

## 15. Муфты

### 15.1. Назначение и расчетный момент

Муфтами в технике называют устройства, которые служат для соединения концов валов, стержней, труб, электрических проводов и т.д. В этом курсе рассматриваются только муфты для соединения валов.

Муфты служат для обеспечения кинематической и силовой связи отдельных узлов и механизмов машин. С их помощью передаётся крутящий момент между валами, являющимися как бы продолжением один другого или между валом и сидящими на нём деталями. При этом муфты передают крутящий момент без изменения его величины и направления.

Таким образом, передаваемый крутящий момент – основная характеристика муфты. Подбор и расчёт муфт и их элементов производится по расчётному моменту.

Расчётный момент  $T_p$  определяется выражением

$$T_p = KT$$

где  $T$  - номинальный, длительно действующий момент;

$K$  – коэффициент динамичности.

Для машин с небольшими разгоняемыми массами и при спокойной работе  $K=1 \dots 1.5$ .

Для машин со средними массами и переменной нагрузкой  $K=1.5 \dots 2$ .

Для машин с большими массами и ударной нагрузкой  $K=2.5 \dots 3$  и более.

В случае применения двигателя внутреннего сгорания значения  $K$  повышают на 20...30 % (большие значения при малом числе цилиндров).

### 15.2. Классификация муфт

Существует много различных классификаций.

По характеру работы муфты можно разделить на следующие группы:

- муфты постоянные, осуществляющие постоянное соединение валов;
- муфты сцепные управляемые, соединяющие или разъединяющие валы по команде оператора;
- муфты самоуправляемые, автоматически соединяющие или разъединяющие валы при определённом изменении условий работы.

В этом курсе изучаются только механические муфты. Муфты, в которых используют принципы сцепления за счёт электромагнитных или гидродинамических сил, изучают в соответствующих специальных курсах.

### 15.3. Постоянные муфты

Они постоянно соединяют валы и могут быть:

- глухие;
- компенсирующие.

### 15.3.1. Глухие муфты

Соединяют соосные валы в одну жесткую линию. Требуют при монтаже идеальной соосности валов и достаточно строгого равенства их диаметров. Так как соединение жесткое, то передают не только вращающий момент, но и изгибающий, и осевые усилия.

Глухие муфты могут быть:

- втулочные;
- продольно-свёртные;
- поперечно-свёртные или фланцевые.

#### 15.3.1.1. Втулочная муфта

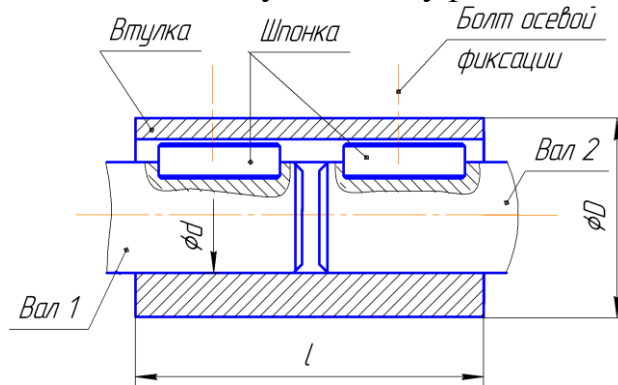


Рис. 15.1. Втулочная муфта на шпонках

Представляет собой втулку, насаженную на оба вала. Крутящий момент передаётся с помощью шпонок (рис.15.1) или шлицев, или штифтов. Применяются для небольших крутящих моментов. Существенный недостаток – необходимость при монтаже осевого смещения втулки вдоль одного из соединяемых валов.

Материал втулки – конструкционная сталь. Обычно принимают (рис.15.1):

$D \approx (1.5 \dots 1.8)d$ ,  $l = (2 \dots 4)d$ , а затем проверяют втулку на кручение и изгиб.

Применяют такие муфты в лёгких машинах при диаметрах валов до 60...70мм. Работоспособность обеспечивается расчётом шпоночного, шлицевого или штифтового соединений (см. соответствующие разделы курса).

#### 15.3.1.2. Продольно-свёртная муфта

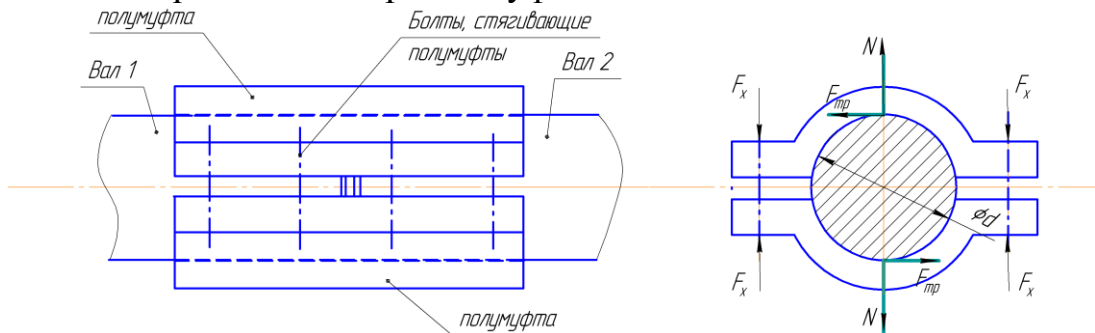


Рис.15.2. Продольно-свёртная муфта

Муфта представляет собой две одинаковые полумуфты, прижатые стяжными болтами к валам (рис.15.2). Вследствие затяжки болтов усилиями  $F_x$  на поверхности контакта полумуфт с валами появляются силы трения  $F_{тр}$ , которые обеспечивают передачу крутящего момента. Таким образом, условие работоспособности муфты  $T_{тр} \geq T$  можно представить выражением

$$0.5F_x z f d \geq T_p,$$

где  $z$  – число болтов, зажимающих один вал;

$f$  – коэффициент трения между валом и полумуфтами;

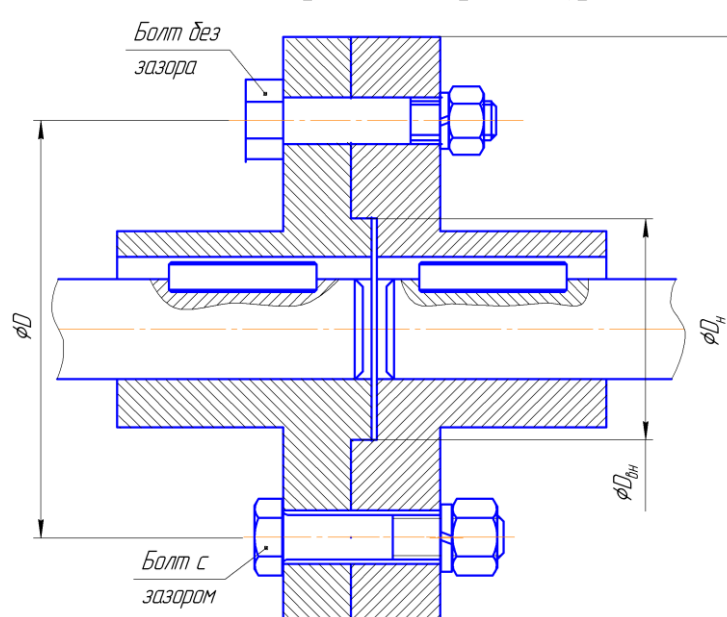
$d$  – диаметр вала.

