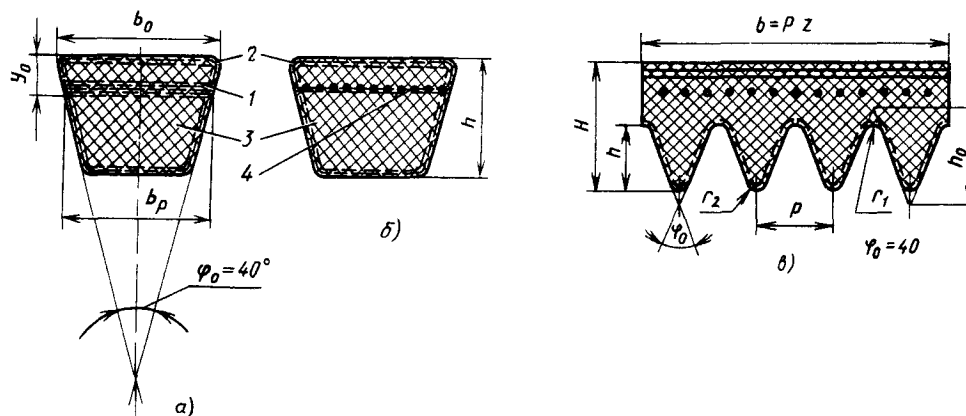


Рис. 4. Клиновые и поликлиновые ремни: 1 – слой кордоткани; 2 – слой прорезиненной ткани (обертка); 3 – резина; 4 – кордошнур

Ремни отличаются повышенными силами сцепления со шкивами и, следовательно, повышенной тяговой способностью. Недостатком клиновых ремней являются повышенные напряжения изгиба из-за большой высоты трапециевидального сечения ремня. Это частично компенсируется тем, что ремни изготавливают из материала с малым модулем упругости.

Конструкция клинового ремня приведена на рис. 4, основные геометрические параметры передачи – в табл.1.

Таблица 1

Размеры сечения и длины клиновых ремней;
минимальные диаметры шкивов

Тип ремня	Обозначение сечения	b_p , мм	b_0 , мм	h , мм	y_0 , мм	A , мм ²	Пределные расчетные длины, мм	d_{min} , мм	T_1 , Нм
Клиновые по ГОСТ 12841-80 и 12843-80	О (Z)	8,5	10	6	2,1	47	400...2500	63	<25
	А (A)	11	13	8	2,8	81	560...4000	90	11...70
	Б (B)	14	17	10,5	4,0	138	800...6300	125	40...190
	В (C)	19	22	13,5	4,8	230	1800...10 600	200	110...550
	Г (D)	27	32	19	6,9	476	3150...15000	315	450...2000
	Д (E)	32	38	23,5	8,3	692	4500...18000	500	1100...4500
Клиновые узкие по ТУ 38-40534-75 и ТУ38-105161-84	УО	8,5	10	8	2	56	630...3550	63	<150
	УА	11	13	10	2,8	93	800...4500	90	90...400
	УБ	14	17	13	3,5	159	1250...8000	140	300...2000
	УВ	19	22	18	4,8	278	2000...8000	224	> 1500

Примечание. В скобках даны обозначения ремней в международной системе. T_1 – момент на быстроходном шкиве, A – площадь поперечного сечения ремня.

Поликлиновые ремни – бесконечные плоские ремни с продольными клиновыми выступами – ребрами на внутренней поверхности, входящими в кольцевые клиновые канавки в шкивах (рис.4,в). Несущий слой ремней выполняют в виде кордошнура из химических волокон: вискозы, стекловолокна или лавсана. Передачи с поликлиновыми ремнями имеют меньшие габариты, допускают работу со скоростями до 40 м/с и могут выполняться с передаточными отношениями до 10...15.

Круглые ремни выполняют кожаными, капроновыми, хлопчатобумажными, реже – прорезиненными. Диаметры ремней – в пределах 3...12 мм, обычно 4...8 мм. Минимально допустимое отношение диаметра малого шкива к диаметру ремня – 20, рекомендуемое – 30. Канавки шкивов изготавливают полукруглыми с радиусом, равным радиусу ремня, или трапециевидным с углом 40°.

