

# ЛЕКЦИЯ 7

## МУФТЫ ПРИВОДОВ

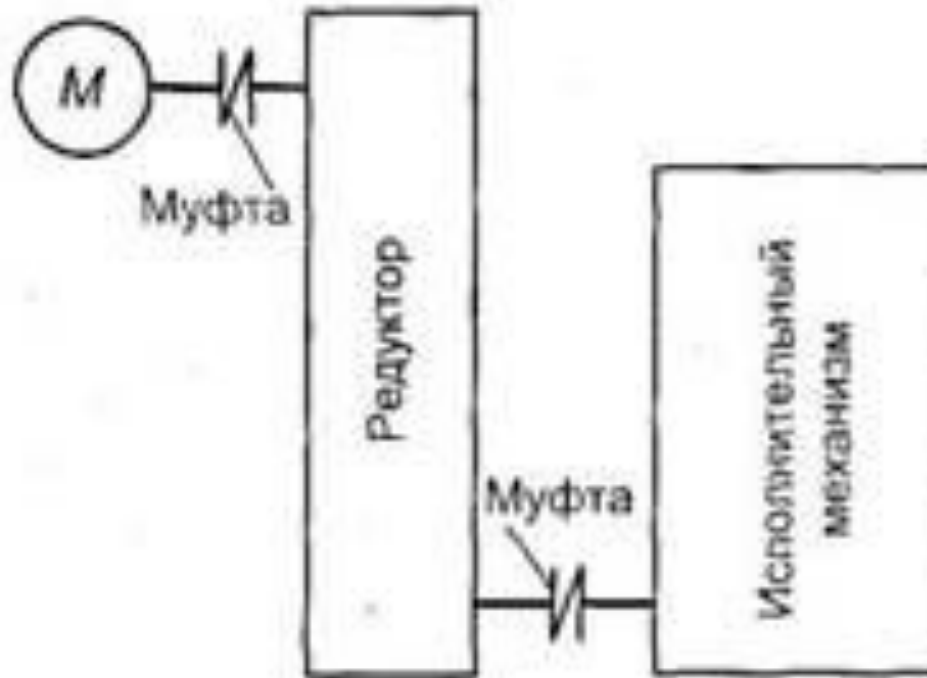
В технике муфты — это соединительные устройства для тех валов, концы которых подходят один к другому вплотную или же удалены на небольшое расстояние. Соединение валов муфтами обеспечивает передачу вращающего момента от одного вала к другому. Валы, как правило, расположены так, что геометрическая ось 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.

Применение муфт в машиностроении вызвано необходимостью:

- получения длинных валов, изготавливаемых из отдельных частей, компенсации небольших неточностей монтажа в относительном расположении соединяемых валов;
- придания валам некоторой относительной подвижности во время работы (малые смещения и перекося геометрии осей валов);
- включения и выключения отдельных узлов;
- автоматического соединения и разъединения валов в зависимости от пройденного пути, направления передачи вращения, угловой скорости, т. е. выполнения функций автоматического управления;
- уменьшение динамических нагрузок.

Современные машины состоят из ряда отдельных частей с входными и выходными концами валов, которые соединяют с помощью муфт



Принципиальная схема машины

## Классификация муфт.

Многообразие конструкций муфт усложняет их классификацию. Простейшая муфта сделана из куска ниппельной трубочки и соединяет вал электромоторчика с крыльчаткой автомобильного омывателя стекла. Муфты турбокомпрессоров реактивных двигателей состоят из сотен деталей и являются сложнейшими саморегулирующимися системами.

Различают по характеру соединения валов:

- Муфты механического действия:

а) жесткие (глухие) — практически не допускающие компенсации радиальных, осевых и угловых смещений валов;

б) компенсирующие — допускающие некоторую компенсацию радиальных, осевых и угловых смещений валов благодаря наличию упругих элементов (резиновых втулок, пружин и др.);

в) фрикционные — допускающие кратковременное проскальзывание при перегрузках.

- Муфты электрического (электромагнитного) действия.

- Муфты гидравлического или пневматического действия.



В электрических и гидравлических муфтах, используют принципы сцепления за счет электромагнитных и гидравлических сил. Эти муфты изучают в специальных курсах. Далее анализируются только механические муфты. Большинство применяемых муфт стандартизованы. Основной характеристикой при подборе муфт по каталогу или справочнику является передаваемый момент, учитывающий наиболее тяжелое условие ее нагружения.

Муфты различают по режиму соединения валов:

- Нерасцепляемые (постоянные, соединительные) – соединяют валы постоянно, образуют длинные валы.
- Управляемые (сцепные) – соединяют и разъединяют валы в процессе работы, например, широко известная автомобильная муфта сцепления.
- Самодействующие (самоуправляемые, автоматические) – срабатывают автоматически при заданном режиме работы (обгонные, центробежные, предохранительные).
- Предохранительные муфты, разъединяющие валы при нарушении нормальных эксплуатационных условий работы.
- Прочие.

По степени снижения динамических нагрузок муфты  
бывают:

- жесткие, не сглаживающие при передаче вращающего момента вибрации, толчки и удары;
- упругие, сглаживающие вибрации, толчки и удары благодаря наличию упругих элементов — пружин, резиновых втулок и др.

Основная характеристика муфты – передаваемый вращающий момент.

Существенные показатели – габариты, масса, момент инерции.

Муфта, рассчитанная на передачу определённого вращающего момента, выполняется в нескольких модификациях для разных диаметров валов.

Муфты – автономные узлы, поэтому они легко стандартизируются.

Муфты рассчитывают по их критериям работоспособности:

- прочности при циклических и ударных нагрузках,
- износостойкости,
- жёсткости.

На практике муфты подбираются из каталога по величине передаваемого вращающего момента

$$T = T_{\text{Вала}} K, \text{ где}$$

$T_{\text{Вала}}$  – номинальный момент, определённый расчётом динамики механизма (наибольший из длительно действующих),

$K$  – коэффициент режима работы.

В приводах от электродвигателя принимают:

- при спокойной работе и небольших разгоняемых массах (приводы конвейеров, испытательных установок и др.)  $K = 1,15 \dots 1,4$ ;

- при переменной нагрузке и средних разгоняемых массах (металлорежущие станки, поршневые компрессоры и др.)  $K = 1,5 \dots 2$ ;

- при ударной нагрузке и больших разгоняемых массах (прокатные станы, молоты и др.)  $K = 2,5 \dots 3$ .

Диаметры посадочных отверстий муфты согласуют с диаметрами концов соединяемых валов, которые могут быть различными при одном и том же вращающем моменте вследствие применения разных материалов и различной нагруженности изгибающими моментами.



Основные типы муфт регламентированы стандартом для некоторого диапазона диаметров валов и рассчитаны на передачу определенного момента.

Наиболее слабые звенья выбранной муфты проверяют расчетом на прочность по расчетному моменту  $T_p$ .

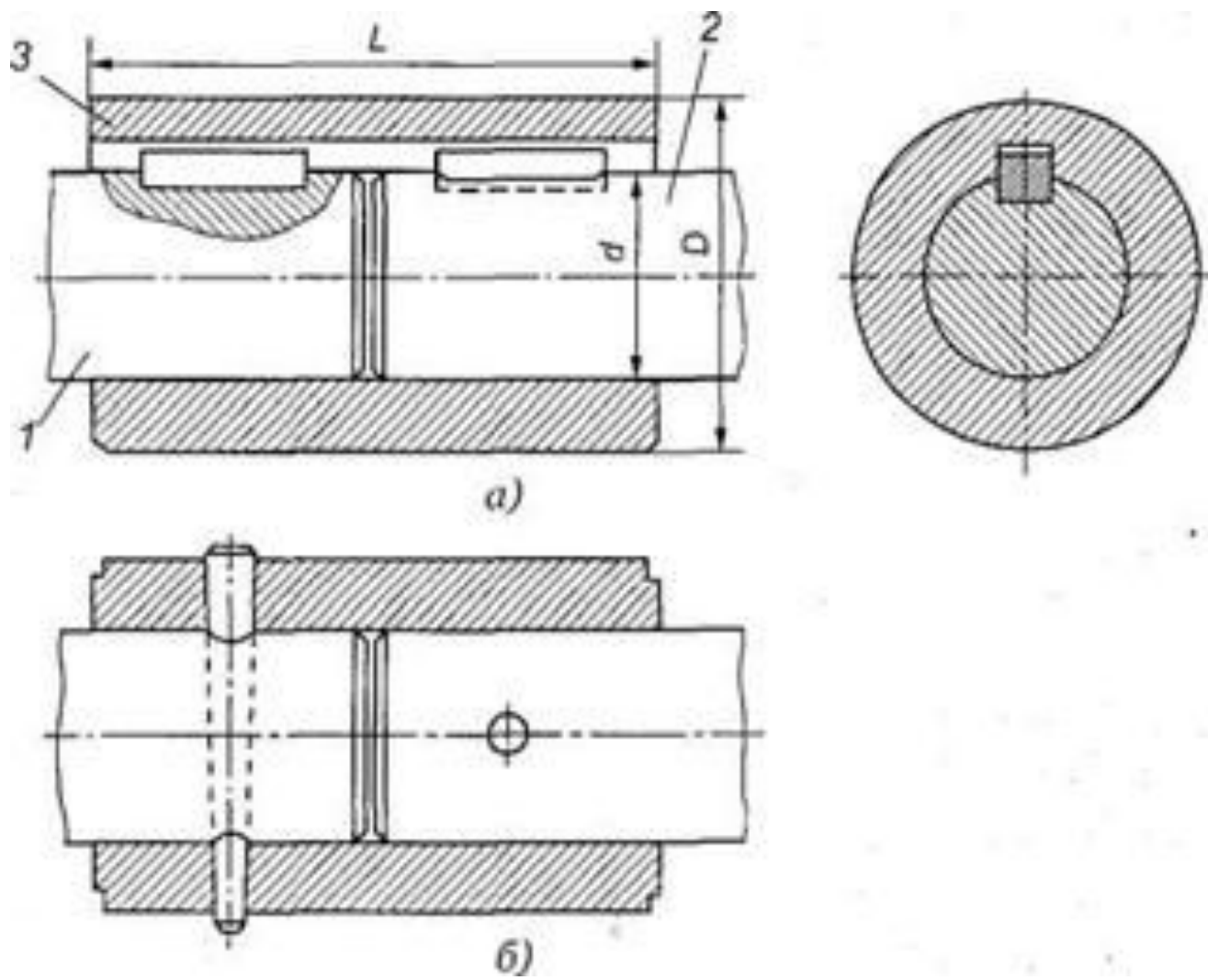
Работа муфт сопровождается потерями. По опытным данным при расчетах КПД муфт обычно принимают  $\eta = 0,985 \dots 0,995$ .

Многообразие узловых конструкций машин способствует широкому распространению муфт в машиностроении.

## Жёсткие (глухие) муфты

С помощью этих муфт осуществляется жесткое соединение валов. Могут быть втулочными или фланцевыми.

Втулочная муфта является простейшей из жестких муфт. Она представляет собой втулку 3, посаженную с помощью шпонок, штифтов или шлицев на выходные концы валов 1 и 2.



а — крепление на шпонке; б — крепление штифтом

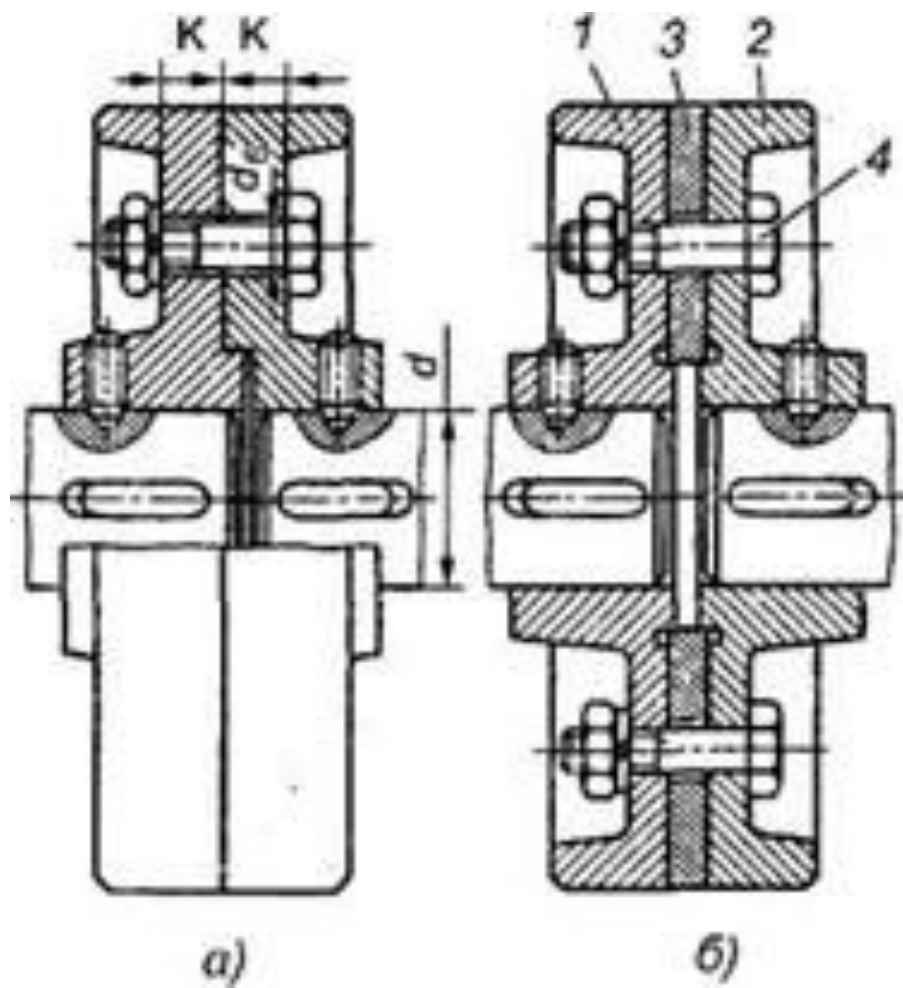
Втулочные муфты находят применение в тихоходных и неответственных конструкциях машин при диаметрах валов  $d < 70$  мм.

Достоинство таких муфт — простота конструкции и малые габаритные размеры; недостатки — 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 очень точного совмещения валов, так как эти муфты не допускают радиального или углового смещения осей валов.

Материал для изготовления втулки — сталь 45; для муфт больших размеров — чугун СЧ25.