Достоинство муфт такого типа в том, что они не требуют осевого сдвига валов

При проектировании этих муфт либо задаются числом болтов и определяют их диаметр, либо задаются размером болта и определяют необходимое количество таких болтов для передачи требуемого момента. Применяются для передачи моментов тихоходными валами, так как балансировка их весьма затруднительна. Муфты стандартизованы.

Название связано с расположением плоскости разъёма полумуфт – вдоль оси валов.

### 15.3.1.3. Поперечно-свёртная (фланцевая) муфта



Муфта состоит из двух полумуфт, стянутых болтами.

Для центрирования на одной из полумуфт выполнен выступ, а на другой – расточка.

Крутящий момент передаётся от валов к полумуфтам с помощью шпонок. Способ передачи момента между полумуфтами зависит от того, как установлены болты.

Если болты установлены с зазором (рис.15.3 внизу), то момент передаётся за счёт сил трения между полумуф-

Рис.15.3. Фланцевая муфта

тами, возникающими вследствие предварительной затяжки болтов, а стержни болтов рассчитываются на растяжение с кручением.

Если болты установлены без зазора (рис.15.3.вверху), то момент передаётся за счёт прочности стержня болта, работающего на срез. В этом случае отверстие под болт должно обрабатываться совместно в обеих полумуфтах, под развёртку, т.е. очень чисто. Соответственно чисто должна быть обработана боковая поверхность стержня болта.

Часто из общего количества болтов половину (не меньше двух) ставят в отверстие без зазора и проверяют их на срез и смятие по полному расчётному моменту. Вторую половину болтов ставят с зазором и не проверяют вообще, так как момент от сил трения, возникающий вследствие затяжки болтов, в расчёт не принимается. Расчёты болтов рассмотрены ранее. Муфты стандартизованы.

### 15.3.2. Компенсирующие муфты

Машины собираются из отдельных агрегатов и сборочных единиц. Взаимная установка их так, чтобы валы были соосны идеально точно (рис15.4.а)

достаточно дорога, да и не всегда её можно реализовать. Чаще всего валы соединяемых агрегатов и узлов не соосны.

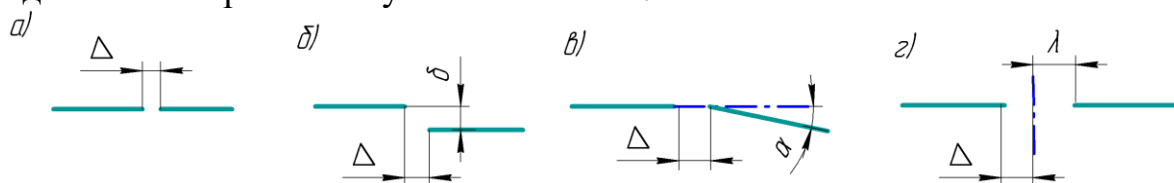


Рис.15.4. Возможные отклонения от соосности валов

Отклонения от соосности могут быть радиальными –  $\delta$  (рис.15.4.б), угловыми –  $\alpha$  (рис.15.4.в), осевыми –  $\lambda$  (рис.15.4.г). В реальных конструкциях очевидно, возможны различные комбинации из этих смещений.

Компенсационные муфты предназначены для соединения валов с учётом возможной несоосности их. Они могут быть жесткие и упругие.

К жестким компенсирующим муфтам относятся:

- зубчатые муфты;
- цепные муфты;
- крестовые муфты;
- шарнирные муфты.

#### 15.3.2.1. Зубчатые муфты

Муфта состоит из двух обоев 3 и 4 (рис. 15.5.а) с внутренними эвольвентными зубьями, которые входят в зацепление с наружными зубьями втулок 5 и 6, насаженных на валы 1 и 2.

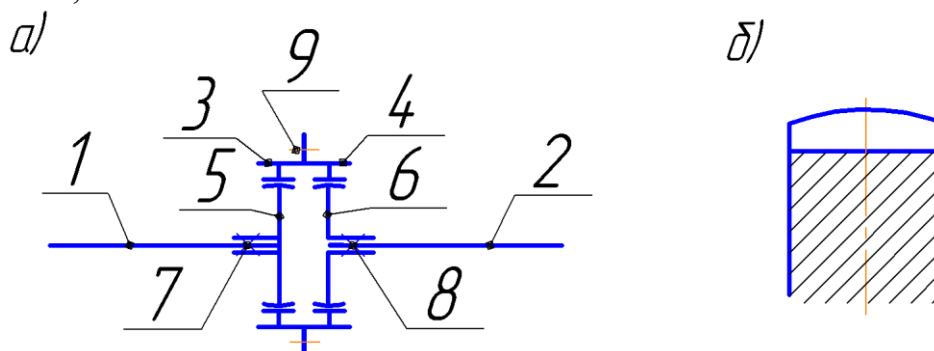


Рис.15.5. Зубчатая муфта

Для того чтобы передавался крутящий момент от втулок к валам и наоборот, между втулками и валами установлены шпонки 7 и 8. Обоймы стянуты в одно целое стяжными болтами 9, посаженными в отверстия без зазора.

Муфта компенсирует радиальные, осевые, и угловые смещения валов за счёт зазоров между зацепляющимися зубьями. Для увеличения возможности компенсации смещений радиальные и боковые зазоры выполняют увеличенными, а зубчатые венцы обрабатывают по сфере (рис.15.5.б). Допустимый угол перегиба оси каждой втулки относительно оси обоймы не более чем  $0^{\circ}30'$ . Допускаемое радиальное смещение зависит от диаметра вала, угла перегиба и расстояния между втулками. При монтаже элементов машин на разных фундаментах оно не должно превышать 0.7мм.

Практика эксплуатации зубчатых муфт показала, что основным крите-

рием работоспособности этих муфт является износ боковых поверхностей зубьев. Для его уменьшения в обоймы заливается жидкая смазка.

Муфты стандартизованы. Подбор стандартных муфт выполняют по расчётному моменту

$$T_p = k_1 k_2 T,$$

где  $T$  - передаваемый крутящий момент;

$k_1$  - коэффициент безопасности:

- $k_1 = 1$ , если поломка муфты не вызывает аварии машины;
- $k_1 = 1.2$ , если поломка муфты ведёт к аварии машины;
- $k_1 = 1.5$ , если поломка муфты ведёт к аварии ряда машин;
- $k_1 = 1.8$ , если поломка муфты может привести к человеческим

жертвам.

$k_2$  - коэффициент условий работы муфты:

- $k_2 = 1$  при спокойной работе равномерно нагруженных механизмов;
- $k_2 = 1.1 \dots 1.3$  при работе неравномерно нагруженных механизмов;
- $k_2 = 1.3 \dots 1.5$  при работе с ударами неравномерно нагруженных и реверсивных механизмов.

