

# Муфт

- В технике муфты — это соединительные устройства для тех валов, концы которых подходят один к другому вплотную или же удалены на небольшое расстояние. Соединение валов муфтами обеспечивает передачу вращающего момента от одного вала к другому. Валы, как правило, расположены так, что геометрическая ось одного вала составляет продолжение геометрической оси другого вала. С помощью муфт можно также передать вращение с валов на зубчатые колеса, шкивы, свободно насаженные на эти валы.
- Муфты не изменяют вращающего момента и направления вращения. Некоторые типы муфт поглощают вибрации и толчки, предохраняют машину от аварий при перегрузках.

# Назначение муфт

- - соединять соосные валы отдельных узлов и механизмов, а также разнообразные детали (зубчатые колеса, звёздочки, шкивы и т.п.) с валами с целью передачи между ними крутящего момента;
- - компенсировать несоосность соединяемых валов.
- снижать ударные динамические нагрузки, интенсивность вибрации, устранять опасность резонансных явлений.
- - предохранять элементы машин от недопустимых кратковременных перегрузок в машинах ударного действия, обладающих значительной инерционностью отдельных звеньев и ведущих обработку сред неоднородной структуры, при эксплуатации в неустановившихся режимах работы, в которых перегрузки могут в 2...3 и более раз превышать номинальные.
- - управлять работой машин.

- - придать валам некоторой относительной подвижности во время работы (малые смещения и перекося геометрических осей валов);
- - автоматически соединять и разъединять валы в зависимости от пройденного пути, направления передачи вращения, угловой скорости, т.е. выполнения функций автоматического управления;
- - обеспечивать плавный разгон машины и облегчать условия работы двигателя (муфты скольжения);
- - осуществлять электрическую изоляцию валов, что важно с точки зрения безопасности для муфт электродвигателей (упруго-демпфирующие муфты с неметаллическими элементами).

**Рис.1.1. Отклонения от соосности соединяемых валов: а – соосное расположение валов; б, в, г, д – оси валов имеют смещения (осевое –  $\Delta l$ , радиальное –  $\Delta r$ , угловое –  $\Delta \alpha$  и комбинированное)**



# Классификация муфт

- **Основные виды классификации муфт:**
- - по виду энергии, участвующей в передаче движения – механические, гидравлические, электромагнитные;
- - по постоянству сцепления соединяемых валов – муфты постоянного соединения (неуправляемые), муфты сцепные, управляемые (соединение и разъединение валов по команде оператора), и автоматические (либо соединение, либо разъединение автоматическое по достижении управляющим параметром заданного значения);
- - по способности демпфирования динамических нагрузок - жёсткие, не способные снижать динамические нагрузки и гасить крутильные колебания, и упругие, сглаживающие вибрации, толчки и удары благодаря наличию упругих элементов и элементов, поглощающих энергию колебаний;
- - по степени связи валов - неподвижная (глухая), подвижная (компенсирующая), сцепная, свободного хода, предохранительная;
- - по принципу действия - втулочная, продольно-разъёмная, поперечно-разъёмная, компенсирующая, шарнирная, упругая, фрикционная, кулачковая, зубчатая, с разрушаемым элементом (срезная), с зацеплением (кулачковые и шариковые);
- - по конструктивным признакам - поперечно-компенсирующая, продольно-компенсирующая, универсально-компенсирующая, шарнирная, упругая (постоянной и переменной жёсткости), конусная, цилиндрическая, дисковая, фрикционная свободного хода, храповая свободного хода.

Механические

Электрические

Пневматические,  
гидравлические

Жёсткие

Плавающие  
устанавливающиеся

М...

Перезъёмные

Радиальные

Линейные

Параллельные  
Косые

Угловые

Нелинейные

Газъёмные в

Управление

Синхронные

Синхронные  
(функциональные)

С механическим, гидравлическим,  
пневматическим и электрическим

переключением

Физический

Сигнал

Управление  
с помощью

Сигнал

Синхронизируемым  
элементом



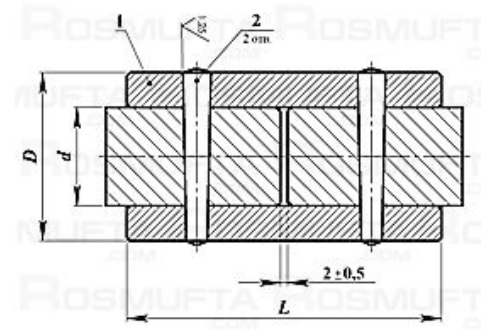
# Характеристики

в муфты  
муфты

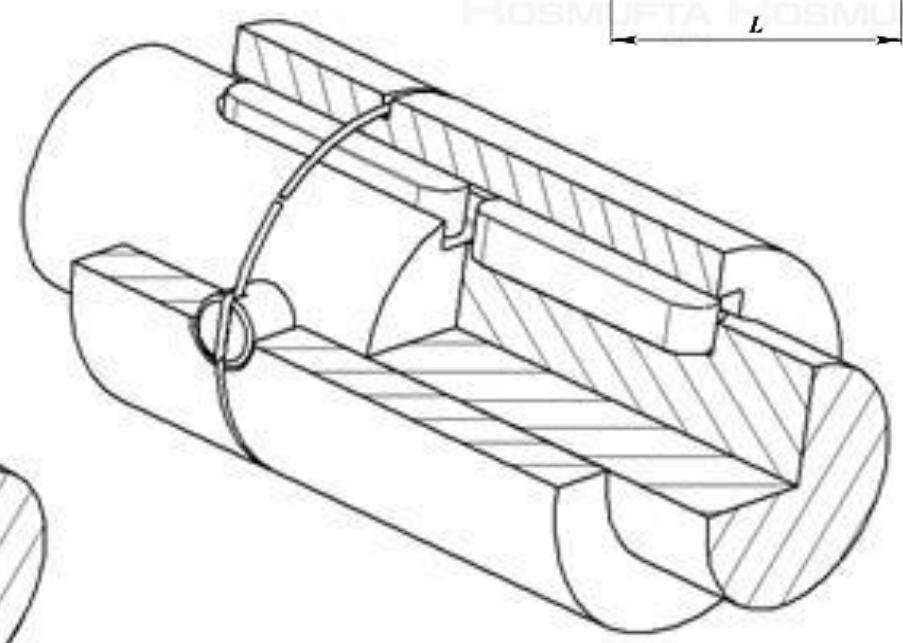
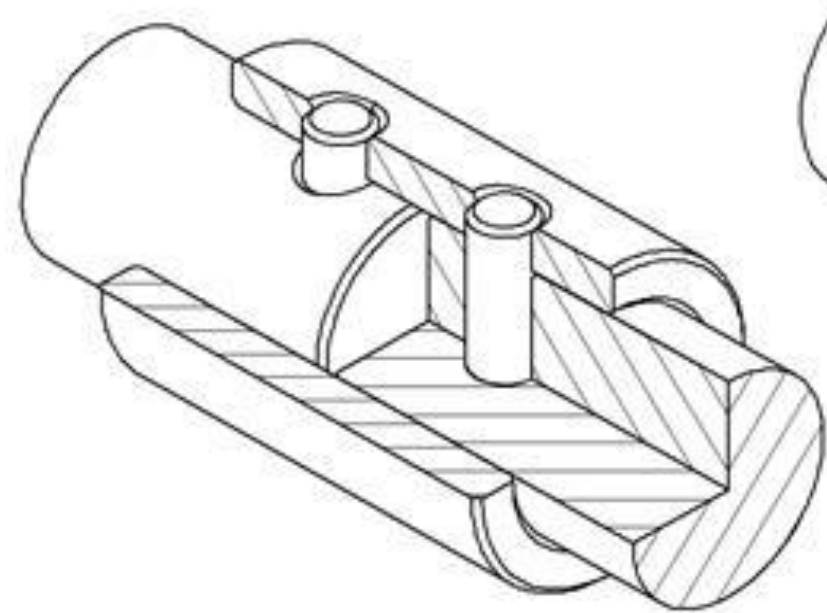
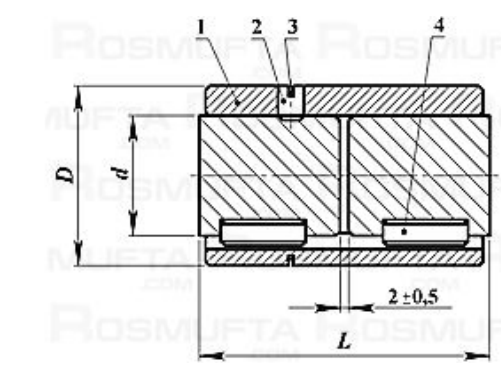
- **Втулочные муфты** (рис. 1.5) относятся к наиболее простым по конструкции и изготовлению типам и представляет собой втулку, одетую на концы соединяемых валов.
- Вращающий момент от ведущего вала к ведомому передаётся втулкой через штифты, установленные в отверстия, просверленные диаметрально сквозь втулку и концы валов, через шпонки, или через шлицы.
- **Достоинства:** Они имеют минимальные значения габаритных размеров, массы и момента инерции, а также минимальны по стоимости изготовления. **К недостаткам** втулочных муфт следует отнести невозможность разобщения соединяемых валов без демонтажа соединяемых узлов и низкую изгибную жесткость, необходимость при монтаже и демонтаже раздвигать концы валов на полную длину муфты либо сдвигать втулку вдоль вала не менее чем на половину ее длины; необходимость

