



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

ЦЕПНЫЕ 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: Цепные передачи. Методические указания к выполнению лабораторной работы /СПб.: Изд-во Политехн.ун-та, 2012. - 9 с.

В методических указаниях приведены основные теоретические сведения по цепным передачам, 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.2. Илл.5 . Библиогр. 3

Цепные передачи

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

Оборудование и принадлежности: набор приводных цепей, измерительный инструмент.

Краткие теоретические сведения

Цепная передача состоит из цепных звездочек (ведущей – 1 и ведомой – 2) и цепи, охватывающей звездочки и зацепляющейся за их зубья (рис. 4.1). Цепные передачи могут также включать натяжные устройства, смазочные устройства и ограждения.

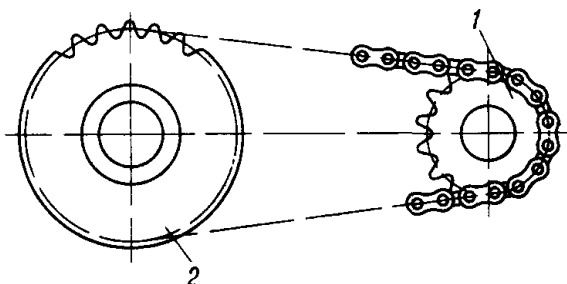


Рис. 1. Схема цепной передачи

Цепь состоит из соединенных шарнирами звеньев, которые обеспечивают подвижность или «гибкость» цепи.

Широко используют цепные передачи в сельскохозяйственных и подъемно-транспортных машинах для привода различных транспортеров, в нефтебуровом оборудовании, мотоциклах, велосипедах.

Цепные передачи применяют при средних межосевых расстояниях, где использование зубчатых передач нецелесообразно и в то же время требуется постоянство передаточного отношения.

К достоинствам цепных передач относят: 1) значительный диапазон межосевых расстояний; 2) меньшие, чем у ременных передач, габариты; 3) независимость передаточного отношения от нагрузки из-за отсутствия скольжения; 4) высокий КПД; 5) малые по сравнению с ременной передачей силы, действующие на валы, так как нет необходимости в большом начальном натяжении; 6) возможность передачи движения нескольким валам; 7) возможность передачи больших мощностей.

Недостатки цепных передач: 1) наличие в элементах цепи переменных ускорений, вызывающих динамические нагрузки, особенно при высоких окружных скоростях; 2) шум при работе; 3) требуют более внимательного ухода в процессе эксплуатации из-за необходимости смазки и удлинения цепи при изнашивании шарниров.

Цепи, применяемые в машиностроении, по характеру выполняемой ими работы подразделяют на грузовые, приводные и тяговые. Цепи стандартизованы, их производят на специализированных заводах. Ими оснащается ежегодно более 8 млн. машин.

В качестве приводных цепей применяют роликовые, втулочные и зубчатые цепи. Для них характерны малые шаги (для уменьшения динамических нагрузок) и износоустойчивые шарниры (для обеспечения долговечности).

Основными геометрическими характеристиками цепей являются шаг и ширина, основной силовой характеристикой – разрушающая нагрузка. В соответствии с международными стандартами применяют цепи с шагом, кратным 25,4 мм (т.е. 1 дюйму).

В России изготавливают приводные роликовые и втулочные цепи для общепромышленного применения в соответствии с ГОСТ 13568-75.

В промышленности получили наибольшее распространение следующие типы цепей:

- ПРА – роликовые однорядные нормальной точности;
- ПР – роликовые повышенной точности;
- ПРД – роликовые длиннозвенные;
- ПВ – втулочные;
- ПРИ – роликовые с изогнутыми пластинами.