Фланцевая муфта (или поперечно-свертная) состоит из двух полумуфт 1 и 2, соединенных болтами 4. 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. Фланцевые муфты стандартизованы в диапазоне диаметров 12...250 мм и передают моменты 8...45000 Нм. В тяжёлых машинах полумуфты приваривают к валам.



а - центровка за счет выступа; б — центровка кольцом

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 3



Фланцевые муфты могут передавать значительные вращающие моменты; имеют широкое распространение в машиностроении.

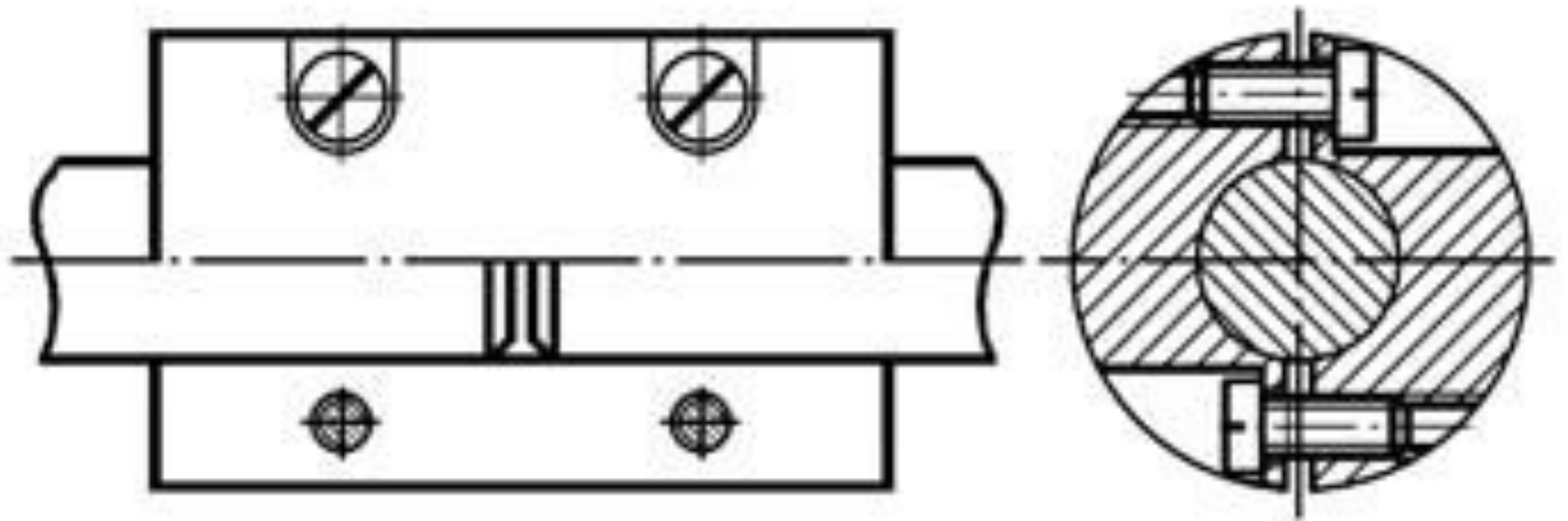
Употребляются для валов диаметром  $d < 350$  мм. Достоинство этих муфт — простота конструкции и легкость монтажа; недостаток — необходимость точного совмещения валов и точного соблюдения перпендикулярности соприкасающихся торцовых поверхностей полумуфт к оси вала.

Материал фланцевых полумуфт — сталь 40, 35Л, чугун СЧ30 (для муфт больших размеров).

Болты, поставленные без зазора, могут обеспечивать центровку валов. При постановке болтов с зазором центровка обеспечивается выступом, который воспринимает также все поперечные нагрузки. Центрирующий выступ усложняет монтаж и демонтаж соединения, так как при этом необходимо осевое смещение валов. Для обеспечения техники безопасности выступающие части болтов закрывают буртиками 4. В тех случаях, когда муфта имеет общее ограждение, буртики не делают.

Расчет на прочность выполняют для шпоночных соединений и болтов (см. расчет призматических шпонок и расчет болтовых соединений нагруженных в плоскости стыка для болтов поставленных с зазором и без зазора). Установка болтов без зазора позволяет получить муфты меньших габаритов и поэтому применяется чаще.

Муфта продольно-разъёмная (или продольно-свертная)



Продольно-разъёмная муфта состоит из двух полумуфт, стягиваемых при сборке винтами или болтами с гайкой. Разъём между полумуфтами расположен в плоскости, проходящей через общую геометрическую ось обоих соединяемых валов. усилие затяжки винтов выбирается таким, чтобы обеспечить передачу вращающего момента силами трения, действующими между контактирующими поверхностями валов и полумуфт. Такая муфта позволяет разъединять концы валов, не смещая последние со своего места, и облегчает центровку валов при установке агрегатов на общую раму или фундамент.

Недостатком продольно-разъёмной муфты является возможность смещения её центра масс с оси вращения валов при неодинаковой затяжке винтов на противоположных сторонах, что может вызывать вибрацию валов, особенно опасную при больших скоростях вращения.

Глухие муфты, жёстко соединяя концы валов, не позволяют им деформироваться под действием рабочих усилий, возникающих на элементах механизмов, передающих вращательное движение, таких, как шестерни, звёздочки, шкивы. Это ограничение деформации валов способствует повышению изгибных напряжений в них и, в конечном итоге, сокращает срок их службы.

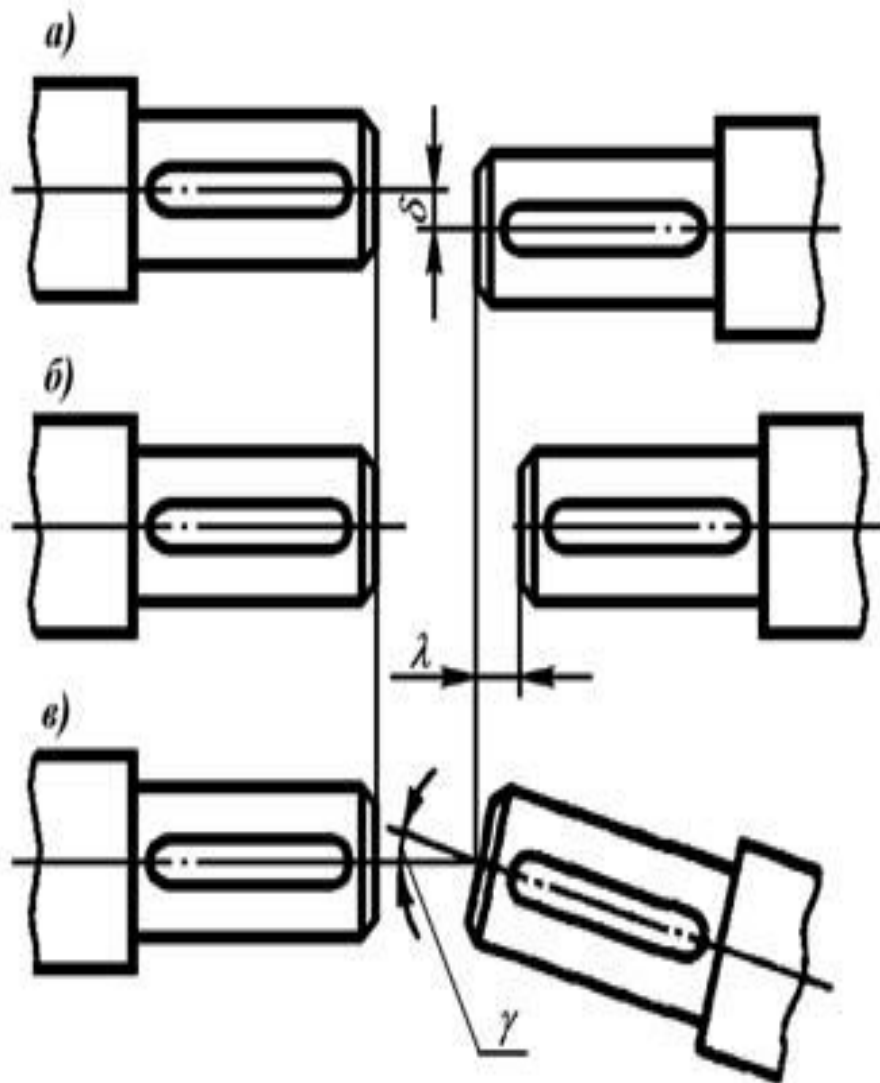
Исключения этой неприятности добиваются посредством применения подвижных муфт – муфт, конструкция которых позволяет отдельным элементам перемещаться в небольших пределах друг относительно друга вместе с концами соединяемых валов. Такие муфты называют иначе компенсирующими. Компенсирующие муфты допускают некоторое несовпадение геометрических осей соединяемых валов. Величину такого несовпадения принято называть величиной смещения



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. Нетрудно установить, что при соединении валов возможно 3 вида элементарного смещения: радиальное (поперечное) - рис. а, осевое (продольное) - рис. б и угловое - рис. в.

Практически, наиболее часто наблюдается комплексное смещение, включающее сразу несколько из названных элементарных смещений.

# Виды возможного относительного смещения соединяемых валов:



а) радиальное  
(поперечное);

б) осевое  
(продольное);

в) угловое.

Все подвижные компенсирующие муфты можно разделить на две группы:

- 1) жесткие муфты
- 2) упругие муфты.

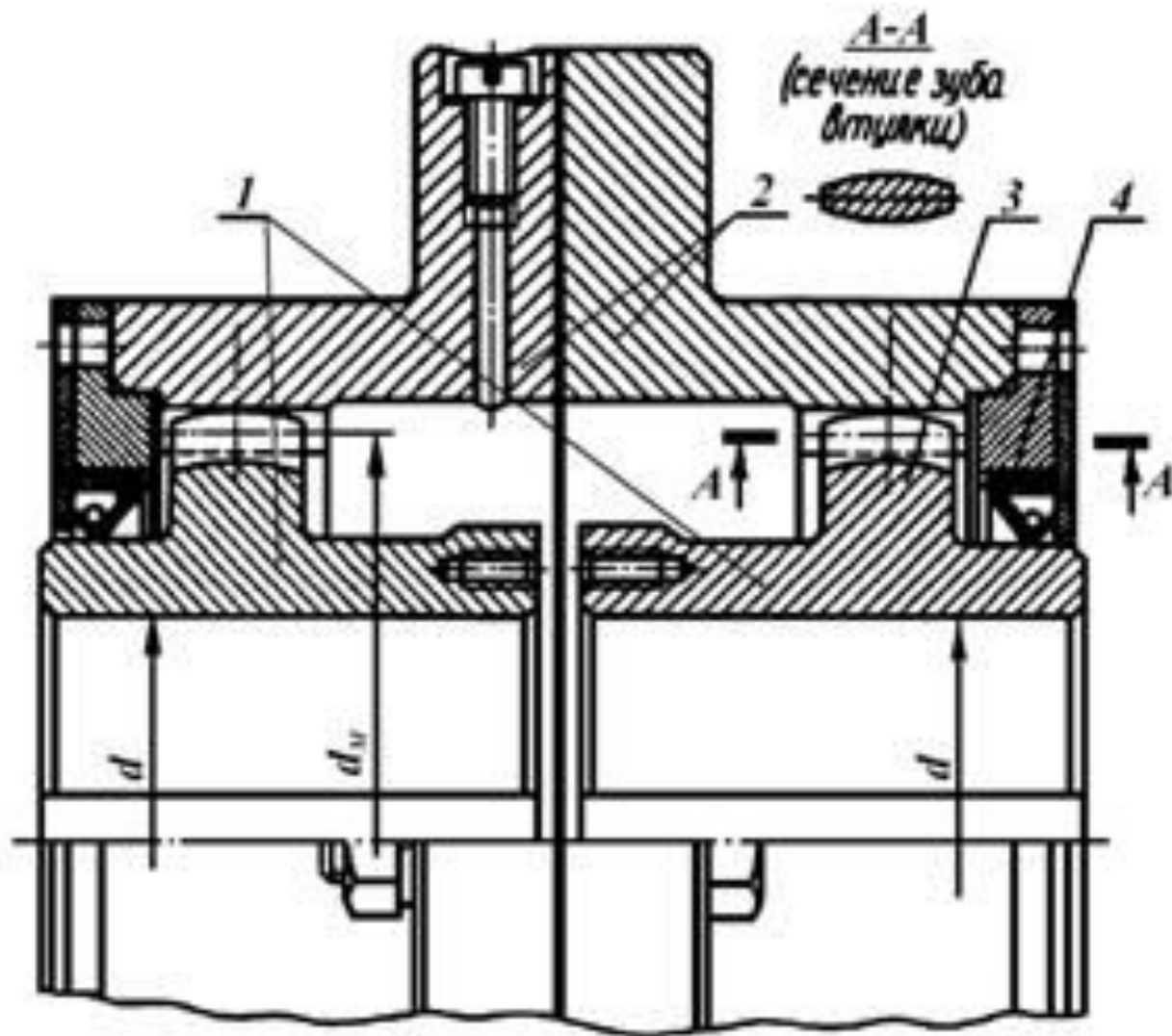
В жёстких муфтах подвижность частей обеспечивается конструктивными особенностями их элементов (расположение частей, величины зазоров, форма поверхностей и т.п.). поэтому жёсткие муфты практически не способны гасить крутильные колебания, возникающие в механизмах.

В упругих муфтах подвижность частей достигается за счёт деформации упругого элемента муфты (разного рода пружины, детали из эластомера, например резины). Деформация такого упругого элемента происходит, как правило, с достаточно большим поглощением энергии, последнее способствует интенсивному гашению крутильных колебаний и более спокойной работе привода в целом.

Зубчатые муфты общемашиностроительного применения стандартизованы (ГОСТ 5006-83) для валов диаметром от 40 до 200 мм и передаваемых моментов от 1000 до 63000 Нм.

Такие муфты выпускаются двух типов:

1. Муфты МЗ – для непосредственного соединения валов.
2. Муфты МЗП – для соединения валов через промежуточный вал.