Муфты изготавливают в четырех исполнениях:

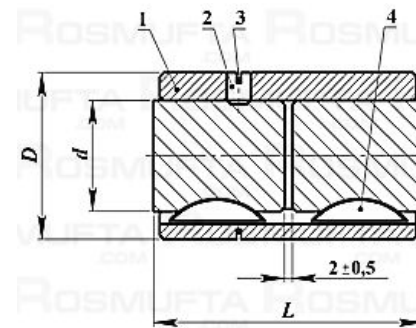
1 - с цилиндрическим посадочным отверстием и коническими штифтами по ГОСТ 3129-70;



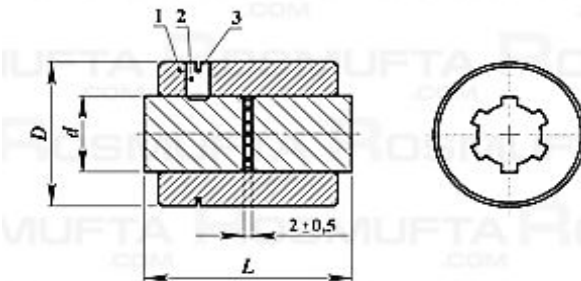
2 - с цилиндрическим посадочным отверстием и призматическими шпонками по ГОСТ 3129-70;



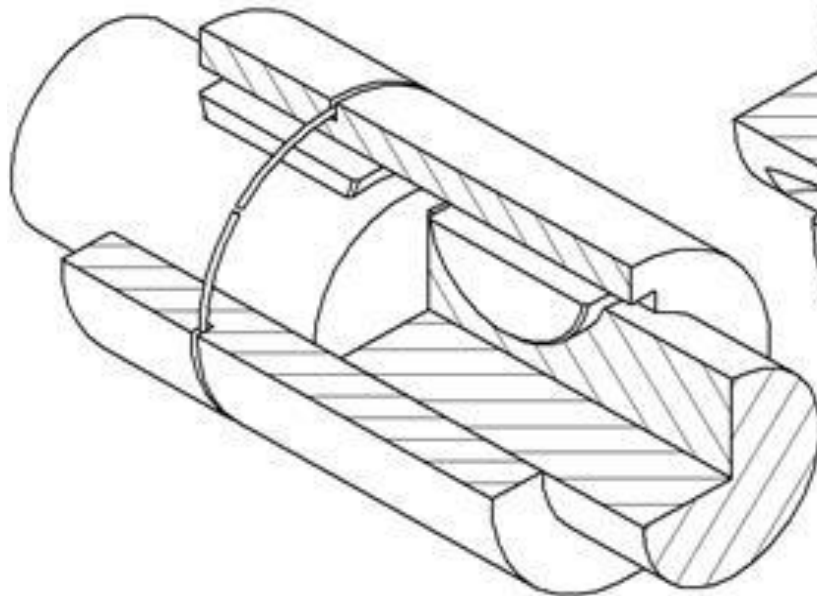
3 - с цилиндрическим посадочным отверстием и сегментными шпонками по ГОСТ 24071-80;



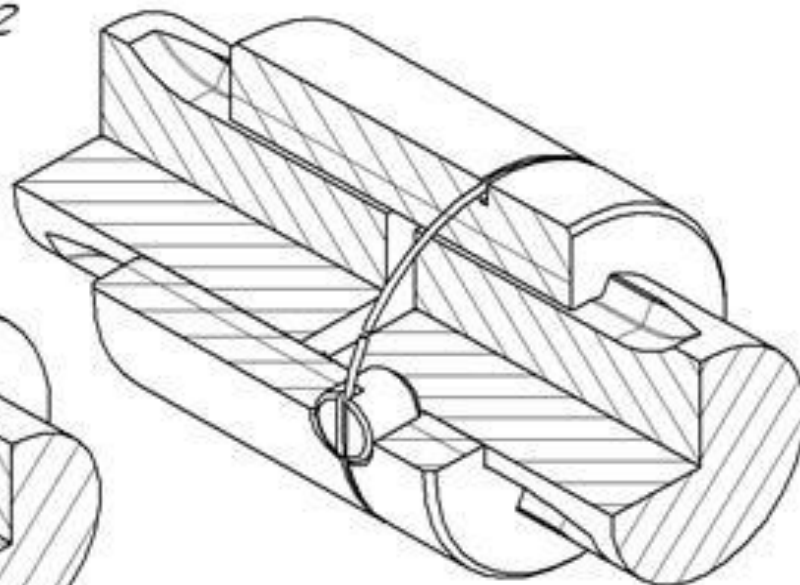
4 - с прямоугольными шлицами по ГОСТ 1139-80.



*b*



*2*



Целесообразно использовать в узлах с повышенными требованиями к ограничению радиальных габаритов, массы, момента инерции и при возможности обеспечения незначительных смещений осей валов в пределах допустимой соосности.

Муфты данного типа могут применяться при окружных скоростях на наружном диаметре до 70 м/с при частотах вращения (84000...9550) об/мин в соответствии с диаметром валов от 10 до 100 мм. Серийные отечественные втулочные муфты (ГОСТ 24246–96) выпускаются для диаметров валов в диапазоне (6...105) мм, номинальных крутящих моментов (1,0 ... 12500) Н·м и удельной массой (0,01...0,001) кг/Н·м

- Шпонки втулочных муфт проверяют на смятие, а штифты – на срез

- $$\tau = \frac{F_t}{A} = \frac{4 \cdot T}{\pi \cdot d_{ш}^2 \cdot d_в} \leq [\tau]$$

- где  $F_t$  – окружная сила,

- $$F_t = 2 \cdot T / d_в ;$$

- $A$  – площадь среза штифта, .