Основные характеристики ременных передач

Мощности. Ременные передачи применяют преимущественно в диапазоне мощностей 0,3...50 кВт. Встречаются передачи до 1500 кВт и выше, но в новых машинах мощные (свыше 300 кВт) ременные передачи из-за больших габаритов применяют весьма редко.

Скорости и передаточные отношения. Скорости плоских ремней из традиционных материалов изменяются в диапазоне 5...30 м/с. Однако выполнение ремней из новых материалов и более совершенных конструкций позволяет применять быстроходные передачи со скоростью ремня до 80...100 м/с. Скорости клиновых ремней сечений О, А, Б, В не должны превышать 25 м/с, а сечений Г, Д, Е – 30 м/с. Скорости узких клиновых и поликлиновых ремней – до 40 м/с.

Верхний предел скоростей ограничивается ухудшением условий работы ремней в связи с ростом действующих на них центробежных сил, нагревом, образованием воздушных подушек между ремнем и шкивами и, как следствие, резким понижением долговечности и КПД передач.

Пределные значения передаточных отношений в ременных передачах определяются допустимыми габаритами передачи, а также условием получения достаточного угла обхвата на малом шкиве. Можно получить передаточные отношения до 10 (клиноременные передачи, плоскоременные передачи с натяжным роликом). Однако передаточные отношения ременных передач обычно не более 4...5.

Области рационального применения плоскоремennых передач – высокие скорости и требования к плавности работы.

Клиноременные передачи являются передачами универсального применения, их преимущества особо проявляются при малых межосевых расстояниях, при больших передаточных отношениях, а также при передаче вращения на несколько шкивов, при вертикальных осях шкивов и т.д.

В клиноременных передачах, как и в других передачах с бесконечными (кольцевыми) ремнями, желательно располагать шкивы консольно для облегчения смены ремней, иначе для замены оборвавшегося ремня необходима разборка машины. В клиноременных передачах желательно регулировать натяжения ремней перемещением одного из шкивов. Применение натяжного или оттяжного ролика удорожает передачу и увеличивает ее габариты.

Межосевое расстояние (a) в плоскоремennых передачах можно назначать в широких пределах.

Минимальное межосевое расстояние обычно выбирают из условия обеспечения допускаемой величины угла обхвата малого шкива ремнем. Максимальное межосевое расстояние ограничивается экономическими показателями: стоимостью ремней, габаритами передачи и т.д.

При проектировочном расчете принимают:

- для клиноременной передачи

$$a_{\min} = 0,55(d_1 + d_2) + h, \quad a_{\max} = 2(d_1 + d_2);$$

- для плоскоремennой передачи

$$a_{\min} = d_1 + d_2, \quad a_{\max} = 2,5(d_1 + d_2).$$

где d_1 и d_2 – диаметры малого и большого шкивов; h – высота сечения ремня; a_{\min} , a_{\max} – наименьшее и наибольшее значения межосевого расстояния.

При больших межосевых расстояниях во избежание существенного уменьшения углов обхвата рекомендуют ведущую ветвь располагать внизу.

Следует иметь в виду, что долговечность ремней, тяговая способность и КПД передач резко падают с уменьшением диаметров шкивов, поэтому, если позволяют габариты, следует избегать минимальных диаметров шкивов.

Критерии работоспособности и расчета ременных передач

Основные критерии расчета ременных передач: 1) тяговая способность или прочность сцепления ремня со шкивом; 2) долговечность ремня.

Если не будет выдержано первое условие, ремень начнет буксовать, если не будет выдержано второе условие, ремень будет слишком быстро выходить из строя.

В настоящее время для клиновых и поликлиновых ремней применяется комплексный расчет на выносливость и тяговую способность, а для плоских ремней, испытывающих меньшие напряжения изгиба, пока сохраняется расчет на тяговую способность с последующей проверкой на выносливость.

Работа упругого ремня связана с упругим скольжением по шкивам. Неизбежность упругого скольжения при работе передачи следует из того, что натяжение, а следовательно, и относительное удлинение ведущей и ведомой ветвей ремня различны. При обегании ремнем ведущего шкива натяжение его падает (рис. 5). Ремень укорачивается и проскальзывает по шкиву. На ведомом шкиве ремень удлиняется и опережает шкив. Скольжение происходит не по всей дуге обхвата, а на некоторой части ее β , называемой дугой скольжения.