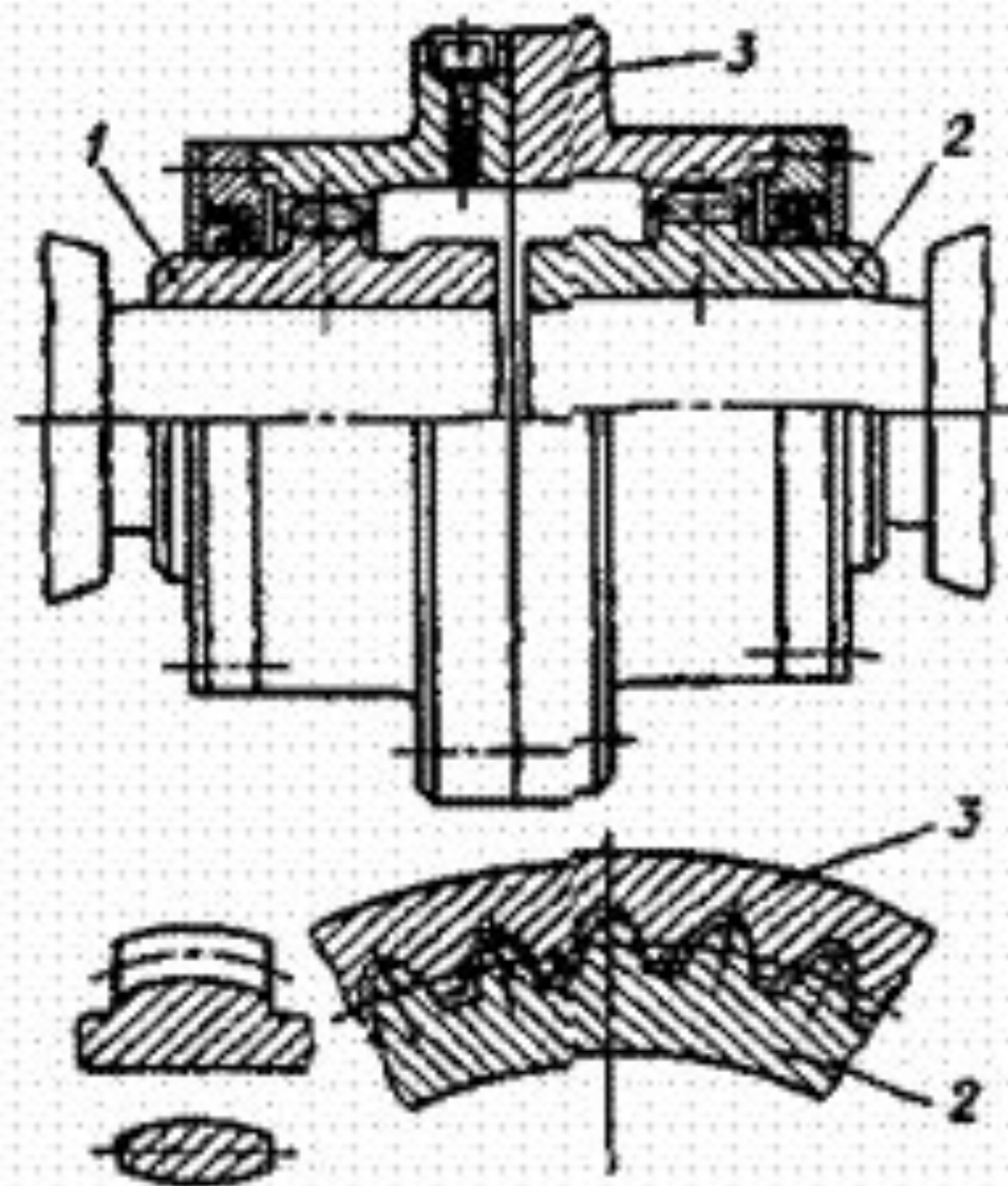
Муфта зубчатая МЗ

Муфта МЗ состоит из двух втулок 1, насаживаемых на соединяемые валы и несущих на своей наружной поверхности зубчатый венец 3, и двух полуобойм 2, каждая из которых снабжена внутренними зубьями и фланцем. В рабочем состоянии зубья втулок входят во впадины между зубьями полуобойм, а фланцы последних стягиваются между собой болтами. В некоторых вариантах исполнения обойма муфты может быть выполнена в виде единой детали, в этом случае необходимость фланцев отпадает. Торцы обоймы закрываются крышками, а зазор между отверстием каждой крышки и втулкой уплотняется манжетой 4. Внутреннее пространство муфты заполняется консистентной или жидкой смазкой высокой вязкости для уменьшения износа зубьев и повышения КПД муфты.



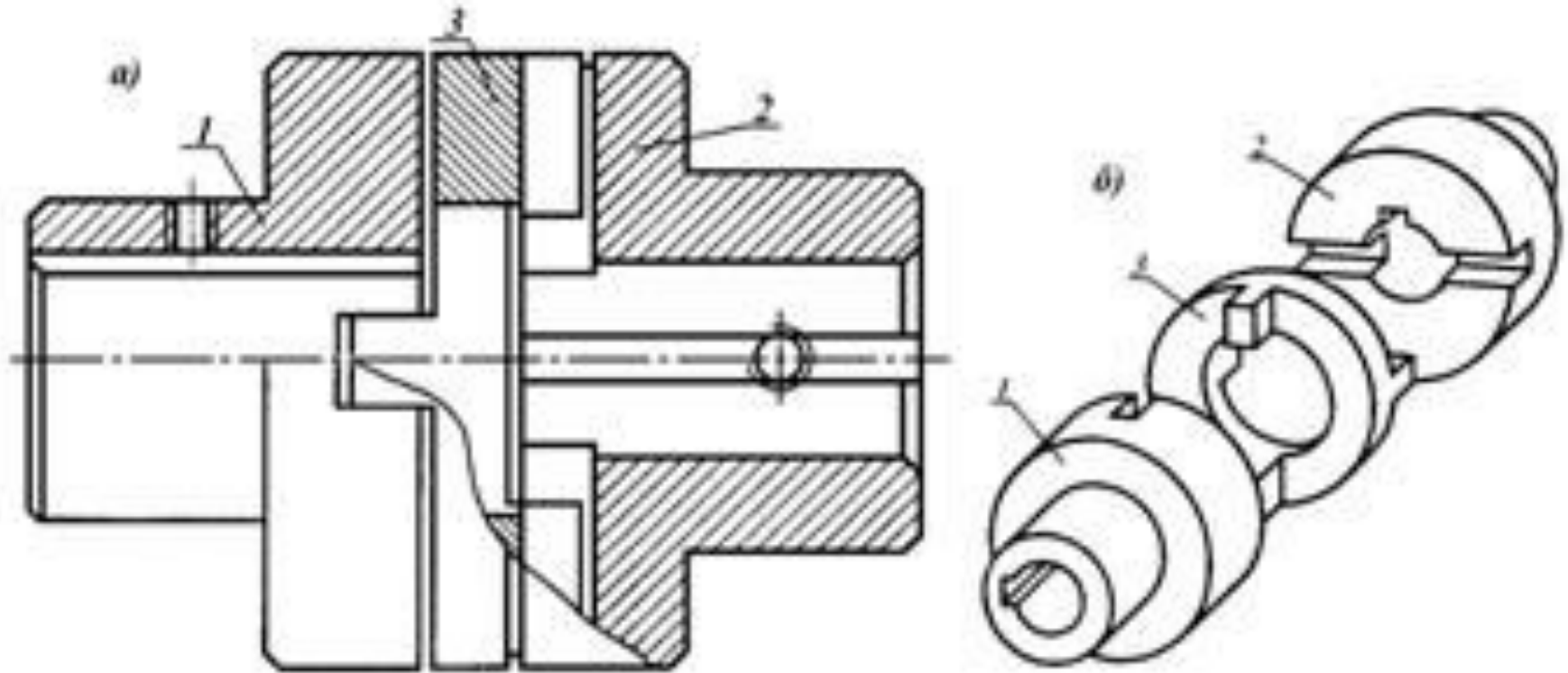
С целью обеспечения возможности смещения втулок относительно обоймы вершины зубьев втулки выполнены сферическими с центром сферы на оси вращения валов, боковым поверхностям этих зубьев придана овальная форма, а впадины между зубьями обоймы сделаны несколько шире по сравнению с толщиной зубьев втулок.

Зубчатое сопряжение стандартных муфт имеет эвольвентный профиль с углом зацепления  $\alpha = 20^\circ$ , при этом высота зубьев на втулках составляет 2,25m, а высота контактной поверхности зубьев - 1,8m.



Главными достоинствами зубчатых муфт являются высокая нагрузочная способность при минимальных габаритах и возможность изготовления на высокопроизводительном зуборезном оборудовании. Коэффициент полезного действия зубчатых муфт  $\eta_m = 0,985 \dots 0,995$ , а поперечное усилие, создаваемое на концах соединяемых валов из-за их относительного смещения  $F \approx (0,15 \dots 0,20) \times Ft$ , где  $Ft$  – тангенциальное усилие в муфте, действующее на диаметре  $D_0$ .

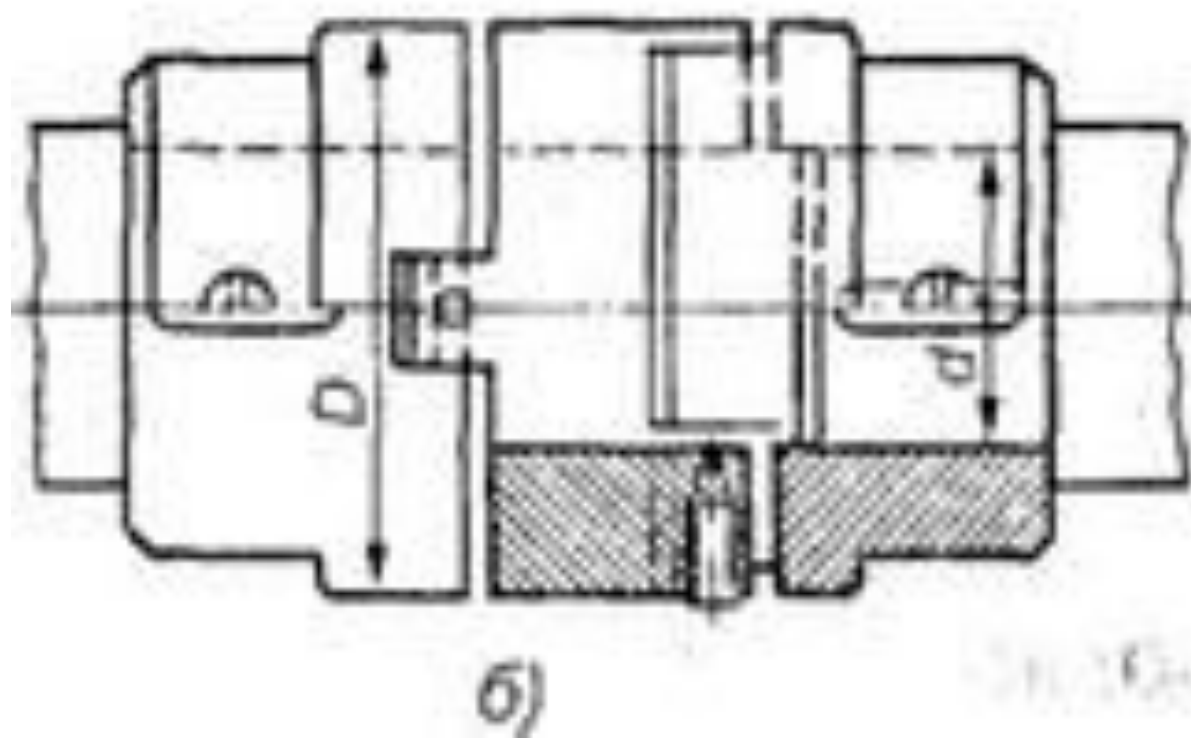
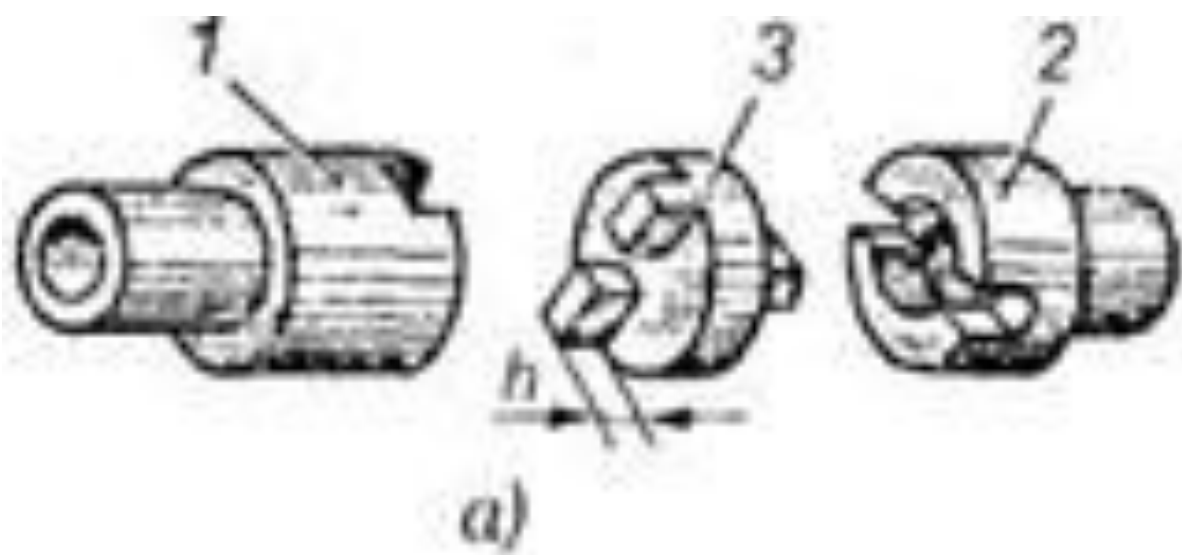
# Муфта крестово-кулисная (кулачково-дисковая)



а) в сборе;

б) подетальная аксонометрическая проекция

Для компенсации радиального смещения валов широко применяется крестово-кулисная (кулачково-дисковая) муфта, содержащая три главных части: устанавливаемые на соединяемые валы две полумуфты 1 и 2, каждая из которых может быть как ведущей, так и ведомой, и между ними кулиса (диск) 3, снабжённая прямоугольными гребнями на торцевых поверхностях, идущими вдоль взаимно перпендикулярных диаметров. Гребни кулисы при сборке муфты вводятся в пазы, выполненные на обращённых друг к другу торцевых поверхностях полумуфт. Часто с целью облегчения кулисы у неё удаляют центральную часть.