После подбора выполняется проверка на прочность элементов муфты при действии максимального момента  $T_{\max} \leq 2T_p$ .

При расчёте валов необходимо учесть дополнительный изгибающий момент  $M_{\text{и}} \approx 0.1T$  от сил трения в зубчатом зацеплении, действующий в плоскости осей валов.

#### 15.3.2.2. Цепные муфты

Муфта представляет собой две одинаковые цепные звёздочки, насаженные на соединяемые валы и охваченные однорядной или двухрядной роликовой или зубчатой цепью. За счёт зазоров между цепью и зубьями звёздочек компенсируют радиальные (до 1.2 мм) и угловые (до 1°) смещения валов. Из-за больших окружных зазоров между зубьями звёздочек и цепью такие муфты нельзя рекомендовать для реверсивных передач.

Основное применение имеют муфты с однорядной цепью, Такие муфты стандартизованы.

#### 15.3.2.3. Крестовые муфты

Существуют кроме этого ещё несколько равноценных названий: кулачково-дисковая, муфта Ольдгема, плавающая муфта.

Муфты предназначены для соединения валов со значительным - до

$0.04d$ , где  $d$ -диаметр вала - радиальным смещением. При этом они допускают небольшие осевые и угловые смещения.

Муфта состоит из трёх элементов (рис.15.6): двух одинаковых полумуфт 1 и 2 и крестовины 3 между ними.

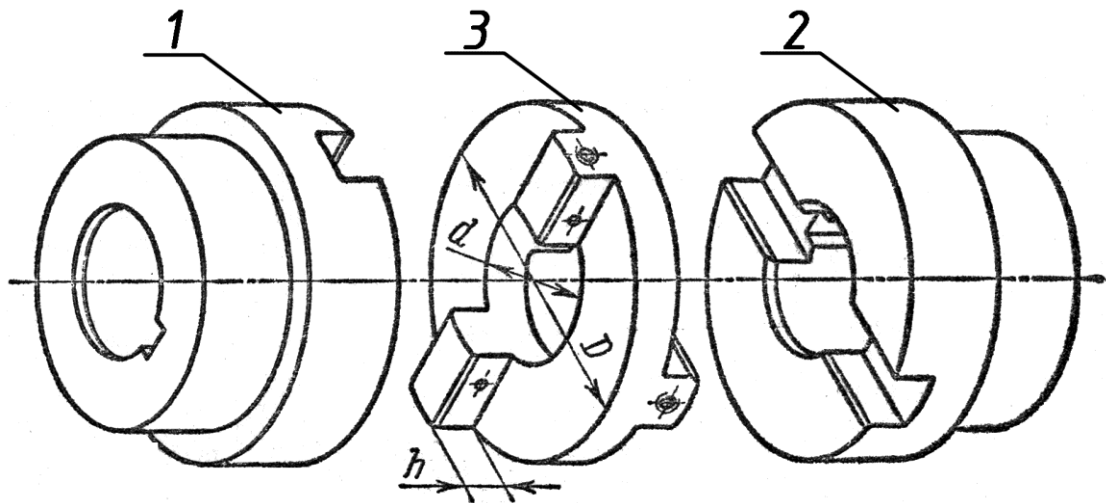
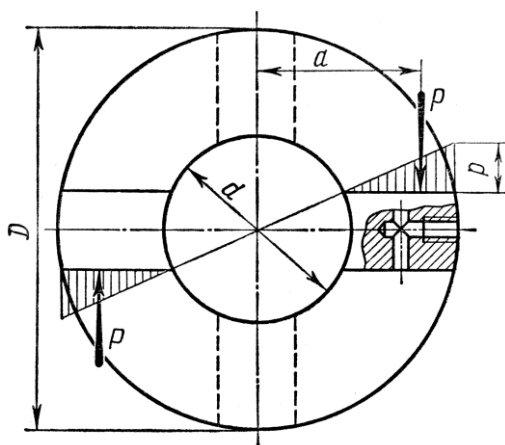


Рис.15.6. Крестовая муфта

На фланцах полумуфт имеется по одному диаметральному пазу, а на крестовине – по одному выступу-кулачку с каждой стороны, которые расположены крестообразно под углом  $90^\circ$ . Паза на фланцах служат направляющими для кулачков. При передаче движения кулачки скользят в пазах, чтобы компенсировать радиальное смещение валов. Отсюда износ боковых - рабочих поверхностей кулачков и необходимость применять смазку с противозадирными присадками.

Муфту подбирают по расчётному моменту и проверяют на износостойкость поверхностей трения по давлению  $p$ , которое распределяется на поверхности кулачка по закону треугольника (рис.15.7). Если заменить распределённую нагрузку равнодействующей, то нагрузка на один кулачок



нагрузки равнодействующей, то нагрузка на один кулачок

$$P = \frac{1}{2} p \frac{D-d}{2} h = p \frac{D-d}{4} h.$$

Усилие  $P$  приложено в центре тяжести треугольной эпюры, поэтому расстояние от оси вращения до равнодействующей

$$a = \frac{d}{2} + \frac{2}{3} \frac{(D-d)}{2}$$

Рис.15.7.К расчёту крестовой муфты

Момент пары сил (т.е. момент, передаваемый муфтой)

$$T_p = P \times 2a = p \frac{D-d}{4} h \times 2 \times \left\{ \frac{d}{2} + \frac{2}{3} \frac{(D-d)}{2} \right\} = \frac{(2D+d)(D-d)ph}{12}.$$

Отсюда условие износостойкости муфты

$$p = \frac{12T_p}{(2D+d)(D-d)h} \leq [p].$$

Допускаемые давления для муфт с закалёнными поверхностями трения принимаются  $[p]=15\dots30$  МПа.

#### 15.3.2.4. Шарнирные муфты

Муфта состоит из двух вилок 1 и 2, и крестовины 3 (рис. 15.8).

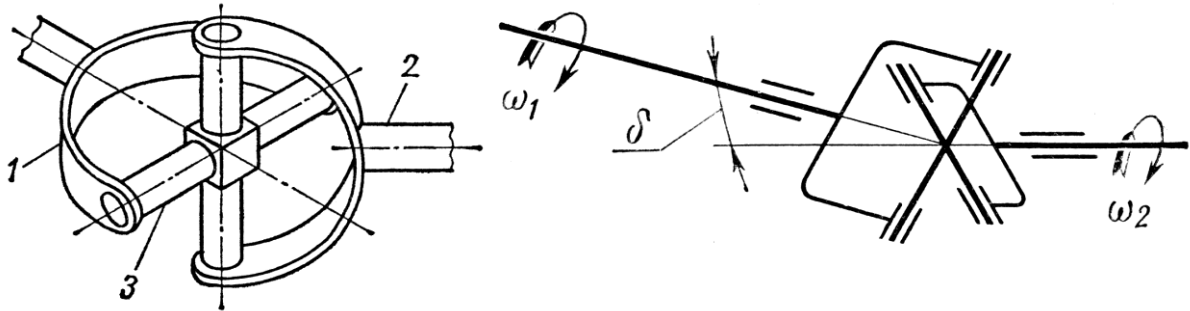


Рис.15.8. Шарнирная муфта

Это одинарный шарнир Гука. Применяется для соединения валов, оси вращения которых расположены под углом  $\delta \leq 45^\circ$ . Недостаток в том, что при постоянной угловой скорости ведущего вала шарнирная муфта передаёт вращение ведомому валу с переменной в течение одного оборота скоростью. Чем больше угол  $\delta$ , тем больше неравномерность вращения ведомого вала.