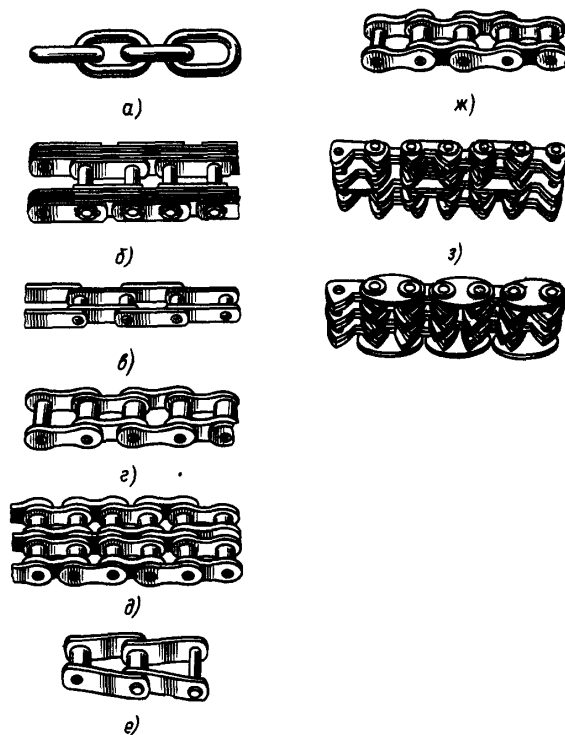


Рис. 2. Основные типы цепей: а – грузовая круглозвенная; б – грузовая пластинчатая шарнирная; в – тяговая втулочная; г – приводная роликовая однорядная; д – то же, двухрядная; е – приводная роликовая с изогнутыми пластинами; ж – приводная втулочная; з – приводная зубчатая с внутренними направляющими пластинами; и – приводная зубчатая с боковыми направляющими пластинами

Роликовые цепи (рис. 3 и 4) – это цепи с внешними и внутренними звеньями, каждое из которых выполнено из двух пластин, напрессованных на валики (внешние звенья) или на втулки (внутренние звенья). Втулки надеты на валики сопряженных звеньев и образуют шарниры. Наружные и внутренние звенья в цепи чередуются.

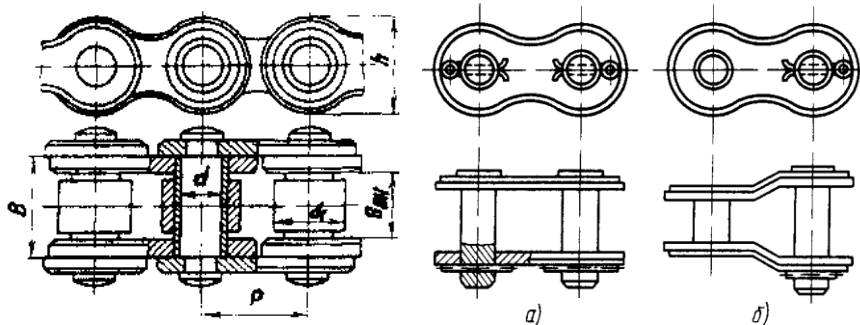


Рис. 3. Роликовая цепь

Рис. 4. Звенья роликовой цепи: а – соединительные; б – переходные

На втулки установлены ролики, которые непосредственно сцепляются со звездочками. Благодаря роликам трение скольжения между цепью и звездочкой заменяется трением качения, что уменьшает износ зубьев звездочек.

Валики (оси шарниров) цепей выполняют ступенчатыми или гладкими. Концы валиков расклепывают, поэтому звенья цепи неразъемные. Концы цепи соединяют между собой соединительными звеньями, валики закрепляются шпильками (рис.4,а) или расклепыванием. В случае необходимости использования цепи с нечетным числом звеньев применяют специальные переходные звенья (рис.4,б), которые, однако, слабее, чем основные, поэтому обычно стремятся применять цепи с четным числом звеньев.

При больших нагрузках и скоростях во избежание применения цепей с большими шагами, неблагоприятных в отношении динамических нагрузок, применяют многорядные цепи (см. рис.2,д). Их составляют из тех же элементов, что и однорядные, только их валики имеют увеличенную длину. Передаваемые мощности и разрушающие нагрузки многорядных цепей почти пропорциональны числу рядов.

Характеристики роликовых цепей ПР приведены в табл. 1.

