

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет»

Кафедра «Механика композиционных  
материалов и конструкций»

# **ЧЕРВЯЧНЫЕ РЕДУКТОРЫ**

*Методические указания  
к лабораторной работе*

Издательство  
Пермского национального исследовательского  
политехнического университета  
2012

Составитель канд. техн. наук, доцент *Е.В. Ташкинова*

УДК 621.833.38.061.1(076.5)

Ч-45

**Рецензент**

д-р техн. наук, профессор *В.Я. Модорский*  
(Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет)

Ч-45 **Червячные** редукторы: метод. указания к лабораторной работе / сост. Е.В. Ташкинова. – Пермь: Изд-во Перм. нац. ис-след. политехн. ун-та, 2012. – 27 с.

Приведены методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Детали машин и основы конструирования». Предназначено для студентов дневной и заочной форм обучения.

УДК 621.833.38.061.1(076.5)

© ПНИПУ, 2012

**Цель работы:** ознакомление с устройством, работой и основными параметрами червячных редукторов.

### Назначение редукторов

*Червячные редукторы* – механизмы, содержащие червячные передачи и служащие для понижения угловых скоростей и увеличения вращающих моментов.

Червячная передача используется для передачи вращения между скрещивающимися осями и состоит из ведущего *червяка* 1 и ведомого *червячного колеса* 2 (рис. 1).

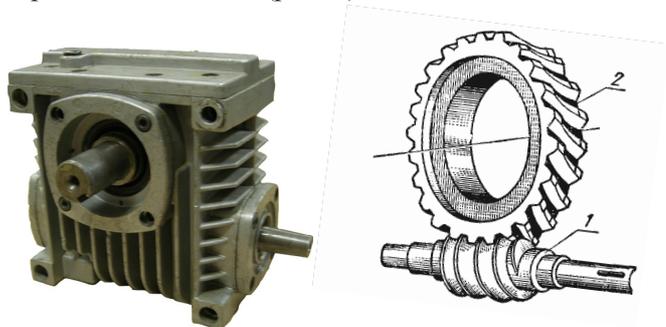


Рис. 1. Редуктор с червячной передачей

Преимущества червячных редукторов:

- высокая нагрузочная способность, компактность конструкции;
- большое передаточное отношение (до 80);
- высокая кинематическая точность, плавность и бесшумность работы;
- возможность самоторможения (передачи движения только от червяка к колесу).

Недостатки:

- большая скорость скольжения в зацеплении и связанные с этим повышенный износ, склонность к заеданию;
- нагрев передачи и сравнительно низкий КПД (0,5...0,95);
- необходимость регулирования зацепления;
- необходимость применения для венцов червячных колес антифрикционных материалов.

Червячные передачи рекомендуется использовать в коротко-  
временно работающих приводах во избежание перегрева.

Применение червячных передач находят в металлорежущих  
станках, подъемно-транспортном оборудовании, автомобилях,  
транспортных машинах, в приборостроении и т.д.

### Типы редукторов

Основное распространение получили редукторы червячные  
одноступенчатые с передаточным отношением 8...80 (рис. 2, а-г).

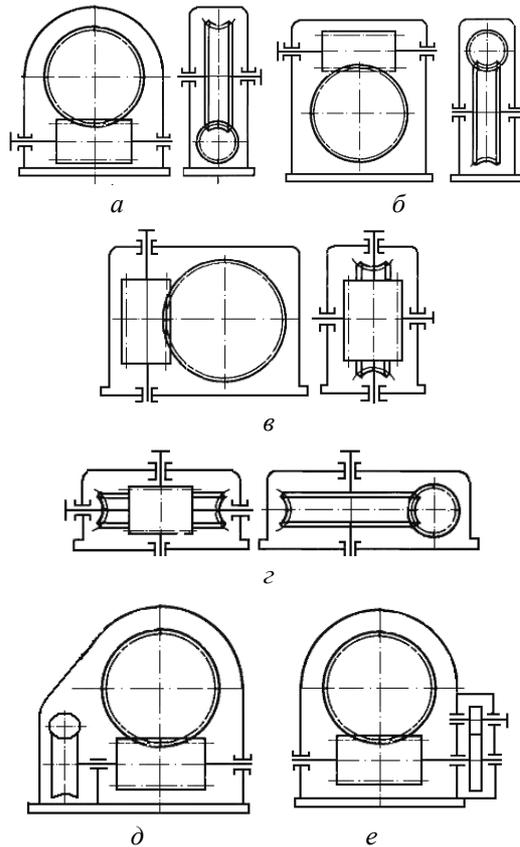


Рис. 2. Схемы редукторов с червячным зацеплением

Редуктор с нижним расположением червяка (рис. 2, а) имеет хорошие условия смазывания зацепления. Такую схему рекомендуют применять при окружных скоростях червяка до 4...5 м/с, так как в противном случае возрастают потери мощности, связанные с сопротивлением смазки.

Редуктор с верхним расположением червяка (рис. 2, б) используют в быстроходных передачах.

Редуктор с вертикальной осью колеса и горизонтальной осью червяка (рис. 2, в) и редуктор с вертикальной осью червяка (рис. 2, г) применяют редко. В данных схемах затруднено смазывание подшипников вертикальных валов.

При передаточных отношениях более 80 применяют двухступенчатые червячные редукторы (рис. 2, д), или комбинированные зубчато-червячные (рис. 2, е), или червячно-зубчатые редукторы.

### Червяки

Червяк представляет собой винт с одной или несколькими винтовыми поверхностями. Число винтовых поверхностей определяет число заходов червяка. Червячные передачи бывают с правым и левым направлением линии витка.

В зависимости от формы внешней поверхности червяки бывают *цилиндрические* (рис. 3, а) и *глобоидные* (рис. 3, б). Передача глобоидным червяком имеет большую нагрузочную способность и КПД, но она чувствительна к осевому смещению червяка и менее технологична. Наиболее распространены передачи с цилиндрическим червяком.