Чтобы избежать этого применяют сдвоенную шарнирную муфту или карданную передачу (предложена в 16 веке итальянским учёным Дж. Кардано), состоящую из двух шарнирных муфт (рис.15.9).

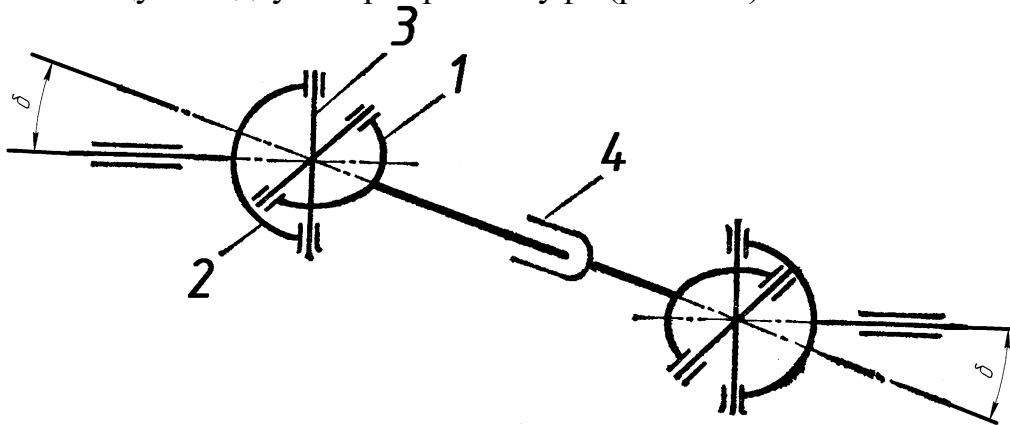


Рис.15.9. Карданная передача

В этом случае обязательно вилки 1 промежуточного вала должны быть в одной плоскости, оси ведущего и ведомого валов параллельны, а угол отклонения их относительно оси промежуточного вала должен быть одинаковым. Для возможности осевого смещения во время работы используют при соединении валов телескопический промежуточный вал 4, втулка одной части которого перемещается по шлицам его второй части.

Шарнирные муфты применяют при необходимости:

- компенсации неточности взаимного расположения узлов из-за погрешностей сборки, деформирования основания, деформирования рессор и т.п.;
- передачи вращения переставным валам;
- передачи вращения закономерно перемещающимся во время работы сборочным единицам.

Муфты рассчитываются по удельному давлению в шарнирах, а вилки и крестовины - по максимальному усилию, возникающему в муфте.

Быстроходные валы с шарнирными муфтами проверяют на критическую угловую скорость, принимая коэффициент запаса не менее 1.5.

### 15.3.3. Упругие компенсирующие муфты

Муфта представляет собой две полумуфты, между которыми установлен упругий элемент. Этот упругий элемент при переменных нагрузках аккумулирует и частично рассеивает энергию. Такая связь полумуфт позволяет:

- снизить динамическую нагрузку;
- предотвратить опасные колебания, изменяя жесткость приводной системы при переменном нагружении;
- компенсировать некоторую несоосность валов.

Кроме крутящего момента эти муфты характеризуются ещё жёсткостью (или податливостью) упругого элемента. Могут быть муфты постоянной и переменной жесткости.

Переменной жесткостью обладают муфты с неметаллическими упругими элементами, например резиновыми. Эти материалы не подчиняются закону Гука. Переменную жесткость можно придать и муфтам с металлическими упругими элементами, конструируя так, чтобы их жесткость менялась в зависимости от величины деформации.

Ещё одна важная характеристика таких муфт – их демпфирующая способность. Под демпфирующей способностью муфты понимают её способность рассеивать, т.е. превращать в тепло, энергию при деформировании. Это может происходить за счёт внешнего трения на поверхности упругих элементов или за счёт внутреннего трения в их материале. В муфтах с металлическими упругими элементами основное – внешнее трение, в муфтах с неметаллическими упругими элементами основное – внутреннее трение. При этом резина и полиуретан обладают способностью аккумулировать энергию и рассеивать её на единицу массы больше, чем стальные пружины, но ресурс таких элементов меньше, чем стальных. Основным материалом неметаллических упругих элементов муфт – резина. Упругий элемент может быть один в виде оболочки, звёздочки, диска или упругих элементов может быть несколько, например, в виде наборов отдельных колец. Муфты с упругими элементами из неметаллических материалов применяются для передачи средних и малых моментов. Конструкции таких муфт разнообразны.

Металлические упругие элементы муфт представляют собой различные стальные пружины или пружинные стержни, пластины, пакеты пластин.

#### 15.3.3.1. Упругая втулочно-пальцевая муфта (МУВП)

Муфта упругая втулочно-пальцевая (рис.15.10.а) состоит из двух



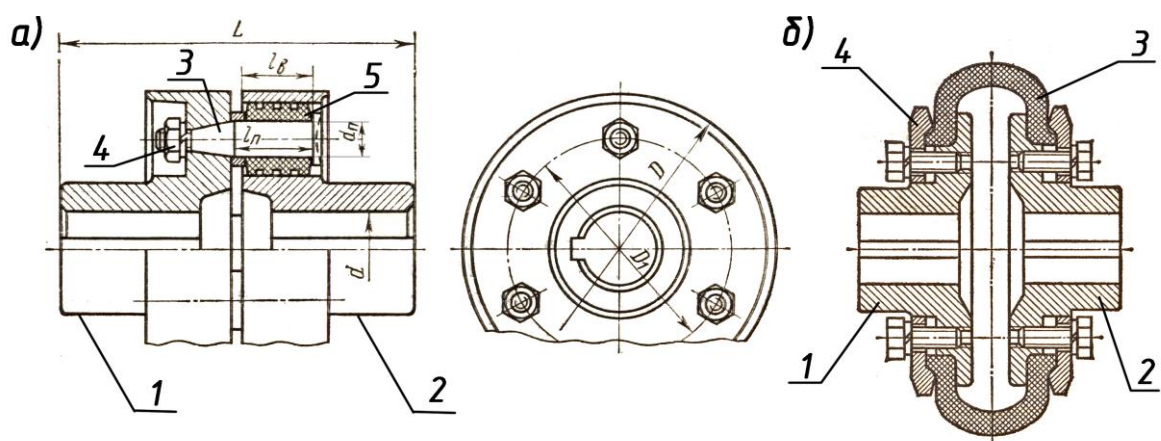


Рис.15.10. Упругие муфты

полумуфт 1 и 2, стальных пальцев 3, закреплённых в одной из полумуфт гайками 4 с посадкой пальцев на конус, и упругих резиновых втулок 5, надетых на цилиндрическую часть пальца. Вместо втулок могут быть наборы упругих колец из того же материала. Муфта стандартизована.