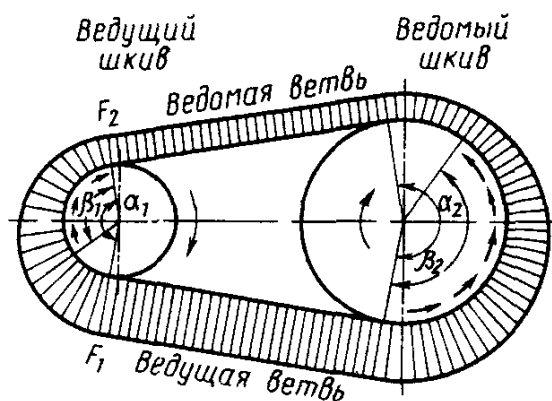


Рис. 5. Скольжение в ременной передаче

Кинематика ременных передач

Окружные скорости (м/с) на шкивах:

$$v_1 = \frac{\pi d_1 n_1}{60} \text{ И } v_2 = \frac{\pi d_2 n_2}{60},$$

где d_1 и d_2 – диаметры соответственно ведущего и ведомого шкивов, м; n_1 и n_2 – частоты вращения ведущего и ведомого шкивов, мин^{-1} .

Вследствие неизбежного скольжения окружная скорость на ведомом шкиве v_2 меньше скорости v_1 на ведущем:

$$v_2 = (1 - S)v_1.$$

Отсюда истинное передаточное отношение

$$u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1(1 - S)}.$$

Для расчетов могут быть приняты следующие значения относительного скольжения S : для плоских ремней – 0,01; для клиновых кордтканевых – 0,02 и кордшнуровых – 0,01.

Полезная окружная сила на шкивах, Н

$$F_t = \frac{2K_F T}{d} = \frac{10^3 K_F P}{v},$$

где T – момент, Нм; d – диаметр шкива, м; P – передаваемая мощность, кВт; K_F – коэффициент динамичности нагрузки и режима работы (табл. 2).

Коэффициент динамичности нагрузки и режима работы K_F .

Таблица 2

Характер нагрузки	Типы машин	K_F
Спокойная пусковая до 120% нормальной	Электрические генераторы, вентиляторы, центробежные насосы и компрессоры, ленточные транспортеры станки с непрерывным процессом резания	1
Умеренные колебания. Пусковая до 150% нормальной	Поршневые насосы и компрессоры с тремя и более цилиндрами, пластинчатые транспортеры, станки автоматы	1,1...1,2
Значительные колебания. Пусковая до 200% нормальной	Реверсивные приводы, станки строгальные и долбежные, поршневые насосы и компрессоры с одним и двумя цилиндрами, транспортеры винтовые и скребковые, элеваторы	1,25...1,4
Ударная и резко неравномерная. Пусковая до 300% нормальной	Подъемники, экскаваторы, драги, эксцентриковые и винтовые прессы, ножницы, молоты, бегуны, мельницы	1,5...1,6

Напряжение в поперечном сечении ремня может быть представлено как сумма составляющих от предварительного натяжения F_0 , полезной окружной силы F_t и напряжения от изгиба ремня на меньшем шкиве,

$$\sigma = \sigma_0 + \sigma_F + \sigma_u,$$

где σ – напряжение, МПа.

Напряжение в ремне от передаваемой окружной силы F_t , Н:

$$\sigma_F = \frac{F_t}{2A},$$

где A – площадь сечения ремня, мм².

Начальное натяжение ремня F_0 выбирают по условию, при котором ремень мог бы передавать полезную нагрузку, сохраняя натяжение достаточно длительное время, не получая большой вытяжки, и имел бы удовлетворительную долговечность.

Напряжение от предварительного натяжения:

$$\sigma_0 = \frac{F_0}{A}.$$

Напряжение от изгиба ремня:

$$\sigma_{и} = E \frac{\delta}{d_1},$$

где δ – толщина ремня; d_1 – диаметр меньшего шкива; E – модуль упругости материала ремня.