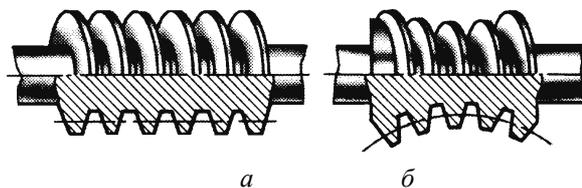


Рис. 3. Конструкции червяков

Различают передачи с архимедовым, конволютным или эвольвентным червяком. Каждый из них требует особого способа нарезания.

ния. Названия соответствуют виду кривых в нормальном к оси червяка сечении. На рис. 4 кривая 1 – архимедова спираль, кривая 2 – конвольюта (удлиненная или укороченная эвольвента окружности), кривая 3 – эвольвента.

Практика показала, что форма профиля витков мало влияет на работоспособность передачи. Наибольшее распространение получили архимедовы червяки. Червяки выполняют чаще всего заодно с валом.

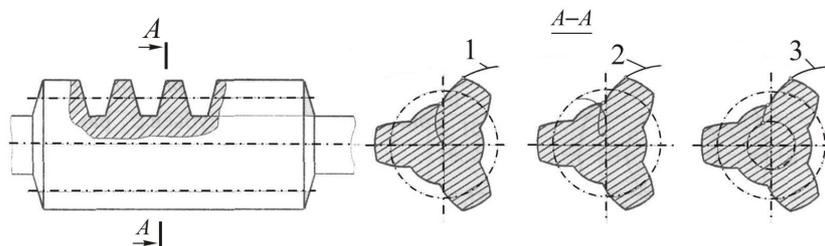


Рис. 4. Формы профиля витков

Для изготовления червяков применяют углеродистые стали марок 40, 45, 50, легированные стали 40X, 40XH с поверхностной или объемной закалкой до твердости 45...55 HRC, а также стали 15X, 20X и другие с твердостью 56...63 HRC. Рабочие поверхности витков шлифуют и полируют.

### Червячные колеса

Венец червячного колеса имеет зубья дугообразной формы.

Выбор материала венца зависит от скорости скольжения. Чем выше скорость скольжения, тем более высокими антифрикционными и противозадирными свойствами должен обладать материал зубьев колеса:

- при малых скоростях скольжения (до 2 м/с) и в ручных приводах применяют мягкие серые чугуны марок СЧ15, СЧ20;
- при средних скоростях скольжения (до 5 м/с) используют безоловянистые бронзы и латуни БрАЖ9-4, БрАЖН10-4-4, ЛаЖМц 66-6-3-2 и др.;
- при больших скоростях скольжения (более 5 м/с) применяют оловянистые бронзы БрОФ10-1, БрОЦС5-5-5, БрОНФ10-1-1 и др.

Чем больше содержание олова в бронзе, тем она дороже, но тем выше сопротивление заеданию.

В целях экономии цветных металлов червячные колеса выполняют составными: диск и ступицу колеса делают из стали или серого чугуна, а венец – из антифрикционного материала.

Существуют различные способы соединения *зубчатого венца* с центром червячного колеса. В малонагруженных передачах при постоянной нагрузке применяют посадку с натягом (рис. 5, а). При больших размерах колес крепление венца к центру можно осуществлять болтами (рис. 5, б). При серийном производстве экономически выгодно применять наплавленный венец (рис. 5, в).

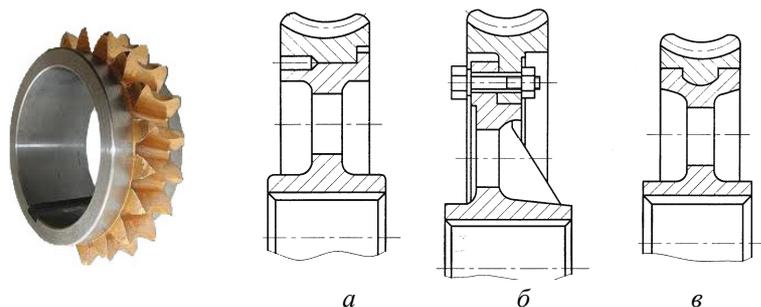


Рис. 5. Конструкции червячных колес

Червячные колеса крепятся на валах с помощью соединений вал-втулка: шпоночных, шлицевых, соединений с натягом и др.

Для фиксации колес в осевом направлении применяют уступы вала, распорные втулки, пружинные кольца, установочные винты, концевые шайбы, гайки и др.

### Основные параметры червячной передачи

Основные геометрические параметры червячной передачи (рис. 6):

- $p$  – осевой шаг;
- $b_1$  – длина нарезанной части червяка;
- $d_1$  – делительный диаметр червяка;
- $d_{a1}$  – диаметр вершин витков червяка;

$d_{f1}$  – диаметр впадин червяка;  
 $b_2$  – ширина венца червячного колеса;  
 $d_2$  – делительный диаметр колеса;  
 $d_{a2}$  – диаметр вершин зубьев червячного колеса;  
 $d_{f2}$  – диаметр впадин колеса;  
 $d_{am2}$  – наибольший диаметр червячного колеса;  
 $2\delta$  – угол обхвата червяка венцом червячного колеса;  
 $a_w$  – межосевое расстояние.

