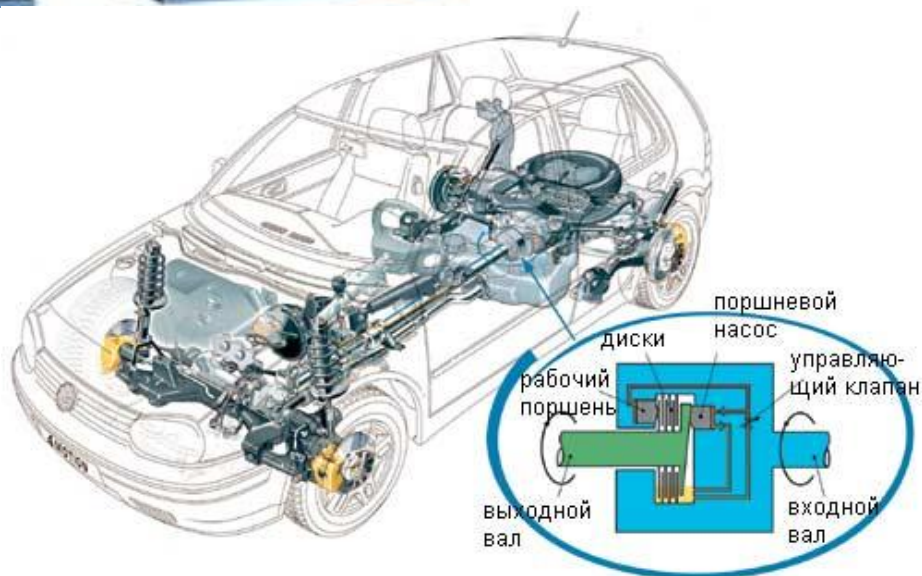
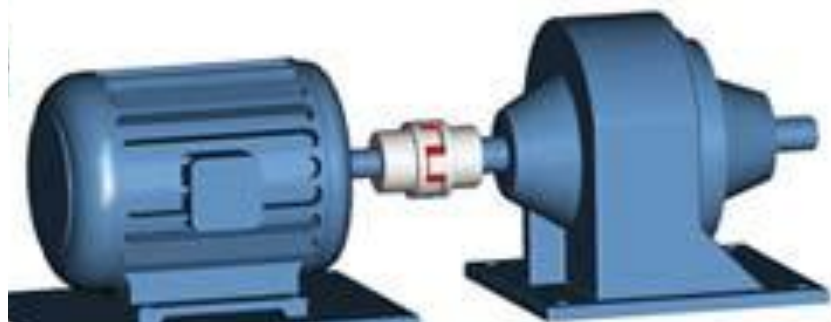


Пара деталей, подлежащих соединению с целью передачи вращательного движения (вал-вал, вал-колесо и т.п.), может отстоять друг от друга и не иметь общей поверхности соприкосновения. **Группу специальных деталей, замыкающую эти вращающиеся детали в единую кинематическую цепочку, принято называть муфтой.** В конструкции всего устройства муфта составляет сборочную единицу или образует узел. Поскольку муфты только передают движение, то функционально им близки передачи с передаточным числом равным единице.

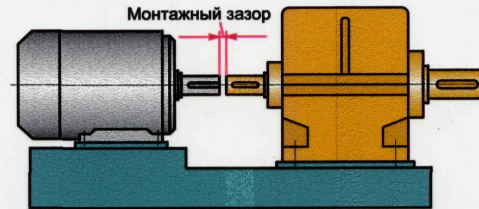
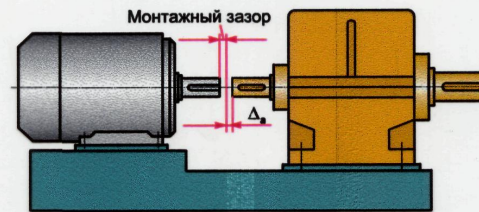
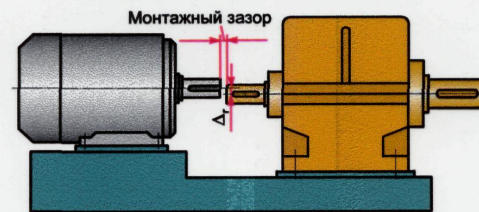
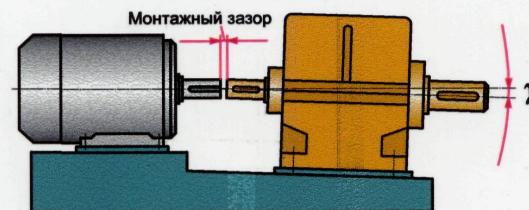


КЛАССИФИКАЦИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ МУФТ



ВИДЫ СМЕЩЕНИЯ СОЕДИНЯЕМЫХ ВАЛОВ

Взаимное расположение валов без погрешностей

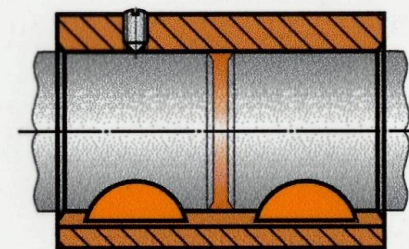
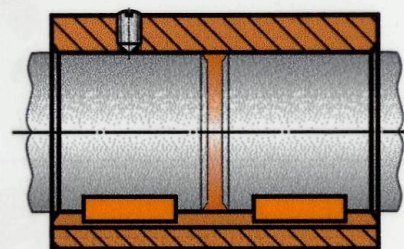
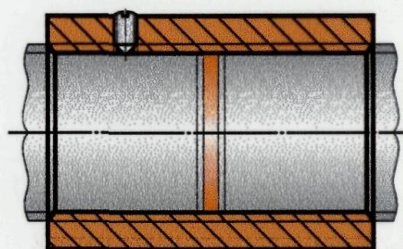
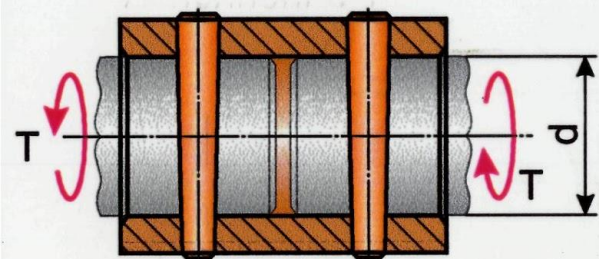
**Осевое смещение****Радиальное смещение****Угловое смещение**

МУФТЫ ВТУЛОЧНЫЕ

Со штифтами

Со шлицами

Со шпонками

исполнение I
с призматическими
шпонкамиисполнение II
с сегментными
шпонками

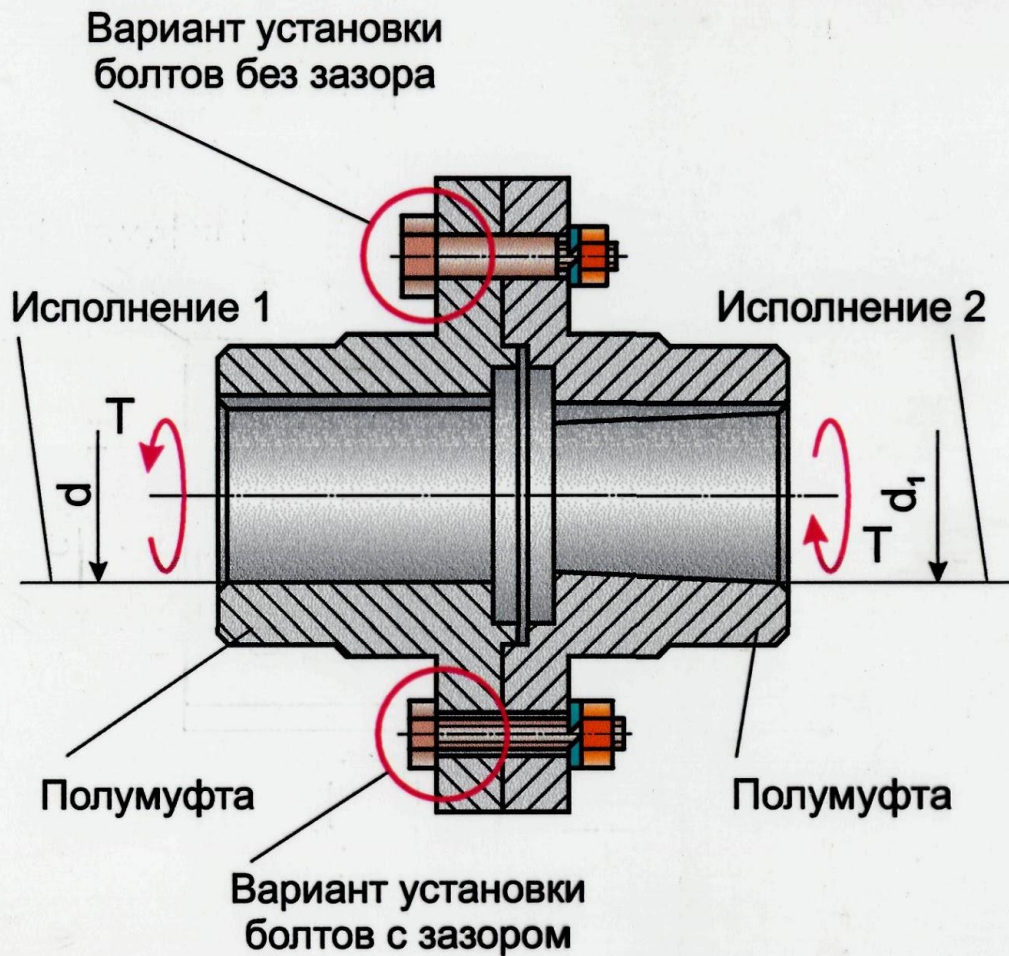
Муфты стандартизованы в диапазоне диаметров валов и вращающих моментов:

$d = 4 \dots 100$ мм;
 $T = 0,3 \dots 4000$ Н·м.

$d = 21 \dots 92$ мм;
 $T = 150 \dots 12500$ Н·м.

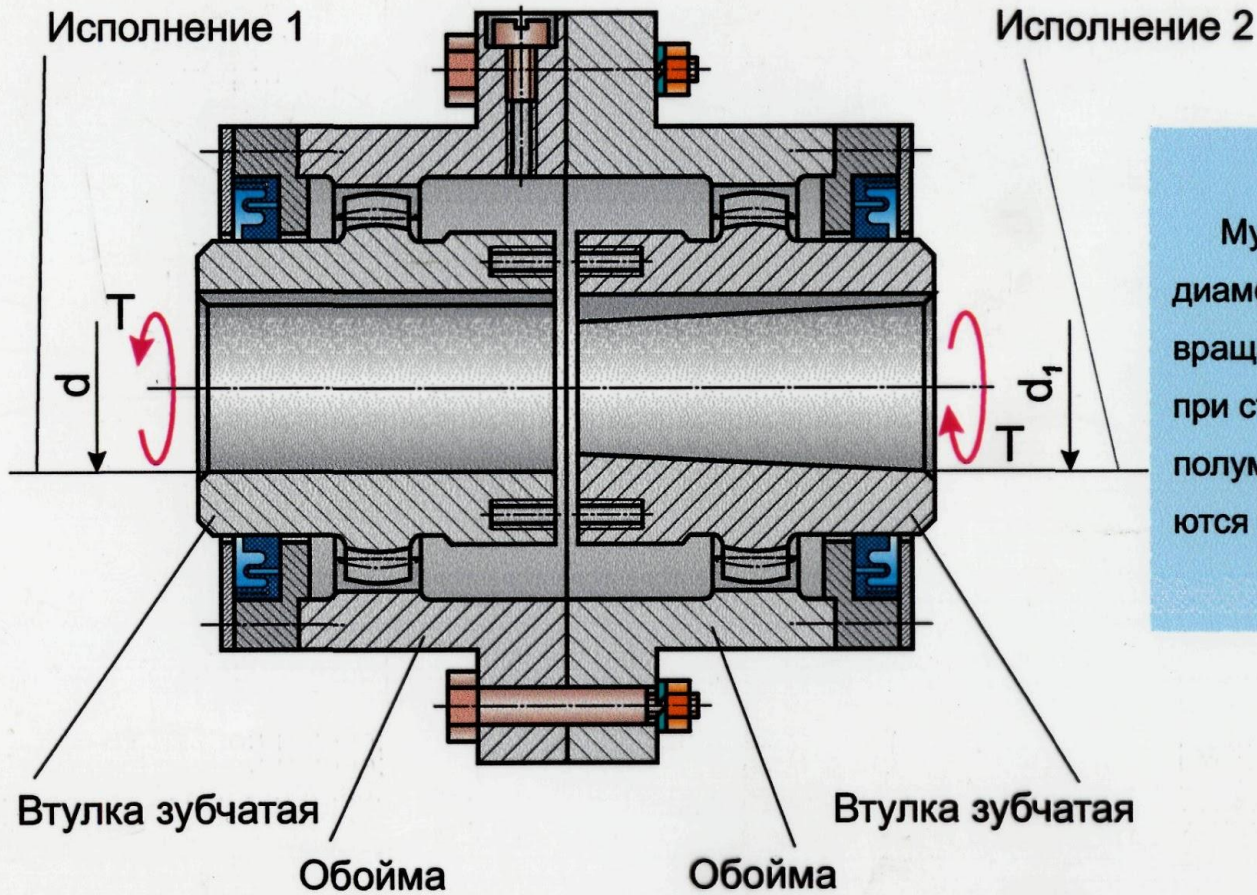
$d = 20 \dots 100$ мм;
 $T = 71 \dots 5600$ Н·м.

$d = 10 \dots 35$ мм;
 $T = 8 \dots 450$ Н·м.

МУФТА ФЛАНЦЕВАЯ

Муфты стандартизованы в диапазоне диаметров валов $d = 11...250$ мм и вращающих моментов $T = 16...40000$ Н·м при стальных полумуфтах. При чугунных полумуфтах значения моментов уменьшаются в два раза.

МУФТА ЗУБЧАТАЯ



Муфты стандартизованы в диапазоне диаметров валов $d = 11 \dots 250$ мм и вращающих моментов $T = 16 \dots 40000$ Н·м при стальных полумуфтах. При чугунных полумуфтах значения моментов уменьшаются в два раза.