Описание лабораторной установки

Установка (рис. 6) представляет собой неподвижный шкив 1, закрепленный на вертикальной плите 2, и отклоняющий ролик 3. Испытуемый ремень 4 одевается на шкив и ролик. Положение ролика позволяет изменять угол обхвата шкива ремнем от 0° до 90°. На свободные концы ремня подвешиваются грузы 5 и 6. Изменение масс грузов позволяет имитировать изменение предварительного натяжения ремней и определять предельную величину окружной силы. Установка позволяет снимать зависимости тяговой способности от типа ремня, предварительного натяжения ремня и угла обхвата.

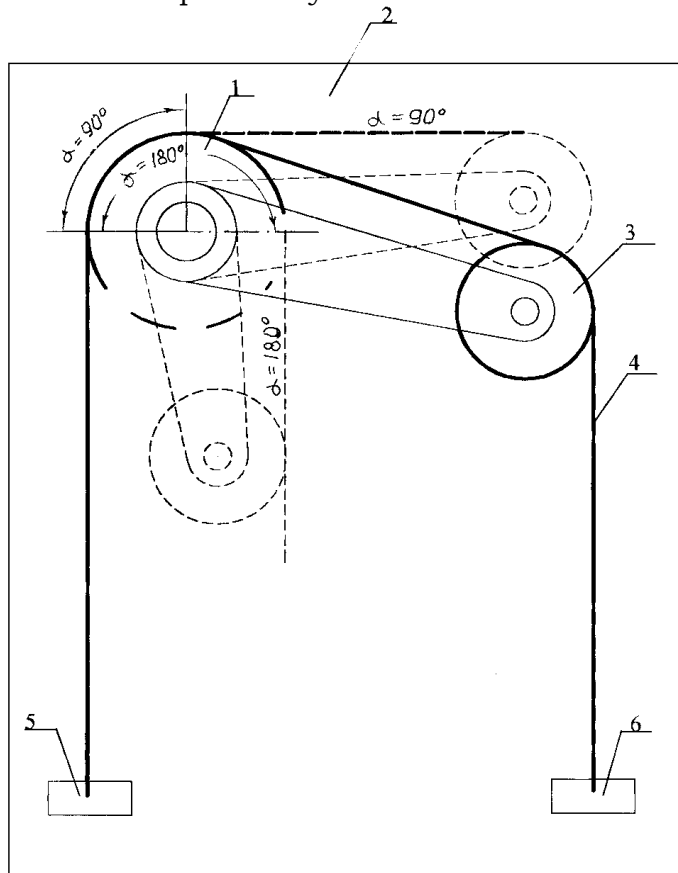


Рис. 6. Схема установки

Определение зависимости тяговой способности от типа ремня

Для ремней, предложенных преподавателем, определяются величины рабочих усилий. Для проведения опыта устанавливаются одинаковые предварительные натяжения ремней, не превышающие минимального допустимого рабочего усилия. Для каждого из типов ремней изменением массы грузов на одной из ветвей определяется предельная тяговая способность, т.е. усилие, при котором ремень начинает проскальзывать относительно шкива. Данные заносятся в табл. 3.

Таблица 3

Зависимость тяговой способности от типа ремня

№ п/п	Тип ремня	Угол обхвата шкива ремнем, °	Предварительное натяжение, Н	Предельная тяговая способность, Н

Определение зависимости тяговой способности от предварительного натяжения ремня

По заданию преподавателя для одного из ремней с учетом его допустимого рабочего усилия определяется величина тяговой способности при различных значениях силы предварительного натяжения. Сила предварительного натяжения устанавливается величинами масс грузов подвешиваемых на обе ветви ремня. Для построения графика зависимости необходимо провести не менее 4-5 измерений. Предельная тяговая способность определяется по наименьшему значению дополнительной массы груза, подвешенной на одной из ветвей, при которой начинается проскальзывание ремня относительно шкива. Данные заносятся в табл. 4.

Таблица 4

Зависимость тяговой способности от натяжения ремня

№ п/п	Тип ремня	Угол обхвата шкива ремнем, °	Предварительное натяжение, Н	Предельная тяговая способность, Н

Определение зависимости тяговой способности от угла обхвата шкива ремнем

В зависимости от типа ремня устанавливается его предварительное натяжение. Определяется тяговая способность ремня для четырех значений угла обхвата. опыты проводятся по описанной выше методике для 3-4 значений угла обхвата, данные заносятся в табл. 5.