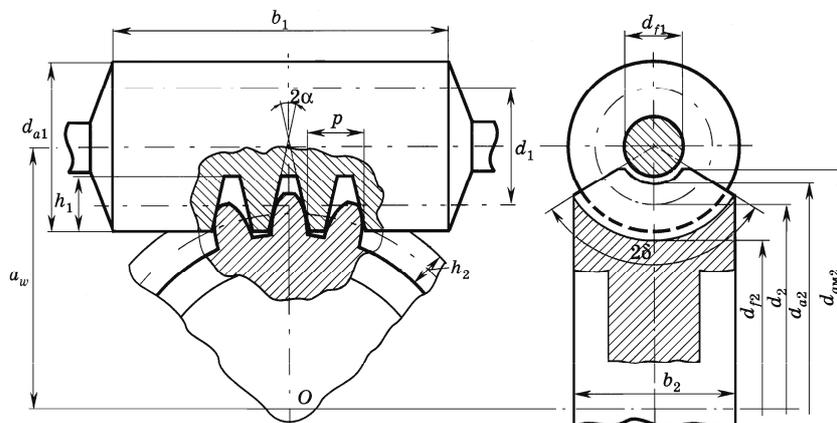


Рис. 6. Параметры червячной передачи

Модуль червячного зацепления  $m = p / \pi$  и коэффициент диаметра червяка  $q = d_1 / m$  стандартизованы (ГОСТ 19672) с целью ограничения номенклатуры инструмента, необходимого для нарезания (табл. 1).

Таблица 1

$m$ , мм	1-й ряд	...1,0	1,25	1,6	2,0	2,5	3,15	4,0	5,0	6,3	8,0	10	12,5	16
	2-й ряд	...	1,5			3,0	3,5		6,0	7,0		12		
	3-й ряд	...1,125	1,375	1,75	2,25	2,75	4,5	9,0	11	14	18	22		
$q$	1-й ряд	6,3	8,0	10	12,5	16	20	25						
	2-й ряд		7,1	9,0	12	14	18	22,4						

Угол подъема винтовой линии червяка

$$\operatorname{tg}\gamma_w = \frac{pz_1}{\pi d_1} = \frac{z_1}{q},$$

где  $pz_1$  – ход червяка,  $z_1$  – число заходов (винтовых линий) червяка.

Делительное межосевое расстояние

$$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{m(q + z_2)}{2}.$$

Несовпадение фактического  $a_w$  и делительного  $a$  межосевых расстояний свидетельствует о том, что червячное колесо нарезано со смещением, величина которого оценивается коэффициентом смещения  $x = (a_w - a) / m$ . Смещение обычно выполняют с целью вписывания передачи в стандартное межосевое расстояние.

Межосевые расстояния  $a_w$  для стандартных передач должны соответствовать значениям (ГОСТ 2144): 40, 45, 50, 56, 63, 71, 80, 90, 100, 112, 125, 140, 160, 180, 200, 224, 250, 280, 315...; для нестандартных – значениям из ряда нормальных линейных размеров (ГОСТ 6636).

Характерной особенностью работы червячной передачи является большая относительная скорость  $v_s$  (скорость скольжения), направленная по касательной к линии витка червяка:

$$v_s = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = \frac{v_1}{\cos\gamma_w} = \frac{v_2}{\sin\gamma_w},$$

где  $v_1, v_2$  – окружные скорости соответственно червяка и червячного колеса.

Коэффициент полезного действия червячного зацепления

$$\eta = \frac{\operatorname{tg}\gamma_w}{\operatorname{tg}(\gamma_w + \rho')},$$

где  $\rho'$  – приведенный угол трения,  $\rho' = \operatorname{arctg}(f')$ ;  $f'$  – приведенный коэффициент трения.

С увеличением числа заходов  $z_1$  червяка увеличивается угол подъема винтовой линии  $\gamma_w$  и возрастает коэффициент полезного действия передачи  $\eta$ .

Экспериментально установлено, что приведенные углы трения и, соответственно, приведенные коэффициенты трения уменьшают-

ся с увеличением скорости скольжения  $v_s$  (табл. 2). Это связано с образованием масляных клиньев в зацеплении и возникновением жидкостного трения.

Таблица 2

$v_s$ , м/с	$f'$	$\rho'$	$v_s$ , м/с	$f'$	$\rho'$
0,01	0,1...0,12	5°40'...6°50'	2,5	0,03...0,04	1°40'...2°20'
0,1	0,08...0,09	4°30'...5°10'	3,0	0,028...0,035	1°30'...2°00'
0,25	0,065...0,075	3°40'...4°20'	4,0	0,023...0,030	1°20'...1°40'
0,5	0,055...0,065	3°10'...3°40'	7,0	0,018...0,026	1°00'...1°30'
1,0	0,045...0,055	2°30'...3°10'	10,0	0,016...0,024	0°55'...1°20'
1,5	0,04...0,05	2°20'...2°50'	15,0	0,014...0,020	0°50'...1°10'
2,0	0,035...0,045	2°00'...2°30'			

При  $\gamma_w < \rho'$  червячная передача, подобно винтовой паре, становится самотормозящей, а ее коэффициент полезного действия  $\eta \leq 0,5$ . Самотормозящие червячные передачи применяют в грузоподъемных механизмах.

Передаточное отношение червячной передачи

$$i = \omega_1 / \omega_2 = z_2 / z_1,$$

где  $\omega_1$ ,  $\omega_2$  – угловые скорости соответственно червяка и червячного колеса;  $z_2$  – число зубьев червячного колеса.

Остальные зависимости между параметрами приведены в бланке отчета к работе (см. приложение).

### Опоры валов червячной передачи

Опорами валов червячных передач являются подшипники качения.

На вал червяка действуют радиальные и значительные осевые нагрузки, поэтому в качестве опор обычно используют подшипники роликовые конические радиально-упорные. При высокой частоте вращения (более 1500 об/мин) возможно применение шариковых

радиально-упорных подшипников, имеющих меньшее сопротивление вращению.