Расчет зубчатых муфт ведут по условию «несмятия» зубьев

$$\sigma_{см} = KT / [Az(D_0 / 2)]$$

T – крутящий момент;

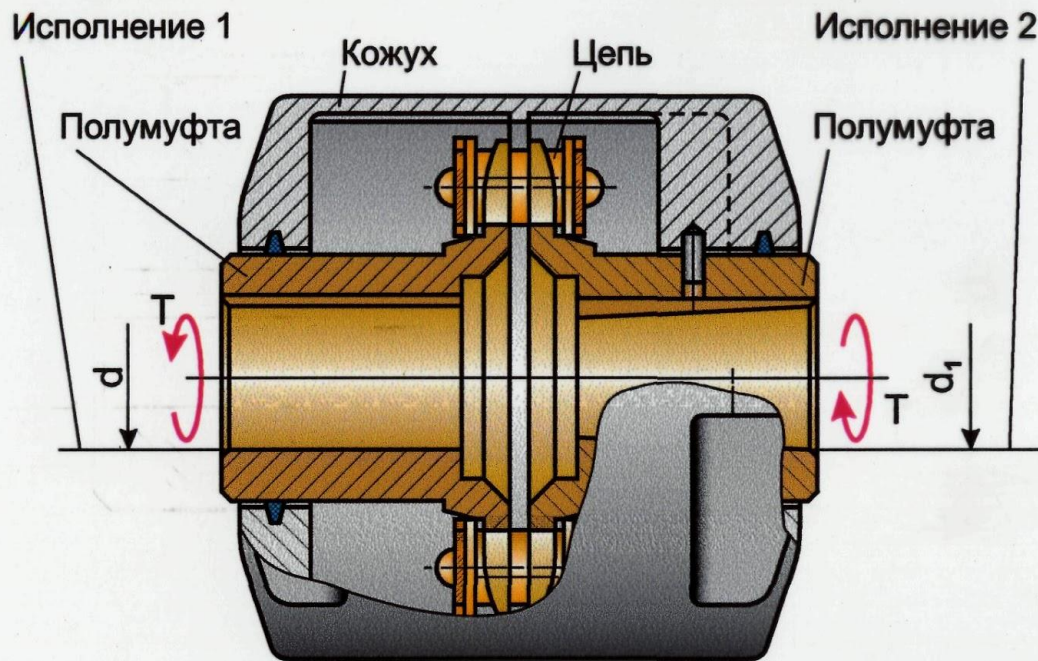
$D_0 = zm$, где m модуль зубьев;

$A = bh$ – проекции рабочей поверхности зуба на его среднюю диаметральную плоскость;

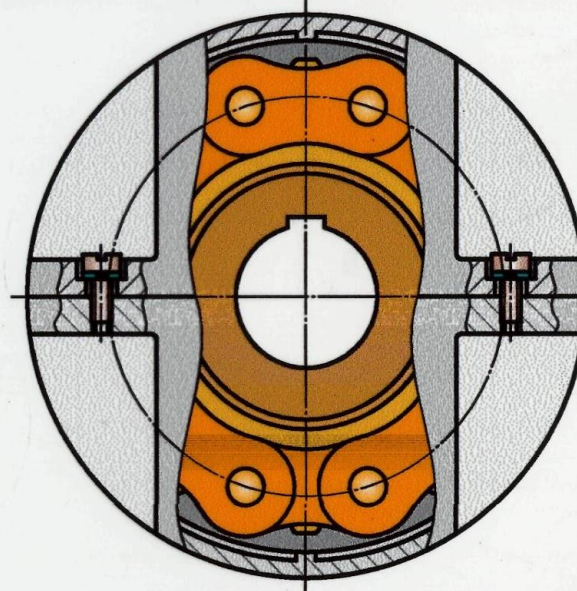
b – длина зуба; h – высота зуба;

z – число зубьев;

Вместо шлицевого соединения могут использоваться две пары цилиндрических зубчатых колес с внутренним зацеплением и передаточным числом равным единице (либо эвольвентное шлицевое соединение). Наружную поверхность шлицов по длине выполняют бочкообразной формой.



Муфты стандартизованы в диапазоне диаметров валов $d = 20...180$ мм и вращающих моментов $T = 63...16000$ Н·м.



Типы:

- 1 - с однорядной цепью;
- 2 - с двухрядной цепью.

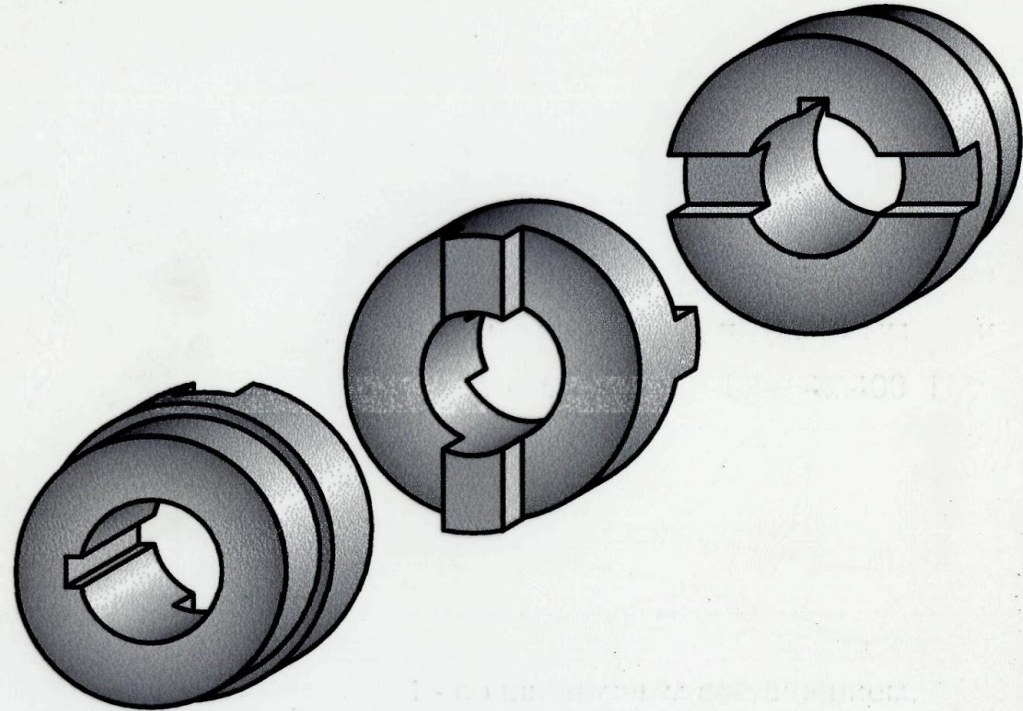
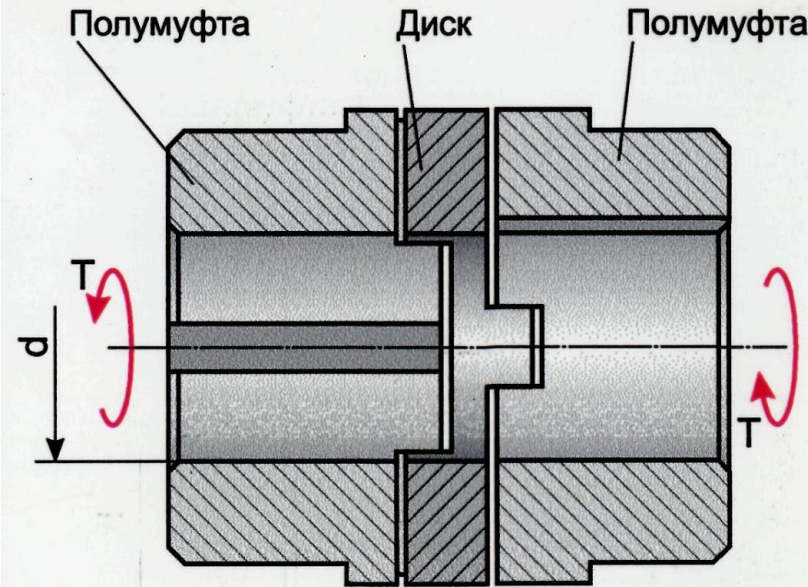
Исполнения по посадочной поверхности:

- 1 - с цилиндрическим отверстием;
- 2 - с коническим отверстием;
- 3 - с прямобочными шлицами;
- 4 - с эвольвентными шлицами.

Компенсирующая способность муфт:

- радиальное смещение 0,16...1,20 мм
- угловое смещение $1^{\circ}00' ... 1^{\circ}12'$

Из-за окружных зазоров цепные муфты нельзя рекомендовать для реверсивных приводов и приводов с большими динамическими нагрузками.



Муфты стандартизованы в диапазоне диаметров валов $d = 16 \dots 150$ мм и вращающих моментов $T = 16 \dots 16000$ Н·м.

Компенсирующая способность муфт:

радиальное смещение	0,6...5,0 мм
угловое смещение	30'

Расчет кулачково-дисковых муфт ведут из условия «несмятия» кулачков

$$\sigma_{см} = 6KT / [h(D^3 - d_1^3)] \leq [\sigma_{см}]$$

Обычно детали кулачково-дисковых муфт изготавливают из сталей Ст5 (поковка) или 25Л (литье). Для тяжело нагруженных муфт применяют легированные стали типа 15Х, 20Х с цементацией рабочих поверхностей.

При этом $[\sigma_{см}] = 15 \dots 20$ МПа

Подвижные муфты.

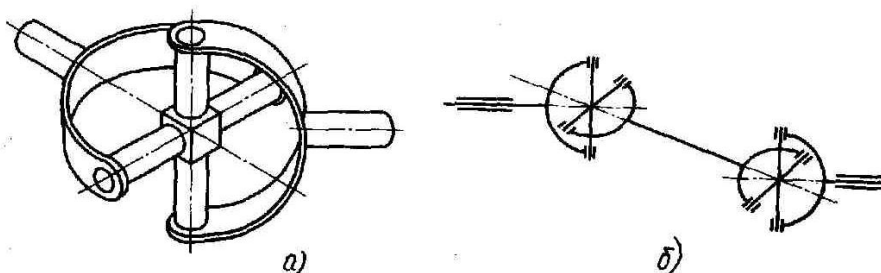
В основе такой муфты используется шарнир Гука. Он представляет собой две лежащие во взаимно перпендикулярных плоскостях вилки, которые шарнирно соединены крестовиной. Опоры крестовины являются наиболее ответственным элементом муфты, поскольку имеют ограниченные габариты и передают большие нагрузки. Муфта допускает угол перекоса осей до 45° , причем в процессе работы он может меняться.

Муфты с двумя такими шарнирами образуют так называемый "карданный вал" (вал Кардана). У карданного вала имеется особенность: при равномерном вращении ведущего вала ведомый вращается неравномерно, и степень пульсации тем больше, чем выше перекос осей. Только при параллельном расположении ведущего и ведомого валов их вращение будет равномерным.

Шарнирные муфты (шарниры Гука) предназначены для передачи крутящего момента между валами с взаимным наклоном осей до $40...45^\circ$, причем угол наклона осей может меняться.

Вращение под такими большими углами может передаваться потому, что муфта имеет два шарнира с двумя взаимно перпендикулярными осями.

Спаривая две муфты, можно удвоить предельный угол между ведущим и ведомым валами или передавать движение между параллельными, но смещенными валами (карданова передача). Применяя телескопический промежуточный вал, т.е. вал с изменяющейся длиной, можно изменять смещение валов во время работы.



Подвижные муфты.

Шарнирные муфты применяют при необходимости:

а) компенсации неточностей взаимного положения узлов из-за погрешностей сборки, деформирования основания, деформирования рессор (в транспортных и других машинах);

б) передачи вращения переставным валам (шпинделям многошпиндельных сверлильных станков, валкам прокатных станов и т. д.);

в) передачи вращения закономерно перемещающимся во время работы узлам (консолям фрезерных станков и т. д.).

Ниже в основном рассматриваем имеющие доминирующее распространение асинхронные шарнирные муфты, которые вызывают слабо неравномерное вращение ведомого вала (при взаимном угле наклона валов, отличном от нуля).

Шарнирные муфты применяют для передачи крутящих моментов от 10 до $3 \cdot 10^6$ Н·м.

Шарнирные полумуфты выполняют в виде вилок, повернутых одна относительно другой на 90° и соединенных шарнирами с промежуточным телом.

По габаритам и допускаемым моментам шарнирные муфты можно разделить на:

а) малогабаритные, которые передают небольшие моменты и у которых промежуточные тела имеют форму параллелепипедов и шарниры размещены в габаритах ступиц полумуфт;

б) крупногабаритные, которые предназначены для передачи средних и больших моментов, промежуточные тела которых имеют форму крестовины, а шарниры значительно выходят за габариты ступиц и полумуфт.

Подвижные муфты.

Малогабаритные шарнирные муфты стандартизованы (ГОСТ 5147 – 80*) в диапазоне диаметров валов 8...40 мм и соответственно в диапазоне моментов 11,2...1120 Н·м. Шарниры скольжения образуются с помощью вставных осей, одна из которых длинная, а вторая состоит из двух коротких втулок, стянутых стержнем, расклепанным по концам. Конструкция весьма технологична. Габаритные размеры $D=(1,5...1,6)d$; $L=(4...5)d$.

Муфта с промежуточным телом в виде крестовины (для моментов от 1000 Н·м). Возможность сборки обеспечивается закладными вкладышами (позволяющими вставить крестовину в перекошенном состоянии) или разъемными подшипниками. Основное применение имеют муфты с шарнирами качения в виде игольчатых подшипников.

Трущиеся детали изготавливают из стали с последующей закалкой до твердости рабочих поверхностей (58...64) HRC. Обычно применяют легированные хромистые и хромоникелевые стали, а для муфт малых размеров – также подшипниковые стали типа ШХ15.

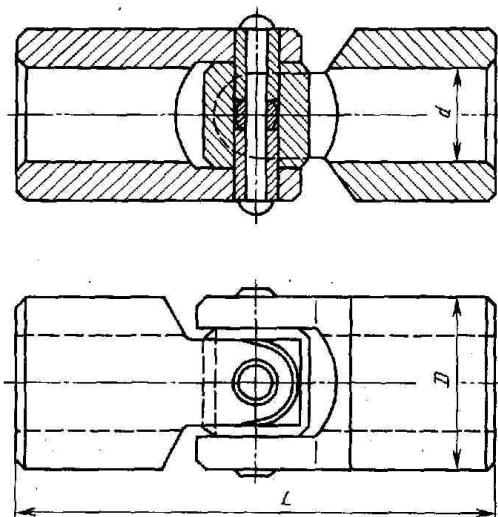


Рис. 21.9. Малогабаритная шарнирная муфта

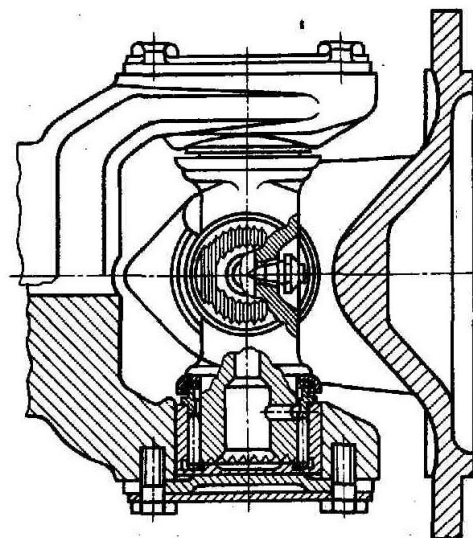


Рис. 21.10. Шарнирная муфта с крестовиной 11
(автомобильная)

Подвижные муфты.