Таблица 5

Зависимость тяговой способности передачи от угла обхвата

№ п/п	Тип ремня	Предварительное натяжение, Н	Угол обхвата, °	Предельная тяговая способность, Н
			0	
			30	
			60	
			90	

Установка для определения механических характеристик ремня

Устройство для определения механических характеристик ремня приведены на рис.7. Две стойки 1 установлены на плите 2. К стойкам сверху прикреплены переключатели 3. Испытуемый ремень 4 крепится к переключателю 3

верхней прижимной планкой 5 при помощи винтов 6. Нижний конец ремня 4 крепится нижней прижимной планкой 7 к серьге 8 с помощью винтов 9. К серьге 8 подвешивается зацеп 10, на площадке которого устанавливаются грузы 11. К одной из стоек 1 при помощи хомута 12 с помощью винтов 13 и 14 крепится индикатор 15. Низ штока индикатора 16 опирается на опорную планку 17, жестко связанную с прижимной планкой 7.

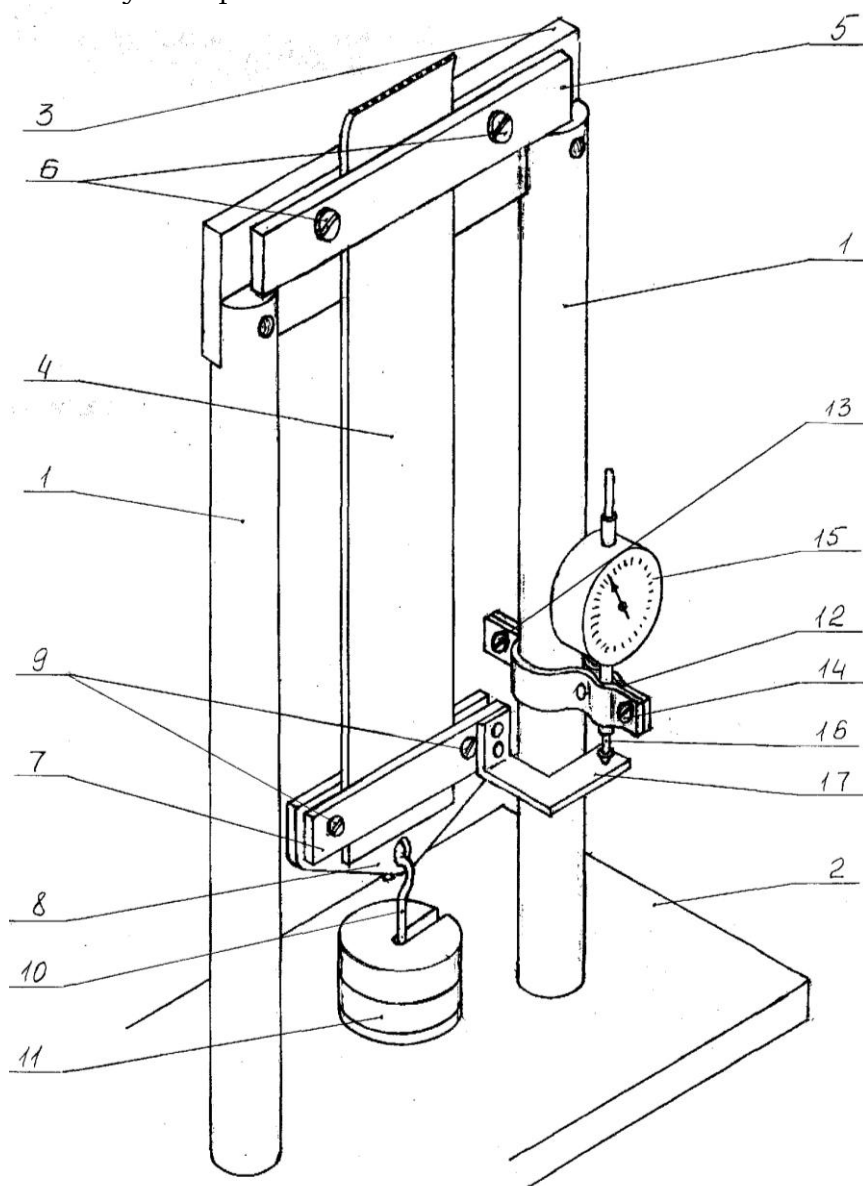


Рис. 7. Установка для определения механических характеристик ремня

Определение модуля упругости ремня

Проводится тщательное измерение поперечного сечения ремня. После закрепления ремня с обоих концов до установки грузов настраивается индикатор: отверткой приоткручивается (отпускается) винт 13 и хомут 12 по стойке 1 перемещается вниз (или вверх) до такого положения, чтобы шток 16 индикатора оперся на опорную планку 17 и утопился бы в индикатор примерно на 10 мм (т.е. почти до предела). При последующем нагружении ремня грузом 11 за счет его удлинения опорная планка 17 будет опускаться вниз вместе с нижним прижимом, шток индикатора 16 будет выходить и стрелка индикатора будет указывать абсолютное удлинение ремня в делениях. Вращением головки индикатора устанавливается 0 отсчета удлинения. К свободному концу ремня подвешиваются

поочередно 3-4 груза. Абсолютные удлинения ремня для каждого опыта определяются по индикатору измерительного устройства, данные заносятся в табл.6.

По результатам опытов проводятся необходимые расчеты на основе формулы:

$$\Delta l = Fl / EA .$$

Таблица 6

Определение модуля упругости

№ п/п	Форма сечения ремня	Размеры сечения, мм	Площадь сечения, мм ²	Расчетная длина ремня, м	Растягивающая сила, Н	Абсолютное удлинение		Модуль упругости	