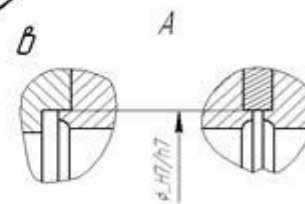
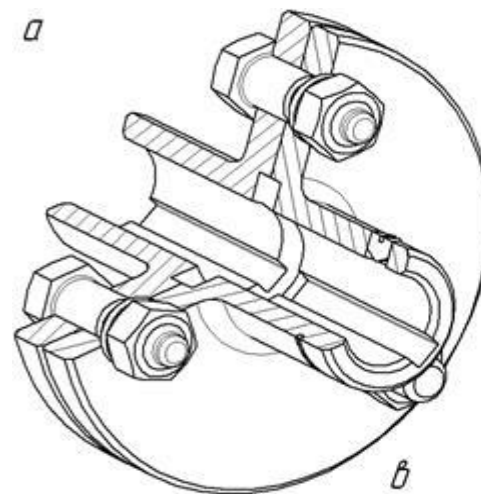
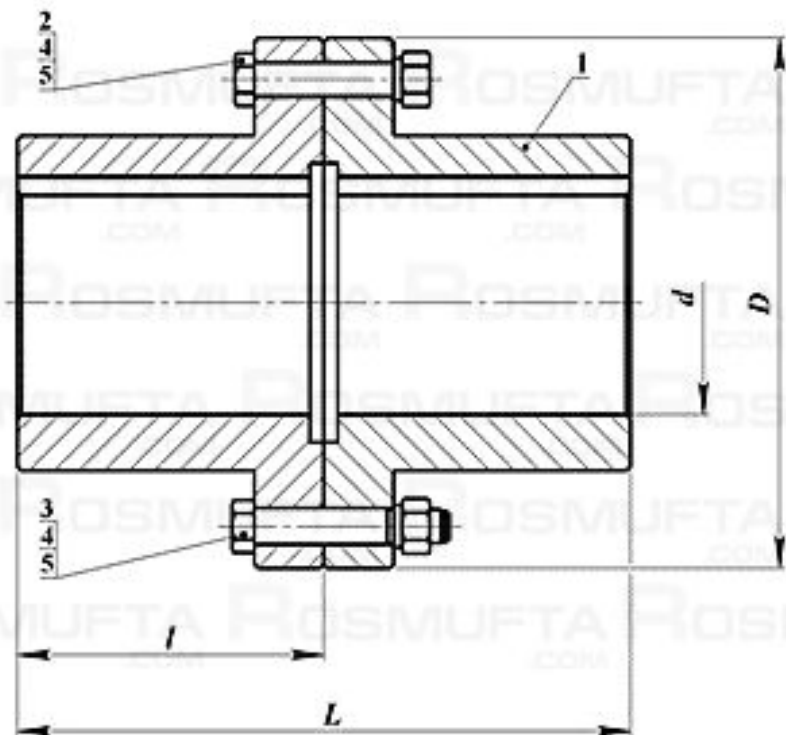
# Характеристики

фланцевые  
муфты  
муфты

Фланцевая муфта состоит из двух полумуфт 1 соединенных болтами 3,4,5. Для передачи вращающего момента используют шпоночные или шлицевые соединения. Вращающий момент передаётся за счёт сил трения между фланцами, а когда болты вставлены без зазора, то также и болтами. В тяжёлых машинах полумуфты приваривают к валам.

Эти муфты называют иногда поперечно-свертными. Для лучшего центрования фланцев на одной полумуфте делают круговой выступ, на другой — выточку того же диаметра или предусматривают центрующее кольцо.

Фланцевые муфты стандартизированы (ГОСТ 20761-80). Они просты по конструкции и надёжны в работе. Их применяют для соединения валов с диаметрами 12...200 мм.





- Конструктивно предусматривают фланцевые муфты открытые и закрытые. В закрытых муфтах фланцы снабжаются ободами, закрывающими головки болтов и гайки, которые обеспечивают безопасную эксплуатацию без защитного кожуха. Соосность полумуфт достигается
- а) центрирующими точно изготовленными винтами 8, устанавливаемыми без зазора в отверстия совместно обработанных полумуфт в отличие от болтов 7, которые поставлены с зазором (рис. 1.6 а, б). Подобное центрирование предусмотрено указанным стандартом;
- б) центрированием с помощью цилиндрического пояска в одной из полумуфт и выточкой на другой (рис. 1.6 в – слева);
- в) центрированием полукольцами (рис. 1.6 в – справа). В отличие от варианта «б» при монтаже и демонтаже не требуется осевого смещения соединяемых валов, но точность центрирования осей

- При установке во фланцевую муфту призонных болтов диаметр их призонной части, работающей на срез, рассчитывается по формуле

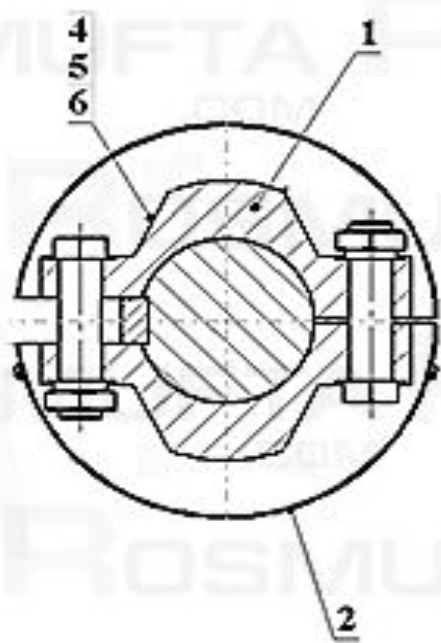
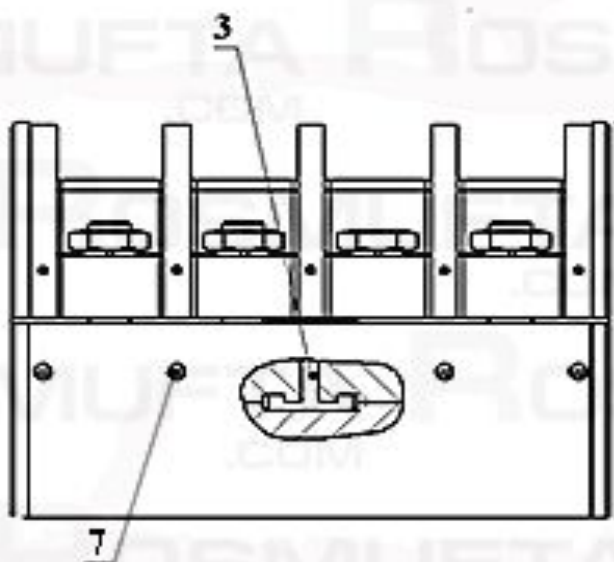
$$d_6 \geq \sqrt{\frac{8 \cdot T \cdot k}{\pi \cdot D_1 \cdot z \cdot [\tau]}}$$

- где  $D_1$  – диаметр муфты, на котором расположены отверстия для установки болтов;  $[\tau]$  – допускаемые касательные напряжения для материала болта; остальные обозначения представлены выше. Для удобства сборки диаметр резьбовой части болта обычно выбирается несколько меньше диаметра его призонной части.