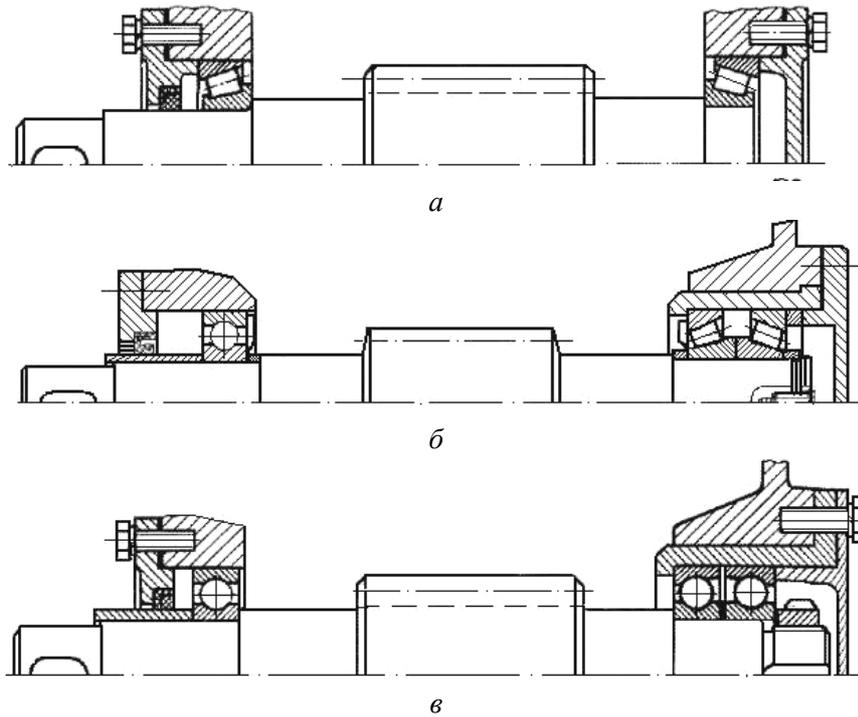


Рис. 7. Опоры валов-червяков

Относительно короткие червячные валы обычно устанавливаются по схеме «враспор», при которой каждый из подшипников ограничивает смещение вала, но только в одном направлении (рис. 7, а).

Длинные червячные валы ( $l / d > 6$ , где  $l$  – расстояние между опорами,  $d$  – диаметр вала) устанавливают на опоры, одна из которых ограничивает перемещение вала вдоль оси в обоих направлениях (фиксирующая опора), а вторая (плавающая) может свободно перемещаться в осевом направлении в корпусе (рис. 7, б, в). Это позволяет исключить выборку осевых зазоров и заклинивание подшипников при удлинении вала вследствие нагрева.

Подшипники фиксирующей опоры часто устанавливают в станины.

В плавающей опоре размещают радиальные роликовые или шариковые подшипники, воспринимающие только радиальную нагрузку.

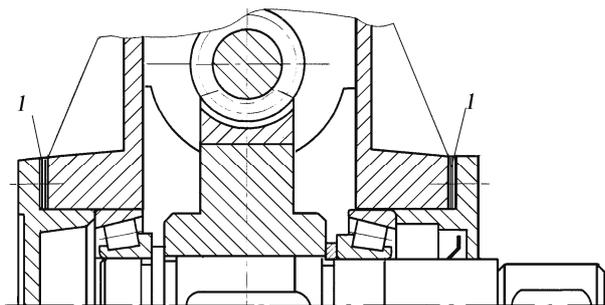


Рис. 8. Вал червячного колеса

В процессе работы червячное колесо должно сохранять свое осевое положение, поэтому в силовых передачах вал колеса устанавливают на конических роликовых подшипниках, обладающих повышенной жесткостью (рис. 8), хотя по условию работоспособности и долговечности часто подходят шариковые радиальные однорядные подшипники.

#### **Регулирование подшипников и зацепления**

При сборке редуктора необходимо обеспечить правильное осевое положение колеса относительно червяка, а также необходимый для нормальной работы зазор в подшипниках.

Несовпадение средней плоскости колеса с осью вращения червяка приводит к смещению пятна контакта в зацеплении на кромку зуба (рис. 9) и созданию неблагоприятных условия для работы передачи.

Регулирование осевого положения колеса осуществляется либо осевым перемещением червячного колеса по валу, либо осевым перемещением вала с закрепленным на нем колесом. На рис. 9 стрелками указано направление необходимого осевого перемещения при регулировании.

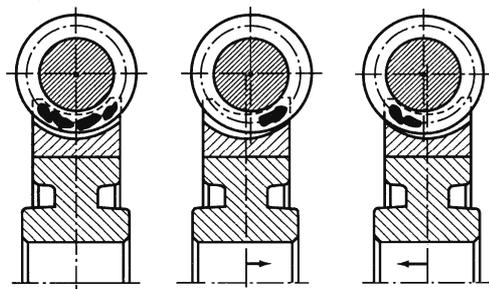


Рис. 9. Положение пятна контакта

Перемещение червячного колеса по валу может осуществляться, например, с помощью двух гаек (рис. 10, *а*). На рис 10, *б* показано регулирование осевого положения зубчатого венца червячного колеса относительно неподвижно закрепленной на валу ступицы набором металлических прокладок *1*.