						Деления индикатора	Δl , м	Формула	Значение, МПа

Порядок выполнения работы

1. Ознакомьтесь с устройством элементов ременной передачи, предложенных преподавателем, оцените материалы, из которых они изготовлены.
2. Проведите измерения поперечных сечений ремней и составьте эскизы сечений.
3. Используя справочные таблицы, определите типоразмеры ремней и выпишите их основные параметры.
4. Оцените нагрузочную способность ремней.
5. Составьте эскизы шкивов для данных ремней.
6. Ознакомьтесь с устройством установок (рис. 6 и 7).
7. Проведите опыты по определению зависимости тяговой способности от типа ремня.
8. Проведите опыты по определению зависимости тяговой способности от предварительного натяжения ремня.
9. Проведите опыты по определению зависимости тяговой способности от угла обхвата шкива.
10. Проведите опыты по определению модуля упругости ремня.
11. Данные занесите в табл. 3...6.
12. Постройте графики зависимостей по табл. 4...6.

Форма отчета

1. Эскизы элементов передач.
2. Типоразмеры ремней, их основные параметры.
3. Эскизы шкивов.
4. Таблицы результатов опытов и графики зависимостей.

Контрольные вопросы

1. Какие передачи относят к передачам с гибкими звеньями?
2. Основное назначение передач.
3. Область применения ременных передач.
4. Основные элементы ременных передач.
5. Преимущества и недостатки ременных передач.
6. Конструктивные особенности ремней и шкивов.
7. Основные характеристики, используемые при выборе ремней.
8. Критерии работоспособности ременных передач.

9. Способы регулирования натяжения ремней.
10. Влияние угла обхвата на нагрузочную способность передачи.
11. Как определяется величина силы предварительного натяжения ремня?
12. Перечислите факторы, влияющие на долговечность ремней.

Библиографический список

1. Иосилевич Г.Б., Строганов Г.Б., Маслов Г.С. Прикладная механика: Учеб. для вузов/ Под ред. Г.Б. Иосилевич. – М.: Высш. шк., 1989. – 351 с. – С. 126-143.
2. Решетов Д.А. Детали машин: Учеб. для вузов. – М.: Машиностроение, 1989. – 496 с. – С. 278-304.
3. Путинцев Ю.В., Тарасенко Е.А. Прикладная механика: Методические указания к выполнению лабораторных работ / Норильский индустр. ин-т. – Норильск, 2000. – 77 с.