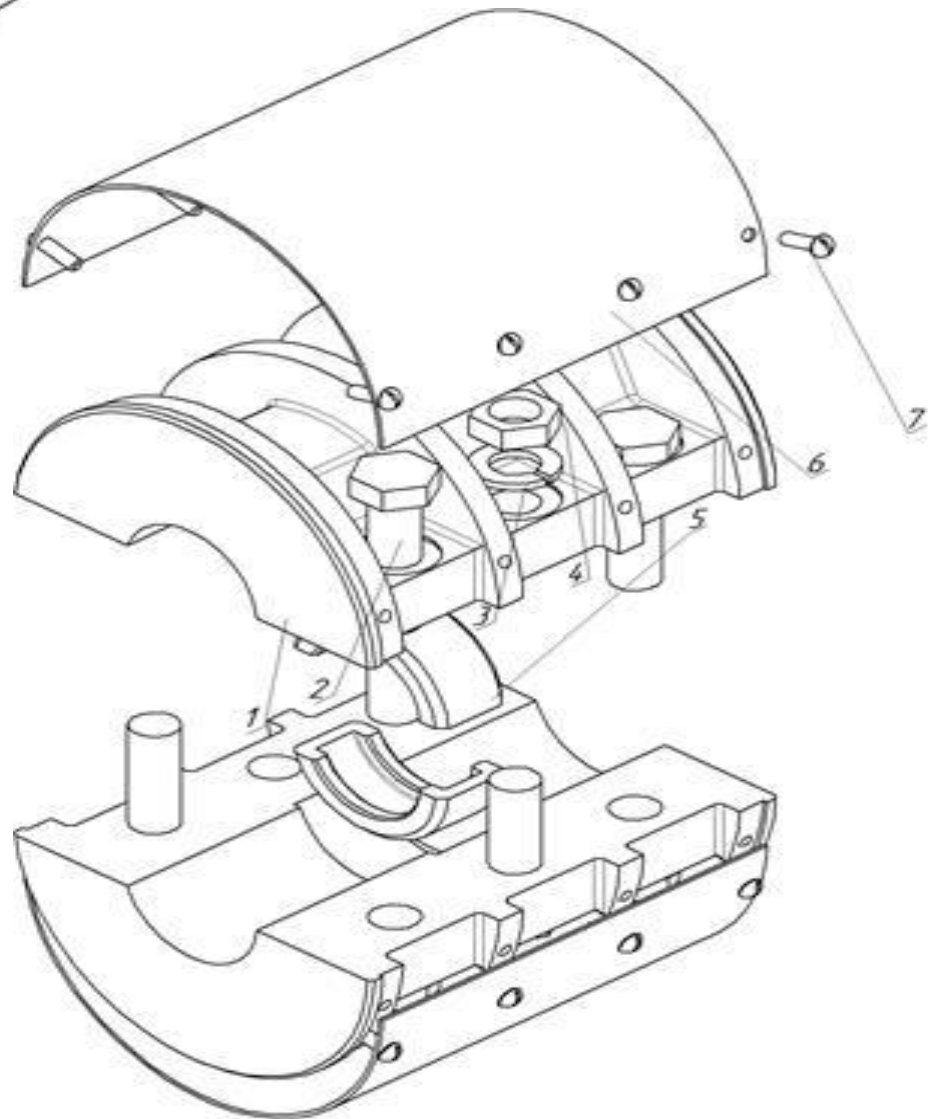
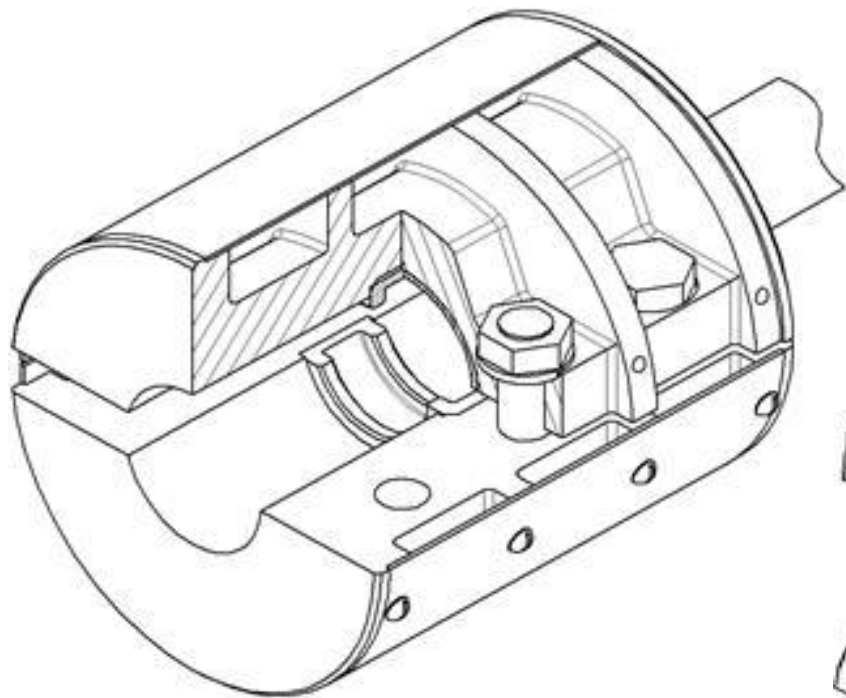
# Характеристики

продольные муфты  
поворотные муфты

**Муфты продольно-свертные** предназначены для соединения цилиндрических валов без смягчения динамических нагрузок и компенсаций смещений. При наличии на валах элементов, фиксирующих муфту по продольной оси, фиксирующие полукольца не применяются



- 1 - полумуфта; 2 - полужуух;
- 3 - фиксирующие полукольца;
- 4 - болт;
- 5 - гайка;
- 6 - шайба;
- 7 - винт.



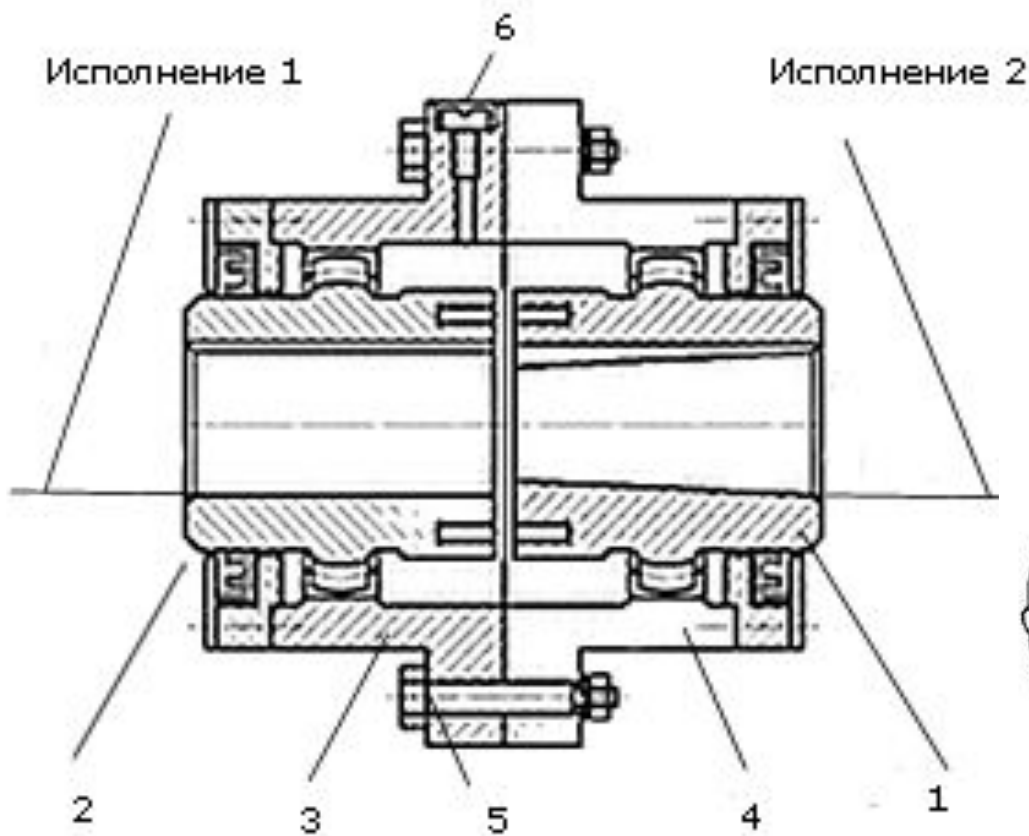
# **Характеристики муфт Компенсирующие муфты**

- Компенсирующие муфты допускают некоторое несовпадение геометрических осей соединяемых валов. Величину такого несовпадения принято называть величиной смещения (рис. 1.7.1).
- Взаимное смещение валов относительно номинального положения может происходить в процессе работы механизмов вследствие самых различных причин: деформации валов под рабочей нагрузкой, температурной деформации, износа подшипников, осадки фундамента и т.п.
- Практически, наиболее часто наблюдается комплексное смещение, включающее сразу несколько из элементарных смещений.
- Применение компенсирующих муфт позволяет снизить требования к точности расположения валов и уменьшить дополнительные нагрузки на концы валов и опоры.
- Все подвижные компенсирующие муфты можно разделить на две группы: 1) жесткие муфты и 2) упругие муфты.