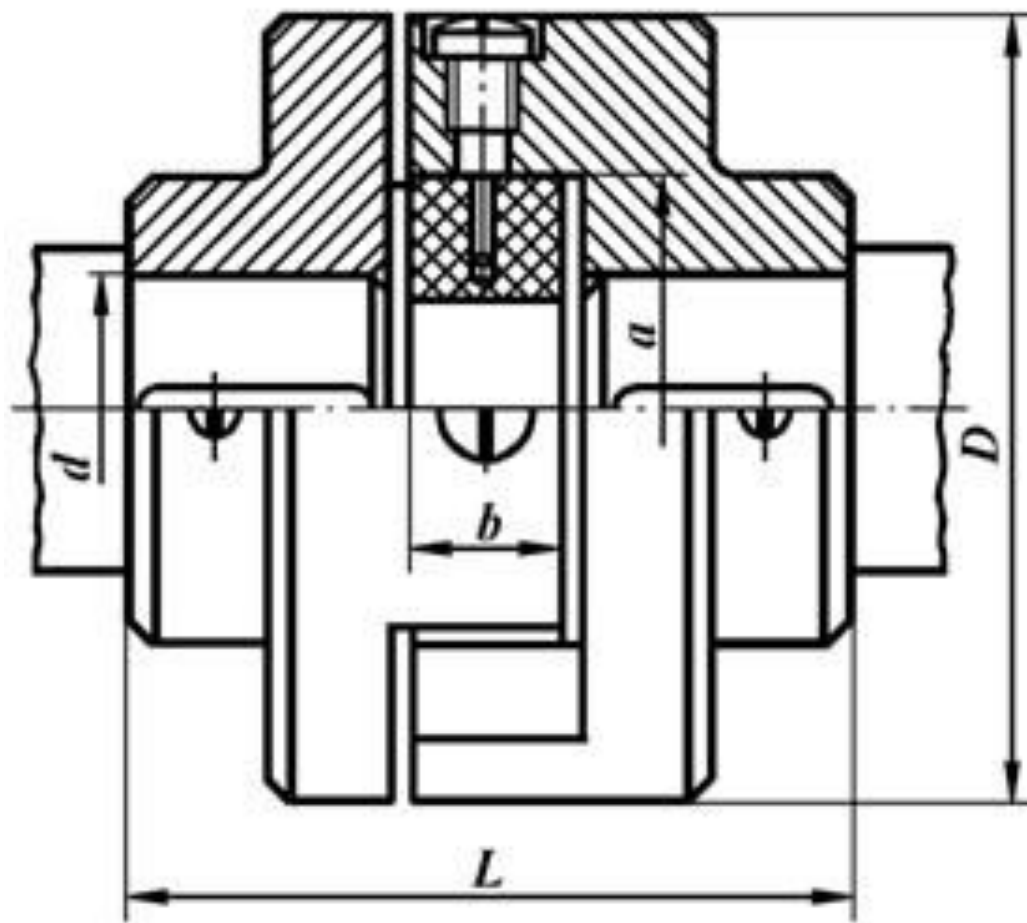
Детали крестово-кулисной муфты изготавливаются, как правило, из углеродистых или легированных сталей (стали 45, 50, 40Х, 15Х, 20Х и др.). Контактные поверхности гребней кулисы и пазов полумуфт подвергают химикотермической или термической обработке с целью достижения высокой твёрдости и контактной прочности.



Крестово-кулисная муфта позволяет соединять валы, относительное смещение осей которых  $d \leq 0,04 \times d$ , где  $d$  – диаметр меньшего из соединяемых валов. Кроме того, эта муфта допускает и некоторое угловое смещение валов  $\gamma \leq 0^\circ 40'$ .

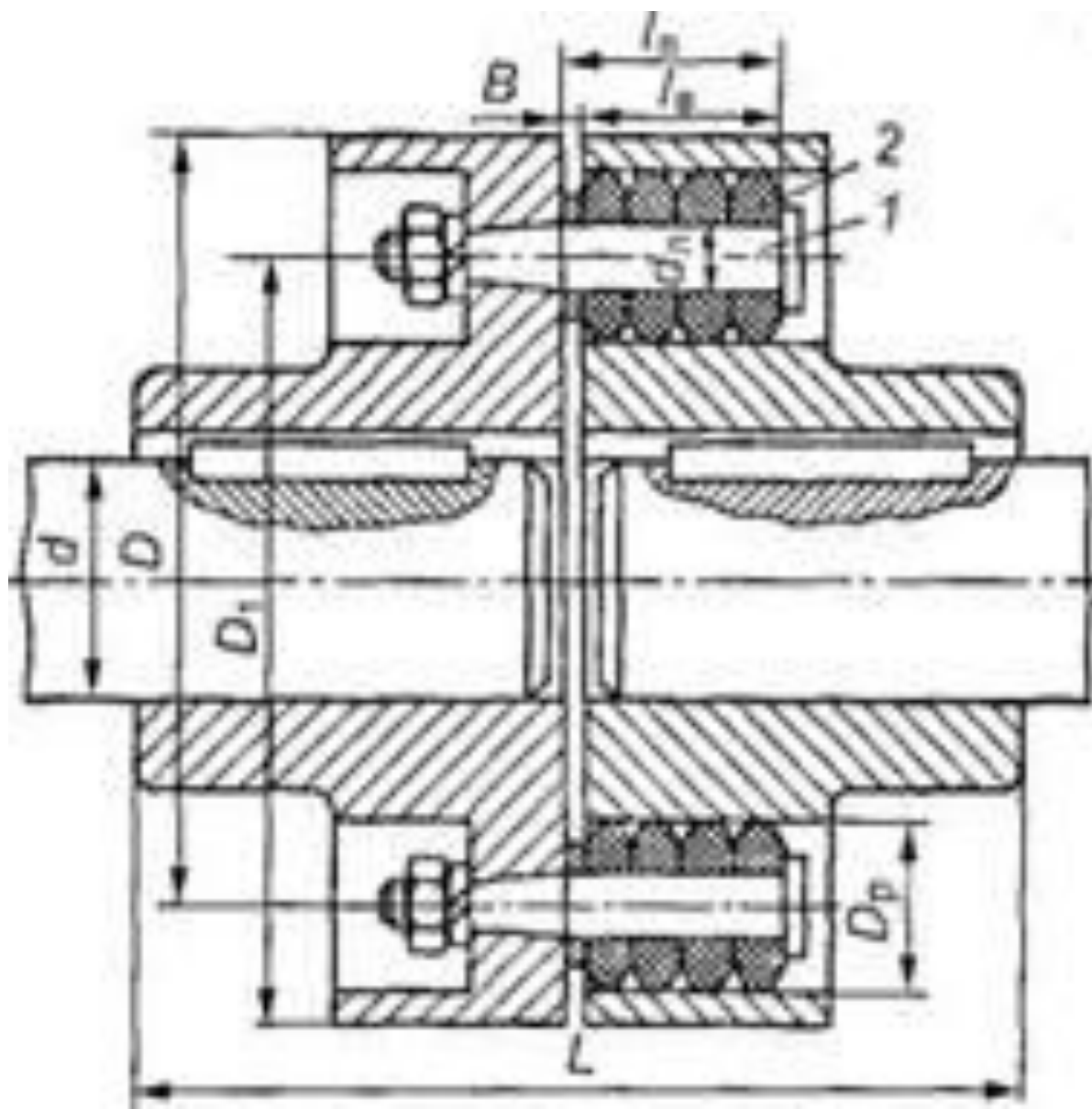
При работе крестово-кулисной муфты на несоосных валах гребни кулисы скользят в пазах полумуфт, а центр кулисы (совпадающий, как правило, с её центром масс) движется по окружности, диаметр которой равен величине относительного смещения  $d$  геометрических осей валов, с угловой скоростью равной удвоенной скорости вращения валов.

# Муфта крестово-кулисная с неметаллическим промежуточным элементом



Для соединения быстроходных валов применяется другая разновидность крестово-кулисной муфты. В этой муфте дисковая кулиса заменена сухарём, имеющим квадратное поперечное сечение, а пазы на торцах полумуфт расширены до поперечных размеров сухаря. Сам сухарь изготавливается обычно из неметаллических материалов (текстолит, фенольно-формальдегидные пластики, капролон и т.п.). В силу малой плотности материала сухаря, а также меньших его размеров по сравнению с дисковой кулисой, центробежные силы в этой разновидности муфты значительно меньше по сравнению с муфтой, имеющей дисковую кулису.

Для гашения крутильных колебаний (колебаний угловой скорости), вызванных силами инерции в механических приводах широкое применение находят упругие муфты. Главной особенностью этих муфт является наличие упругого элемента (резиновые втулки, торообразная оболочка, эластичная крестовина, различного рода пружины и т.п.), который при резком возрастании нагрузки (момента сопротивления) способен деформироваться, возвращаясь в исходное состояние при уменьшении нагрузки до нормальной рабочей величины.



Муфта упругая втулочно-пальцевая (МУВП) состоит из двух полумуфт, каждая из которых выполнена в виде ступицы с фланцем на одном конце. На фланце одной из полумуфт (обычно ведущей) крепятся пальцы с надетыми на их свободные концы резиновыми кольцами трапецеидального сечения или гофрированными резиновыми втулками. При монтаже на соединяемые концы валов полумуфты устанавливаются фланцами друг к другу, а концы пальцев с надетыми на них упругими элементами входят в отверстия второй (обычно ведомой полумуфты). Муфты МУВП стандартизованы для валов диаметром от 9 до 160 мм и передаваемых крутящих моментов от 6,3 до  $16 \times 10^3$  Нм (ГОСТ 21424-93).

Упругая втулочно-пальцевая муфта по конструкции аналогична фланцевой муфте, вместо соединительных болтов у упругой муфты имеются стальные пальцы 1 на которые установлены эластичные (резиновые, кожаные и т. п.) втулки 2. Эластичные элементы позволяют компенсировать незначительные осевые (для малых муфт 1—5 мм; для больших муфт 2—15 мм), радиальные (0,2—0,6 мм) и угловые (до 30') смещения валов. Упругие втулочно-пальцевые муфты обладают хорошей эластичностью, высокой демпфирующей и электроизоляционной способностью, просты в изготовлении, надежны в работе.



Находят широкое применение, особенно для соединения электродвигателей с исполнительными механизмами (машинами) при  $d < 150$  мм. Материал полумуфт — сталь 35, 35Л или чугун СЧ25; пальцы изготавливают из стали 45.

Полумуфты могут быть изготовлены из чугуна марки не ниже СЧ 21-40 или стали Ст. 3. Для изготовления пальцев используется сталь 45 или более прочная. Кольца и втулки изготавливаются из резины, имеющей прочность на растяжение не ниже 6 МПа и твёрдость 55...75 единиц по Шору.

Муфты данного типа обладают большой радиальной и угловой жёсткостью, поэтому и механизмы, валы которых соединяют посредством такой муфты, должны устанавливаться на плитах или рамах большой жёсткости с максимально возможной точностью центровки сопрягаемых валов.

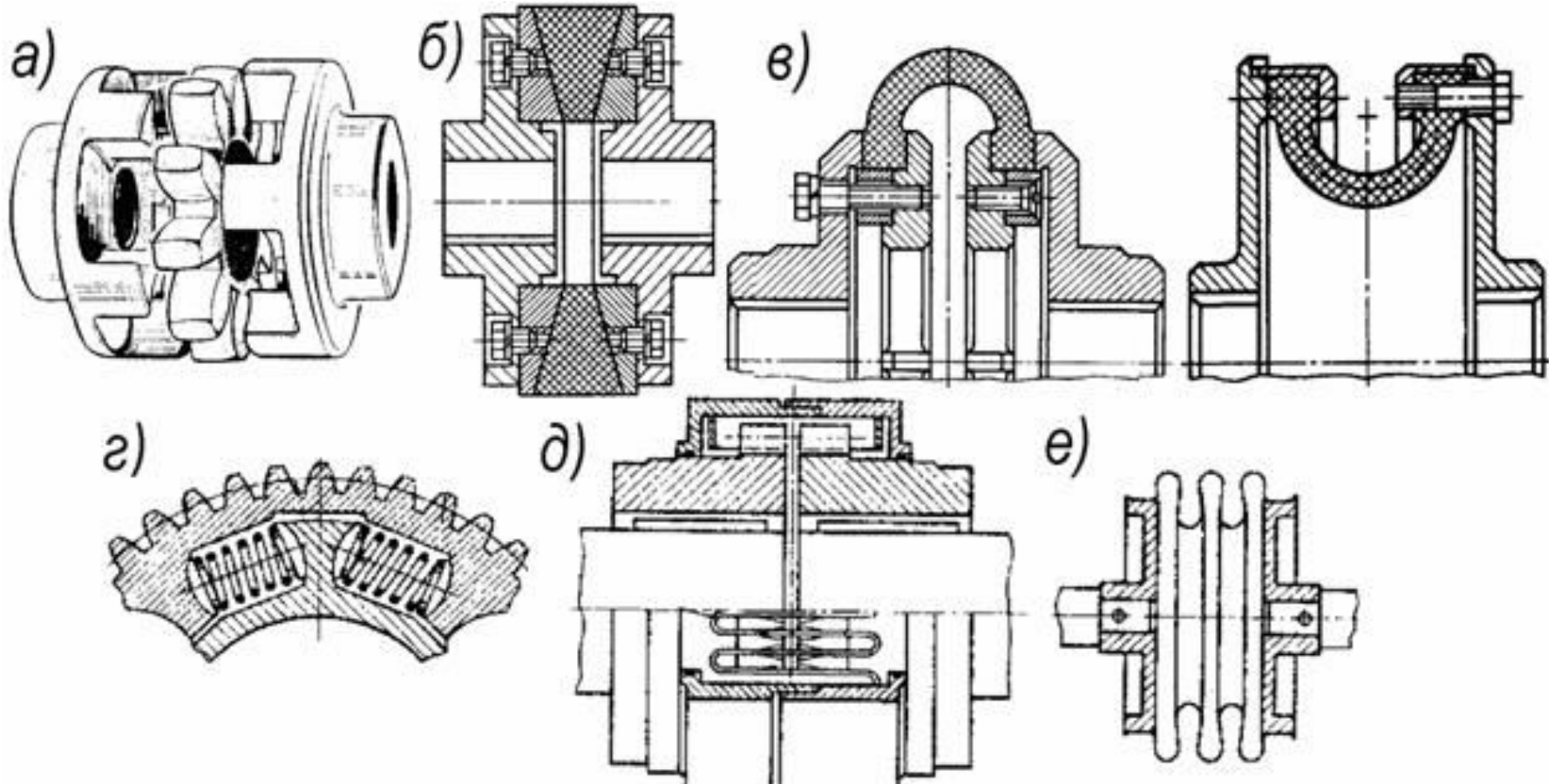
Втулочно-пальцевая муфта требует достаточно точного центрирования (осевое смещение  $\lambda \leq 5$  мм; радиальное -  $\delta \leq 0,6$  мм; угловое -  $\gamma \leq 1^\circ$ ).