Таблица 1

Обозначение цепи	Шаг цепи p , мм	Расстояние между внутренними пластинами $B_{вн}$, мм	Диаметр валика d , мм	Диаметр ролика d_1 , мм	Ширина внутренней пластины h , мм	Ширина внутреннего звена B , мм	Проекция площади шарнира A , мм ²	Разрушающая нагрузка, кН	Масса 1 м цепи q , кг
ПР-8-460	8,00	3,00	2,31	5,00	7,5	4,77	11	4,60	0,20
ПР-9,525- 910	9,525	5,72	3,28	6,35	8,5	8,53	28	9,10	0,45
ПР-12,7- 900-1	12,7	2,4	3,66	7,75	10,0	4,9	17,9	9,00	0,30
ПР-12,7 -900 2	12,7	3,30	3,66	7,75	10,0	5,80	21	9,00	0,35
ПР 12,7-1820-1	12,7	5,40	4,45	8,51	11,8	8,90	40	18,20	0,65
ПР-12,7 -1820-2 *	12,7	7,75	4,45	8,51	11,8	11,3	50	18,20	0,75
ПР 15,875-2270-1	15,875	6,48	5,08	10,16	14,8	10,78	55	22,70	0,80
ПР 15,875-2270-2*	15,875	9,65	5,08	10,16	14,8	13,95	71	22,70	1,0
ПР-19,05- 3180 *	19,05	12,70	5,96	11,91	18,2	17,75	105	31,80	1,9 г
ПР-25,4-5670 *	25,40	15,88	7,95	15,88	24,2	22,61	180	56,70	2,6
ПР-31,75- 8850 *	31,75	19,05	9,55	19,05	30,2	27,46	260	88,50	3,8
ПР-38,1- 12700*	38,1	25,4	11,1	22,23	36,2	35,46	395	127,00	5,5 г
ПР-44,45-17240 *	44,45	25,40	12,70	25,70	42,4	37,19	475	172,40	7,5 •
ПР-50,8- 22680 *	50,8	31,75	14,29	28,58	48,3	45,21	645	226,80	9,7 ч

* Цепи, которые могут изготавливаться двух- или трехрядными.

Роликовые цепи нормальной точности ПРА рассчитаны на разрушающую нагрузку на 10...30% меньше, чем у цепей повышенной точности.

Длиннозвенные роликовые цепи ПРД выполняют с удвоенным шагом по сравнению с обычными роликовыми. Поэтому они легче и дешевле обычных. Их целесообразно применять при малых скоростях, в частности, в сельскохозяйственном машиностроении.

Втулочные цепи ПВ по конструкции совпадают с роликовыми, но не имеют роликов, что удешевляет цепь и уменьшает габариты и массу (рис. 2,ж). Эти цепи изготавливают с шагом только 9,525 мм и применяют, в частности, в мотоциклах и в автомобилях.

Роликовые цепи ПРИ с изогнутыми пластинами набирают из одинаковых звеньев, подобных переходному звену (см. рис.2,е). В связи с тем, что пластины

работают на изгиб и поэтому обладают повышенной податливостью, эти цепи применяют при динамических нагрузках (ударах, частых реверсах и т.д.).

В обозначении роликовой или втулочной цепи указывают: тип, шаг, разрушающую нагрузку и номер ГОСТа (например, *Цепь ПР-25,4-5670 ГОСТ 13568-75*). У многорядных цепей в начале обозначения указывают число рядов.

Зубчатые цепи (см. рис.2,3 и рис. 5) – это цепи со звеньями из наборов пластин. Рабочие (внешние) поверхности зубьев этих пластин (поверхности контакта со звездочками), ограничены плоскостями и наклонены одна к другой под углом вклинивания α , равным 60° . Этими поверхностями каждое звено садится на два зуба звездочки. Зубья звездочек имеют трапецевидный профиль.

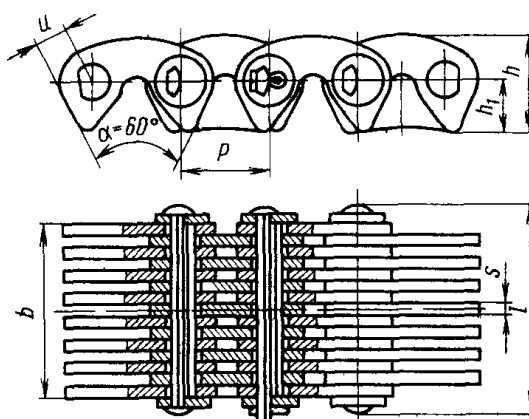


Рис. 5. Зубчатая цепь с шарнирами качения

Основные параметры приводных цепных передач

Цепные передачи применяют в диапазоне мощностей от долей до сотен киловатт, в общем машиностроении обычно до 100 кВт. Межосевые расстояния цепных передач достигают 8 м.