Ведомый вал одинарной шарнирной муфты, если он не соосен с ведущим, вращается неравномерно при равномерном вращении ведущего вала.

Соотношение между угловыми скоростями ведомого и ведущего валов (т. е. мгновенное передаточное отношение)

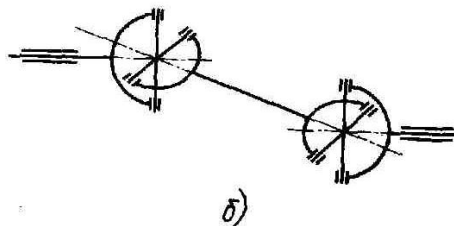
$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{\cos \gamma}{1 - \sin^2 \gamma \cdot \cos^2 \alpha},$$

где γ — острый угол между осями валов; α — переменный угол поворота ведущего вала от некоторого исходного положения.

Угол периодического отставания и опережения ведомого вала от номинальных положений, соответствующих равномерному вращению, довольно значителен и при $\gamma = 45^\circ$ достигает до 10° .

Переменное мгновенное передаточное отношение шарнирной муфты вызывает дополнительные динамические нагрузки.

Синхронное вращение ведомого вала с ведущим можно обеспечить путем постановки двух шарнирных муфт так, чтобы вторая муфта компенсировала неравномерность вращения, создаваемую первой. Для этого необходимо выдержать следующие условия: а) оси ведущего и ведомого валов должны составлять одинаковые углы с промежуточным валом (это условие удовлетворяется автоматически, если ведущий и ведомый валы параллельны); б) вилки на обоих концах промежуточного вала должны быть установлены в одной плоскости.



Подвижные муфты.

При необходимости строго равномерного вращения ведомого вала применяют синхронные шарнирные муфты. На конце одного вала находится чашка со сферической полостью. На конце второго вала установлен шар. На сферической полости чашки и на шаре выполнены канавки постоянной глубины одна против другой. В каждой паре канавок помещен один шар. Шары держатся сепаратором в общей плоскости, проходящей через центр сферы, и вместе с канавками образуют шарниры. Специальным рычагом, связанным с соединяемыми валами, сепаратор автоматически поворачивается так, чтобы шары располагались в плоскости биссектрисы угла между валами. При этом обеспечивается синхронное вращение ведущего и ведомого валов.

Шарнирные муфты рассчитывают **по напряжениям смятия в шарнирах и на прочность вилок и крестовины**. Наибольшие допускаемые давления в шарнирах скольжения для закаленных до высокой твердости стальных поверхностей назначают до 40 МПа.

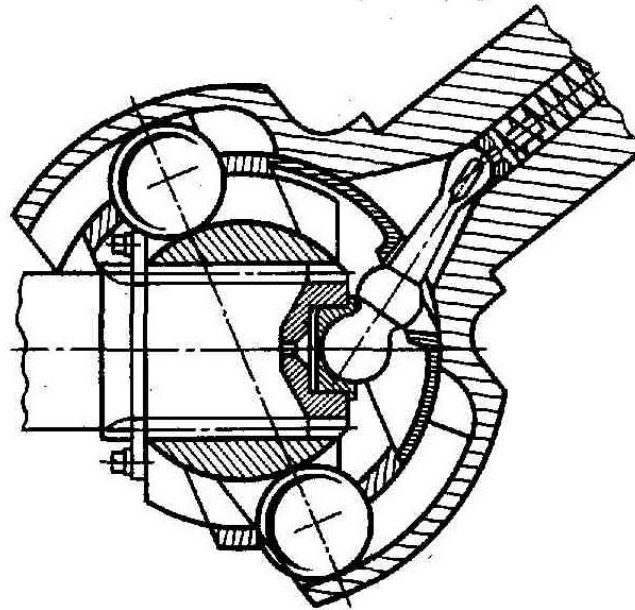


Рис. 21.11. Синхронная шарнирная муфта

Упругие муфты.

Дополнительным назначением упругих муфт является снижение, динамической (ударной) нагрузки и предотвращение опасных колебаний. Кроме того, упругие муфты допускают некоторую компенсацию неточностей взаимного положения валов.

Упругие муфты особенно эффективны в реверсивных приводах с зазорами. Известны случаи многократного повышения ресурса механизмов, подверженных динамическим нагрузкам, при использовании упругих муфт.

Упругая муфта состоит из двух полумуфт и упругих элементов, которые могут быть металлическими (стальные пружины) или неметаллическими (обычно из резины или полиуретана).

При динамических нагрузках упругие муфты аккумулируют и частично рассеивают энергию. С помощью упругих муфт можно предотвратить возможность появления резонансных колебаний.

Упругие муфты в дополнение к рассмотренным выше общим характеристикам муфт характеризуются:

- а) податливостью;
- б) демпфирующей способностью.

Муфты бывают постоянной и переменной жесткости. Первые имеют линейную характеристику (зависимость угла закручивания от вращающего момента – линейная), а вторые – нелинейную.

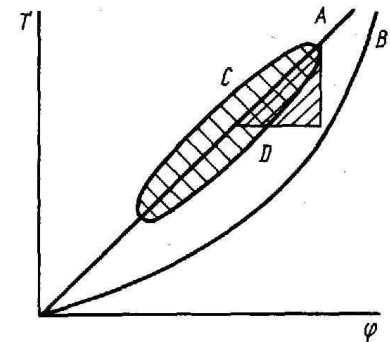
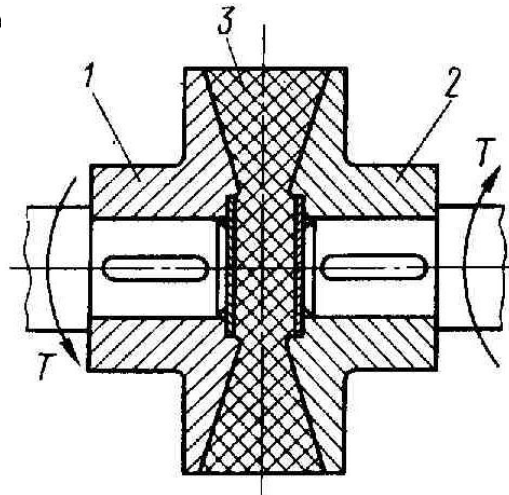


Рис. 21.13. Характеристики упругих муфт:
 А — линейная; В — нелинейная; С — энергия, рассеиваемая за цикл; D — энергия колебаний

Упругие муфты.

Под жесткостью муфт с линейной характеристикой понимают отношение момента к углу закручивания муфты $C=T/\varphi$. Жесткость муфт с нелинейной характеристикой $C=dT/(d\varphi)$ является функцией угла закручивания. Жесткость при колебаниях может несколько отличаться от статической, обычно при неметаллических упругих элементах она больше статической.

Под демпфирующей способностью муфты понимают ее способность рассеивать, т.е. превращать в тепло, энергию при деформировании. Энергия в муфтах рассеивается за счет внешнего трения на поверхности упругих элементов и внутреннего трения в их материале. В муфтах со стальными пружинами решающее значение имеет внешнее трение, в муфтах с неметаллическими упругими элементами превалирует внутреннее трение. Наиболее удобно характеризовать демпфирующие свойства относительным рассеянием энергии, которое равно энергии, рассеиваемой за цикл колебаний (выражается площадью петли гистерезиса), отнесенной к наибольшей энергии деформации.

Т.е. демпфирующая способность муфт способствует снижению динамических нагрузок и затуханию колебаний.

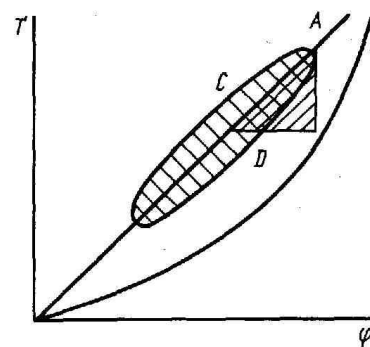


Рис. 21.13. Характеристики упругих муфт:
 A — линейная; B — нелинейная; C — энергия, рассеиваемая за цикл; D — энергия колебаний

Упругие муфты.

Эластомеры (резина, полиуретан) обладают в качестве упругих элементов муфт следующими существенными достоинствами:

- а) способностью аккумулировать большее количество энергии на единицу массы, чем пружинная сталь, до 10 раз;
- б) значительной демпфирующей способностью; относительное рассеяние энергии в резине достигает 0,1...0,3, в муфтах с резиновыми упругими элементами 0,3...0,8;
- в) электроизолирующей способностью.

Муфты с упругими элементами из эластомеров технологичнее, чем со стальными. Зато ресурс неметаллических упругих элементов меньше, чем стальных. Резина вследствие структурных изменений, ускоряемых внешними воздействиями, постепенно меняет свои упругие свойства.

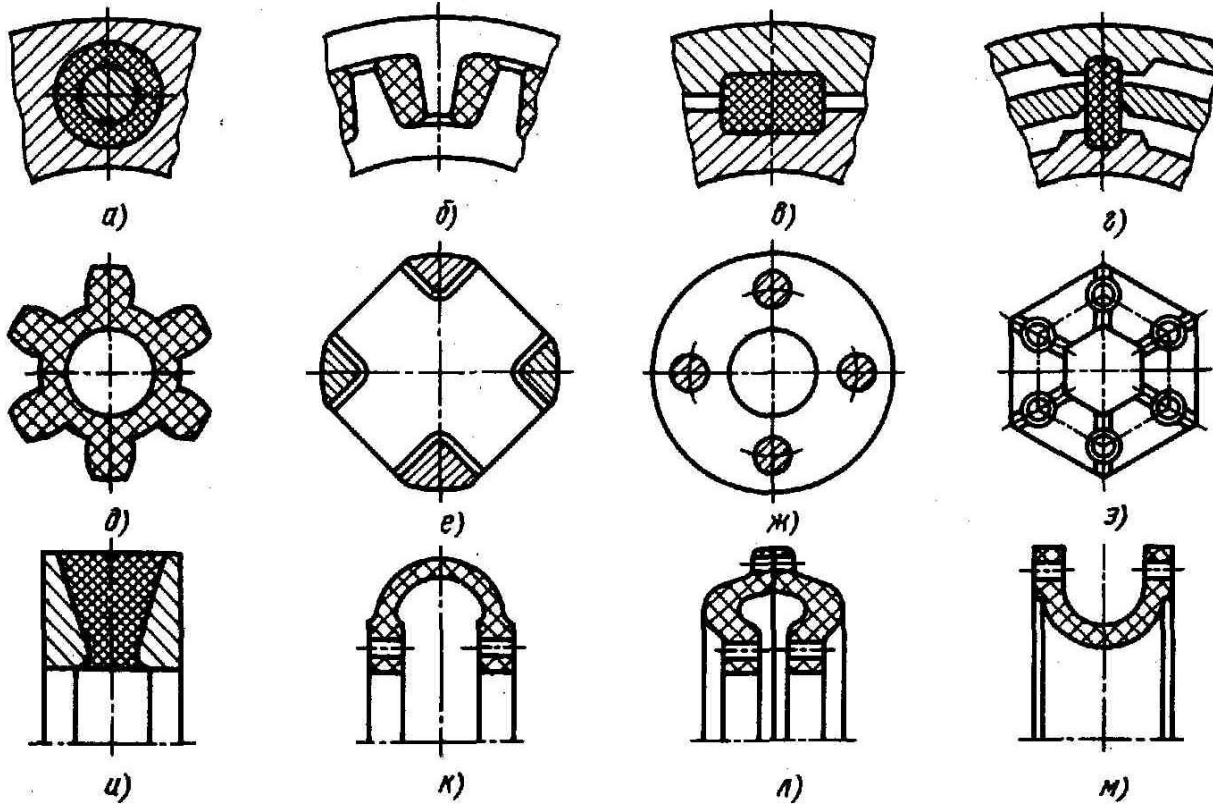
Муфты с неметаллическими упругими элементами являются основными для средних и малых моментов.

Неметаллические упругие элементы выполняют однородными резиновыми (или полиуретановыми), резиноволокнистыми с короткими волокнами и резинокордными. Резиновые элементы обладают повышенной податливостью, но меньшей несущей способностью, применяются при меньших моментах. Хорошо работают на сжатие.