Муфта подбирается по расчётному крутящему моменту, а затем проверяются пальцы на изгиб, как консольные балки

$$\sigma_{\text{и}} = \frac{T_{\text{р}} l_{\text{п}}}{zD \times 0.1d_{\text{п}}^3} \leq [\sigma_{\text{и}}],$$

а резиновые кольца (или втулка) – на смятие

$$p = \frac{2T_{\text{р}}}{zD l_{\text{в}} d_{\text{п}}} \leq [p],$$

где  $Z$  – количество пальцев;

$D$  – диаметр установки пальцев;

$l_{\text{в}}$  – длина набора упругих колец или длина упругой втулки.

Допускаемое напряжение в расчётах на изгиб обычно принимается

$$[\sigma_{\text{и}}] = (0.4 \dots 0.5) \sigma_{\text{т}},$$

а допускаемое давление для резиновых втулок  $[p] = 3 \text{ МПа}$ .

Допускаемые радиальные смещения валов  $0.2 \dots 0.6 \text{ мм}$ , угол перекоса не более  $1^\circ$ .

### 15.3.3.2. Муфта с упругим элементом в виде оболочки

Муфта с тороидальной оболочкой (рис.15.10.б) состоит из двух одинаковых полумуфт 1 и 2, и упругой оболочки 3, прижатой к полумуфтам с помощью колец 4. Муфта легко собирается – разбирается для замены упругого элемента. Она допускает компенсацию значительных смещений валов: осевого  $2 \dots 6 \text{ мм}$ , радиального  $1 \dots 5 \text{ мм}$ , углового  $2 \dots 4^\circ$ . Муфта стандартизована.

Торовые оболочки таких муфт работают на кручение. Муфты подбираются по расчётному моменту. Нужно учитывать, что такие муфты передают

на вал радиальную нагрузку  $F_B \approx 0.45T/D$ , где  $D$  - наружный диаметр то-  
ра.

#### 15.4. Сцепные управляемые муфты

Сцепные управляемые муфты служат для быстрого соединения или разъединения валов в покое или на ходу с помощью механизма управления. Такие муфты могут быть кулачковые или фрикционные.

##### 15.4.1. Кулачковые сцепные муфты

Кулачковые муфты состоят из двух полумуфт 1 и 2 с кулачками на торцевых поверхностях (рис.15.11). При включении кулачки 4 одной полумуф-

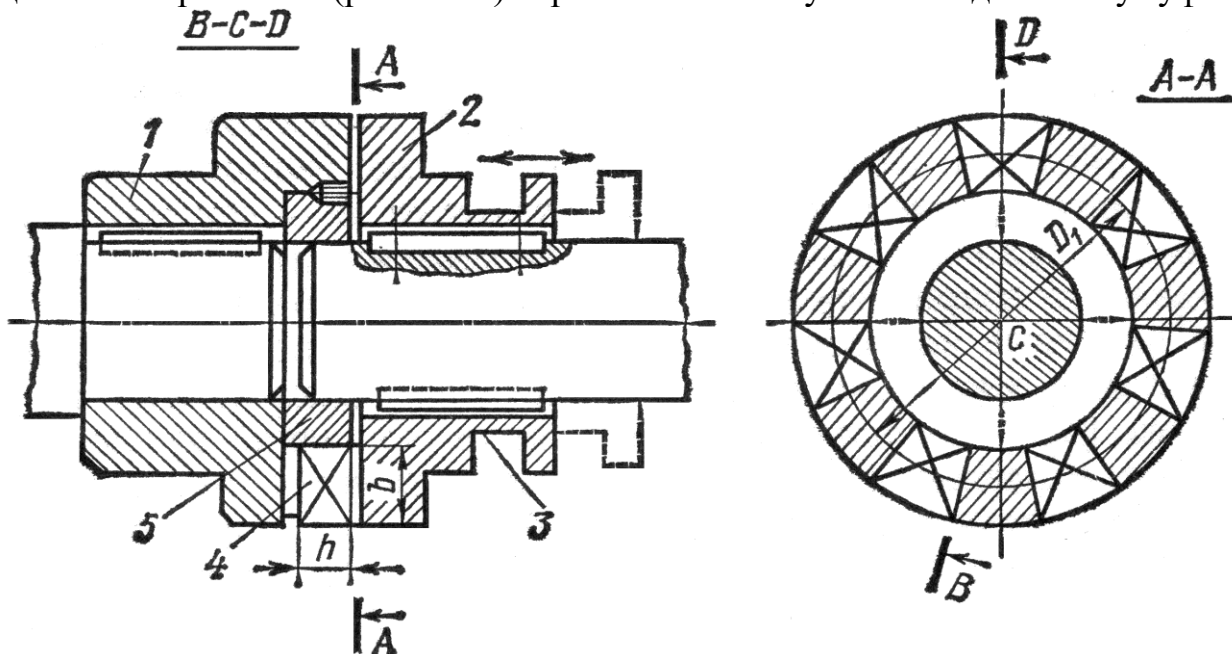


Рис.15.11. Кулачковая сцепная муфта

ты входят во впадины другой, создавая жёсткое сцепление. Для переключения одна полумуфта должна в осевом направлении жестко закрепляться на своём валу, а вторая перемещаться с помощью специального устройства – отводки вдоль оси второго вала. Вилку отводки располагают в пазу 3 полумуфты ведомого вала. Несоосность валов резко снижает работоспособность муфт, поэтому в конструкциях используется кольцо 5, обеспечивающее их центровку. Чаще всего такие муфты располагают на одном валу и используют для переключения скоростей.

Профиль кулачков может быть треугольным, прямоугольным, трапецидальным. Для включения нереверсивных механизмов применяют кулачки с асимметричным профилем.

Включение кулачковых муфт всегда сопровождается ударами, поэтому их включают в покое без нагрузки или при очень маленьких относительных скоростях движения полумуфт.

Разновидностью кулачковых муфт являются сцепные зубчатые муфты (рис.15.12), у которых подвижная полумуфта 1 имеет внутренние зубья, а неподвижная 2 – наружные при одном и том же модуле и одинаковом числе зубьев.

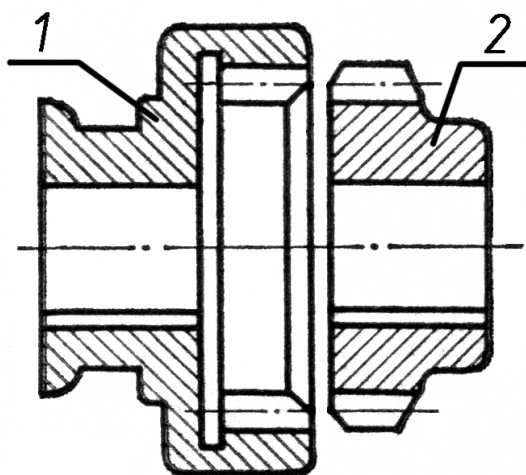


Рис.15.12. Зубчатая сцепная муфта

Расчёт кулачковых муфт заключается в проверочных расчётах кулачков на износостойкость и, при необходимости на прочность при изгибе, в предположении равномерной нагрузки. Расчёт на износостойкость выполняется по удельным давлениям на рабочих поверхностях  $[p]$ .