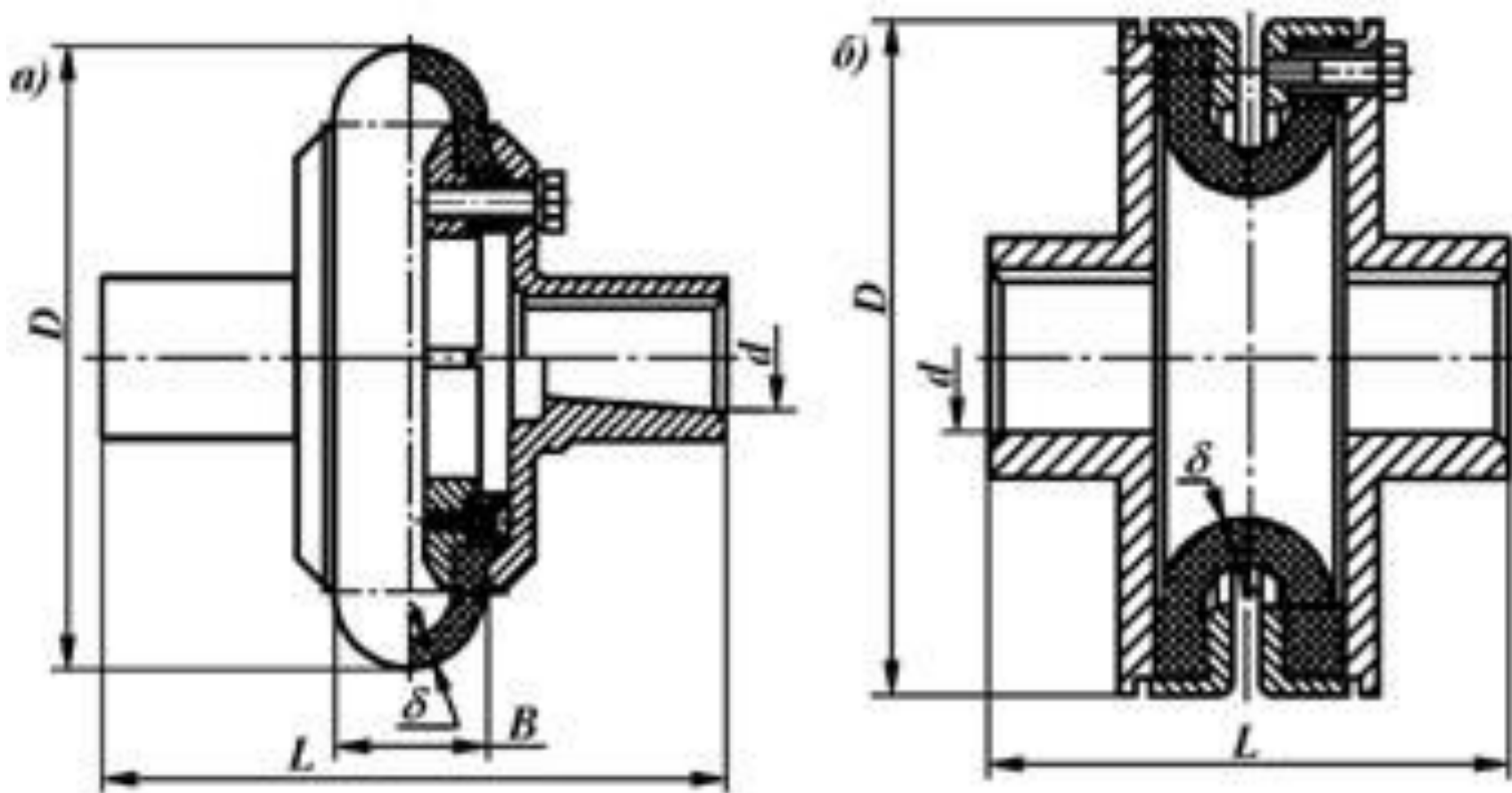
## Упругие муфты

Предназначены главным образом для смягчения (амортизации) ударов, толчков и вибрации. Кроме того, допускают некоторую компенсацию смещений валов.

Главная особенность таких муфт – наличие металлического или неметаллического упругого элемента. Используются различные упругие элементы а – звёздочки, б – шайбы, в – упругие оболочки, г – винтовые пружины, д – змеевидные пружины, е – сильфоны и т.п. Способность упругих муфт противостоять ударам и вибрации значительно повышает долговечность машин.

# Конструкции упругих муфт





Муфта упругая с неразрезной торообразной оболочкой:  
а) выпуклого профиля; б) вогнутого профиля.

Муфты упругие с торообразной оболочкой обладают большой крутильной, радиальной и угловой податливостью и в соответствии с ГОСТ Р 50892-96 изготавливаются с оболочкой выпуклого или вогнутого профиля. В свою очередь, муфты с оболочкой выпуклого профиля могут быть с разрезной или неразрезной (ГОСТ 20884-93) оболочкой.

Муфта состоит из двух полумуфт, снабжённых фланцами, и торообразной оболочки, прикреплённой своей периферической частью к фланцам с помощью прижимных дисков и винтов, стягивающих эти диски с фланцами полумуфт. Прижимные диски для неразрезной торообразной оболочки разрезные (выполняются из двух или большего числа деталей, соединяемых посредством винтов), для разрезной – неразрезные.



Металлические детали муфты изготавливаются из стали Ст. 3 (ГОСТ 380-71) или более прочной. Торообразная оболочка прессуется из резины с сопротивлением разрыву не менее 10МПа и модулем упругости при 100% удлинении не ниже 5МПа. Торообразные оболочки муфт, диаметр которых превышает 300 мм, армируются кордовыми нитями с целью увеличения несущей способности и срока службы.

Положительным качеством муфт с торообразной оболочкой является высокая демпфирующая способность при больших радиальных и угловых несоосностях соединяемых валов (осевое смещение  $\lambda \leq 5$  мм; радиальное -  $\delta \leq 6$  мм; угловое -  $\gamma \leq 6^\circ$ ) при высокой частоте их вращения (до  $2500 \text{ мин}^{-1}$  и выше).

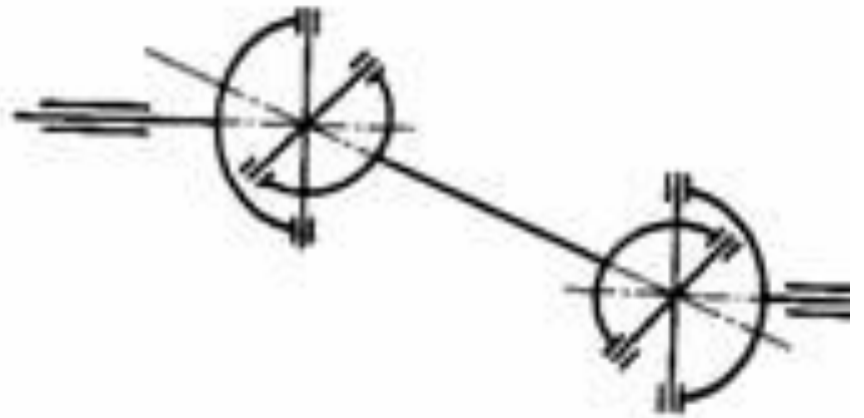
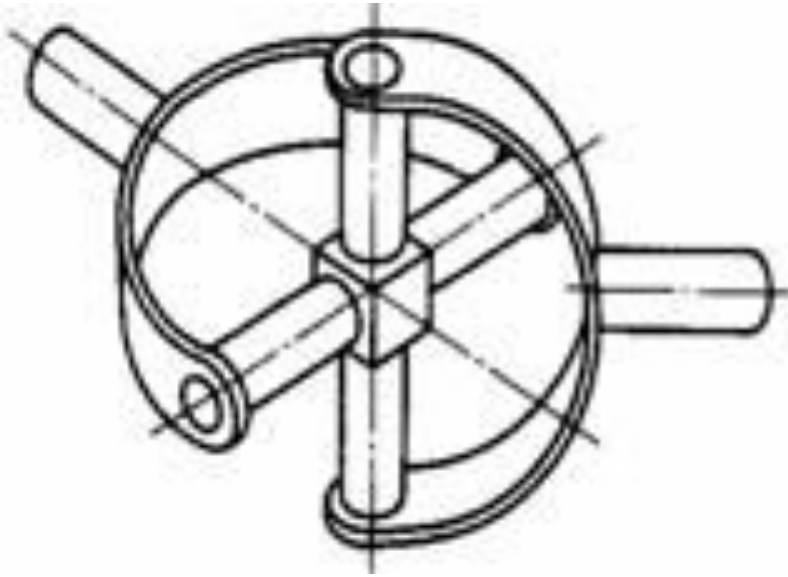
Муфты с выпуклой торообразной оболочкой по сравнению с муфтами, имеющими вогнутую оболочку, имеют несколько меньшую массу, но способны передавать примерно на 20 % меньший момент и выдерживают примерно в 1,5 раза меньшие обороты, но при этом имеют существенно большую податливость.

Муфта с упругой торообразной оболочкой может, фактически, рассматриваться, как упругий шарнир Гука. Она способна компенсировать значительные неточности монтажа валов.

## Подвижные муфты

Допускают соединение валов с повышенным взаимным смещением осей как вызванными неточностями, так и специально заданными конструктором.

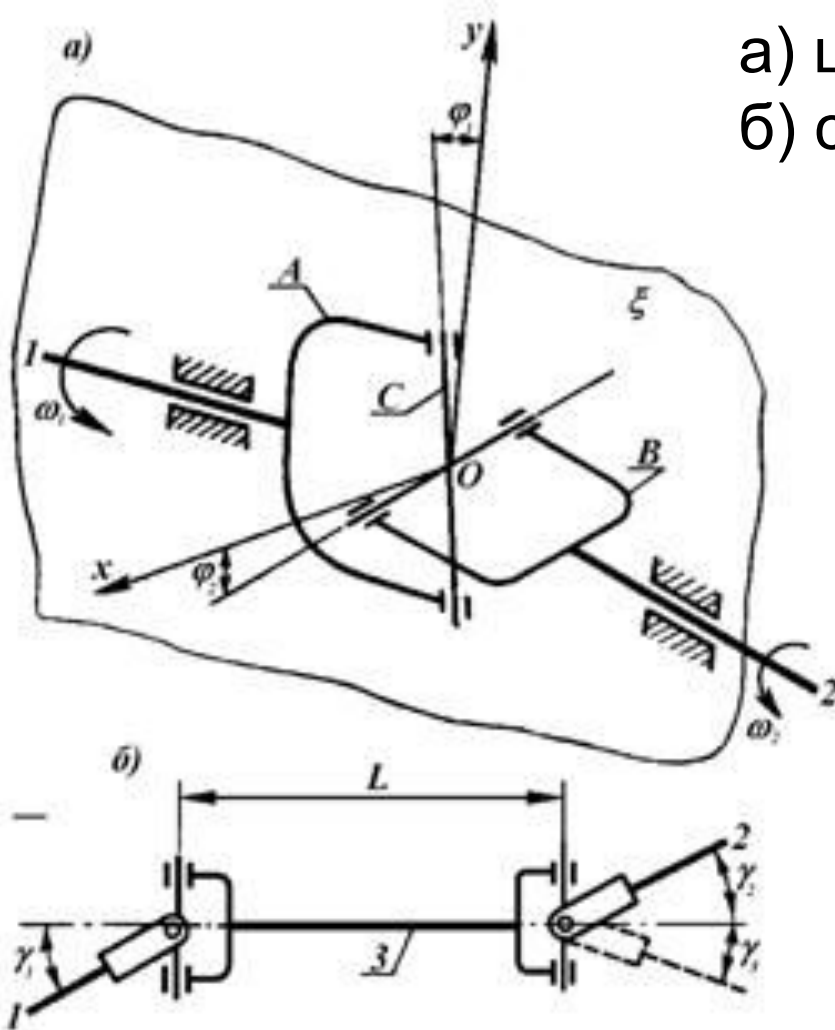
Ярким представителем этого семейства являются шарнирные муфты. Идея муфты впервые предложена Джироламо Кардано в 1570 г. и доведена до инженерного решения Робертом Гуком в 1770 г. Поэтому иногда в литературе они называются карданными муфтами, а иногда – шарнирами Гука.



Шарнир Гука по идее Кардано

## Кинематическая схема

- а) шарнирной муфты Кардано
- б) сдвоенной муфты Кардано .



При больших относительных смещениях валов, когда расстояние  $\delta$  между их геометрическими осями соизмеримо с диаметром самих валов или угол  $\gamma$  достаточно велик (может достигать до  $45^\circ$ ), и особенно при передаче вращения между валами, которые способны наряду с вращением перемещаться друг относительно друга в радиальном или в угловом направлении, применяют шарнирные муфты.



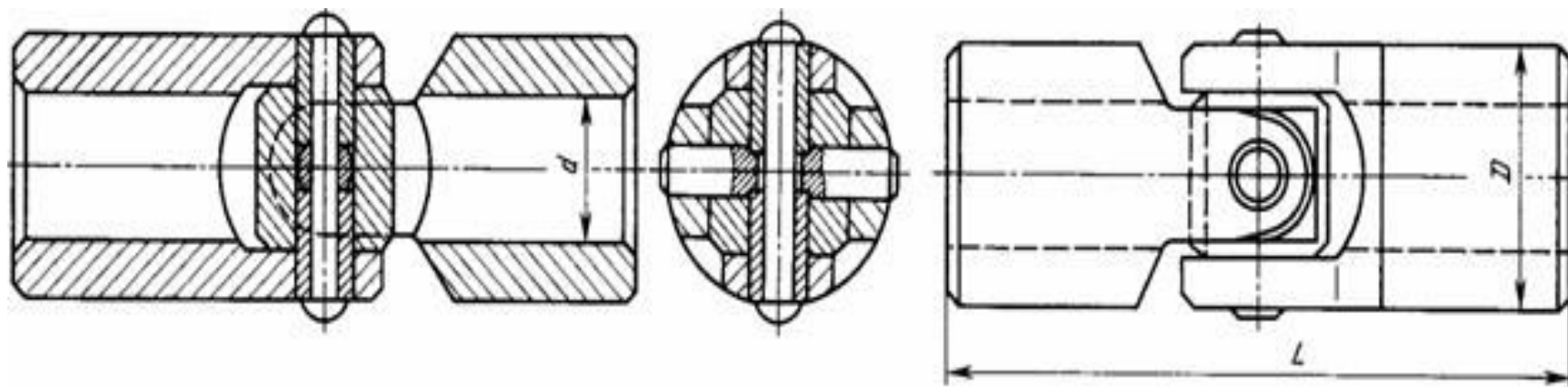
В настоящее время разработано несколько конструкций таких муфт, имеющих постоянное или переменное передаточное число.