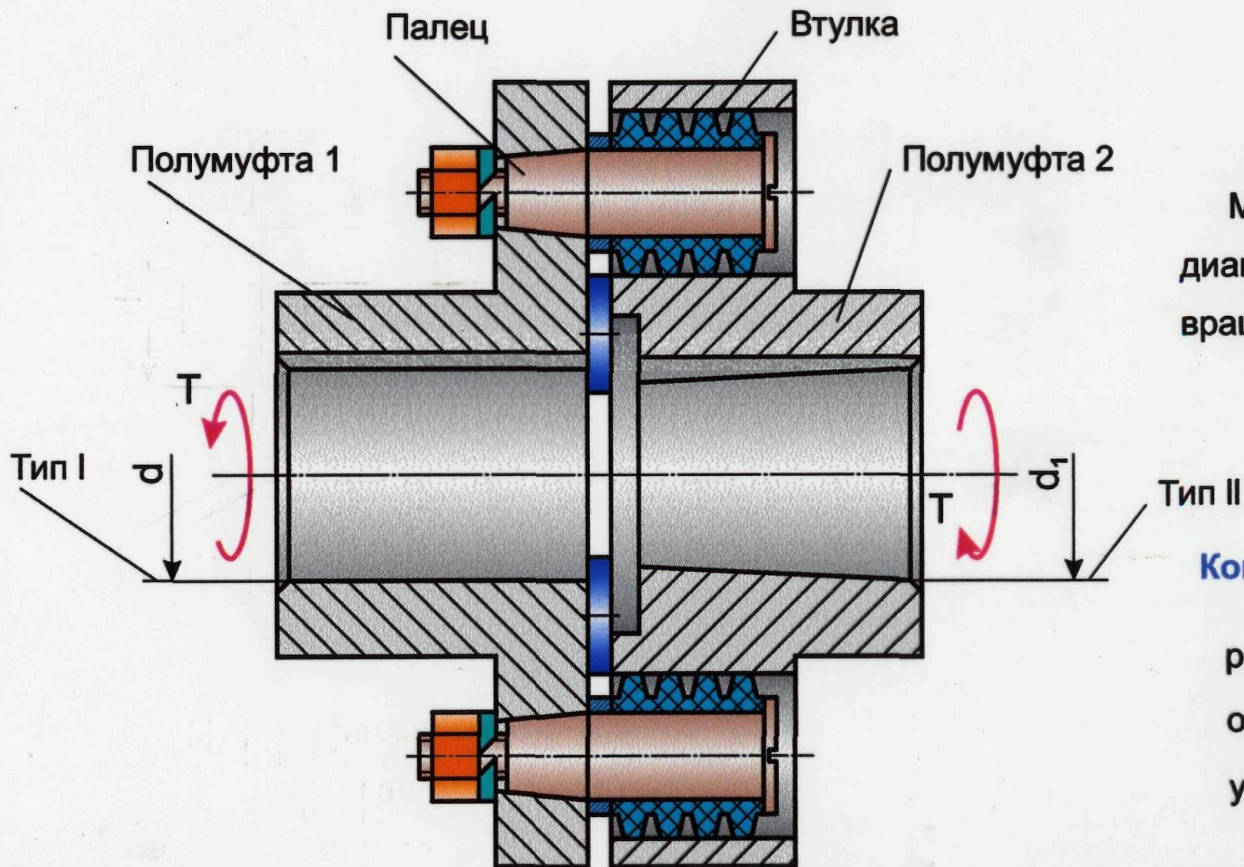
Упругие муфты.

Муфты выполняют:

с несколькими отдельными упругими элементами, работающими на сжатие (рис. а, б), на сдвиг (рис. в), на изгиб (рис. г); с общим упругим элементом в виде звездочки (рис. д), креста (рис. е) или диска (рис. ж, з), испытывающими сложное напряженное состояние или испытывающими кручение (рис. и); с упругим элементом в виде оболочки (рис. к, л, м), работающей на кручение или крутильный сдвиг, или лепестков.



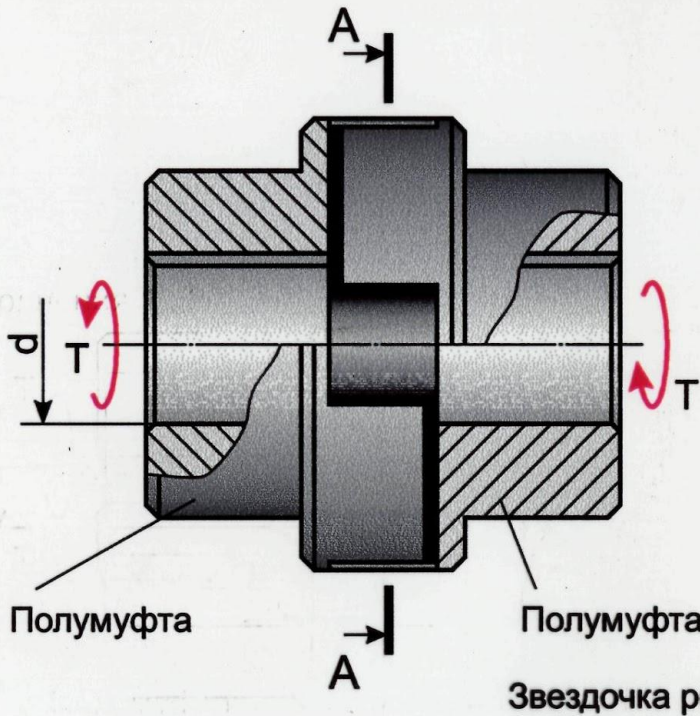
МУФТА УПРУГАЯ ВТУЛОЧНО-ПАЛЬЦЕВАЯ (МУВП)



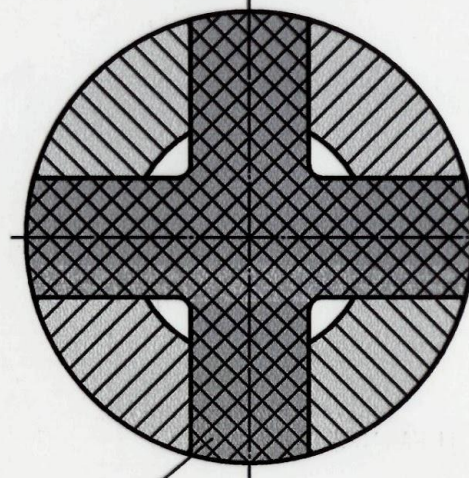
Муфты стандартизованы в диапазоне диаметров валов $d = 9 \dots 160$ мм и вращающих моментов $T = 6,3 \dots 16000$ Н·м.

Компенсирующая способность муфт:

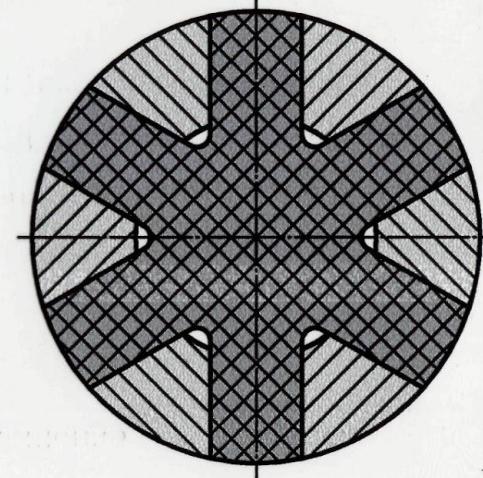
радиальное смещение	0,2...0,6 мм
осевое смещение	1,0...5,0 мм
угловое смещение	$0^{\circ}30' \dots 1^{\circ}30'$



A - A
(для муфт при $T = 2,5...6,3 \text{ Н}\cdot\text{м}$)



A - A
(для муфт при $T = 16...400 \text{ Н}\cdot\text{м}$)



Муфты стандартизованы в диапазоне диаметров валов $d = 6...48 \text{ мм}$ и вращающих моментов $T = 2,5...400 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

Компенсирующая способность муфт:

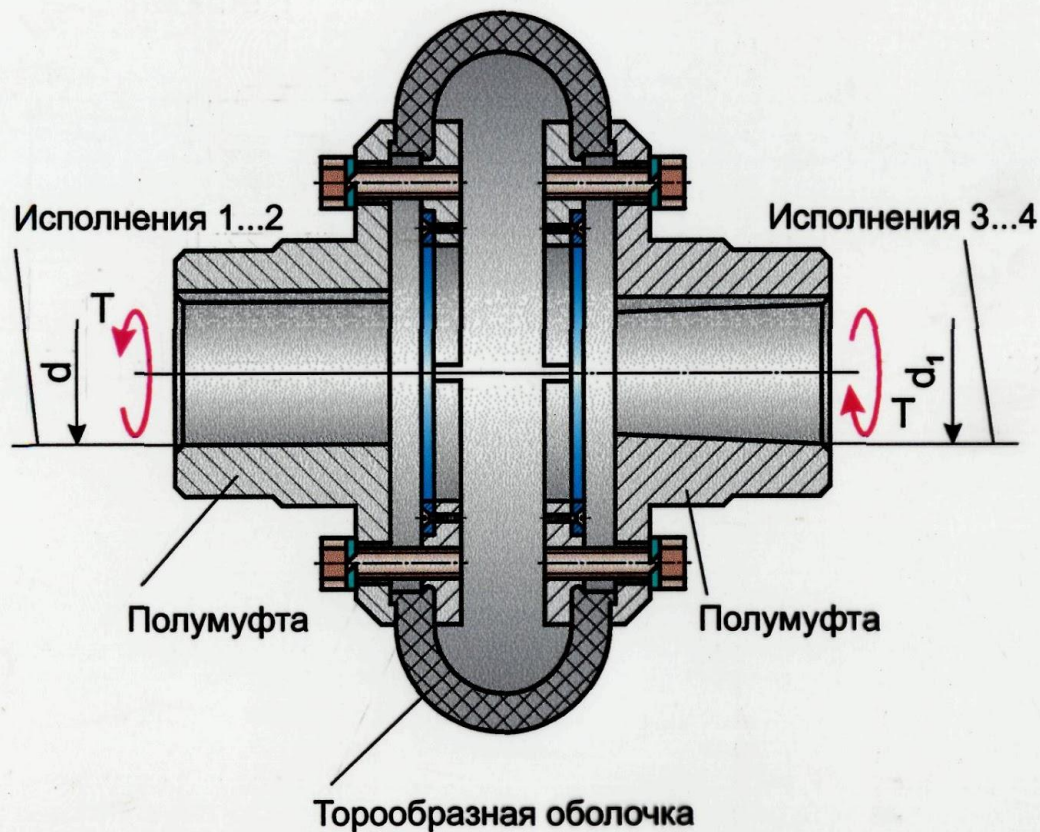
радиальное смещение	0,1...0,4 мм
осевое смещение	1,0...5,0 мм
угловое смещение	1°00' ... 1°30'



Работоспособность резиновой звездочки определяется напряжениями смятия

$$\sigma_{см} \approx 24DKT / [zh(D^3 - d_1^3)] \leq [\sigma_{см}]$$

z – число зубьев звездочки.



Муфты стандартизованы в диапазоне диаметров валов $d = 14 \dots 240$ мм и вращающих моментов $T = 20 \dots 40000$ Н·м.

Компенсирующая способность муфт:

радиальное смещение	1... 5 мм
осевое смещение	1...11 мм
угловое смещение	1°00' ... 1°30'

Расчет муфт с упругим элементом ведут по напряжениям сдвига

$$\tau = 2KT / [\pi D_1^2 \delta] \leq [\tau]$$

По экспериментальным данным $[\tau] = 0.4$ МПа

При больших частотах вращения крупные муфты под действием центробежных сил на оболочке создают большие дополнительные осевые нагрузки на подшипники. Поэтому их устанавливают с предварительно сжатой оболочкой.

Упругие муфты.

Развитие упругих муфт подчинено требованиям малых габаритов и повышенной энергоемкости, т. е. способности аккумулировать значительное количество энергии. Для этого стремятся:

а) выбирать упругие элементы с равномерным напряженным состоянием, так как энергоемкость пропорциональна квадрату напряжения;

б) увеличивать долю объема упругих элементов в объеме муфты;

в) обеспечивать возможность упругим элементам свободно деформироваться в поперечном направлении; в противном случае они оказываются не деформируемыми, так как у резины коэффициент Пуассона около 0,5; следует иметь в виду, что жесткость (модуль упругости) резины резко возрастает с ростом скорости деформирования, т.е. в работе при ударной нагрузке и при колебаниях больше, чем в статике (до двух раз); жесткость, а также демпфирование колебаний резины растет при низких температурах;

г) применять упругие элементы, работающие на кручение и сдвиг, так как энергоемкость резиновых элементов, работающих на сдвиг, выше, чем работающих на сжатие.

Сцепные механические управляемые муфты.

Эти муфты предназначены для соединения или разъединения валов при их вращении или в покое.

Сцепные механические муфты разделяют на: а) кулачковые или зубчатые; б) фрикционные.

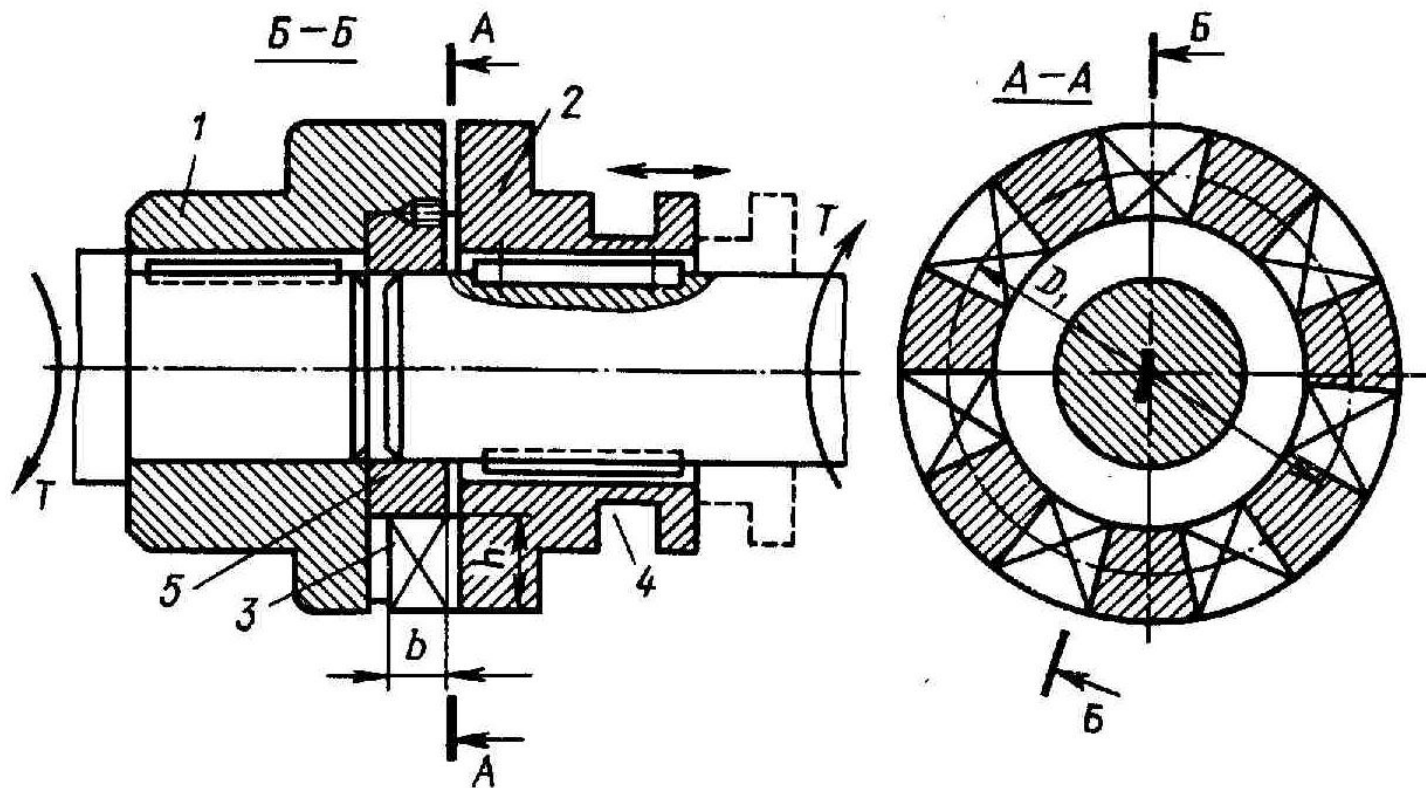
Для передачи значительных крутящих моментов в условиях стесненных габаритов при нечастых включениях и необязательной плавности включения применяют **кулачковые или зубчатые муфты**. Кроме того, эти муфты применяют при необходимости осуществления жесткой кинематической связи или включения в строго определенном положении (коробки переключения скоростей).