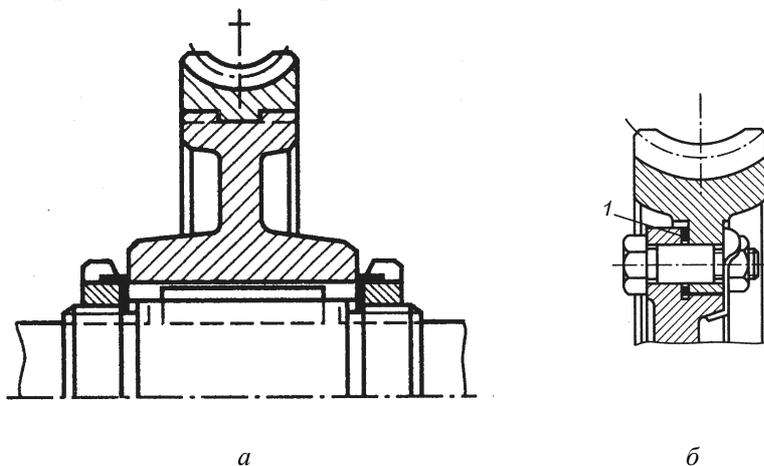


Рис. 10. Способы перемещения червячного колеса

Перемещение вала с закрепленным на нем колесом осуществляется или постановкой под фланцы накладных крышек подшипников обеих опор вала набора тонких (0,1 мм) металлических прокладок *1* (рис. 8, 11, *а*), или нажимными винтами, вворачиваемыми в закладные крышки (рис. 11, *б*).

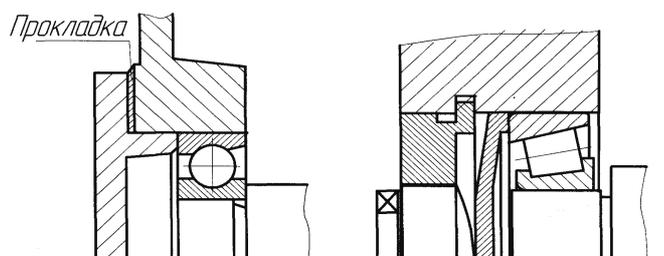


Рис. 11. Регулирование осевого положения вала

Наличие зазоров в подшипниках обеспечивает легкое вращение вала, предотвращает защемление тел качения, а при избыточном зазоре возникает радиальная и осевая подвижность вала, негативно сказывающаяся на работе передач и самих подшипников.

Отсутствие зазоров увеличивает сопротивление вращению и может привести к перегрузке подшипников, но повышает жесткость опор и точность вращения вала, а также улучшает распределение нагрузки между телами качения, что приводит к увеличению долговечности подшипника.

В регулируемых типах подшипников (радиально-упорные роликовые) оптимальные зазоры создают и изменяют при сборке изделия осевым перемещением колец подшипников.

Осевое перемещение наружных колец осуществляется набором тонких металлических прокладок, устанавливаемых под фланец накладной (фланцевой) крышки (рис. 11, а), либо винтом с мелким шагом резьбы, установленным в крышке, и шайбой (рис. 11, б).

Таким образом, регулирование зацепления и регулирование подшипников может производиться одними и теми же устройствами. Вначале производят регулирование подшипников, а затем червячного зацепления, переставляя прокладки с одной стороны корпуса на другую, сохранив суммарную их толщину либо отворачивая нажимной винт в крышке подшипника одной опоры, одновременно заворачивая в крышке подшипника другой опоры на такую же величину.

### **Смазывание червячных передач и подшипников**

Смазывание применяют для снижения трения, уменьшения износа, отвода тепла и продуктов износа от трущихся поверхностей,

защиты от коррозии, предохранения от заедания, снижения шума и вибраций.

В редукторах общего назначения применяют *картерный* способ смазывания, при котором масло, залитое в корпус, вращающимися деталями передачи разбрызгивается, при этом обеспечивается смазывание зацепления и подшипников.

Глубина погружения в масло червяка при нижнем его расположении составляет  $(0,1 \dots 0,5) d_{a1}$ , где  $d_{a1}$  – диаметр окружности вершин витков червяка. Глубина погружения в масло червячного колеса при верхнем расположении червяка принимается  $2m \dots 0,25d_2$ , где  $m$  – модуль,  $d_2$  – делительный диаметр колеса.

Объем масла назначают из расчета 0,4...0,8 л масла на 1 кВт передаваемой мощности. Вязкость масла выбирают тем выше, чем больше нагрузка и меньше скорость. В червячных передачах рекомендуют применять более вязкие масла, чем в других передачах.

Картерный способ используется при окружных скоростях колес и червяков до 15 м/с. При больших скоростях центробежная сила сбрасывает масло с вращающихся поверхностей и смазывание зацепления оказывается недостаточным, кроме того, возрастают потери мощности на перемешивание масла, повышается его температура. Возникает необходимость использовать *струйную циркуляционную смазку* через специальные сопла или разбрызгиватели. Этот способ требует сложного устройства смазочной системы и применяется в экономически обоснованных случаях.

Надежное смазывание подшипников разбрызгиванием возможно при окружных скоростях колес более 3 м/с. При меньших скоростях применяют пластичные смазки, которыми заполняют пространство внутри подшипникового узла.

При необходимости уменьшить тепловыделение и потери мощности (например, при высокой частоте вращения червяка и длительной работе передачи) уровень масла понижают, но устанавливают на валу червяка разбрызгиватели для смазывания зацепления.

Для залива масла используют смотровой люк или отверстие, закрываемое пробкой или пробкой-отдушиной, в верхней части корпуса. Для слива масла предусмотрено специальное отверстие в нижней части корпуса.