Наибольшее распространение в промышленности и на транспорте получили шарнирные муфты (муфты Кардано) с крестовым шарниром (шарниром Гука) Муфта Кардано состоит из двух полумуфт, каждая из которых выполнена в форме вилки. Перья вилки каждой из полумуфт А и В расположены под углом  $90^\circ$  друг к другу, а между ними установлена крестовина, концы которой посредством вращательных кинематических пар соединены с перьями вилки.

Шарнирные муфты соединяют валы под углом до  $45^\circ$ , 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 перпендикулярными осями.

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.

## Малогабаритная карданная муфта



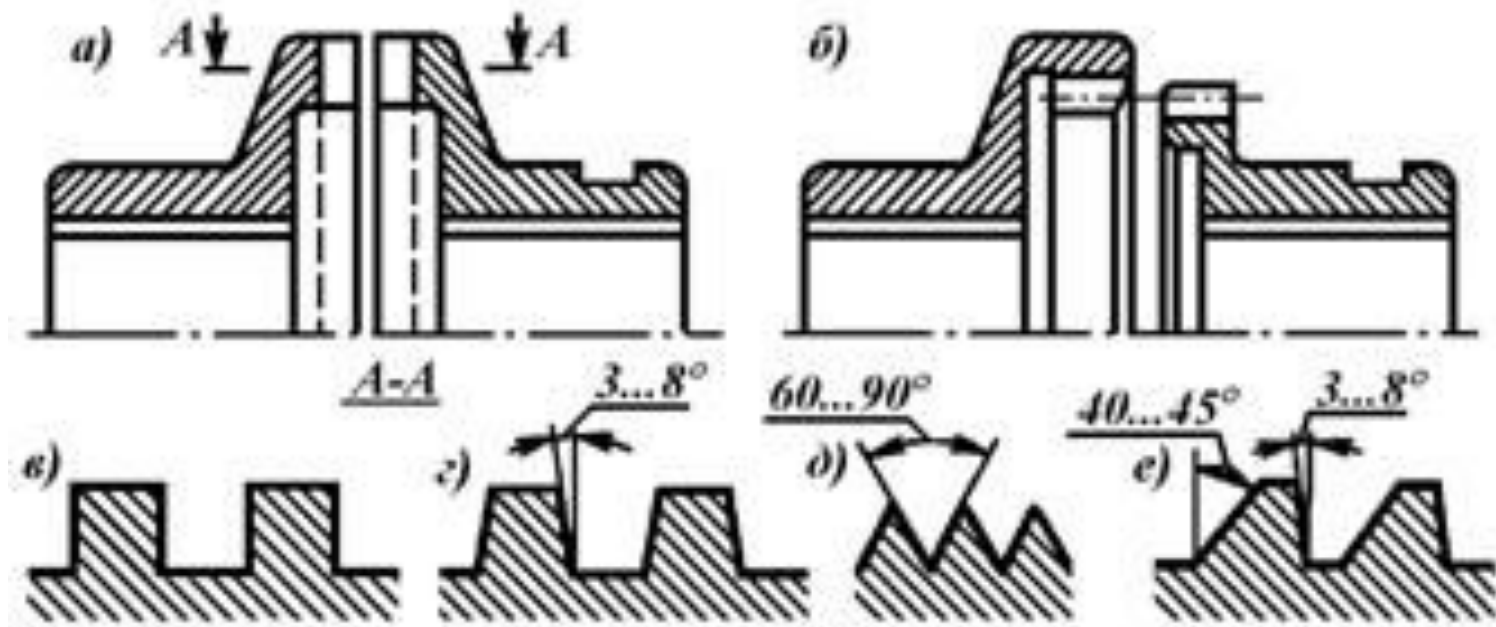
## Сцепные муфты

Эти муфты предназначены для соединения и разъединения валов. Некоторые типы сцепных муфт позволяют это делать на ходу, без остановки электродвигателя. Сцепные муфты иногда называют управляемыми. По принципу работы различают кулачковые и фрикционные сцепные муфты.

## Основные требования к сцепным муфтам:

1. быстрота и лёгкость включения (соединения валов) и выключения (разъединения валов);
2. плавность включения;
3. надёжность сцепления валов после включения муфты;
4. высокий КПД, малый износ и нагрев муфты;
5. простота регулирования и настройки;
6. незначительные усилия на органах управления при ручном управлении;
7. минимальные габариты при заданных несущей способности, и сроке эксплуатации.

В качестве сцепных в машиностроении наиболее широкое распространение получили кулачковые, зубчатые и фрикционные муфты.



Муфты сцепные:

а) кулачковая; б) зубчатая.

Форма кулачков в тангенциальном сечении: в)

прямоугольная; г) трапецеидальная симметричная; д)

треугольная; е) трапецеидальная. несимметричная.



Кулачковые и зубчатые муфты имеют подобную конструктивную схему. Оба вида муфт состоят из двух полумуфт, каждая из которых снабжена фланцевой частью. Одна из полумуфт крепится на одном из соединяемых валов неподвижно, другая, закреплённая на втором из этих валов, имеет возможность осевого перемещения или снабжается подвижной в осевом направлении втулкой.

Различие этих муфт заключается в том, что в полумуфтах кулачковой муфты зубья, которые принято называть кулачками, выполнены на торцовой поверхности фланцев, а в полумуфтах зубчатой муфты зубья расположены на цилиндрической поверхности, причём на одной из полумуфт делаются наружные зубья, на другой – внутренние.

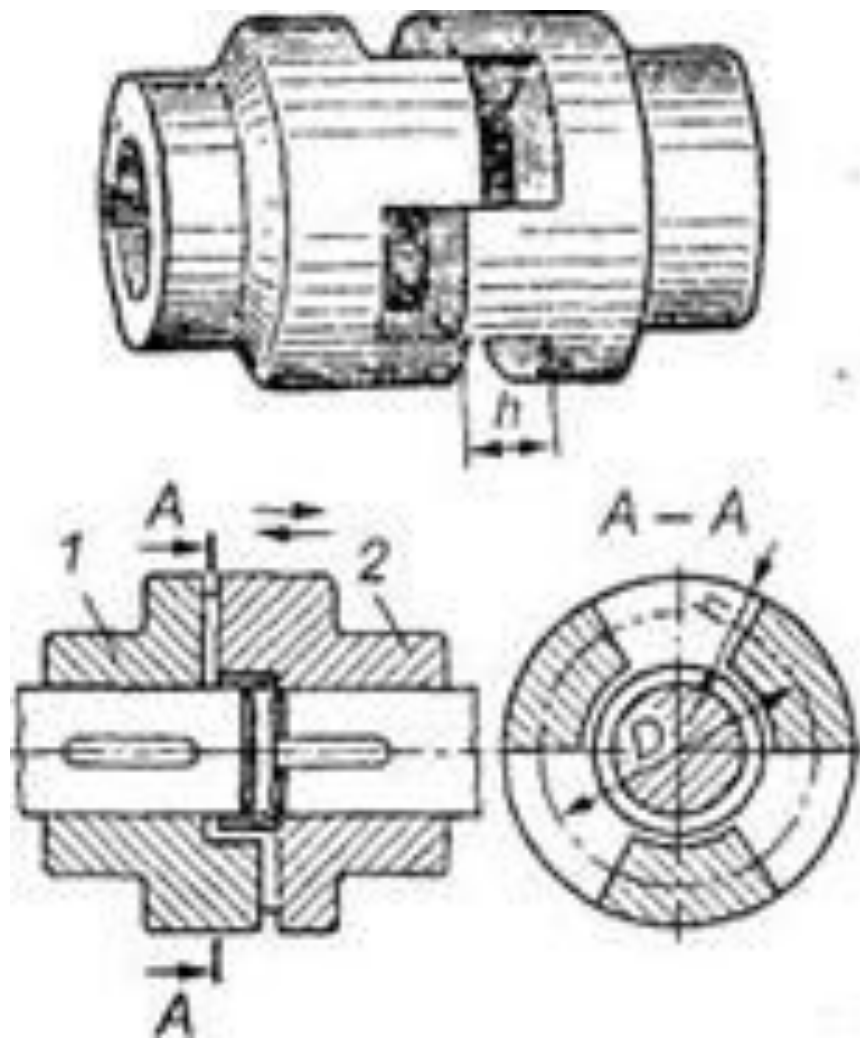
Обе разновидности муфт находят широкое применение в коробках передач колёсных и гусеничных машин, а также металлорежущего оборудования.

При сближении полумуфт посредством осевого перемещения подвижной полумуфты кулачки или зубья одной полумуфты входят во впадины другой, и вращающий момент передаётся за счёт силового контактного взаимодействия кулачков или зубьев боковыми сторонами.

При включении таких муфт на ходу, когда либо валы вращаются с разными скоростями, либо один из них вращается, а другой вообще неподвижен, процесс включения произойдет с ударом между боковыми поверхностями зубьев, что весьма нежелательно из-за воздействия на зубья чрезмерных ударных нагрузок, приводящих к быстрому износу рабочих поверхностей и в некоторых случаях даже способных вызвать поломку зубьев. По этой причине кулачковые и зубчатые муфты часто применяются совместно с дополнительными устройствами, обеспечивающими синхронизацию скорости вращения соединяемых валов перед включением муфты.

В зубчатых муфтах боковые поверхности зубьев обычно выполняются по эвольвентному профилю, поскольку зубья с таким профилем легко нарезаются на широко распространённом зуборезном оборудовании, предназначенном для изготовления зубчатых колёс.

Кулачки кулачковых муфт могут иметь самый различный профиль: прямоугольный, симметричный трапецеидальный, треугольный или несимметричный трапецеидальный и некоторые другие.



Кулачковая муфта: 1,2—полумуфты

Выбор профиля кулачков определяется многими условиями, как конструктивного, так и технологического характера. Так, например, прямоугольный профиль кулачков хорошо обеспечивает передачу вращающего момента, не создавая при этом осевого выключающего усилия, но при таком профиле кулачков велика вероятность взаимного утыкания кулачков сопряжённых полумуфт при попытке их соединения, что особенно неприятно при включении муфты на ходу.

Полумуфты с трапецеидальными кулачками гораздо легче входят во взаимное зацепление, поскольку в начальный момент соединения ширина впадин между кулачками существенно превышает толщину входящих в них вершин кулачков. Наиболее благоприятны с точки зрения лёгкости включения кулачки треугольной формы, но вследствие относительно больших углов наклона рабочих граней кулачков в муфтах с такими кулачками действуют максимальные выключающие силы.



Кулачковые и зубчатые муфты изготавливаются обычно из углеродистых или легированных сталей (сталь 45, 50, 40ХН, 38ХМЮА и др.). Рабочие поверхности кулачков подвергаются химической или химико-термической обработке для достижения высокой твёрдости контактной поверхности (HRC 56...62).

Фрикционные муфты передают вращающий момент посредством сил трения, возникающих на поверхностях сцепляющихся элементов

Фрикционные муфты нашли широкое применение в подвижных машинах, как колёсных, так и гусеничных (в автомобилях это муфта сцепления, в танках, БМП и других гусеничных машинах - главный фрикцион).

Широкое распространение фрикционных муфт обусловлено их несомненными достоинствами:

1. допускают включение при любом различии угловых скоростей соединяемых валов (не нужно их предварительно синхронизировать);
2. обеспечивают плавный разгон ведомого вала;
3. позволяют плавно регулировать скорость вращения ведомого вала и время его разгона;
4. выполняют предохранительную функцию, ограничивая величину нагрузочного момента, передаваемого от ведомого вала ведущему.

Основным недостатком фрикционных муфт является неспособность обеспечить полную синхронность вращения ведущего и ведомого валов вследствие проскальзывания.

## Классификация фрикционных муфт:

1. по направлению действия замыкающего усилия – осевые и радиальные;

2. по форме и конструкции элементов трения - осевые:

а) конусные;

б) дисковые;

радиальные:

в) колодочные;

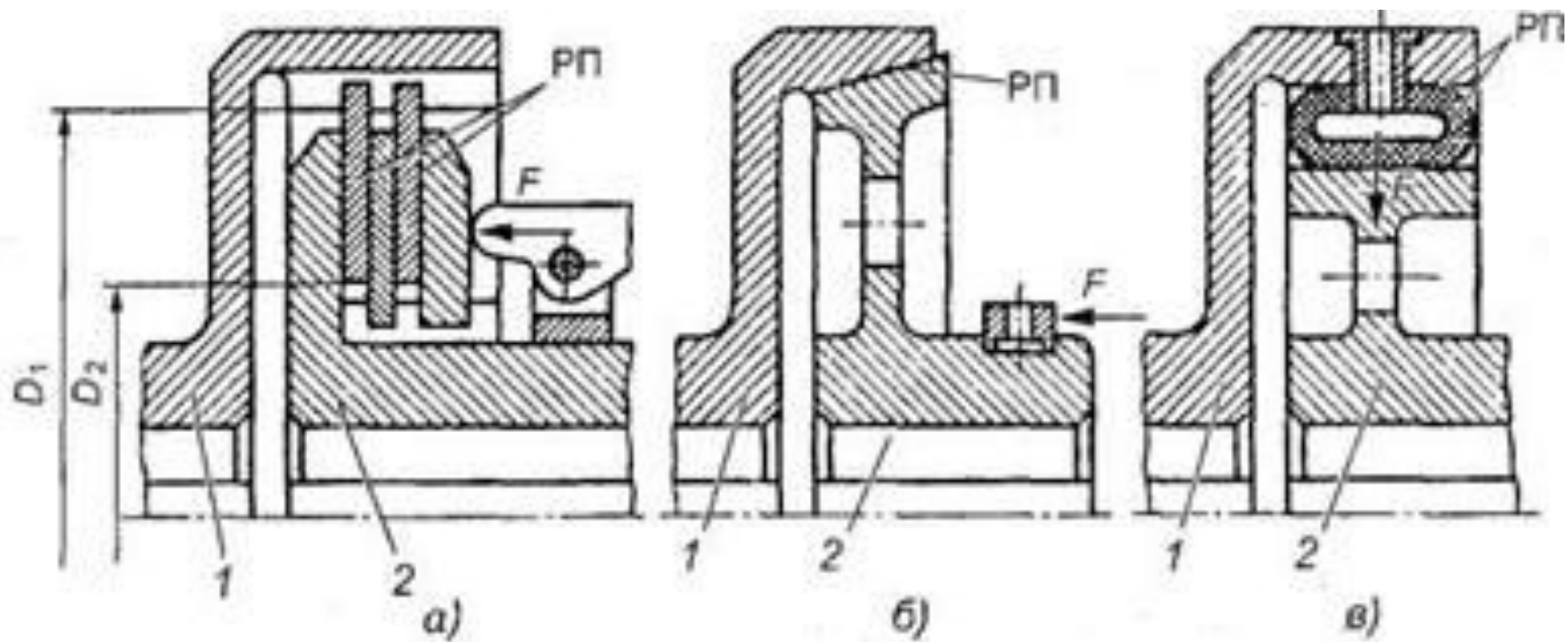
г) ленточные;

д) с разжимным кольцом;

3. по наличию смазки на поверхностях трения - сухие и масляные.