Для плавного соединения и разъединения валов при их вращении в широком диапазоне скоростей и моментов применяют **фрикционные муфты**.

Сцепные механические управляемые муфты.

Кулачковые сцепные муфты.

На торцах полумуфт 1 и 2 имеются выступы (кулачки) 3. В рабочем положении выступы одной полумуфты входят во впадины другой. Для включения и выключения муфты одну из полумуфт 2 устанавливают на валу подвижно в осевом направлении. Подвижную полумуфту перемещают с помощью специального устройства – отводки. Вилку отводки располагают в пазу 4. На чертеже штриховой линией показано выключенное положение полумуфты 2. Кольцо 5 служит для центровки валов. Несоосность валов резко снижает работоспособность кулачковых муфт.



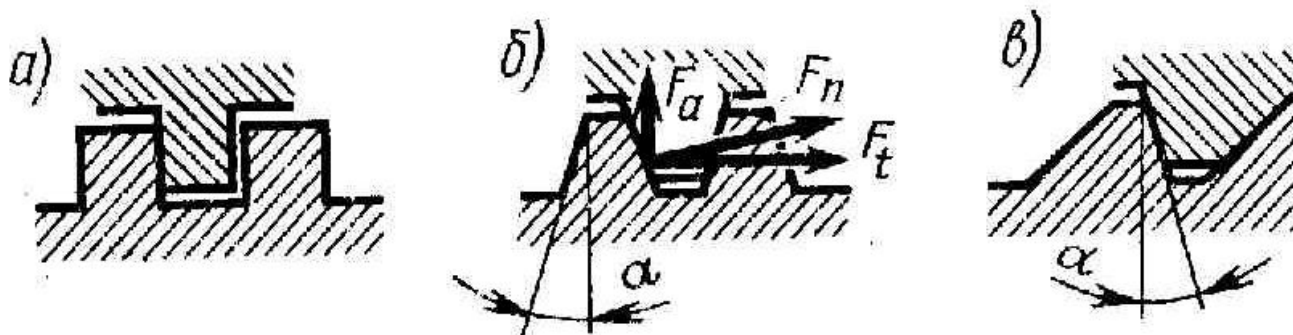
Сцепные механические управляемые муфты.

Кулачковые сцепные муфты.

Распространенные формы кулачков (сечение цилиндрической поверхностью):

прямоугольный профиль (рис. а) требует точного взаимного расположения полумуфт в момент включения. Кроме того, в таких муфтах неизбежны технологические боковые зазоры и связанные с этим удары при изменении направления вращения. Зазоры увеличиваются при износе кулачков.

трапецеидальный профиль (рис. б, в) не требует точного взаимного расположения полумуфт в момент включения, а боковые зазоры компенсируются изменением глубины посадки кулачков. Симметричные профили кулачков (рис. б) – реверсивные, несимметричные (рис. в) – неревверсивные. В муфтах с трапецеидальными кулачками возникают осевые силы F_a (рис. б), которые стремятся раздвинуть полумуфты и затрудняют включение; в этом отношении муфты с прямоугольными кулачками обладают преимуществом. Значение угла α трапецеидального профиля выбирают таким (обычно $2...5^\circ$), чтобы обеспечивалось самоторможение или не требовалось большого постоянного усилия на отводке.



Сцепные механические управляемые муфты.

Кулачковые сцепные муфты.

Включение кулачковых муфт при относительном вращении валов всегда сопровождается ударами, которые могут вызвать разрушение кулачков. Поэтому такие муфты не рекомендуют применять для включения механизма под нагрузкой и при больших скоростях относительного вращения ($v < 1$ м/с).

Работоспособность кулачковых муфт определяется в основном износом кулачков, который зависит от напряжений смятия на поверхности соприкосновения. Эти напряжения рассчитывают приближенно в предположении, что нагрузка распределяется равномерно между всеми кулачками:

$$\sigma_{см} = 2KT / (zD_1bh) \leq [\sigma_{см}]$$

где z — число кулачков полумуфты.

Для уменьшения износа поверхность кулачков должна быть твердой. Этого достигают с помощью объемной закалки или цементации. Применение цементации предпочтительней, так как при этом сохраняется вязкость сердцевины, что повышает сопротивление кулачка хрупким разрушениям от ударов. Муфты с цементированными кулачками изготавливают из сталей 15Х, 20Х, с объемной закалкой – из сталей 40Х, 30ХН и т. п.

При этом допускают:

$[\sigma_{см}] = 90 \dots 20$ МПа — включение без относительного вращения;

$[\sigma_{см}] = 50 \dots 70$ МПа — включение на тихом ходу;

$[\sigma_{см}] = 35 \dots 45$ МПа — включение на повышенных скоростях.

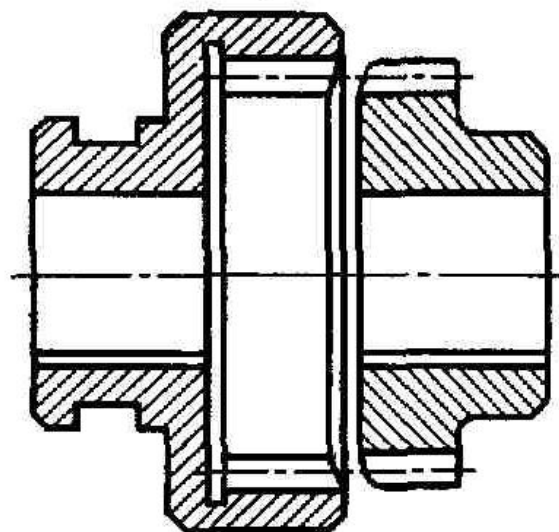
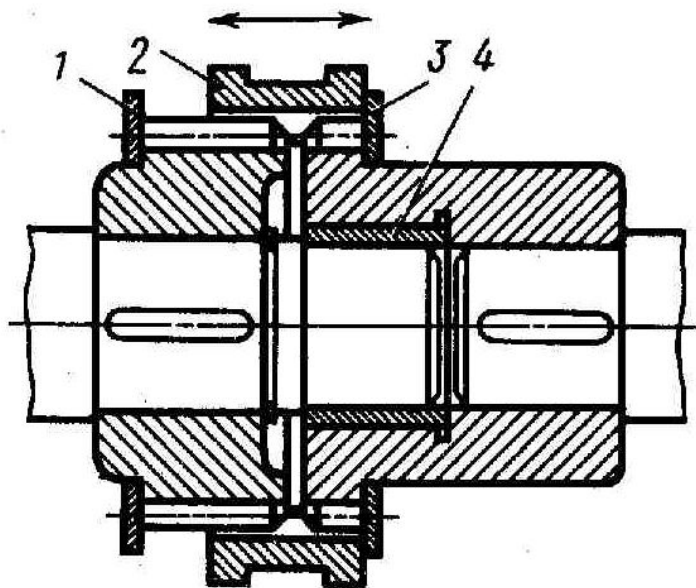
Сцепные механические управляемые муфты.

Зубчатые сцепные муфты.

По устройству и методике расчета эта муфта подобна зубчатой компенсирующей муфте с той разницей, что здесь обойма 2 изготавливается подвижной и управляется с помощью отводки. На рисунке обойма расположена в положении «Включено». Диски 1 и 3 являются ограничителями, а втулка 4 центрирует валы и одновременно выполняет функцию подшипника при их относительном вращении (когда муфта выключена).

Применяют также зубчатые муфты без обоймы 2, у которых одна полумуфта имеет внутренние, а другая — внешние зубья.

Применяют также зубчатые муфты без обоймы 2, у которых одна полумуфта имеет внутренние, а другая — внешние зубья.



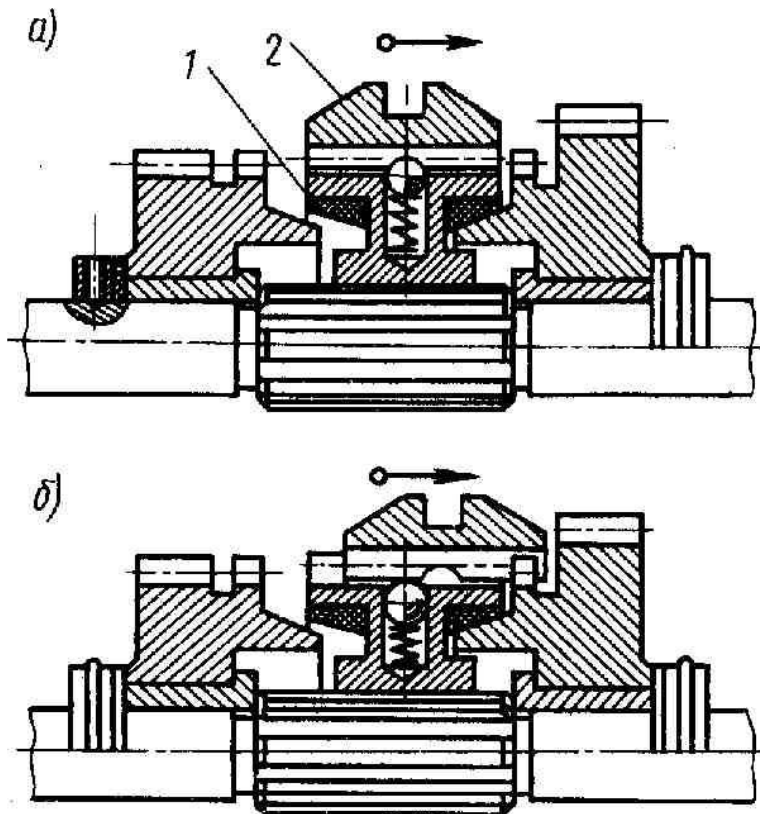
Сцепные механические управляемые муфты.

Зубчатые сцепные муфты.

Допускаемые напряжения смятия при расчетах прочности зубьев принимают такими же, как и для кулачковых муфт.

Преимущества зубчатой муфты по сравнению с кулачковой — возможность изготовления на широко распространенном зуборезном оборудовании. При этом получают более высокую точность.

Чаще всего кулачковые и зубчатые сцепные муфты располагают на одном валу и используют для переключения скоростей.



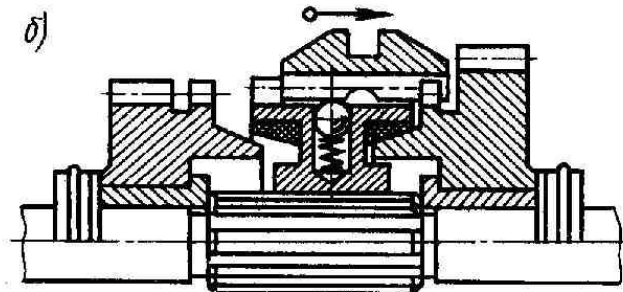
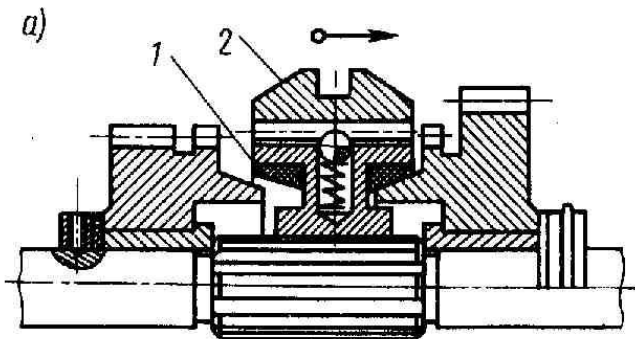
Сцепные механические управляемые муфты.**Зубчатые сцепные муфты.**

Для устранения ударов при включении в зубчатых муфтах широко применяют синхронизаторы (например, в коробках скоростей автомобилей). Синхронизаторы выравнивают скорости валов перед их соединением.

Принцип работы синхронизатора.

Конструкция зубчатой муфты, предназначенной для переключения скоростей в коробке передач, здесь дополнена двусторонней конической фрикционной муфтой 1, которая и является синхронизатором. При перемещении обоймы 2 с внутренними зубьями вправо или влево она через шарик передает осевую силу конусной полумуфте синхронизатора и сцепляет ее с конусной полумуфтой одной из шестерен (рис. а). Проскальзывание, которое наблюдается при включении фрикционных муфт, позволяет плавно разгонять ведомые элементы. Также и здесь при включении синхронизатора происходит выравнивание угловых скоростей ведущего вала и ведомой шестерни.

Дальнейшим перемещением обоймы включается зубчатая муфта (рис. б). Разгон ведомых элементов производят, как правило, на холостом ходу. Поэтому фрикционные муфты синхронизаторов рассчитывают на передачу момента, необходимого для преодоления инерционных нагрузок, возникающих при разгоне. Эти нагрузки обычно значительно меньше рабочих. Для того чтобы скорости успели выравниваться в процессе непрерывного перемещения обоймы, это перемещение следует производить медленно.