При этом рекомендуется принимать:

- для муфт, включаемых на ходу,

$$[p] = 30 \dots 40 \text{ МПа};$$

- для муфт, включаемых при неподвижных валах,  $[p] = 80 \dots 120 \text{ МПа}$ .

Допускаемое напряжение на изгиб

для кулачков можно принимать  $[\sigma_{\text{и}}] = 80 \dots 120 \text{ МПа}$ .

#### 15.4.2. Фрикционные сцепные муфты

У этих муфт передача крутящего момента осуществляется силами трения между контактирующими поверхностями деталей муфты. Меняя силу прижатия трущихся поверхностей друг к другу, можно регулировать силы трения, т.е. передаваемый момент. Поэтому такие муфты служат для плавного сцепления валов под нагрузкой и на ходу.

По форме рабочих поверхностей фрикционные муфты могут быть:

- дисковые, рабочие поверхности у которых – боковые поверхности дисков, могут быть однодисковые муфты и многодисковые (рис.15.13.а);
- конусные, рабочие поверхности у которых – конические (рис.15.13.б);
- цилиндрические, рабочие поверхности у которых – цилиндрические (рис.15.13.в).

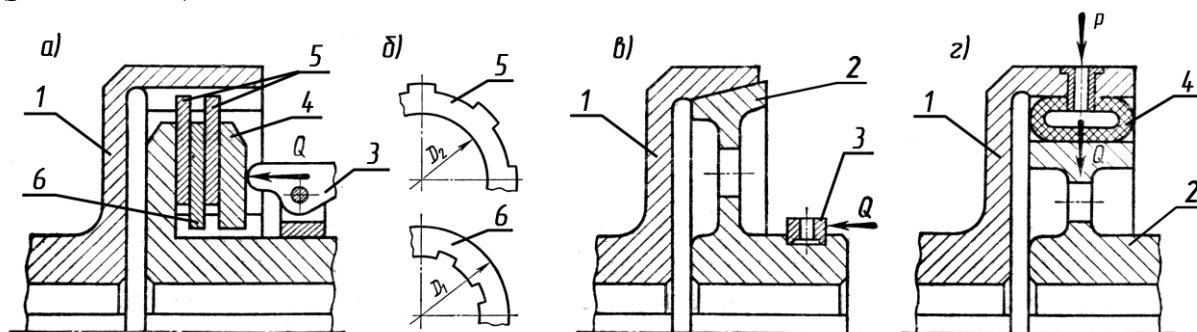


Рис. 15.13. Фрикционные сцепные муфты

По условиям смазки фрикционные муфты могут быть:

- сухие;
- масляные, т.е. работающие в масляной ванне.

По конструкции механизма управления различают муфты:

- нормально разомкнутые, которые при освобождённом (неработающем) механизме управления расцеплены;
- нормально замкнутые, которые при освобождённом механизме управления сцеплены под действием пружин, и для расцепления муфты необходи-

мо с помощью механизма управления преодолеть силы этих пружин.

Основное применение имеют нормально разомкнутые муфты. Нормально замкнутые применяют в тех случаях, когда в машинах осуществляются только кратковременные выключения (как, например, в автомобиле).

Для непосредственного управления оператором наибольшее распространение получили пружинно-рычажные механизмы. При необходимости дистанционного управления муфтой удобны гидравлические, пневматические или электромагнитные устройства.

Основными критериями работоспособности фрикционных муфт являются:

- способность передавать требуемый момент;
- износостойкость поверхностей трения;
- теплостойкость.

В сухих муфтах основное применение имеют пары – закалённая сталь по металлокерамическим или по фрикционным материалам на асбестовой основе. В этом случае коэффициент трения до 0.4 и до 0.3 соответственно, а допускаемое удельное давление до 0.3МПа в обоих случаях.

При работе со смазкой применяют пары – сталь закалённая по металлокерамическим материалам или сталь закалённая по стали (чугуну). В этом случае коэффициент трения до 0.1 и до 0.06 (0.08), а допускаемое удельное давление до 2...3МПа и 0.5...0.7МПа соответственно.

#### 15.4.2.1. Дисковые фрикционные сцепные муфты

Эти муфты широко распространены в машиностроении. Они при малых габаритах могут иметь большую поверхность трения, у них невелика потребляемая сила включения. Применяют однодисковые муфты (с двумя поверхностями трения) и многодисковые (с несколькими поверхностями трения).

В однодисковых муфтах диск, связанный с одним валом, сжимается между двумя фланцами, связанными с другим валом. Такие нормально замкнутые муфты широко применяются в автомобилях.

Многодисковая муфта (см.рис.15.13.а) состоит из полумуфты 1(корпуса), с которым жестко связаны наружные кольца 5, и полумуфты 2, с которой жестко связаны внутренние кольца 6. Для этого наружные кольца имеют выступы на наружном диаметре, а внутренние – на внутреннем (рис.15.13.б). Весь набор можно сжать нажимным диском 4 с помощью отводки 3, перемещаемой вдоль полумуфты 2. В результате такого сжатия усилием  $Q$  на поверхностях контакта дисков появятся силы трения  $F_{тр}$ , создающие моменты, противодействующие передаваемому  $T_p$ . Работоспособность муфты обеспечивается при условии выполнения следующих зависимостей:

$$T_p \leq F_{тр} \frac{d_{ср}}{2} i, \quad F_{тр} = Qf, \quad Q = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)[p],$$

где  $T_p$  - расчётный момент муфты;

$f$  - коэффициент трения рабочих поверхностей муфты;  
 $i$  - число поверхностей трения (например, на рис.15.13.а  $i = 4$ );  
 $d_{cp}$  - средний диаметр поверхности контакта дисков;

$$d_{cp} = 0.5(D + d).$$

Здесь  $D$  и  $d$  наружный и внутренний диаметры контактирующих поверхностей.

Можно воспользоваться выведенным в п. 2.2.4 выражением для момента трения кольцевых контактирующих поверхностей

$$T_p \leq \frac{1}{3} Q f \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} i.$$

#### 15.4.2.2. Конусные фрикционные сцепные муфты

Одну из полумуфт выполняют с внутренней конической поверхностью (см.рис.15.13.в. поз.1), а вторую с наружной (поз.2). Механизмом отводки 3 создаётся необходимое усилие прижатия  $Q$ . Во избежание samozахватывания угол наклона образующей конуса принимают больше угла трения покоя. Обычно при металлических материалах конусов угол наклона образующей  $8...10^\circ$ , а при накладках на асбестовой основе  $12...15^\circ$  и более.

Муфта имеет значительные радиальные габариты и требует высокой прочности валов, поэтому в настоящее время применяется весьма ограниченно.