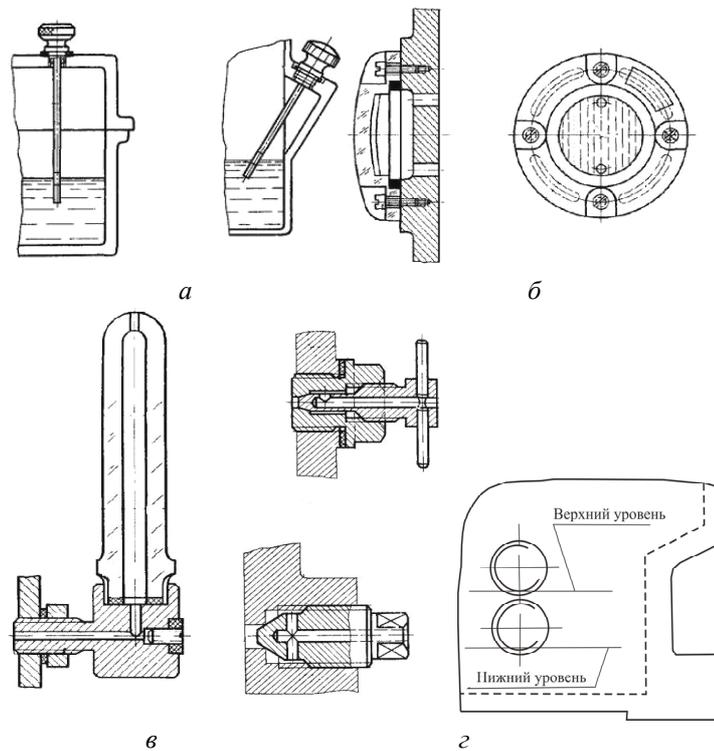


Рис. 12. Маслоуказатели

Для контроля уровня масла в корпусе устанавливают маслоуказатели жезловые (щупы) (рис. 12, а), круглые (рис. 12, б) или трубчатые (рис. 12, в) из прозрачного материала, крановые (рис. 12, г), которые ставят попарно соответственно верхнему и нижнему уровню смазки.

### Уплотнительные устройства

Уплотнения применяют для предотвращения вытекания смазочного материала и для защиты узлов от попадания извне пыли и влаги. Объектами герметизации являются неподвижные разъемные соединения и подвижные узлы трения.

Для герметизации *неподвижных соединений* применяют прокладки из пластичного или эластичного материала, герметизирую-

щие пасты (герметики) и др. Например, поверхность разъема корпуса и крышки редуктора покрывают тонким слоем герметика. Прокладки в плоскость разъема, если она проходит через оси валов, не ставят из-за вызываемых ими искажений формы посадочных поверхностей под подшипники и смещения осей отверстий. При повторной сборке удаляют остатки герметика предыдущего монтажа.

Уплотнения *подвижных вращательных соединений* подразделяются на бесконтактные и контактные.

К простейшим контактными уплотнениям, которые устанавливают в крышках подшипниковых узлов, относятся фетровые или резиновые кольца (рис. 13, *а*), армированные металлическим кольцом резиновые манжеты (рис. 13, *б*) и др.

К бесконтактным уплотнениям относятся щелевые (рис. 13, *в*) и лабиринтные уплотнения (рис. 13, *г*), зазоры в которых заполняют пластичным смазочным материалом. Бесконтактные уплотнения не гарантируют герметичности и применяются для уменьшения утечек жидкости и газа.

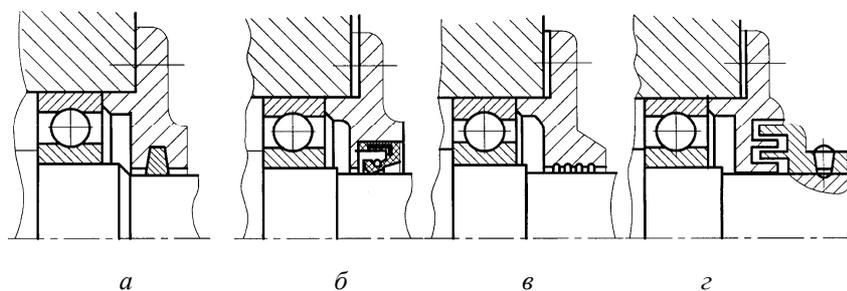


Рис. 13. Контактные и бесконтактные уплотнения

При смазывании подшипников разбрызгиванием и высоким уровне масла в картере во избежание попадания в подшипник вместе с маслом продуктов износа, а также излишней смазки подшипники защищают *маслозащитными шайбами* (кольцами) (рис. 14, *а, б*).

При смазывании подшипников пластичным материалом полость подшипника отделяют от картера *мазедерживающими кольцами* с круговыми (рис. 14, *в*) или винтовыми (рис. 14, *г*) канавками, *стальными шайбами* с центрирующим кольцом (рис. 14, *д*) и др.

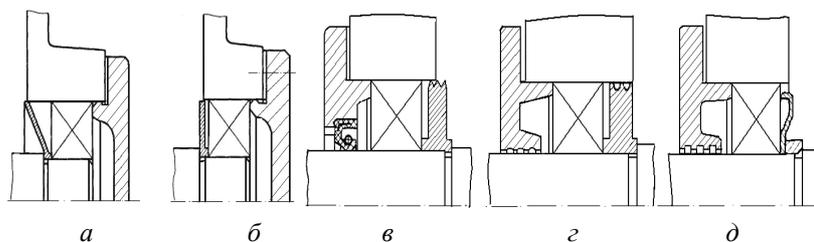


Рис. 14. Маслозащитные и мазеудерживающие кольца и шайбы

Работа червячной передачи сопровождается нагревом вследствие высокого трения в зацеплении.

Способы охлаждения червячных редукторов: *естественное* (теплоотдача через поверхность корпуса, увеличенную за счет охлаждающих ребер); *искусственное* (принудительная вентиляция, увеличивающая скорость теплообмена); *принудительное водяное* (в масляной ванне монтируется змеевик, через который пропускается холодная вода, охлаждающая масло).

### Особенности конструкции червячного редуктора

Рассмотрим конструкцию одноступенчатого червячного редуктора с нижним расположением червяка (рис. 15).

Все детали редуктора размещены в корпусе, который имеет разъем по оси вала червячного колеса. Крышка 1 и основание корпуса 2 соединяются с помощью болтового соединения 3 и штифтов 4.