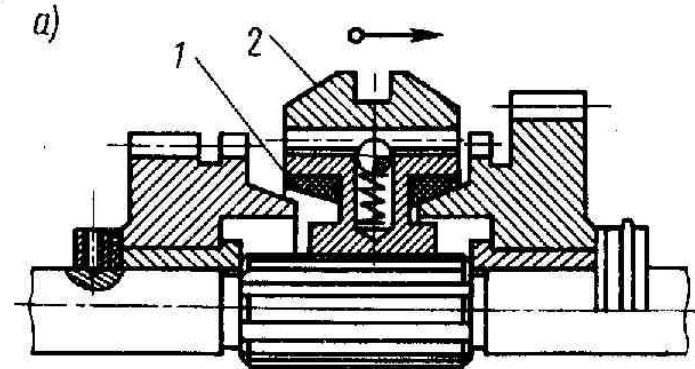
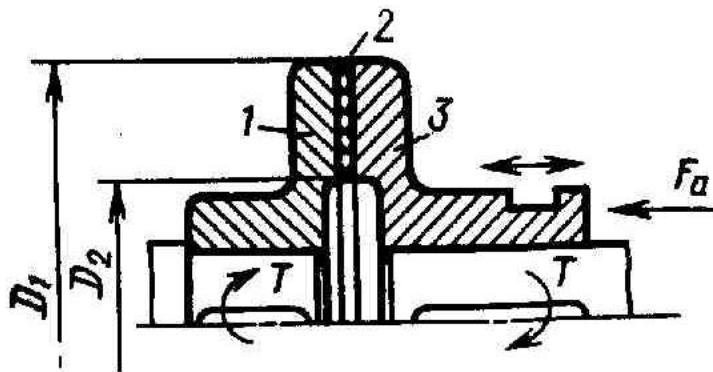


Сцепные механические управляемые муфты. Фрикционные сцепные муфты.

При включении фрикционных муфт крутящий момент возрастает постепенно по мере увеличения силы нажатия на поверхности трения. Это позволяет соединять валы под нагрузкой и с большой разностью начальных угловых скоростей. В процессе включения муфта пробуксовывает, а разгон ведомого вала происходит плавно, без удара. Т. е. в период разгона привода, в ней имеет место скольжение. При установившемся движении скольжение отсутствует. Эпизодическое проскальзывание возможно при пиковых нагрузках.

Отрегулированная на передачу предельного крутящего момента, безопасного для прочности машины, фрикционная муфта выполняет одновременно функции предохранительного устройства.

Фрикционные муфты рассчитывают по номинальному моменту с допустимыми перегрузками. Муфты фрикционные, так же как и кулачковые, не допускают несоосности.



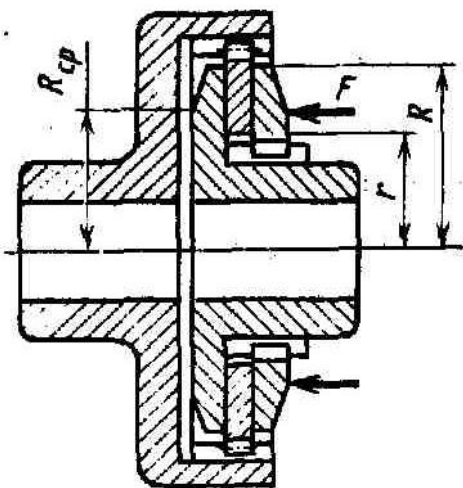
Сцепные механические управляемые муфты.**Фрикционные сцепные муфты.**

Фрикционные муфты по форме рабочих поверхностей разделяют на:

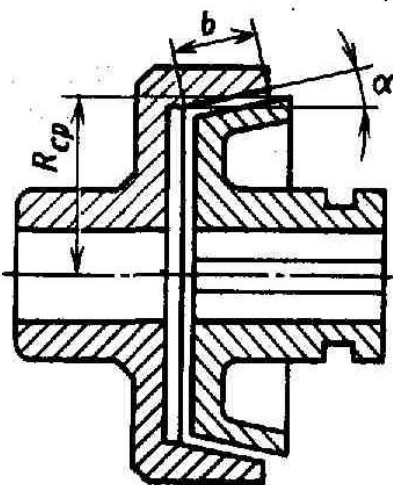
- а) дисковые, у которых рабочими поверхностями являются плоские (боковые) поверхности дисков;
- б) конусные, у которых рабочие поверхности имеют коническую форму;
- в) цилиндрические шинно-пневматические колодочные и кольцевые (с разжимными кольцами), у которых рабочие поверхности имеют цилиндрическую форму.

По условиям смазки муфты разделяют на сухие и масляные, т. е. работающие со смазкой. При возможности защиты муфты от попадания масла применяют сухие муфты, требующие меньшие силы сжатия поверхностей трения.

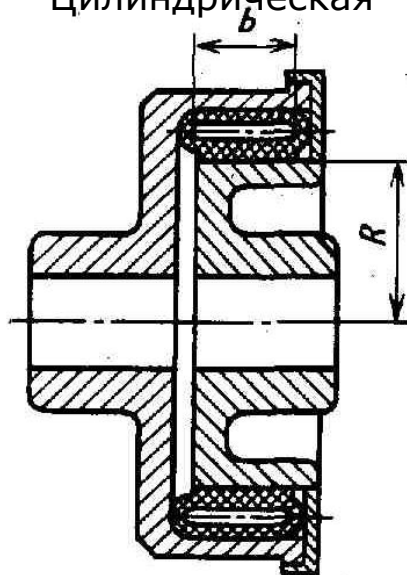
Дисковая



Конусная



Цилиндрическая



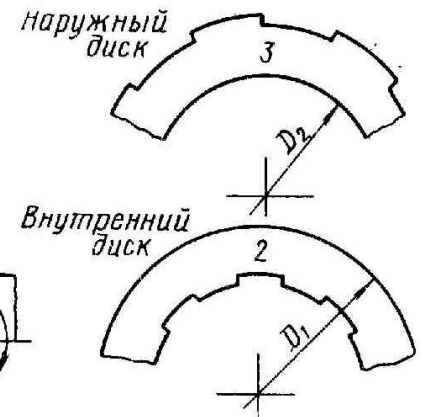
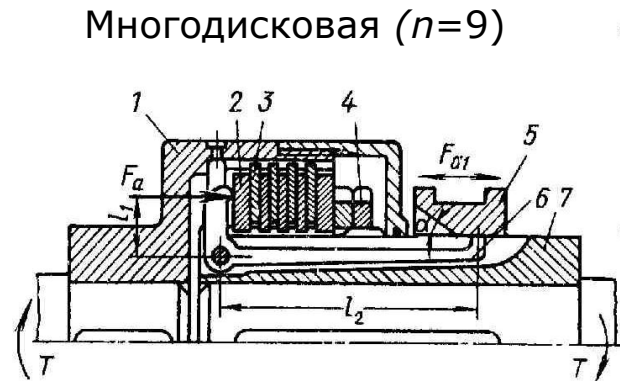
Сцепные механические управляемые муфты. Дисковые сцепные фрикционные муфты.

При этом сила нажатия передается на все поверхности трения, а момент трения определяется

$$T_T = F_a f r_{cp} z,$$

где z – число пар трущихся поверхностей; $z=n-1$, n – число дисков.

Таким образом, применение многодисковых муфт позволяет увеличить передаваемый крутящий момент в z раз по сравнению с двухдисковой муфтой, сохраняя при этом силу нажатия F_a и диаметры дисков.



Сцепные механические управляемые муфты.**Критерии работоспособности фрикционных муфт, материалы, рекомендуемые значения $[p]$ и f .**

Работоспособность фрикционных муфт определяется в основном износом трущихся поверхностей. Интенсивность износа зависит от удельной мощности трения (работа сил трения на единице площади за одну секунду):

$$a_T = pfv_s \leq [a_T],$$

где v_s — средняя скорость скольжения.

В управляемых муфтах скольжение происходит во время включения, т. е. износ зависит и от числа переключений в час.

Большое влияние на работоспособность муфты оказывает ее тепловой режим. Перегрев муфт приводит к увеличению износа, а в некоторых случаях к обугливанию неметаллических накладок или к задиру металлических поверхностей. Нагрев муфт связан также со скольжением при переключениях. Количество теплоты, выделяемой при этом, пропорционально работе трения. Эта теплота нагревает детали муфты и уходит в окружающую среду. Вследствие того, что теплота выделяется интенсивно за малое время, муфты не имеют установившегося теплового режима. За этот короткий промежуток времени поверхности трения могут нагреваться до высокой температуры, в то время как средняя температура муфты в целом остается низкой. Отсутствие установившегося режима значительно усложняет тепловой расчет муфт. Поэтому чаще всего ограничиваются расчетом только по удельному давлению p на поверхностях трения. Допускаемые значения $[p]$ устанавливаются на основе опыта эксплуатации:

Критерии работоспособности фрикционных муфт, материалы, рекомендуемые значения $[p]$ и f .

Допускаемые значения $[p]$ устанавливают на основе опыта эксплуатации:

Материал	$[p]$, МПа	f
<i>При смазке</i>		
Закаленная сталь по закаленной стали	0,6...0,8	0,06
Чугун по чугуну или по закаленной стали	0,6...0,8	0,08
Текстолит по стали	0,4...0,6	0,12
Металлокерамика по закаленной стали	0,8	0,10
<i>Без смазки</i>		
Прессованный асбест или ферродо по стали или чугуну	0,2...0,3	0,30
Металлокерамика по закаленной стали	0,3	0,40
Чугун по чугуну или закаленной стали	0,2...0,3	0,15

Примечания: 1. Нижние значения при большом числе дисков, верхние — при малом. 2. При $v > 2,5$ м/с давления $[p]$ рекомендуется понижать: при $v \approx 5$ м/с — на 15%; при $v \approx 10$ м/с — на 30%; при $v \approx 15$ м/с — на 35%. 3. При числе переключений в час, большем 100, снижают на 1% на каждые дополнительные пять включений, но не более чем на 50%.

Данные этой таблицы справедливы при средней скорости v до 2,5 м/с и числе переключений в час не более 100. При больших значениях вводятся поправки. Скорость определяют по среднему радиусу муфты.

К материалам для трущихся деталей фрикционных муфт в соответствии с критериями работоспособности муфт предъявляют следующие основные требования:

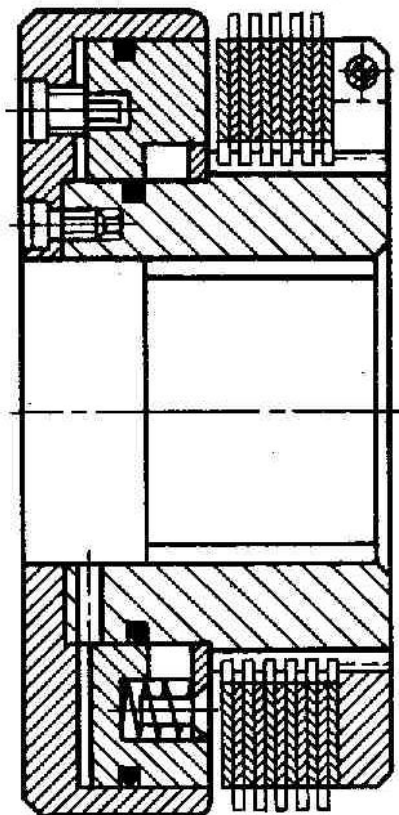
- 1) высокий коэффициент трения и его стабильность, т. е. малая изменчивость при изменении скорости, давления и температуры;
- 2) износостойкость, включая сопротивляемость схватыванию;
- 3) теплостойкость, включая стойкость против тепловой усталости, т. е. способность выдерживать повышенные температуры без разрушения с длительным сохранением нужных свойств материала.

Наибольшее распространение на практике получили следующие комбинации материалов: закаленная сталь по закаленной стали или сталь по чугуну при хорошей смазке; асбестовые или порошковые накладки по стали или чугуну без смазки.

Сцепные механические управляемые муфты.

Фрикционные муфты с *гидравлическим и пневматическим* управлением. Эти муфты обычно выполняют дисковыми и применяют при больших передаваемых моментах и необходимости дистанционного управления.

Сжатие дисков осуществляется с помощью гидравлического или пневматического цилиндра; разжатие — пружинами, маслом или воздухом, которые подают в другую полость цилиндра. Муфты выполняют также с диафрагмой вместо поршня, что позволяет уменьшить осевые габариты.



Сцепные механические управляемые муфты.

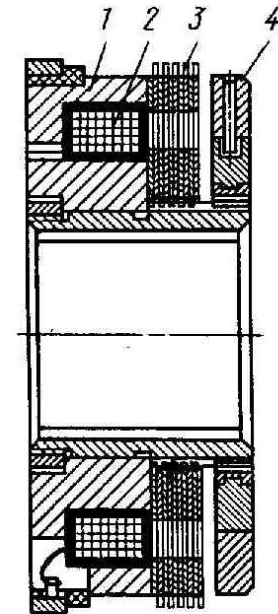
Электромагнитные фрикционные муфты — это муфты, в которых сжатие трущихся поверхностей осуществляется встроенным в муфту электромагнитом. Большое распространение получили многодисковые муфты, имеющие малые габариты по диаметру, что весьма важно для быстроходных приводов.

Основные достоинства электромагнитных фрикционных муфт: удобство дистанционного и автоматического управления, быстроедействие, возможность точного регулирования передаваемого момента, отсутствие неуравновешенных сил. Муфты применяют при необходимости дистанционного, преимущественно автоматического управления.

Многодисковая электромагнитная муфта (рис. а) состоит из следующих основных частей: внутренней полумуфты 1 с корпусом электромагнита, несущим катушку 2; пакета наружных и внутренних фрикционных дисков 3, якоря 4, наружной полумуфты (на рисунке не показана). Катушку заливают эпоксидной смолой, что позволяет муфте работать в масле.

Муфта питается постоянным током, который в данном исполнении муфты подводится через контактное кольцо, соединенное с одним выводом катушки, а второй вывод соединяется на корпус.

В муфте с магнитопроводящими дисками кольцевой магнитный поток пересекает диски и замыкается через якорь, притягивая якорь и диски к корпусу (рис. а). Для того чтобы магнитный поток не замыкался через диски, в них выполняют прорезы по кольцевому пояску против катушки.



а)

Сцепные механические управляемые муфты.

Формы дисков показаны на рисунке г. Якорь состоит из двух колец — наружного и внутреннего, что обеспечивает лучшее прилегание его к дискам, если последние имеют некоторую конусность.