Рекомендуемые номинальные $n_{н.р}$ и предельные $n_{пр}$ частоты вращения малой звездочки (мин^{-1}) представлены в табл. 2.

Таблица 2

Тип цепи	Шаг цепи p , мм									
	6	9,525	12,7	15,875	19,05	25,4	31,75	38,1	44,45	50,8
ПВ, ПРА и ПР	3000	2500	1250	1000	900	700	500	400	300	250
	6000	5000	3150	2300	1800	1200	1000	900	600	450
ПЗ-1	—	—	3300 4000	2650 3300	2200 2700	—	—	—	—	—

Примечания. 1. В числителе приведены значения номинальной частоты вращения $n_{н.р}$, в знаменателе – предельной $n_{пр}$. 2. При частоте вращения $n_{н.р}$ число зубьев малой звездочки должно быть $z_1 \geq 15$. При частоте $n_{пр} - z_1 \geq 20$, при этом необходима повышенная точность изготовления звездочек, монтажа передачи и обильное смазывание.

Частоты вращения звездочек и скорость ограничиваются величиной силы удара, возникающей между зубом звездочки и шарниром цепи, износом и шумом передач. Скорости движения цепей обычно не превышают 15 м/с, однако в передачах с цепями и звездочками высокого качества при эффективных способах смазывания достигают 35 м/с. Средняя скорость цепи, м/с,

$$v = \frac{znp}{60 \cdot 1000},$$

где z – число зубьев звездочки; n – частота ее вращения, мин^{-1} ; p – шаг цепи, мм.

Передачное отношение цепной передачи, равное отношению частот вращения ведущей и ведомой звездочек, может также выражаться через отношение чисел зубьев звездочек:

$$u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1},$$

где n_1 и n_2 – частоты вращения ведущей и ведомой звездочек, мин⁻¹; z_1 и z_2 – числа зубьев ведущей и ведомой звездочек.

Передаточное отношение может достигать 7...10.

Числа зубьев звездочек. Минимальные числа зубьев звездочек ограничиваются износом шарниров, динамическими нагрузками, а также шумом передач. Чем меньше число зубьев звездочки, тем больше износ, так как при этом увеличивается относительный угол поворота звеньев при набегании цепи на звездочку и сбегании с нее. С уменьшением числа зубьев возрастают неравномерность скорости движения цепи и скорость удара цепи о звездочку. Минимальное число зубьев звездочек роликовых цепей в зависимости от передаточного отношения выбирают по эмпирической зависимости:

$$z_{1 \min} = 29 - 2u \geq 13.$$

Минимальное число зубьев звездочек $z_{1 \min}$ выбирают в зависимости от частоты вращения. При высоких частотах вращения $z_{1 \min}=19...23$; средних – 17...19, а при низких – 13...15. В передачах зубчатыми цепями z_{\min} больше на 20...30%.

По мере износа цепи ее шарниры поднимаются по профилю зуба звездочки от ножки к вершине, что приводит в конечном счете к нарушению зацепления. При этом предельно допустимое увеличение шага цепи тем меньше, чем больше число зубьев звездочки. Поэтому максимальное число зубьев ограничивают при использовании роликовых цепей величиной 100...120, а зубчатых 120...140.

Предпочтительно выбирать нечетное число зубьев звездочек (особенно малой), что в сочетании с четным числом звеньев цепи способствует равномерному износу. Еще более благоприятно, с точки зрения износа, выбирать число зубьев малой звездочки из ряда простых чисел.

Критерии работоспособности цепных передач

Цепные передачи выходят из строя по следующим причинам:

1. **Износ шарниров**, приводящий к удлинению цепи и нарушению ее зацепления со звездочками (основной критерий работоспособности для большинства передач).