Червяк 5 выполнен заодно с валом. Фиксирующая опора вала-червяка состоит из двух радиально-упорных роликовых подшипников 6, установленных в стакане 7 по схеме враспор. Подшипники крепятся на валу гайкой 8. Плавающая опора вала-червяка образована радиальным шариковым подшипником 9, который крепится на валу с помощью стопорного кольца 10. Подшипниковые узлы быстрого вала закрыты накладными крышками 11 и 12, которые крепятся относительно корпуса винтами 13. В крышке 12 расположено манжетное уплотнение 14.

Червячное колесо 15 фиксируется на валу 16 в окружном направлении с помощью шпонки 17, а в осевом направлении перемещение колеса ограничено с одной стороны буртиком вала, а с дру-

гой – втулкой 18, которая упирается в торец внутреннего кольца подшипника 19.

Радиально-упорные роликовые подшипники 19, установленные по схеме враспор, регулируются прокладками 20, установленными под фланцы крышек соответственно 21, 22. Эти же прокладки используются для регулирования червячного зацепления. Крышки подшипников 21 и 22 крепятся к корпусу с помощью винтов 23. В крышке 22 расположено манжетное уплотнение 24.

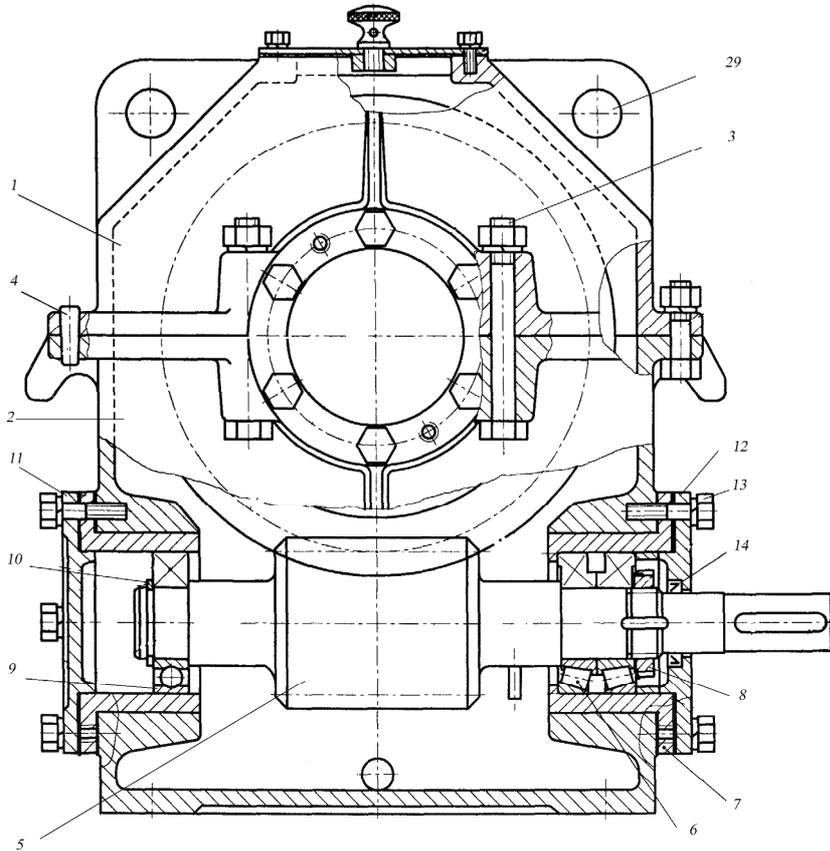


Рис. 15. Редуктор червячный одноступенчатый

В корпусе имеется отдушина 25, смотровое окно с крышкой 26, жезловый маслоуказатель 27, отверстие с пробкой 28 для слива масла.

Отверстия 29 используются для подъема редуктора при транспортировании. Крепление редуктора к раме или плите осуществляется болтами или шпильками, которые устанавливаются в отверстия 30.

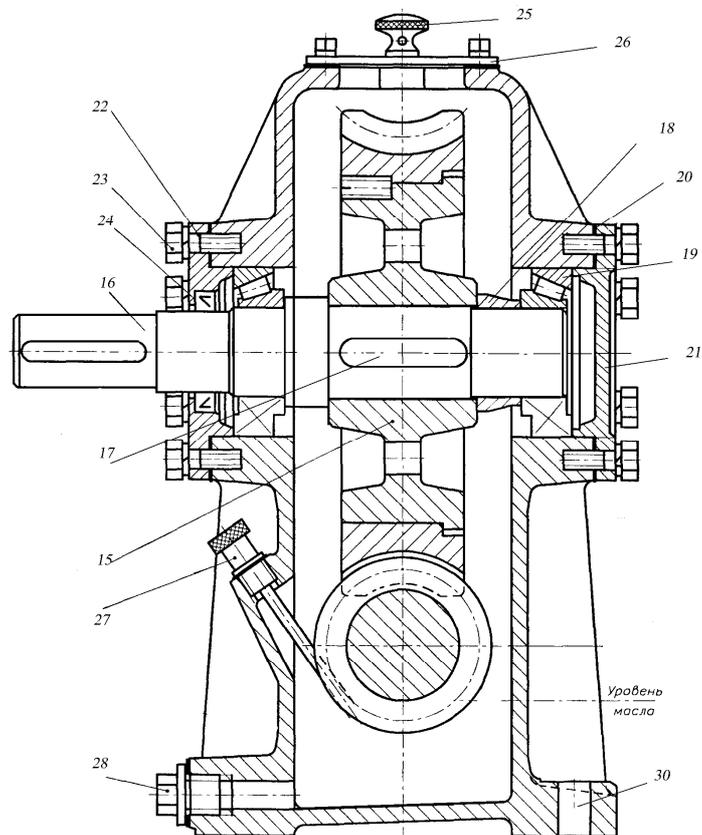


Рис. 15. Редуктор червячный одноступенчатый (продолжение)