Фрикционные муфты в отличие от кулачковых, допускают включение на ходу под нагрузкой. Фрикционные муфты передают вращающий момент за счет сил трения. Фрикционные муфты допускают плавное сцепление при любой скорости, что успешно используется, например, в конструкции автомобильного сцепления. Кроме того, фрикционная муфта не может передать через себя момент больший, чем момент сил трения, поскольку начинается проскальзывание контактирующих фрикционных элементов, поэтому фрикционные муфты являются эффективными неразрушающимися предохранителями для защиты машины от динамических перегрузок.

По конструкции фрикционные муфты делят на: дисковые, в которых трение происходит по торцевым поверхностям дисков (одно- и многодисковые) (а); конусные, в которых рабочие поверхности имеют коническую форму (б); цилиндрические имеющие цилиндрическую поверхность контакта (колодочные, ленточные и т. д.) (в). Наибольшее распространение получили дисковые муфты.



а — дисковая; б — конусная; в — цилиндрическая

Фрикционные муфты работают без смазочного материала (сухие муфты) и со смазочным материалом (масляные муфты). Последние применяют в ответственных конструкциях машин при передаче больших моментов. Смазывание уменьшает изнашивание рабочих поверхностей, но усложняет конструкцию муфты.



Качество фрикционных муфт (жесткость и стабильность сцепления, срок службы, частота включений-выключений) определяются главным образом качеством использованных для их изготовления фрикционных материалов.

Эти материалы должны отвечать следующим требованиям:

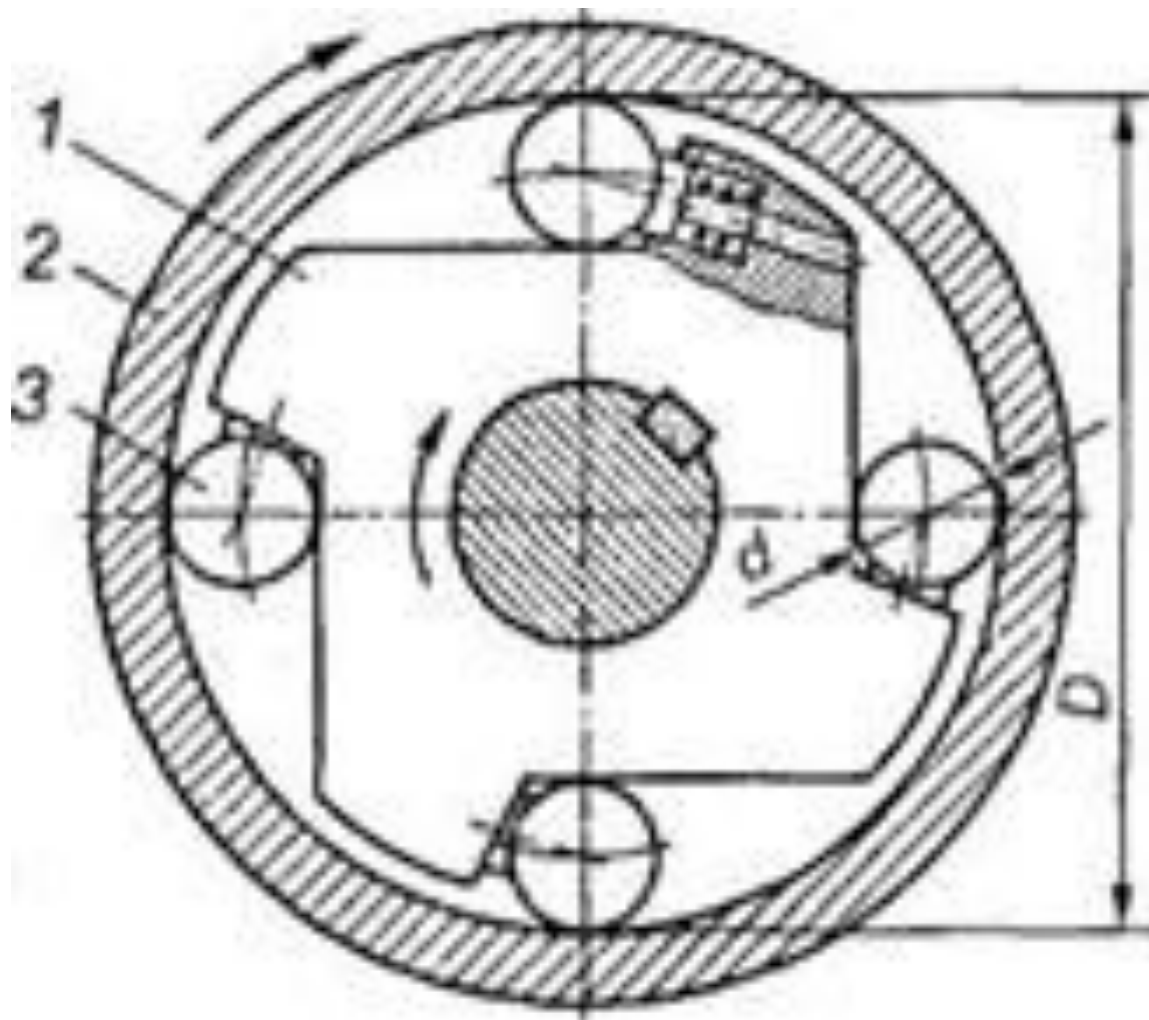
1. обеспечивать высокий и постоянный во времени коэффициент трения;
2. обладать высокой износоустойчивостью;
3. иметь достаточную прочность при одновременной способности хорошо прирабатываться;
4. иметь высокую теплопроводность для теплоотвода от поверхности трения;
5. иметь высокую теплоустойчивость и химическую стойкость против продуктов разложения и окисления смазочных материалов при высокой температуре;
6. иметь хорошую обрабатываемость, малую стоимость и недефицитность.

Материал для фрикционных муфт — конструкционные стали, чугун СЧ30. Фрикционные материалы (прессованную асбесто-проволочную ткань — ферродо, фрикционную пластмассу, порошковые материалы и др.) применяют в виде накладок.

## Самоуправляемые муфты

Эти муфты предназначены для автоматического разъединения валов в зависимости от изменения одного из следующих параметров: вращающего момента — предохранительные муфты, направления вращения — обгонные, и скорости вращения - центробежные.

# Роликовая муфта свободного хода



Муфты свободного хода (обгонные) предназначены для передачи вращающего момента в одном направлении (например, для вращения втулки заднего колеса велосипеда). Ролики 3 муфты свободного хода за счет сил трения заклиниваются между поверхностями полумуфт 1 и 2

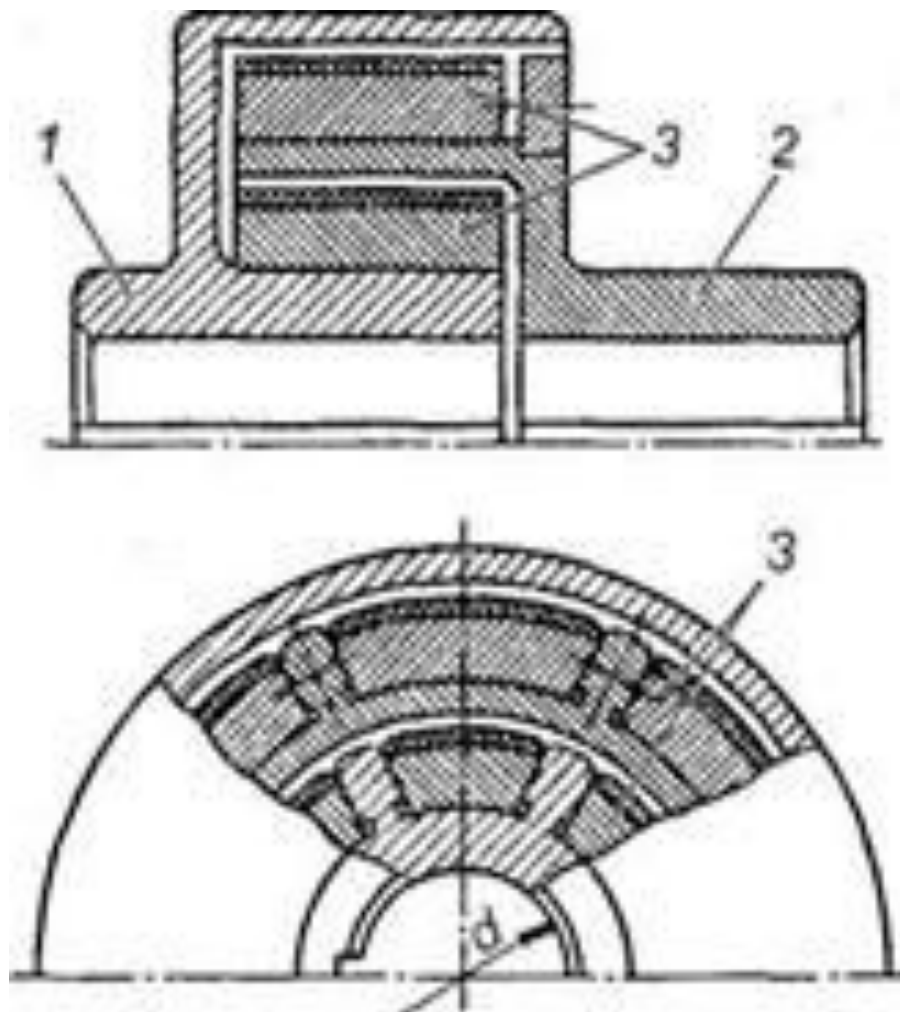
При уменьшении скорости вращения полумуфты 1 вследствие обгона ролики выкатываются в широкие участки вырезов, и муфта автоматически размыкается.

Муфты свободного хода работают бесшумно, допускают большую частоту включений.

В качестве материалов для муфт свободного хода рекомендуют применять стали ШХ15, 20Х, а также высокоуглеродистые инструментальные стали.

Центробежные муфты служат для автоматического включения (выключения) валов при заданных угловых скоростях.





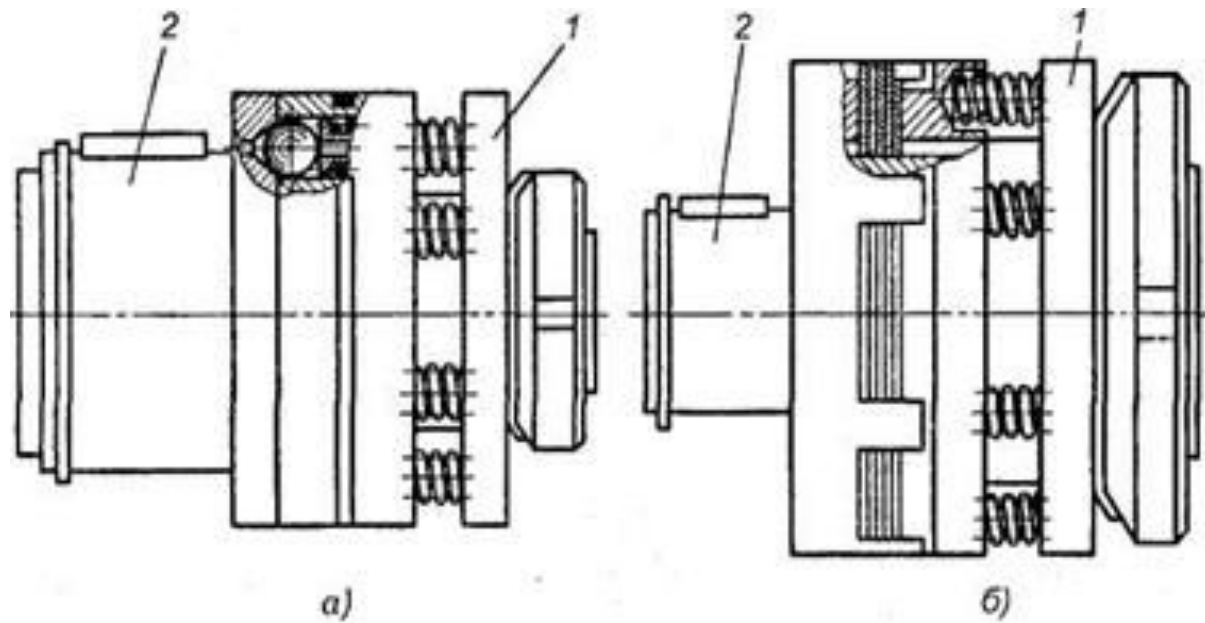
1,2— полумуфты; 3 — колодки

При достижении ведущей полумуфтой заданной угловой скорости колодки 3, за счет центробежных сил, прижимаются к ведомой полумуфте, и муфта включается. Передача вращающего момента осуществляется силами трения, значение которых пропорционально квадрату угловой скорости. Центробежная муфта допускает частые включения, обеспечивает плавное включение и имеет сравнительно небольшие габаритные размеры.