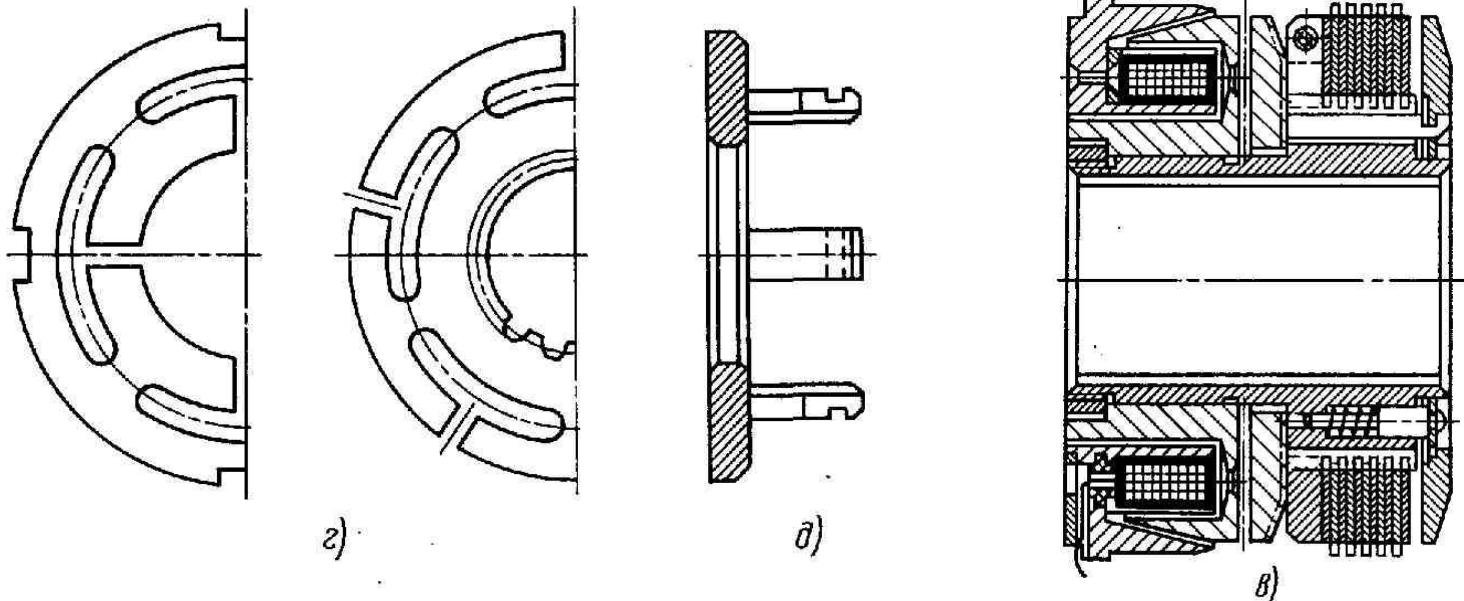
Корпус муфты и якорь изготавливают из мягкой стали Ст3 или армо-железа, диски — из марганцовистой стали 65Г, твердость которой 40...45 HRC9.

Муфты с магнитопроводящими дисками стандартизованы для передаваемых моментов от 25 до 16000 Н·м (ГОСТ 21573—76*).

В муфте с вынесенными дисками (рис. 21.34, б) магнитный поток не проходит через диски, но якорь, выполненный за одно целое со специальными тягами (рис. 21.34, с), притягиваясь к корпусу, тянет за собой нажимной диск и сжимает диски.

Внутренние диски выполняют с металло-керамическими накладками, наружные — из стали 65Г.

В последнее время начали применять электромагнитные муфты с неподвижной катушкой (рис. в), что позволило отказаться от контактных колец и уменьшить массы вращающихся деталей. При включении муфты зазор между неподвижным магнитопроводом, несущим катушку, и подвижным сохраняется постоянным.



Сцепные механические управляемые муфты.

Электромагнитные порошковые муфты состоят из полумуфт с зазорами, заполненными железным порошком, через который пропускается магнитный поток.

Работа муфты основана на том, что железный порошок в зазоре под действием магнитного потока оказывает сопротивление сдвигу, тем большее, чем он сильнее намагничен. Наибольшие относительные перемещения частиц порошка наблюдаются в середине слоя. Слои порошка, прилегающие к намагниченным поверхностям, не перемещаются относительно этих поверхностей и их не изнашивают.

Порошковые муфты обладают основными достоинствами, присущими фрикционным электромагнитным муфтам. Следует особо отметить: а) исключительное быстродействие; б) возможность весьма точного управления передаваемым моментом; в) малую зависимость момента от скорости скольжения; г) высокую износостойкость рабочих поверхностей и способность при достаточном охлаждении длительного скольжения. В муфте работает весь объем порошка, а не только поверхность. Они передают значительно большие моменты, чем индукционные муфты тех же габаритных размеров.

К недостаткам их следует отнести: «старение» и необходимость периодической замены рабочей смеси (железный порошок в масле), трудности создания уплотнений, а также их изнашивание.

Основные части муфты:

- а) сердечник, представляющий собой одну полумуфту;
- б) катушка; в) вторая полумуфта — кольцо.

Между сердечником и кольцом образуется кольцевой зазор, заполняемый суспензией железного порошка в масле.

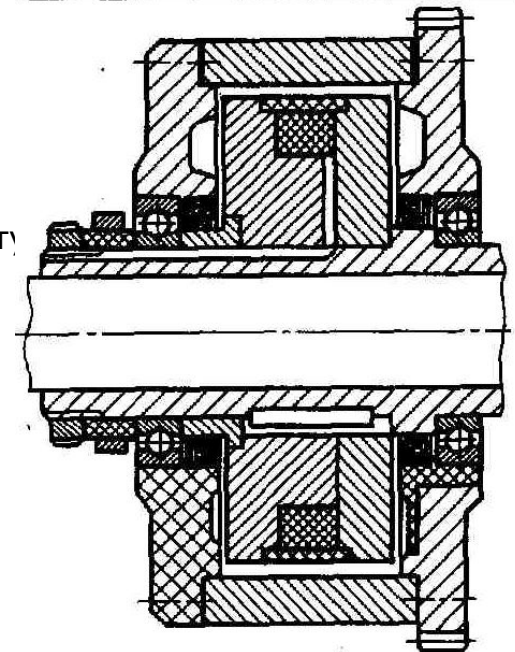
Сердечник выполнен разъемным для удобной сборки муфты и смены кат.

На верхней части рисунка (над осью) показано исполнение муфты,

в котором для уменьшения рассеяния магнитного потока предусмотрена магнитная изоляция шестерни в виде диска из немагнитного материала;

правая стенка этой муфты выполнена также из немагнитного материала.

В исполнении, показанном на нижней части на рисунке, зазоры между сердечником и шестерней, сердечником и стенкой второй полумуфты увеличены, что уменьшает рассеяние магнитного потока.



Сцепные механические управляемые муфты.

Самодействующие (самоуправляющиеся) муфты автоматически срабатывают в определенных условиях.

Применяют муфты самоуправляющиеся:

- а) по моменту – предохранительные;
- б) по направлению движения – обгонные или свободного хода;
- в) по скорости – центробежные; г) по пути – однооборотные и др.

Предохранительные (перегрузочные) муфты.

Перегрузки могут быть вызваны рабочим процессом машины – орудия или, реже, механизмами.

Рабочий процесс отдельных групп машин – дробильных, землеройных, почвообрабатывающих, для обработки металлов давлением и др. – связан с систематическими перегрузками. В машинах неударного действия, обрабатывающих однородные заготовки, например в металлорежущих станках, перегрузки могут вызываться завышенными режимами обработки, затуплением или поломкой инструмента и т. д.

Перегрузки, связанные с работой механизмов, могут вызываться прекращением подачи смазочного материала, заеданиями и т. д.

По характеру действия перегрузки могут быть постепенно нарастающими (например, при затуплении инструмента) или ударными.

Сцепные механические управляемые муфты.

Функции предохранительного звена могут выполняться, помимо специальных предохранительных муфт, другими элементами привода, допускающими проскальзывание: сцепными фрикционными муфтами, гидромуфтами, гидро- и пневмоприводом. Так, в гидроприводах перегрузки предотвращаются предохранительными клапанами.

В пневмоприводах сколько-нибудь значительные перегрузки невозможны вследствие упругости рабочей среды – воздуха.

Предохранительные муфты или другие предохранительные звенья необходимо устанавливать:

- а) в машинах ударного действия, так как силу удара трудно точно регламентировать и эти машины обычно имеют маховики;
- б) в машинах, обрабатывающих неоднородную среду, в которой возможны твердые включения (землеройные, почвообрабатывающие, дробильные и аналогичные машины);
- в) в автоматических машинах и устройствах в связи с отсутствием непрерывного наблюдения за их работой;
- г) в ответвляющихся кинематических цепях машин, передающих небольшую часть мощности приводного двигателя (например, в приводах подачи металлорежущих станков).

При опасности перегрузок ударного действия предохранительные муфты ставят, когда применение упругих муфт недостаточно.

Механические предохранительные муфты.

По принципу работы механические предохранительные муфты разделяют на:

- а) муфты с разрушающимся элементом;
- б) пружинно-кулачковые;
- в) фрикционные.

После срабатывания предохранительной муфты соединение должно быть восстановлено. По способу восстановления соединения предохранительные муфты разделяют на:

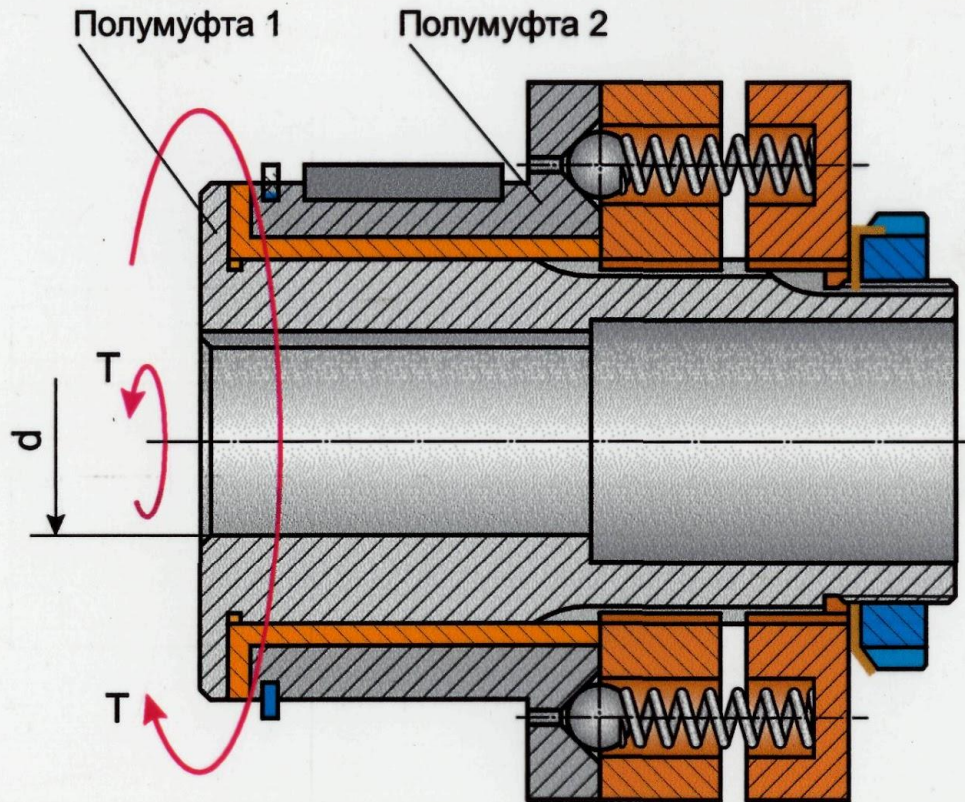
- а) муфты с неавтоматическим восстановлением соединения – размыкающие цепь и прекращающие поток энергии;
- б) муфты с автоматическим восстановлением соединения после поворота на один или несколько угловых шагов кулачков (зубьев);
- в) муфты с автоматическим восстановлением соединения без прекращения передачи момента при проскальзывании (фрикционные муфты).

При расчете предохранительных муфт во избежание случайных выключений за расчетный принимают момент

$$T_{расч} = 1.25T_{max}$$

где T_{max} – максимальный передаваемый момент при нормальной работе машины.

МУФТА ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНАЯ ШАРИКОВАЯ

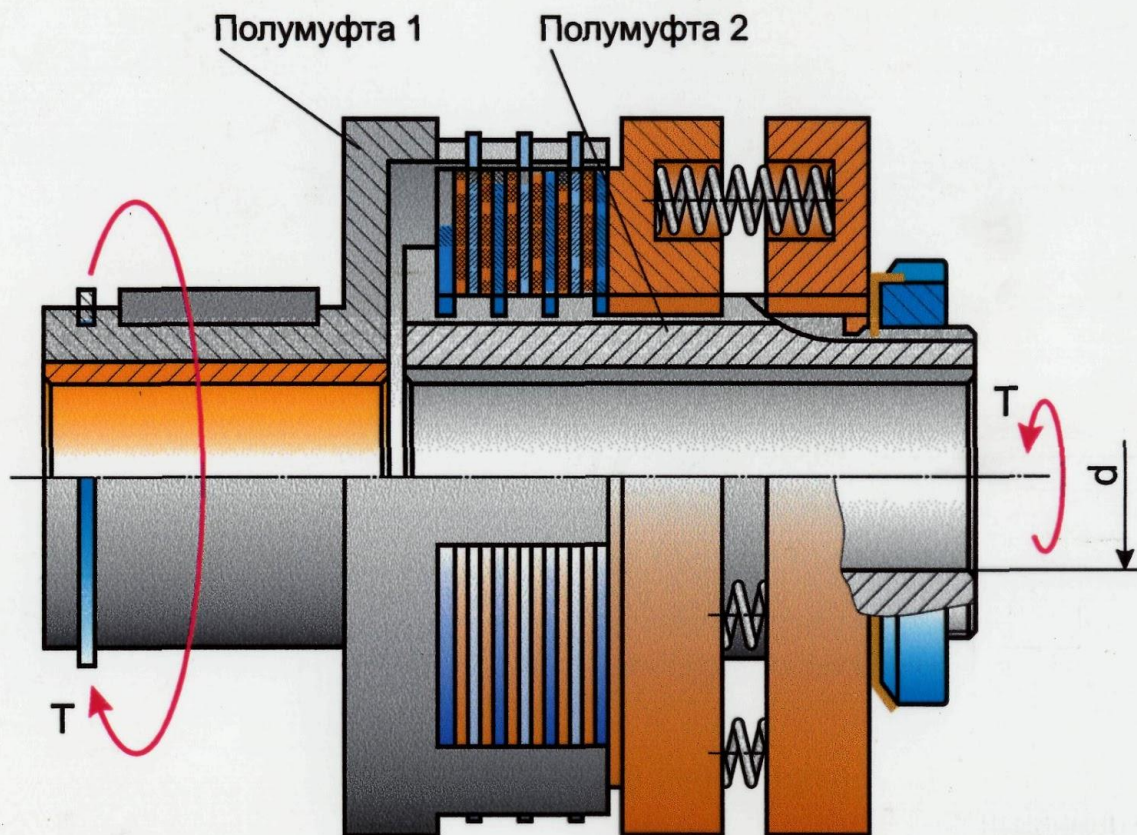


Муфты стандартизованы в диапазоне диаметров валов $d = 8...48$ мм и вращающих моментов $T = 4...400$ Н·м.