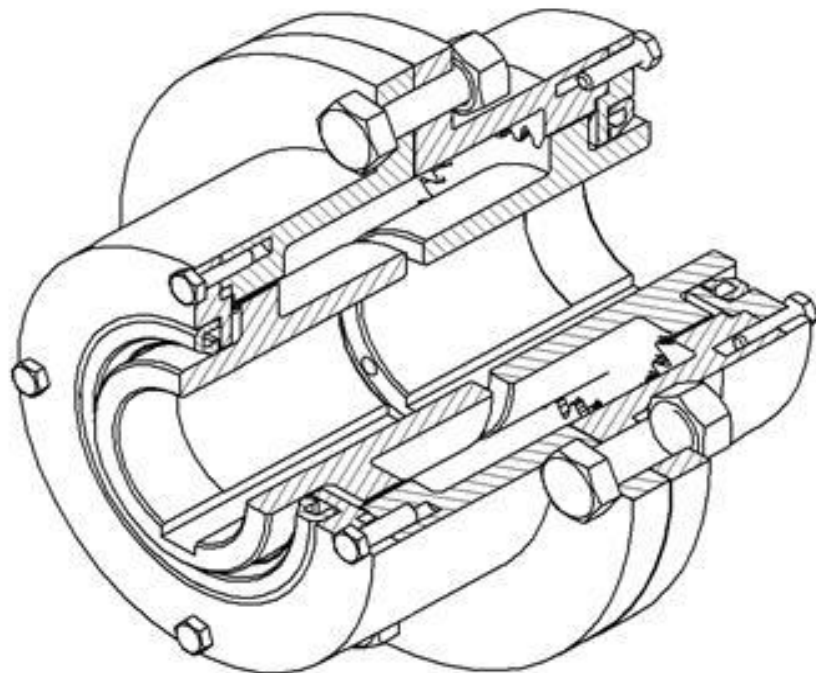
- **Жесткие компенсирующие муфты**
  - зубчатые муфты



**Муфты зубчатые** общемашиностроительного применения предназначены для соединения соосных горизонтальных валов и передачи крутящего момента от 1000 до 63000 Нм при угловых, радиальных и осевых смещениях валов, при рабочих температурах не выше 120 С.



1, 2 - полумуфты с наружными зубьями;  
3, 4 — обоймы; 5 — болты;  
6 — отверстие для подвода смазки



Зубчатая муфта, это универсальная разновидность компенсирующих муфт.

Зубчатая муфта способна компенсировать любые погрешности в соосности валов в достаточно большом диапазоне и состоит из 2х зубчатых колес жестко закрепленных на валах и составного цилиндрического барабана. На зубчатых колесах нарезаны наружные эвольвентные зубья а на цилиндрическом барабане - внутренние, во впадины которых входят зубья внешнего зацепления. Для придания наружным и внутренним зубьям равнопрочности применяют коррекцию. Чтобы увеличить угол смещения осей соединяемых валов, внешние зубья колес выполняют сферическими и бочкообразными.

**Муфта изготавливается следующих типов:**

- 1 - с разъемной обоймой;
- 2 - с промежуточным валом;
- 3- с неразъемной обоймой.

- *Зубчатые муфты стандартизированы (ГОСТ 5006-83). Их применяют в высоко нагруженных конструкциях для валов с диаметрами 40...200 мм. При вращении валов, установленных с перекосом, происходит циклическое нагружение зубьев муфты, их относительное перемещение, что обуславливает их износ. Для ограничения интенсивности изнашивания в муфту заливают вязкое масло и ограничивают давление*

- $$p = \frac{K_k}{h \cdot b \cdot d \cdot z} \leq [p]$$

- где  $K_k$  – коэффициент концентрации нагрузки,  $K_k = 1,1 \dots 1,3$ ;
- $h$  – рабочая высота зуба, ;
- $b, d$  – длина зуба и делительный диаметр окружности;
- $z$  – число зубьев полумуфты;
- $[p]$  – допустимое давление,  $[p] = 12 \dots 15$  МПа

**Характеристики муфт**

**Компенсирующие**

**муфты**  
упругие

**компенсирующие**

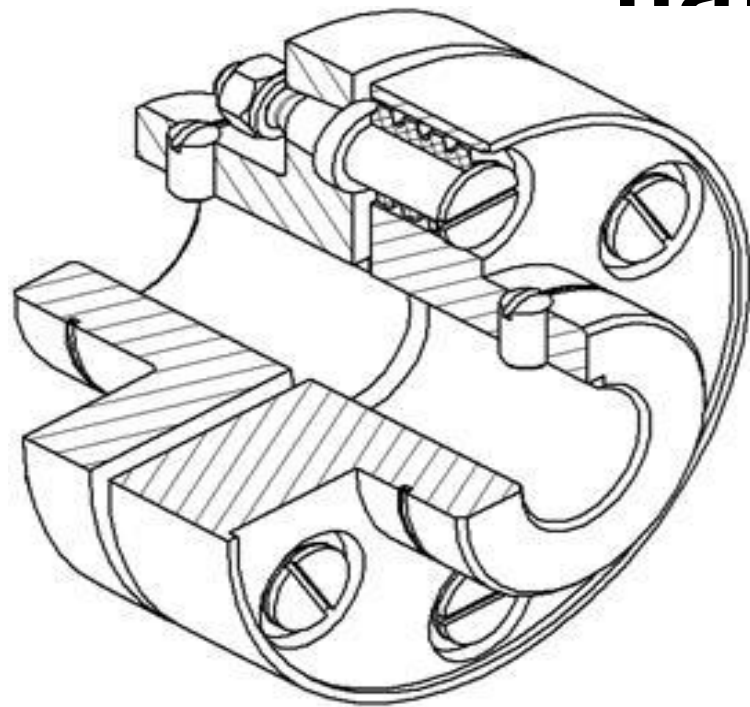
**муфты**

**Муфта упругая**

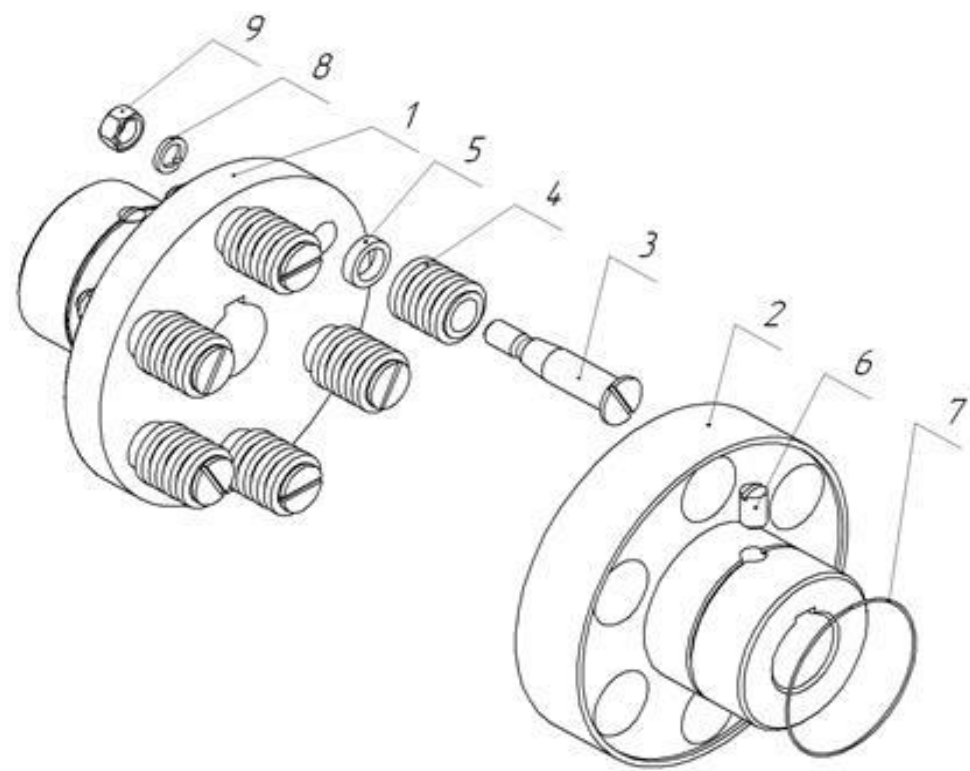
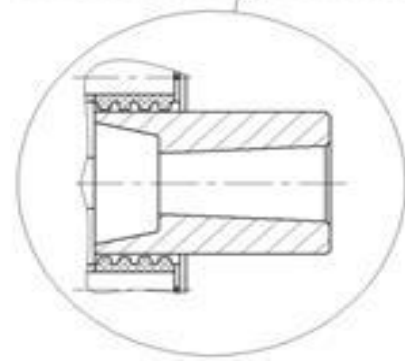
**втулочно-пальцевая**