#### 15.4.2.3. Цилиндрические шинно-пневматические фрикционные муфты

Трение в этих муфтах создаётся при подаче давления  $p$  в резиновый баллон, связанный с одной из полумуфт (например, 1 на рис.15.13.г). Колодки связаны с баллоном и теплоизолированы от него паронитовой прокладкой. На них закреплены фрикционные накладки, выполненные из асботканевой ленты.

Такие муфты применяют в основном в тяжелом машиностроении: в буровых лебёдках, в приводах судовых двигателей, в экскаваторах и др. тяжёлых машинах. К недостаткам их относят: значительную стоимость баллона, старение резины, чувствительность её к попаданию масла, щелочей и кислот.

### 15.5. Муфты самоуправляемые (автоматические)

Это муфты, которые автоматически срабатывают в определённых условиях. В зависимости от того, при изменении какого параметра срабатывает муфта, различают:

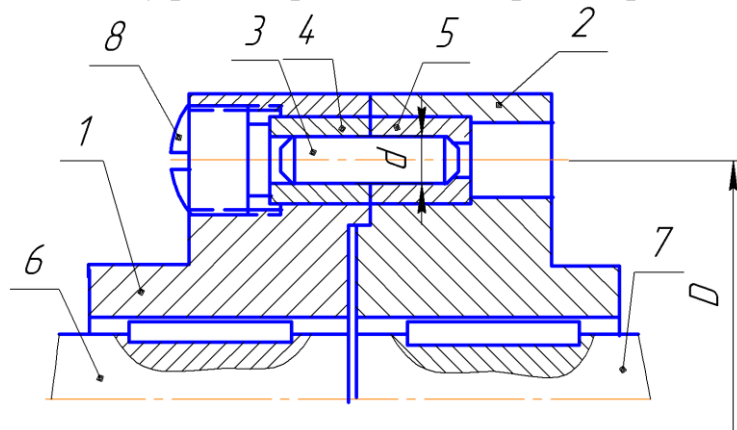
- предохранительные муфты для защиты машины или механизма от перегрузок;
- обгонные или муфты свободного хода для передачи момента только в одном направлении;
- центробежные для автоматического соединения (рассоединения) валов при достижении ведущим валом заданной частоты вращения.

#### 15.5.1. Предохранительные муфты

Предназначены для защиты механизма или машины от перегрузок. Они

подразделяются на муфты с разрушаемым или неразрушаемым элементами.

Муфты с разрушаемым элементом применяют при редких перегрузках. Они обладают невысокой точностью срабатывания и требуют замены предохранительного элемента после него. Из муфт такого типа в основном применяется муфта со срезными штифтами (рис.15.14).



Муфта состоит из двух полумуфт 1 и 2, соединённых между собой стальным штифтом 3. При перегрузке штифт срезается, и кинематическая цепь между валами 6 и 7 разрывается. Для того чтобы штифт был срезан в нужном месте и при этом не повреждались полумуфты, в них вставлены закалённые

штулки

Рис.15.14. Предохранительная муфта со срезным штифтом  
и 5. Вся система закрыта заглушкой 8, предотвращающей выпадение элементов штифта после среза. Чаще всего в таких муфтах используется один штифт. Реже два или три.

Во избежание случайных выключений за расчётный принимают момент

$$T_p = 1.25T_{\max}$$

Штифты изготавливают из среднеуглеродистой улучшенной стали. Обычно в месте среза выполняют канавку, которая повышает точность срабатывания.

Штифты располагают в удобном для замены месте.

Предохранительные муфты с неразрушающимся элементом могут быть кулачковые, шариковые и фрикционные. Все они стандартизованы. Во всех этих муфтах ведущая полумуфта связана со своим валом неподвижно, а ведомая, скользя по шпонке или шлицам, имеет возможность осевого перемещения вдоль оси своего вала. Эта полумуфта постоянно прижата к ведущей одной или несколькими пружинами, сила давления которых на полумуфту может регулироваться. Таким образом устанавливается величина передаваемого момента.

Сцепление полумуфт осуществляется в кулачковой муфте – невысокими торцевыми кулачками, в шариковой – шариками, установленными в торцах полумуфт, во фрикционной – силами трения, возникающими между дисками под действием силы прижатия пружины (или пружин).

Эти муфты по принципу работы очень похожи на сцепные управляемые, только вместо механизма управления у них механизм установки величины момента срабатывания.

Например, кулачковая предохранительная муфта (рис.15.15). Шестерня 1 свободно вращается на валу 4 на подшипнике скольжения 3. На торце ше-

стерни 1 имеются кулачки, трапецеидального профиля небольшой высоты с углом наклона рабочих граней  $\alpha = 45 \dots 60^\circ$ . Эти кулачки входят в зацепление

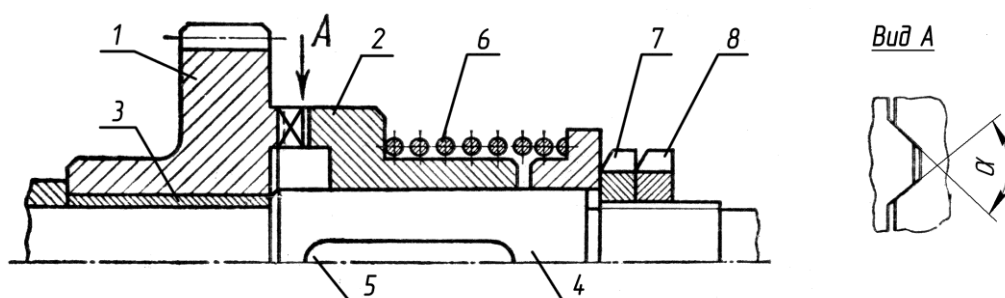


Рис.15.15. Кулачковая предохранительная муфта с такими же кулачками на полумуфте 2. Полумуфта 2 связана с валом 4 шпонкой 5 для передачи крутящего момента, но под действием пружины 6 может скользить вдоль вала. С помощью гайки 7 регулируется усилие нажатия пружины 6, т.е. величина момента срабатывания муфты. Чтобы во время работы гайка самопроизвольно не открутилась, её фиксируют контргайкой 8. При перегрузке сумма осевых составляющих на гранях кулачков становится больше прижимного усилия пружины и муфта срабатывает. При этом разрывается кинематическая цепь между шестерней 1 и валом 4, муфта многократно прощёлкивается кулачками, подавая звуковой сигнал о перегрузке.

Предохранительные муфты подбирают по соответствующим стандартам.

#### 15.5.2. Обгонные муфты

Обгонные муфты или муфты свободного хода предназначены для передачи момента только в одном направлении. В велосипедах, например, они передают крутящий момент с педалей на колесо и в то же время позволяют колесу свободно крутиться при неподвижных педалях.