## Предохранительные муфты

Эти муфты допускают ограничение передаваемого вращающего момента, что предохраняет машины от поломок при перегрузках.

Наибольшее распространение получили предохранительные кулачковые, шариковые и фрикционные муфты

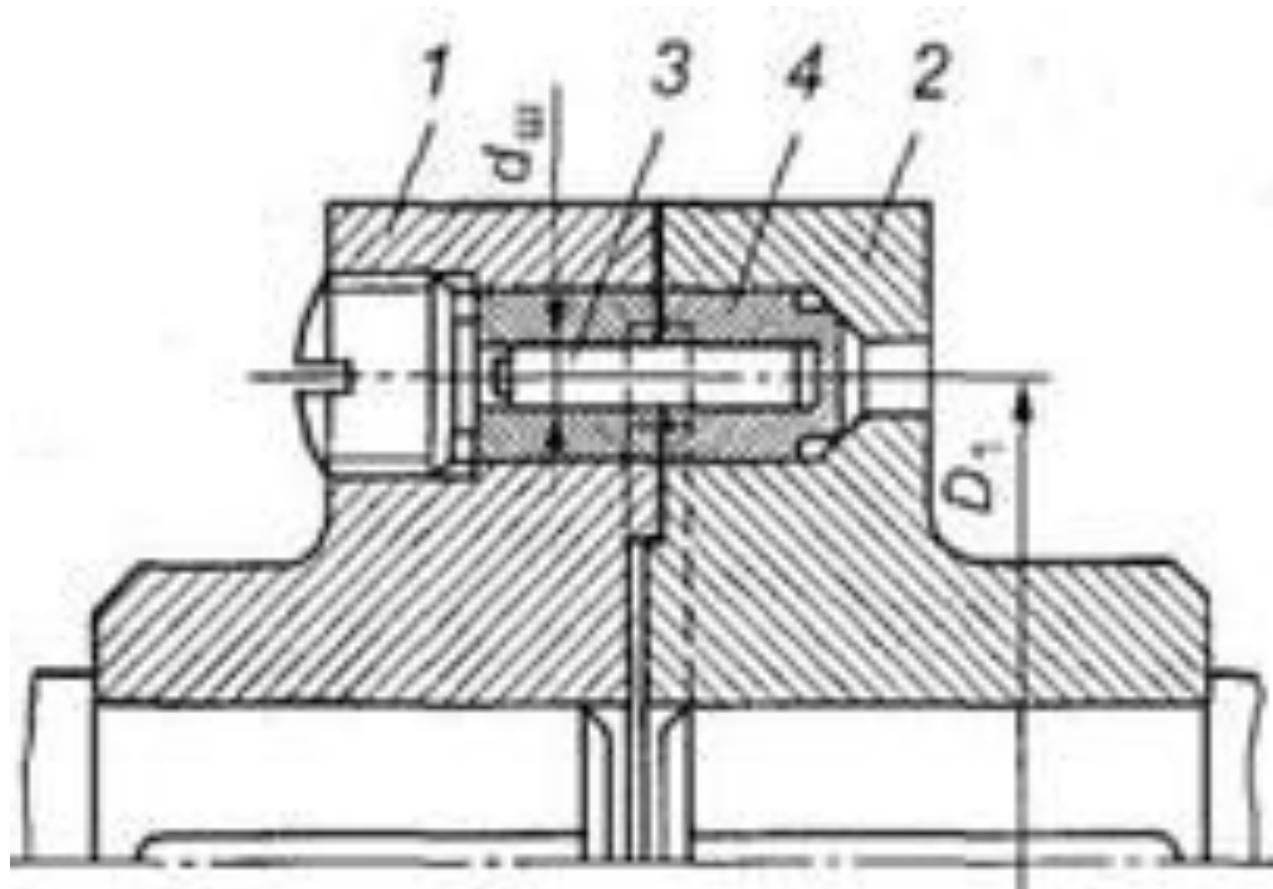


Предохранительные муфты

От сцепных и других муфт они отличаются отсутствием механизма включения.

Предохранительные кулачковые и шариковые муфты постоянно замкнуты, а при перегрузках кулачки или шарики полумуфты 1 выдавливаются из впадин полумуфты 2, и муфта размыкается. Иначе работает предохранительная фрикционная муфта. При перегрузке за счет проскальзывания происходит пробуксовывание этой муфты (останавливается ведомый вал).

При маловероятных перегрузках применяют предохранительные муфты с разрушающимся элементом, например со срезным штифтом. Такая муфта состоит из дисковых полумуфт 1 и 2, соединяемых металлическим штифтом 3, вставленным в термически обработанную втулку 4. При возникновении перегрузки штифт срезается, и муфта разъединяет валы. Они просты по конструкции и малогабаритны.



Муфта предохранительная со срезным штифтом:  
1,2— полумуфты; 3 — срезной штифт; 4 —  
закаленные втулки

Для изготовления деталей предохранительных муфт в зависимости от типа муфты применяют конструкционные стали, чугун СЧ30, фрикционные материалы, сталь ШХ12 и др. Штифты для муфт с разрушающимся элементом изготавливают из стали 45, втулки — из стали 40Х с закалкой.



Краткие сведения о выборе и расчете муфт  
Применяемые в машиностроении муфты  
стандартизованы. Муфты каждого типоразмера  
выполняют для некоторого диапазона диаметров  
вала. Основным критерием при выборе  
стандартных муфт является передаваемый  
вращающий момент.

При проектировании новых муфт конструктивные размеры элементов муфты определяют расчетом. Стандартизованные или нормализованные муфты не рассчитывают. Их, как правило, выбирают, как и подшипник качения, по таблицам справочников.

Выбор стандартных муфт. Основной характеристикой при выборе муфт является передаваемый расчетный момент

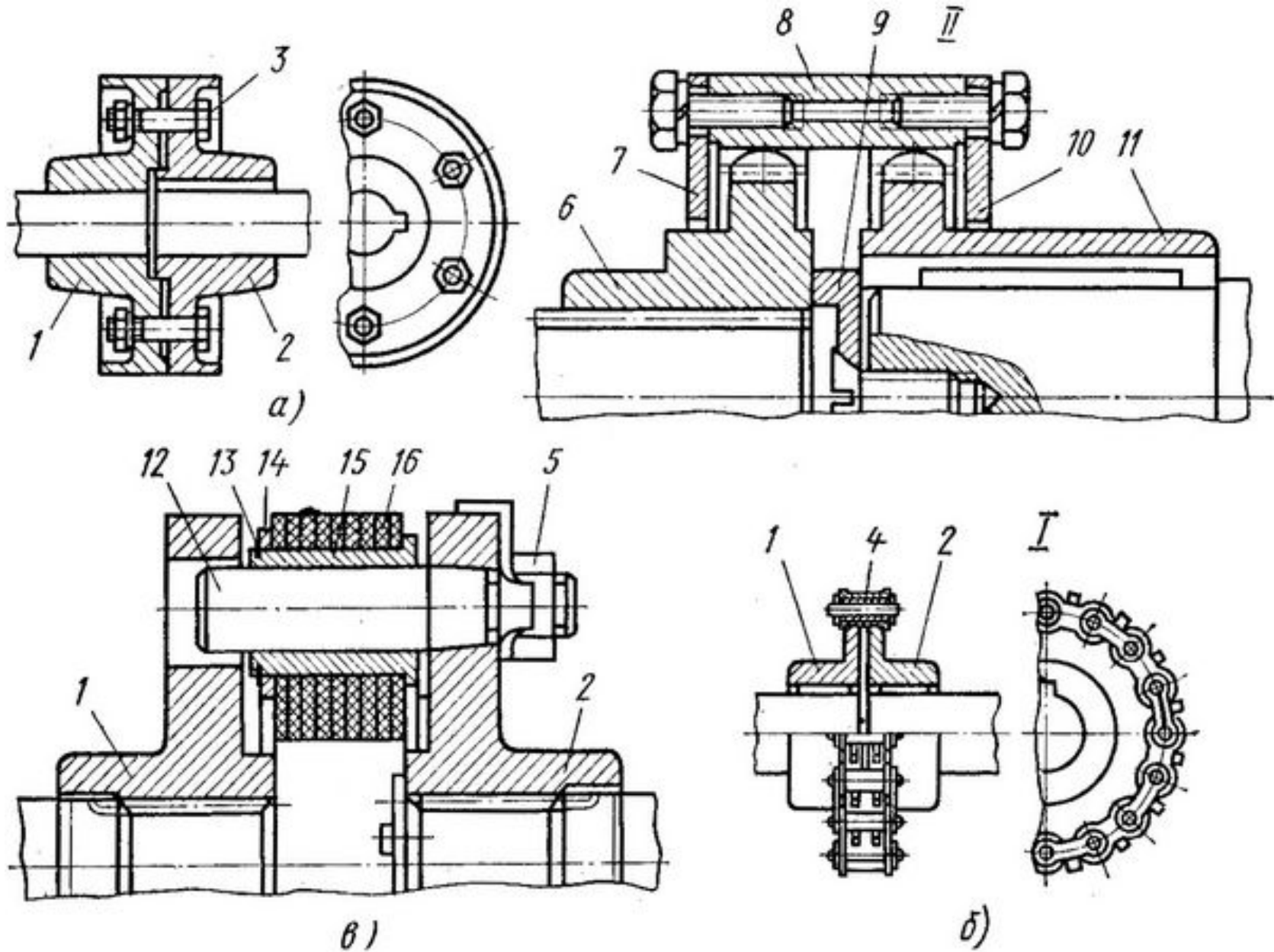
$$T_p = K_p T \leq [T]_p$$

где  $K_p$  — коэффициент режима работы (табл.1);  
 $T$  — номинальный вращающий момент при установившемся режиме работы.

Механизм или машина		Кр
Конвейеры	ленточные	1,25-1,50
	цепные, скребковые и винтовые (шнеки)	1,50-2,0
Насосы	воздуховки и вентиляторы центробежные	1,25-1,50
	центробежные	1,50-2,0
	поршневые компрессоры	2,0-3,0
Станки металлообрабатывающие:	с непрерывным движением	1,25-1,50
	с возвратно-поступательным движением	1,50-2,50
	Станки деревообделочные	1,50-2,0
	Мельницы шаровые, дробилки, молоты, ножницы	2,0-3,0
	Краны, подъемники, элеваторы	3,0-4,0

Муфты выбирают по соответствующим таблицам (табл. 2 и 3) по  $K_p$  в зависимости от диаметра вала  $d$  (учитывают также максимальную угловую скорость  $\omega_{\max}$ ). Отдельные детали выбранной муфты проверяют на прочность.

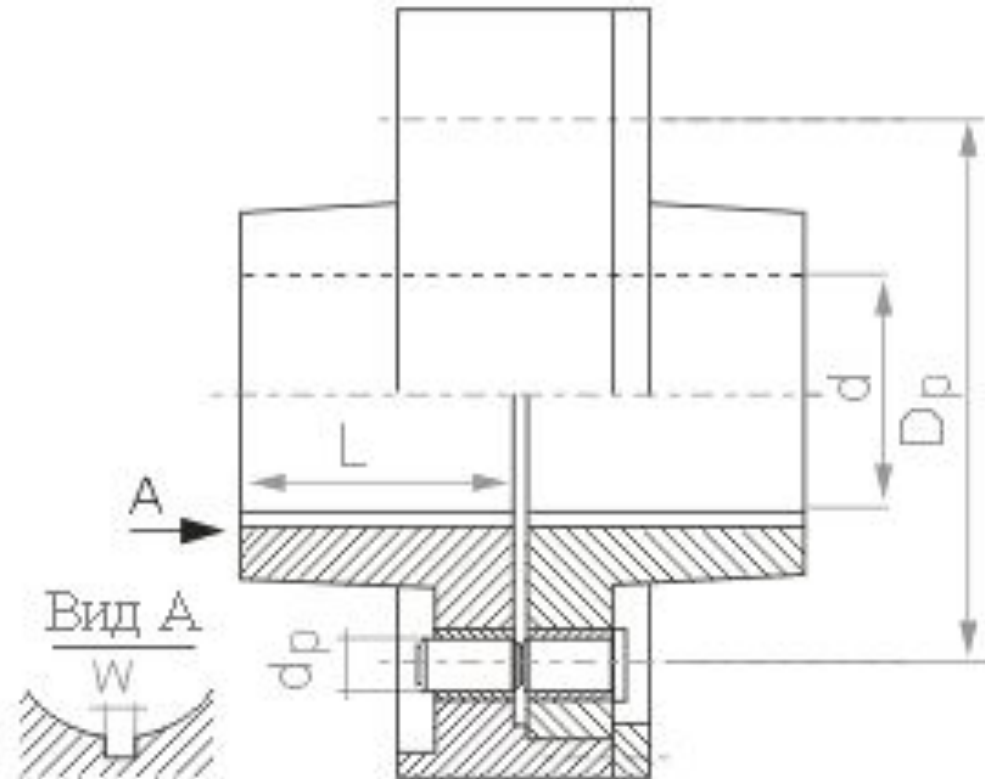
Степень ответственности передачи	Кб
Поломка муфты вызывает остановку машины	1,0
Поломка муфты вызывает аварию машины	1,2
Поломка муфты вызывает аварию ряда машин	1,5
Поломка муфты может привести к человеческим жертвам	1,8
Условия работы машины	Кр
Работа спокойная	10
Работа неравномерная	1,1-1,3
Тяжелая работа с ударами	1,3-1,5



Соединительные муфты: глухая (а), подвижная жесткая (б) и упругая (в):

1— цепная, 11 — зубчатая; 1, 2 — полумуфты, болты, 4 — роликовая цепь, 5 — гайки с шайбами, 6, 11 — зубчатые втулки, 7, 10 — кольца, 8 — обойма, 9, 14 — шайбы, 12 — пальцы, 13 — пружинные кольца, 15 — втулки, 16 — резиновые вкладыши





Шпонка:

Максимальный  
крутящий момент

$$T = \tau \cdot w \cdot L \cdot d / 2$$

Напря-  
жение Толщина  
Длина

Штифт:

Максимальный  
крутящий момент

$$T = \tau \cdot n \cdot D_p \cdot \pi d_p^2 / 4$$

Напря-  
жение Число штифтов  
Диаметр штифта

Штифтовые соединения используются при критических крутящих моментах. Если внешний крутящий момент превышает критическое значение, то штифты разрушаются. Данные соединения предотвращают разрушения более дорогих редукторов. Формулы показывают максимальный крутящий момент для шпонок и штифтов.

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**