- Такие муфты применяют не только для компенсации смещения валов, но и для снижения динамичности нагрузки и амортизации колебаний, возникающих при работе машины. В качестве материала для упругих элементов используют специальную эластичную резину, обладающую хорошими амортизирующими и электроизоляционными свойствами.
- В качестве примера упругой компенсирующей муфты рассмотрим муфту упругую втулочно-пальцевую (МУВП). МУВП состоит из двух полумуфт **1**, соединенных пальцами **2**, на которые для смягчения ударов надеты гофрированные резиновые втулки **3**. Такие муфты в силу простоты конструкции получили широкое применение в приводах от электродвигателей. Для валов с диаметрами 9...160 мм муфты стандартизированы (ГОСТ 21424-75).

# Муфта упругая втулочно-пальцевая



Исполнение 3  
(с коническим отверстием для  
длинных концов валов)



- МУВП допускают радиальное смещение валов до 0,6 мм, угловые – до  $1^0$ , осевое – до 5 мм.
- *Расчет МУВП состоит из проверочного расчета пальца на изгиб по формуле*
- $$\sigma_u = \frac{T \cdot l}{0.1 \cdot d_n^2 \cdot z \cdot D_m} \leq [\sigma_u],$$
- где  $l$  – длина втулки;  $d_n$ ,  $D_m$  – диаметр пальца и диаметр окружности, на которых расположены пальцы;
- $z$  – количество пальцев;
- $[\sigma_u]$  – допускаемое напряжение в пальцах при изгибе,  $[\sigma_u] = 80 \dots 90$  МПа.
- *Кроме расчета пальцев на изгиб, рассчитывают резиновую втулку по напряжениям смятия*
- $$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot T}{z \cdot D_m \cdot l \cdot d_n} \leq [\sigma_{см}] \quad ,$$
- где  $[\sigma_{см}]$  – допускаемое напряжение смятия,  $[\sigma_{см}] = 1,8 \dots 2,0$  МПа.

# Характеристики

шарнирные  
муфты



**Шарнирные муфты** применяются для соединения цилиндрических валов, которые устанавливают под углом до 45 град. при передаче вращающего момента от 11, до 1120 Нм без смягчения динамических нагрузок.

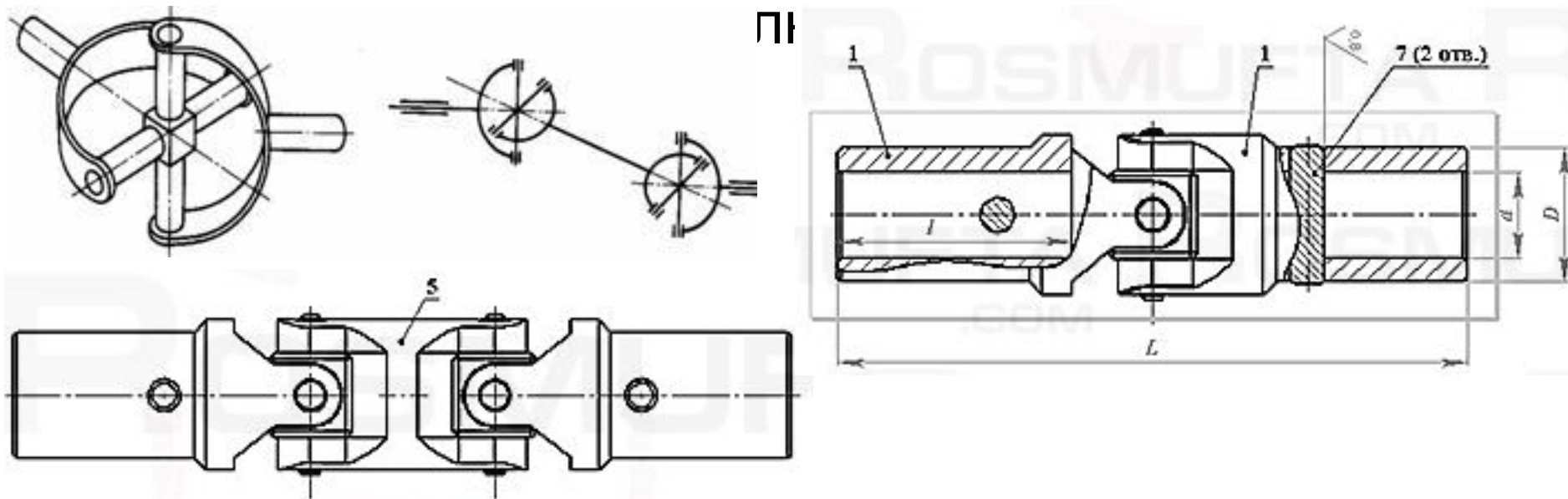
Допускают соединение валов с повышенным взаимным смещением осей как вызванными неточностями, так и специально заданными конструктором. Ярким представителем этого семейства являются шарнирные муфты.

Идея муфты впервые предложена Джироламо Кардано в 1570 г. и доведена до инженерного решения Робертом Гуком в 1770 г. Поэтому иногда в литературе они называются карданными муфтами, а иногда – **шарнирами Гука**.

Шарнирные муфты соединяют валы под углом до 45 град., позволяют создавать цепные валы с передачей вращения в самые недоступные места. Всё это возможно потому, что крестовина является не одним шарниром, а сразу двумя с

Прочность карданной муфты ограничена прочностью крестовины, в особенности мест крепления пальцев крестовины в отверстиях вилок. Поломка крестовины – весьма частый дефект, известный, практически, каждому владельцу заднеприводного автомобиля.