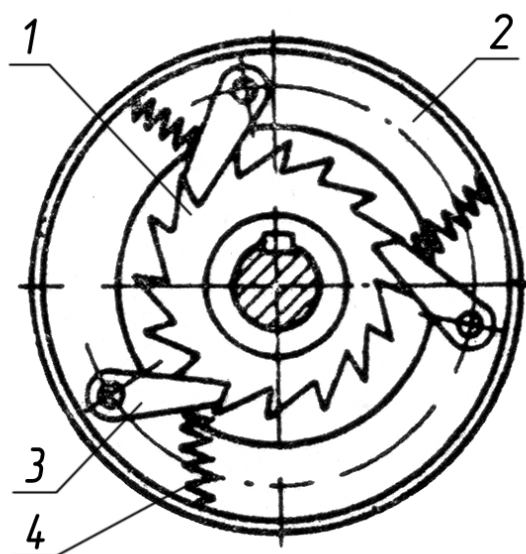


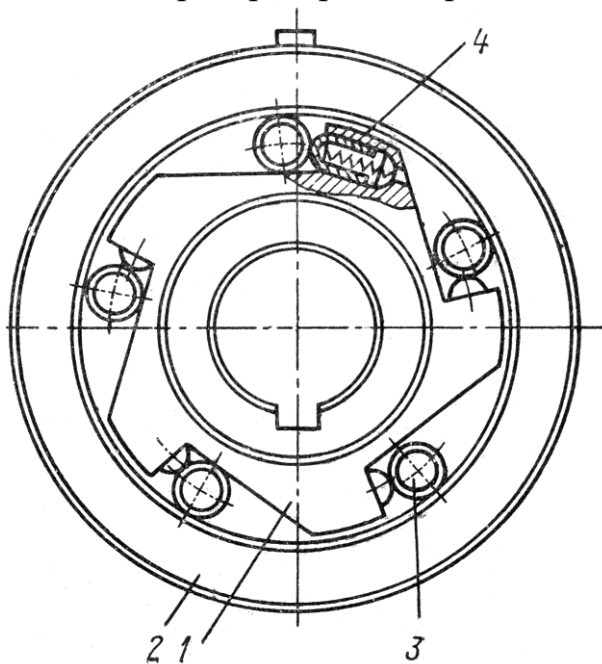
Рис.15.16. Храповая обгонная муфта

Простейшая такая муфта – храповой механизм (рис.15.16).

Одна полумуфта 1 имеет храповое колесо. Вторая 2 – собачки 3 с пружинками 4, которые заставляют собачки прижиматься к скошенным зубьям храпового колеса. Вследствие неравномерного нагружения собачек храповые муфты создают значительные поперечные нагрузки на валы. При больших скоростях неизбежны удары при включении, тем большие, чем меньше число кулачков, зубьев и собачек. Во время работы создаётся шум (прощёлкивание собачек) при холостом ходе. Хорошо работают

лишь при  $n < 100 \dots 150 \text{ об/мин.}$

Более распространены роликовые обгонные муфты (рис.15.17). Если ве-



дущая деталь звёздочка 1 и она вращается по часовой стрелке, то ролики 3 затягиваются силами трения в узкую часть паза и здесь заклиниваются. Обойма 2 оказывается связанной со звёздочкой 1. Если скорость обоймы 2 больше, чем скорость звёздочки 1, или звёздочка стоит, то ролик оказывается в широкой части паза и обойма со звёздочкой разъединены. Пружинки 4 выполняют вспомогательную роль. Они способствуют постоянному контакту ролика с обоймой. Если ведущая деталь – обойма, то всё происходит наоборот.

Рис.15.17. Обгонная роликовая муфта

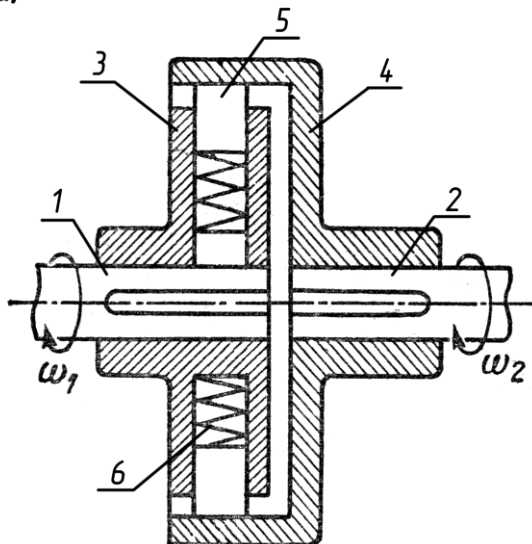
Эти муфты бесшумны, могут работать при больших скоростях, имеют очень малый люфт. Для снижения

габаритов обойму, ролики и звёздочку выполняют с твёрдостью не менее 60HRC.

### 15.5.3. Центробежные муфты

Центробежные муфты служат для автоматического соединения и разъединения валов при достижении определённой частоты вращения.

а)



б)

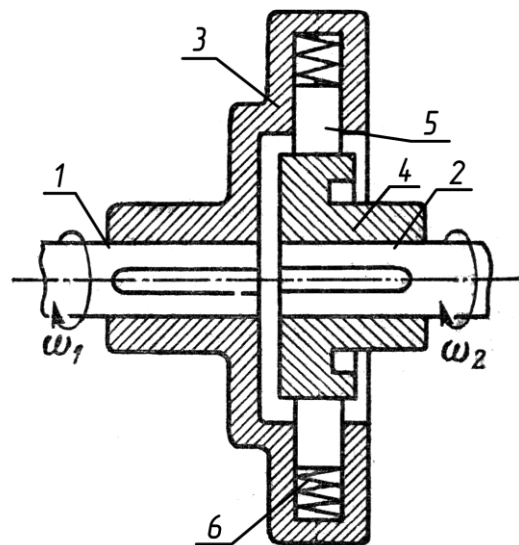


Рис.15.18. Центробежные муфты (схема устройства)

На рис. 15.18 показаны принципиальные схемы колодочных центробежных муфт. По принципу действия эти муфты являются фрикционными, автоматически управляемыми центробежными силами и пружинами. Первона-



чально колодки 5 или разжаты (рис.15.18.а, пружина 6 втягивает колодки), или сжаты (рис.15.18.б, пружины 6 прижимают колодки к ведомой полумуфте 4). При определённой частоте вращения ведущего вала под действием центробежных сил муфты соответственно включаются или выключаются, т.е. колодки 5 прижимаются к ведомой полумуфте 4 (см.рис.15.18.а) или отходят от ведомой полумуфты 4, разрывая кинематическую цепь между полумуфтами 3 и 4.

Нормально разомкнутые муфты используются в качестве пусковых для облегчения разгона машин двигателями с малыми пусковыми моментами (например, асинхронные двигатели) и получения плавной характеристики пускового режима.

Нормально замкнутые муфты используются для ограничения чрезмерного возрастания скорости рабочей машины.

#### Контрольные вопросы

- 15.1. Назначение и расчётная нагрузка муфт.
- 15.2. Классификация муфт по характеру работы.
- 15.3. Достоинства и недостатки глухих муфт, примеры конструкций.
- 15.4. Виды несоосности валов. Компенсирующие муфты.
- 15.5. Жесткие компенсирующие муфты.
- 15.6. Упругие муфты.
- 15.7. Сцепные муфты и их разновидности.
- 15.8. Самоуправляемые муфты.
- 15.8. Предохранительные муфты.