2. **Усталостное разрушение** пластин по проушинам – основной критерий для быстроходных тяжело нагруженных роликовых цепей, работающих в закрытых картерах с хорошим смазыванием.

3. **Проворачивание** валиков и втулок в пластинах в местах запрессовки – распространенная причина выхода из строя цепей, связанная с недостаточно высоким качеством изготовления.

4. **Выкрашивание и разрушение** роликов.

5. Достижение **предельного провисания** холостой ветви – один из критериев для передач с регулируемым межосевым расстоянием, работающих при отсутствии натяжных устройств и стесненных габаритах.

6. **Износ зубьев** звездочек.

Срок службы передачи чаще всего ограничивается долговечностью цепи. Долговечность же цепи в первую очередь зависит от износостойкости шарниров.

Материалы цепных передач

Материал и термическая обработка цепи имеют решающее значение для ее долговечности.

Пластины выполняют из среднеуглеродистых или легированных закаливаемых сталей: 45, 50, 40X, 40XН, 30XН3А твердостью преимущественно 40...50 HRC₃; пластины зубчатых цепей – преимущественно из стали 50. Изогнутые пластины, как правило, изготавливают из легированных сталей. Пластины в зависимости от назначения цепи закаливают до твердости 40...50 HRC. Детали шарниров – валики, втулки и призмы – выполняют преимущественно из цементуемых сталей 15, 20, 15X, 20X, 12XН3, 20XН3А, 20X2Н4А, 30XН3А и подвергают закалке до 55...65 HRC. Эффективно применение газового цианирования рабочих поверхностей шарниров. Многократного повышения ресурса цепей можно достигнуть диффузионным хромированием шарниров. Усталостную прочность пластин роликовых цепей существенно повышают обжатием краев отверстий. Эффективна также дробеструйная обработка.

В шарнирах роликовых цепей для работы без смазочного материала или при скудной его подаче начинают применять пластмассы.

Ресурс цепных передач в стационарных машинах должен составлять 10...15 тыс. часов работы.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомьтесь с устройством элементов цепной передачи, предложенных преподавателем, оцените материалы, из которых они изготовлены.
2. Проведите измерения основных размеров звеньев цепи. Определите шаг цепи.
3. Используя справочные таблицы, определите типоразмер данной цепи, выпишите основные характеристики.
4. Составьте эскиз двух-трех звеньев цепи. Проведите измерения основных размеров цепной звездочки.
5. Подсчитайте число зубьев и определите шаг и делительный диаметр звездочки. Выполните эскиз цепной звездочки для данной цепи.
6. Используя справочные таблицы, определите тип и параметры цепи, для которой предназначена звездочка.

Форма отчета

1. Эскиз цепи с основными размерами.
2. Эскиз цепной звездочки.

Контрольные вопросы

1. Какие передачи относят к передачам с гибкими звеньями?
2. Основное назначение передач.
3. Область применения цепных передач.
4. Основные конструктивные элементы цепных передач.
5. Преимущества и недостатки цепных передач перед ременными.
6. Виды и устройство цепей.
7. Конструктивные особенности цепей и звездочек.
8. Основные характеристики, используемые при выборе приводных цепей.
9. Как можно выразить передаточное отношение цепной передачи через геометрические параметры?
10. Что такое шаг цепи, диаметр делительной окружности цепной звездочки, как они связаны между собой?
11. Запишите выражения для вращающего момента и мощности на выходном валу цепной передачи через выходной момент и выходную мощность.

12. Причины выхода из строя цепных передач.
13. Как осуществляется смазка цепных передач?
14. Порядок проведения работы.

Библиографический список

1. Иосилевич Г.Б., Строганов Г.Б., Маслов Г.С. Прикладная механика: Учеб. для вузов / Под ред. Г.Б. Иосилевича. – М.: Высш. шк., 1989. – 351 с. – С. 178-182.
2. Гузенков П.Г. Детали машин. – М.: Высшая шк., 1982. – 351 с. – С. 251-268.
3. Ковалев Н.А. Прикладная механика: Учеб. для вузов. – М.: Высш. шк., 1982. – 400 с. – С. 307-311.