## **Порядок выполнения работы**

1. Определить тип изучаемого редуктора, составить кинематическую схему, дать её характеристику.
2. Частично разобрать редуктор, уяснить назначение каждой детали, произвести замеры в соответствии с таблицей отчёта.
3. Выполнить расчет основных геометрических параметров редуктора.
4. Выполнить кинематический и силовой расчет редуктора.
5. Описать конструкцию редуктора, заполнить отчет (см. приложение)

## **Контрольные вопросы**

1. Какой механизм называют червячным редуктором?
2. Дайте характеристику кинематической схемы изучаемого редуктора.
3. Перечислите достоинства и недостатки червячного редуктора по сравнению с зубчатым редуктором?
4. Как соотносятся между собой мощности на входном и выходном валах редуктора?
5. Какие факторы влияют на КПД червячного редуктора?
6. Поясните назначение основных деталей изучаемого редуктора.
7. Что представляет собой червяк?
8. Какие материалы используют для изготовления червяка и червячного колеса?
9. Почему червячные колеса конструируют составными?
10. Как закрепляется червячное колесо на валу в окружном и осевом направлениях?
11. Каковы способы соединения венца червячного колеса с его ступицей?
12. Дайте характеристику опор валов изучаемого редуктора.
13. Какая схема установки подшипников реализована в изучаемом редукторе?
14. Как осуществляется регулирование подшипников?
15. Как регулируется червячное зацепление?

16. Каков способ смазывания червячной передачи?
17. Как смазываются подшипники?
18. На какую глубину следует погружать в масло червяк и червячное колесо?
19. Дайте характеристику уплотнений редуктора.
20. Как осуществляется заливка, контроль и слив масла в редукторе?
21. Как осуществляется охлаждение редуктора?

### **Список литературы**

1. Иванов М.Н., Финогенов В.А. Детали машин. – М.: Высшая школа, 2005. – 408 с.
2. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин: учеб. пособие для вузов. – М.: Академия, 2007. – 496 с.

Лабораторная работа

ЧЕРВЯЧНЫЕ РЕДУКТОРЫ

1. Кинематическая схема редуктора

Тип редуктора –

2. Измеренные параметры редуктора

Наименование	Обозначение	Результат
Число заходов червяка	$z_1$	
Шаг осевой, мм	$p$	
Длина нарезанной части червяка, мм	$b_1$	
Диаметр вершин витков червяка, мм	$d_{a1}$	
Число зубьев колеса	$z_2$	
Ширина венца червячного колеса, мм	$b_2$	
Диаметр вершин зубьев колеса, мм	$d_{a2}$	
Наибольший диаметр червячного колеса, мм	$d_{aM2}$	
Межосевое расстояние, мм	$a_w$	
Межосевое расстояние (ГОСТ 2144), мм	$a_w$ (табл.)	

3. Расчет геометрических параметров редуктора

Наименование	Обозначение	Результат
Модуль зацепления, мм – расчетный – по ГОСТ 19672	$m_p = p / \pi$ $m$ (ближайший к $m_p$ )	
Делительной диаметр червяка, мм	$d_1 = d_{a1} - 2 m$	
Диаметр впадин червяка, мм	$d_{f1} = d_1 - 2,4 m$	
Коэффициент диаметра червяка – расчетный – по ГОСТ 19672	$q_p = d_1 / m$ $q$ (ближайший к $q_p$ )	
Начальный угол подъема червяка, град	$\gamma_w = \arctg(z_1 / q)$	
Диаметр делительной окружности колеса, мм	$d_2 = m z_2$	
Делительное межосевое расстояние, мм	$a = (z_2 + q) m / 2$	
Коэффициент смещения	$x = (a_w - a) / m$	
Передаточное число	$u = z_2 / z_1$	

4. Расчет кинематических и силовых параметров редуктора

Скорость ведущего вала  $\omega_1 = \dots \text{ с}^{-1}$ , мощность на ведущем валу  $P_1 = \dots \text{ кВт}$   
(задаются преподавателем)

Наименование	Расчетная формула	Результат
Угловая скорость ведомого вала, $\text{с}^{-1}$	$\omega_2 = \omega_1 / u$	
Частота вращения червяка, об/мин	$n_1 = 30 \omega_1 / \pi$	
Частота вращения колеса, об/мин	$n_2 = n_1 / u$	
Окружная скорость червяка, м/с	$v_1 = \omega_1 d_1 / 2$	
Окружная скорость колеса, м/с	$v_2 = \omega_2 d_2 / 2$	
Скорость скольжения, м/с	$v_s = v_1 / \cos \gamma_w$ $v_s = \sqrt{(v_1^2 + v_2^2)}$	
Угол трения в зацеплении, град	$\rho'$ (см. табл. 2)	
КПД червячного зацепления	$\eta = \text{tg}(\gamma_w) / \text{tg}(\gamma_w + \rho')$	
Вращающий момент на червяке, Н·м	$T_1 = P_1 / \omega_1$	
Вращающий момент на колесе, Н·м	$T_2 = T_1 u \eta$	

5. Описание конструкции редуктора

Тип червяка, направление винтовой линии

Способ крепления червячного колеса на валу

Тип подшипников, вид опор

Способ регулирования подшипников

Способ смазывания подшипников

Способ регулирования червячного зацепления

Способ смазывания червячного зацепления

Уплотнительные устройства

Тип маслоуказателя

Работу выполнили \_\_\_\_\_.

(группа, фамилии, дата)

Учебное издание

## **ЧЕРВЯЧНЫЕ РЕДУКТОРЫ**

*Методические указания  
к лабораторной работе*

**Составитель**  
Ташкинова Елена Викторовна

Корректор *Е.И. Хазанжи*

---

Подписано в печать .01.12. Формат 60×90/16.  
Усл. печ. л. . Тираж экз. Заказ № /2012.

---

Издательство  
Пермского национального исследовательского  
политехнического университета.  
Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, к. 113.  
Тел. (342) 219-80-33.