**Изготавливаются двух типов:** одинарные и сдвоенные с промежуточной спаренной вилкой. Полумуфты для каждого типа муфт следует



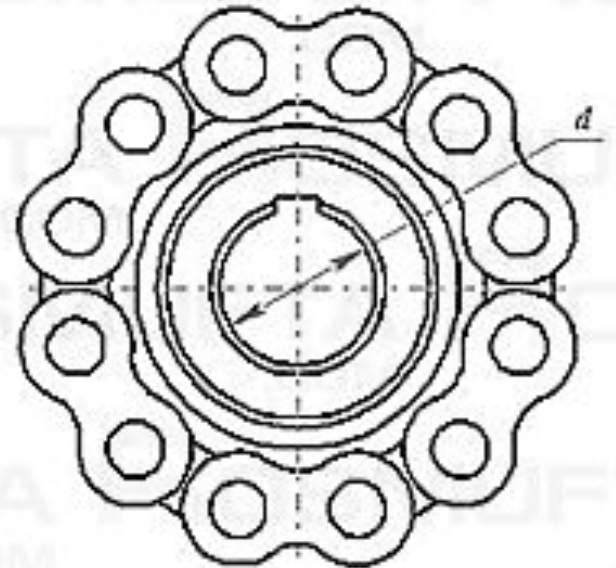
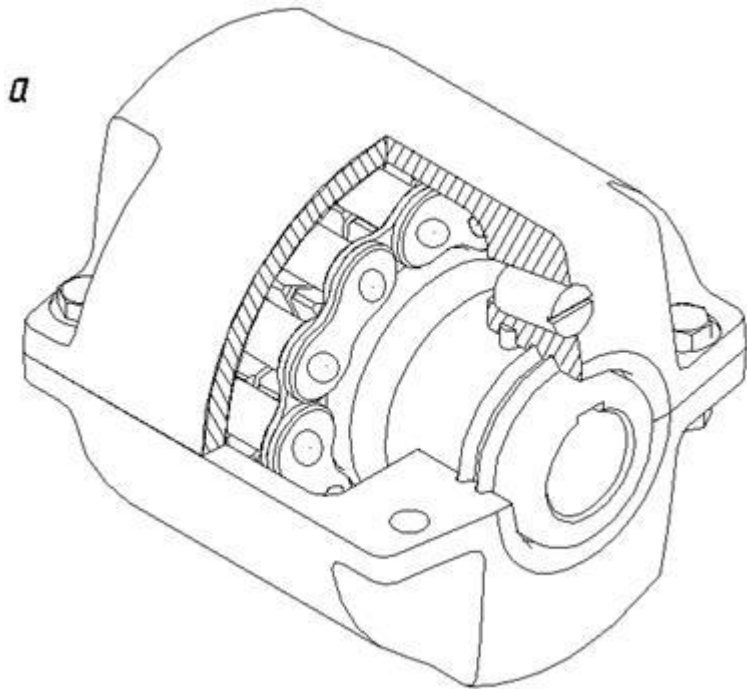
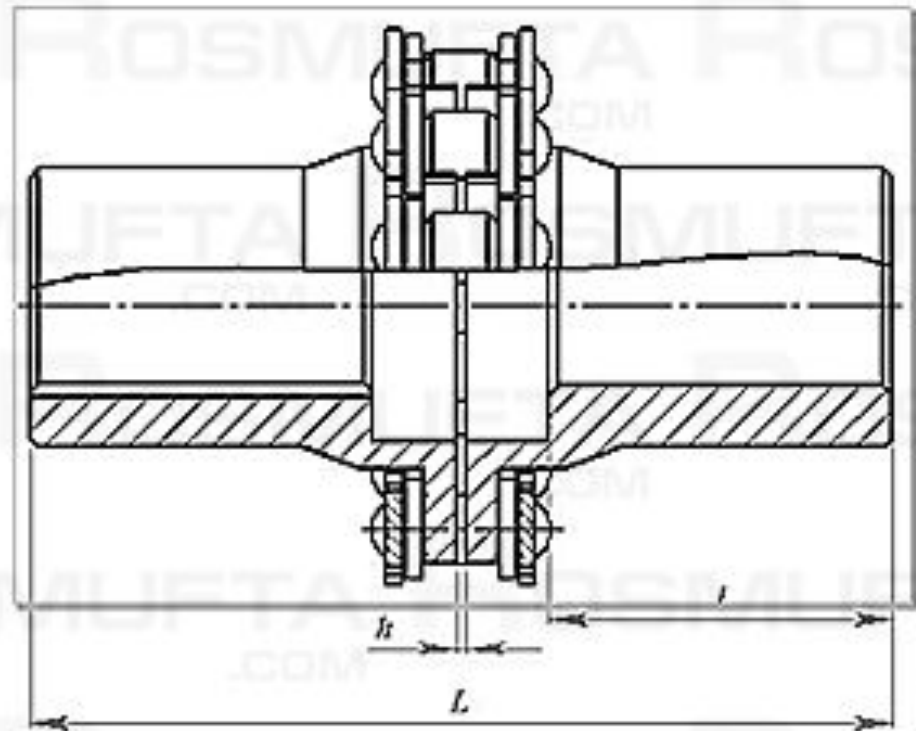
Муфты выбираются по каталогу.  
Проверочный расчёт ведётся для рабочих поверхностей шарниров на смятие, проверяется прочность вилок и крестовины.

**Недостатком** является неравномерность вращения ведомого вала при постоянной угловой скорости ведущего, в связи с чем для передачи вращения от одного механизма к другому применяют валы с двумя шарнирными муфтами

# Характеристики

**муфта**  
**муфты**

Применяются для соединения соосных валов при передаче вращающего момента от 63 до 1600 Нм, без уменьшения динамических нагрузок



**Изготавливаются двух типов:**

тип 1 - с однорядной цепью;

тип 2 - с двухрядной цепью.

**Цепные муфты** предназначены для конструкций с большими крутящими моментами, так как передают более высокие крутящие моменты, чем сами валы.

Муфта представляет собой фланцы, соединенные друг с другом роликовой цепью, что позволяет сопрягать валы с несоосностью до 2 градусов.

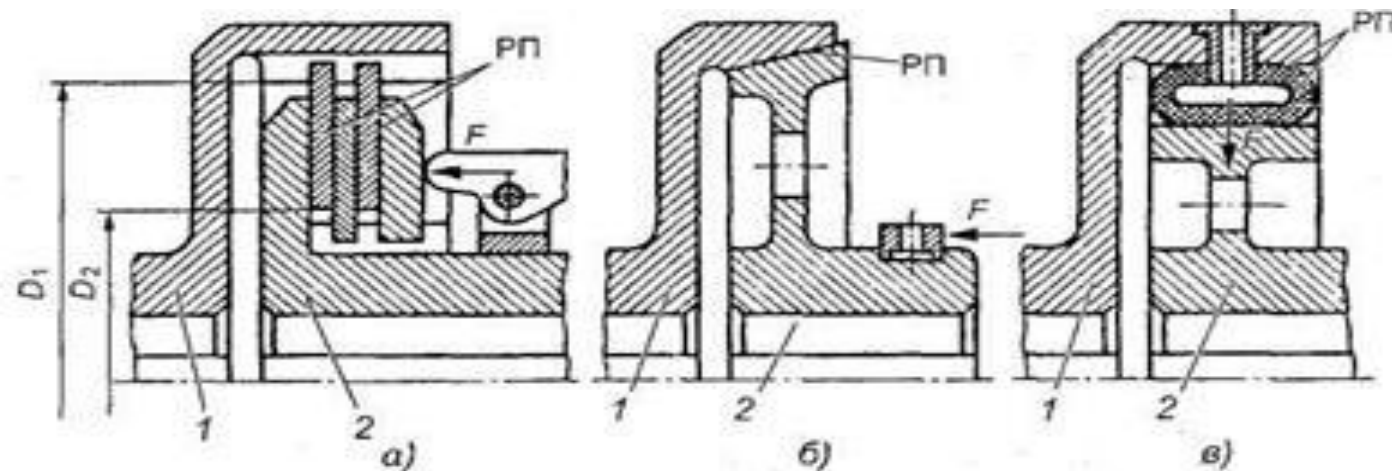
Цепные муфты требуют регулярной смазки для обеспечения максимального срока службы и надежности особенно при высоких частотах вращения.

Там, где цепная муфта подвергается реверсивным, ударным или импульсным нагрузкам, либо другим неблагоприятным воздействиям, должна выбираться муфта на один типоразмер больше.

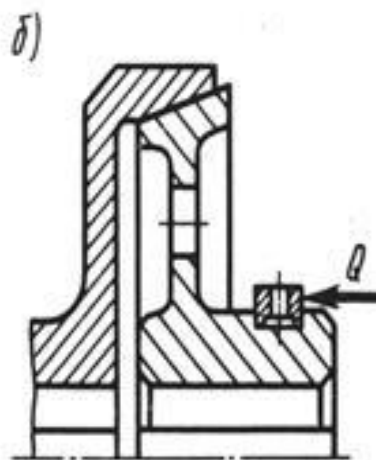
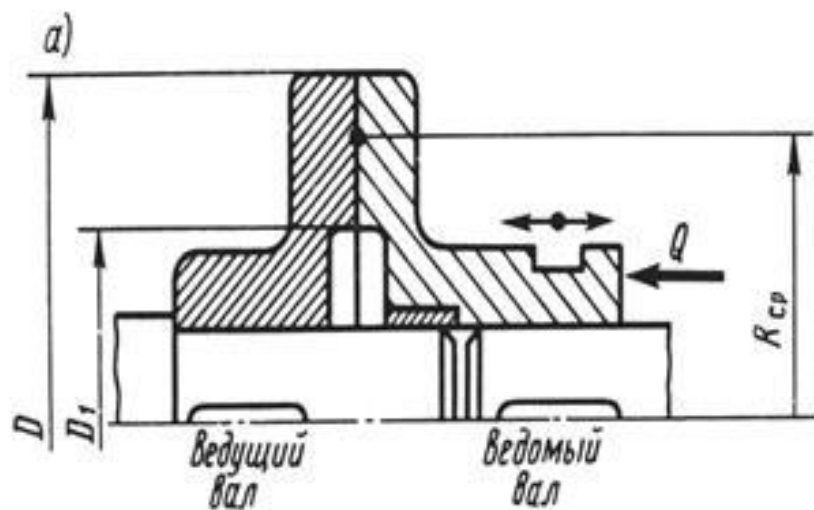
# Фрикционные сцепные муфты

- *В частности - это муфты сцепления автомобиля, передают вращающий момент между полумуфтами за счет сил трения на рабочих поверхностях.*
- *Давление на поверхностях контакта (смазываемых или сухих) создают с помощью устройств или механизма включения.*
- *При включении фрикционных муфт вращающий момент нарастает с увеличением усилия нажатия. Благодаря этому можно соединять валы под нагрузкой. Пробуксовка муфты в процессе включения обеспечивает плавный разгон ведомого вала.*
- *На рис. показана конструкция таких муфт.*
-

# Управляемая сцепная муфта



- Рис. 1.29.  
Фрикционные  
муфты: а — дис-  
ковая; б  
— конусная; в —  
цилиндрическая
- Рис. 1.30. Схема  
дисковой  
фрикционной  
муфты





- Основными критериями работоспособности фрикционные муфты являются надежность сцепления, высокая износостойкость и теплостойкость трущихся деталей.
- Схему простейшей дисковой муфты можно представить так: одна полумуфта укреплена на валу неподвижно, а другая полумуфта - подвижно в осевом направлении, на торцевой поверхности каждой полумуфты укреплена фрикционная прокладка (рис.1.30).
- Для соединения валов к подвижной полумуфте прикладывают осевую силу  $F_a$ . При этом момент трения  $T_{тр}$  определяют по формуле
  - $k \cdot T = T_{тр} = F_a \cdot f \cdot R_{ср}$ ,
- где  $k$  – коэффициент запаса;  $T$  – крутящий момент;  $f$  - коэффициент трения;  $R_{ср}$  - средний радиус рабочих поверхностей:

- *Материал фрикционных накладок выбирают в зависимости от контактного давления*

- $$p = \frac{F_o}{A} = \frac{2 \cdot T \cdot K}{f \cdot D_m \cdot z \cdot A} \leq [p],$$

- где  $F_o$  – осевая сила, ;
- $T$  – вращающий момент, передаваемый муфтой;
- $f$  – коэффициент трения покоя (коэффициент сцепления);  $D_m$  – средний диаметр контактируемых дисков;
- $z$  – число пар поверхностей трения;
- $K$  – коэффициент запаса сцепления,  $K = 1,3 \dots 1,5$ ;  
 $A = \pi \cdot b \cdot D$
- $A$  – площадь поверхности трения;
- ;
- $[p]$  – допустимое контактное давление.
- *Допускаемый вращающий момент*

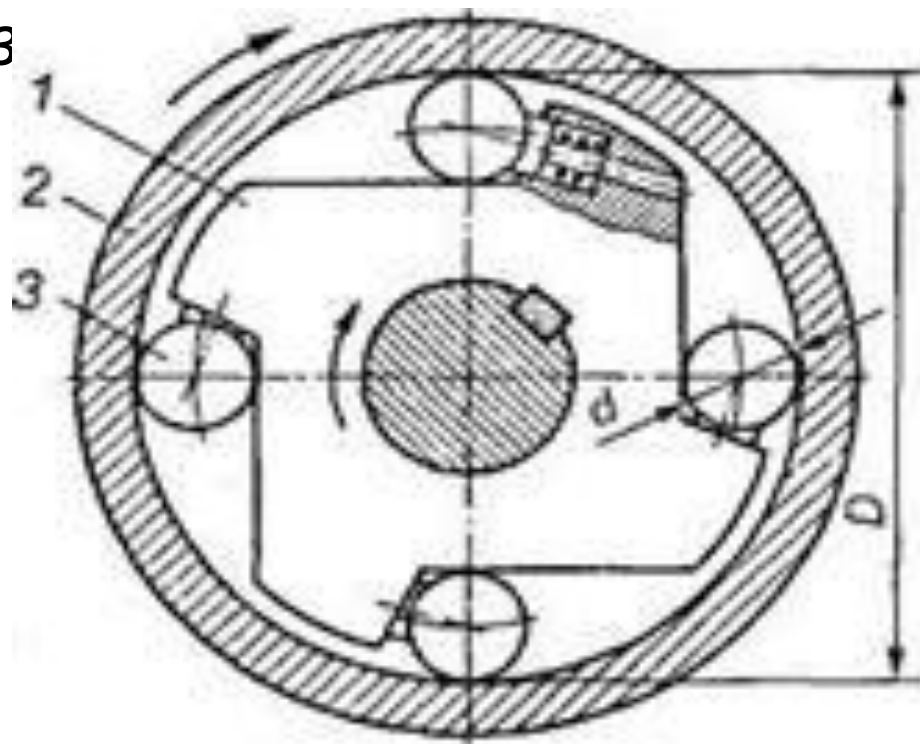
# Обгонные муфты Муфты свободного хода

- Применяют в велосипедах, автомобилях и других машинах и механизмах, в которых необходимо передавать вращающий момент в одном направлении.
- По способу замыкания они бывают фрикционными (роликовые, сухариковые, клиновые и др.) и храповыми. Наиболее распространены роликовые

Роликовые муфты свободного хода за счет сил трения

заклиниваются между поверхностями

полумуфт 1 и 2. При уменьшении скорости вращения полумуфты 1 вследствие обгона ролики выкатываются в широкие участки вырезов, и муфта



- Термин “обгонные” отражает то, что муфты допускают обгон ведущего вала ведомым, отключая валы, если ведомый получает более быстрое вращение от другой кинематической цепи.
- Муфты свободного хода работают бесшумно, допускают большую частоту включений.
- *Роликовые муфты рассчитывают на прочность по контактными напряжениям, возникающим в местах контакта роликов,*

$$\sigma_H = 0.418 \cdot \sqrt{\frac{8 \cdot T \cdot E_{np}}{D \cdot d \cdot L \cdot z \cdot \alpha}} \leq [\sigma'_H]$$

- где  $E_{np}$  – приведенный модуль упругости материала ролика и обоймы (звездочки);
- $D$  – диаметр рабочей поверхности обоймы;
- $d, L, z$  – диаметр, длина и количество роликов;
- $\alpha$  – угол заклинивания,  $\alpha = 6 \dots 8^0$ ;  $[\sigma'_H]$  – допускаемое контактное напряжение,  $[\sigma'_H] = 1200 \dots 1500$  МПа.