Исполнения по посадочной поверхности:

- 1 - со шпоночным соединением;
- 2 - с прямобочными шлицами;
- 3 - с эвольвентными шлицами.

МУФТА ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНАЯ ФРИКЦИОННАЯ ДИСКОВАЯ

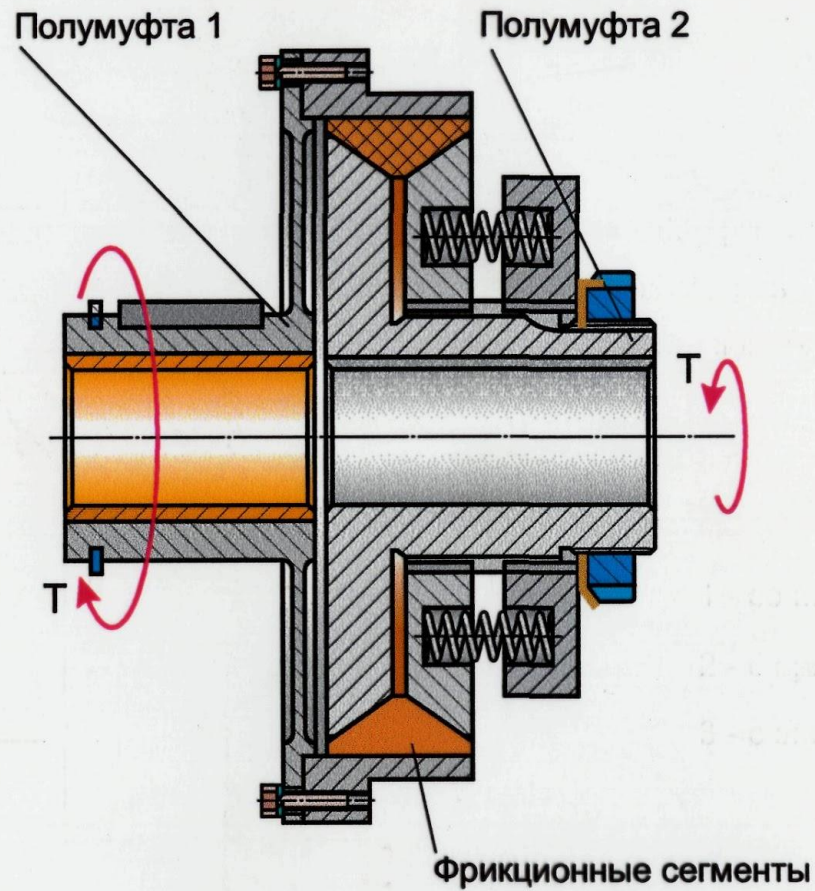


Муфты стандартизованы в диапазоне диаметров валов $d = 9..48$ мм и вращающих моментов $T = 6,3..400$ Н·м.

Исполнения по посадочной поверхности:

- 1 - со шпоночным соединением;
- 2 - с прямобочными шлицами;
- 3 - с эвольвентными шлицами.

МУФТА ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНАЯ ФРИКЦИОННАЯ КОНУСНАЯ



Предохранительные муфты с разрушающимся элементом.

Муфты этого типа применяют при редких перегрузках. Благодаря малым габаритам они могут быть приближены к источникам перегрузки. Недостатком этих муфт является необходимость замены разрушающихся элементов.

Из муфт этого типа в основном применяют муфты со срезными штифтами.

Штифты обычно выполняют из среднеуглеродистой улучшенной стали. Их снабжают кольцевой канавкой в месте разрушения, которая повышает точность срабатывания, а также уменьшает опасность повреждения деталей муфты. Штифты устанавливают во втулки, закаленные до высокой твердости, во избежание их повреждений при срезании штифтов. Штифты должны быть расположены в удобном для замены месте.

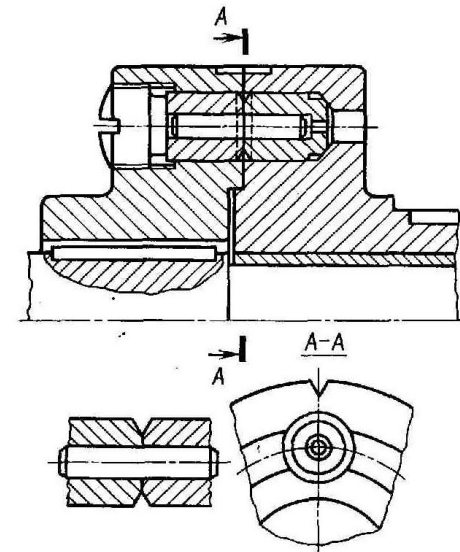
Чаще применяют муфты с осевым, реже с радиальным расположением штифтов. Выполняют муфты с одним штифтом и с несколькими штифтами. Муфты с одним штифтом, если трение при проскальзывании муфты невелико, имеют более высокую точность срабатывания, но в муфтах с несколькими штифтами взаимно компенсируются поперечные нагрузки, передаваемые на валы.

$$\text{Расчетный разрушающий момент } T_{расч} = \frac{z}{10^3 k} \frac{\pi d^2}{4} \tau_{Bcp} R$$

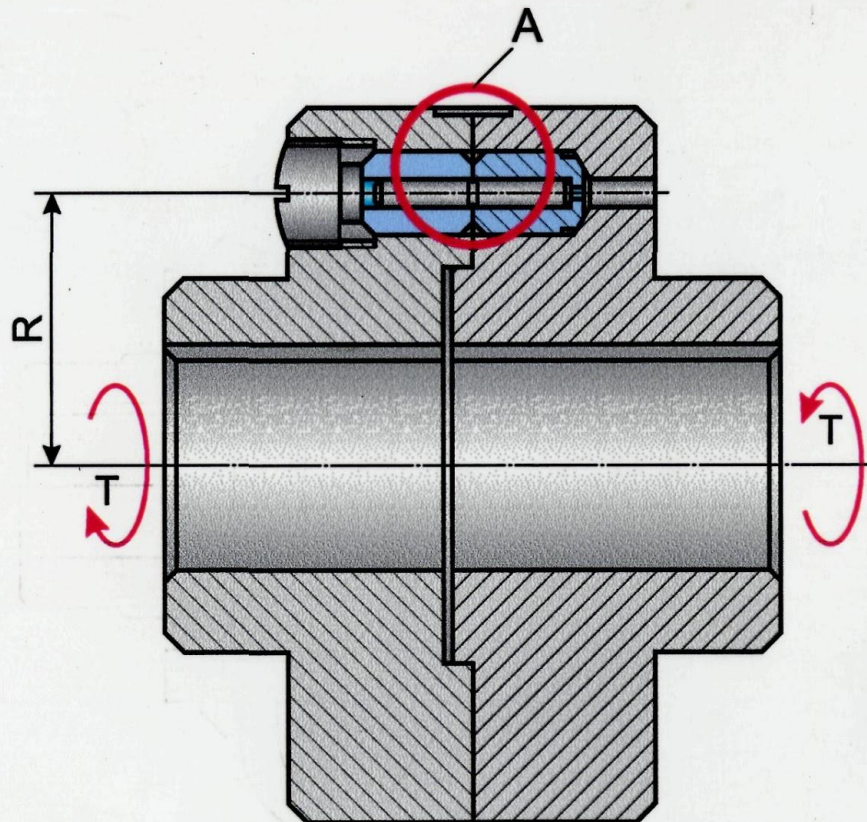
$$\text{откуда диаметр штифта } d = \sqrt{\frac{4 \cdot 10^3 T_{p} k}{\pi z \tau_{Bcp} R}},$$

где z – число штифтов; R – радиус окружности расположения сечений среза штифтов; k – коэффициент неравномерности распределения (при $z=1$ – $k=1$, при $z=2...3$ – $k=1.2...1.3$); τ_{Bcp} – предел прочности штифта на срез ($\tau_{Bcp} = c\sigma_B$).

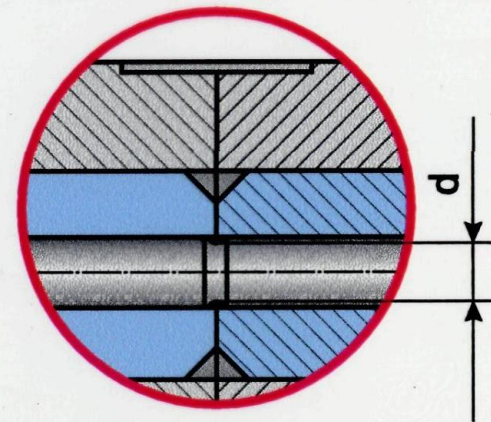
По опытным данным: для гладких штифтов $c=0.7...0.8$;
для штифтов с шейкой $c=0.9...1$.



МУФТА ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНАЯ СО СРЕЗНЫМ ШТИФТОМ



А (Увеличено)



T - вращающий момент, передаваемый муфтой, Н·м;
R - радиус расположения штифта, мм;
d - диаметр штифта, мм;
 $\tau_{\text{в}}$ - предел прочности материала штифта на срез, МПа.

Диаметр штифта из расчета на срез:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 10^3 \cdot T}{\pi \cdot R \cdot \tau_{\text{в}}}}$$

Обгонные муфты.

Обгонные муфты передают момент в одном направлении и допускают свободное относительное вращение в противоположном. Поэтому их также называют муфтами свободного хода. Термин «обгонные муфты» возник в связи с тем, что муфты допускают обгон ведущего вала ведомым, если тот получает более быстрое вращение от другой кинематической цепи.

Обгонные муфты изготавливают:

а) зубчатыми и кулачковыми — храповыми; б) фрикционными.

Зубчато-храповые муфты применяют для тихоходных валов. Их выполняют с зубчато-храповым колесом, имеющим обычно зубья несимметричной формы, и собачкой, западающей во впадины между зубьями. Собачка обеспечивает передачу момента в одном направлении, а при изменении знака момента отжимается нерабочими, обычно скошенными поверхностями зубьев.

Достоинства зубчато-храповых муфт: надежность работы и возникновение небольших по сравнению с фрикционными механизмами нормальных сил. Недостатки — невозможность включения при любом относительном положении звеньев и передача радиальных нагрузок на валы при одной собачке.

Кулачковые храповые муфты представляют собой кулачковые муфты с односторонне скошенными зубьями. Скользящая полумуфта поджимается к неподвижной полумуфте пружиной; это обеспечивает передачу момента в одном направлении. При изменении направления относительного движения полумуфты подвижная полумуфта отжимается, причем кулачки выходят из зацепления. Муфты этого типа имеют ограниченное применение.

Основное применение имеют фрикционные обгонные муфты с роликами.

Обгонные муфты.

Роликовая обгонная муфта состоит из звездочки, кольцевой обоймы, роликов пружин и толкателей. Звездочка и обойма образуют сужающиеся в одном направлении полости, в которых располагают ролики. Обычно обойму выполняют с гладкой цилиндрической внутренней поверхностью, а звездочка имеет плоские срезы. Эта конструкция наиболее технологична. Муфты выполняют преимущественно с тремя роликами (мелкие размеры муфт) и с пятью роликами (крупные размеры), но в случае необходимости повышенной несущей способности при стесненных габаритах можно применять большее число роликов. Каждый из роликов отжимается пружинками в суживающуюся часть полости.

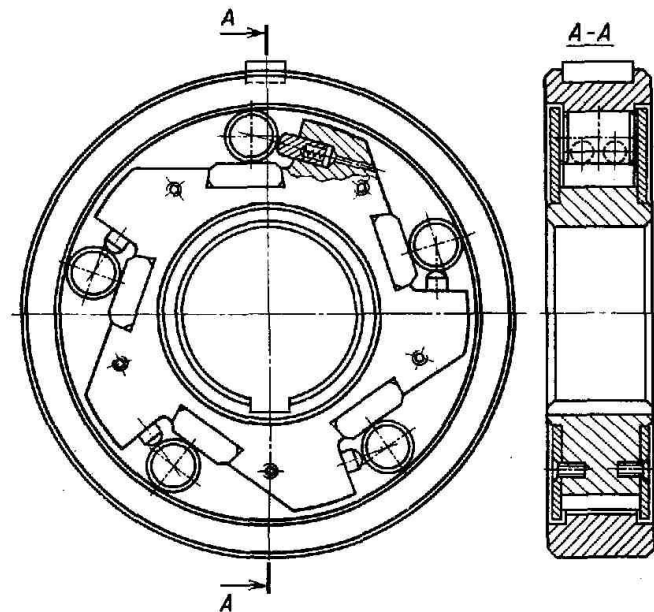
Если ведущей является обойма, то муфта, изображенная на рисунке, может передавать вращение против часовой стрелки, если ведущей является звездочка, то — по часовой стрелке. При этом ролики закатываются в суживающиеся полости и заклиниваются между звездочкой и обоймой. При обратном вращении ролики выкатываются в более широкую часть полостей и муфта расцепляется.

Роликовые обгонные муфты работают при частоте включений от нескольких включений в сутки до нескольких тысяч в минуту (в так называемых импульсных вариаторах).

Муфты строят для моментов от самых малых до 100 000 Н·м и выше. Муфты широко распространены в транспортных машинах — велосипедах, мотоциклах, автомобилях, вертолетах, а также в станках, в импульсных вариаторах, в приборах и т. д.

Муфты нормализованы по диаметрам валов 10...90 мм и моментам 2,5... 800 Н·м.

Преимущества роликовых обгонных муфт: почти полное отсутствие мертвых ходов при наличии некоторой угловой податливости, важной для смягчения ударов, и почти бесшумная работа.



Центробежные муфты служат для автоматического соединения (или разъединения) валов при достижении ведущим валом заданной частоты вращения. Они являются муфтами, самоуправляемыми по скорости.

Центробежные муфты можно применять:

для облегчения управления, например, в автомобилях, мотороллерах, при этом включение и выключение муфты происходит автоматически при регулировании скорости двигателя или значительно облегчается;

для разгона механизмов и машин, имеющих значительные маховые моменты, двигателями с малыми пусковыми моментами (например, ветродвигателями, асинхронными электродвигателями); для повышения плавности пуска.

Центробежные муфты представляют собой фрикционные муфты, у которых обычный механизм управления заменен специальными грузами, находящимися под действием центробежных сил и пружин.

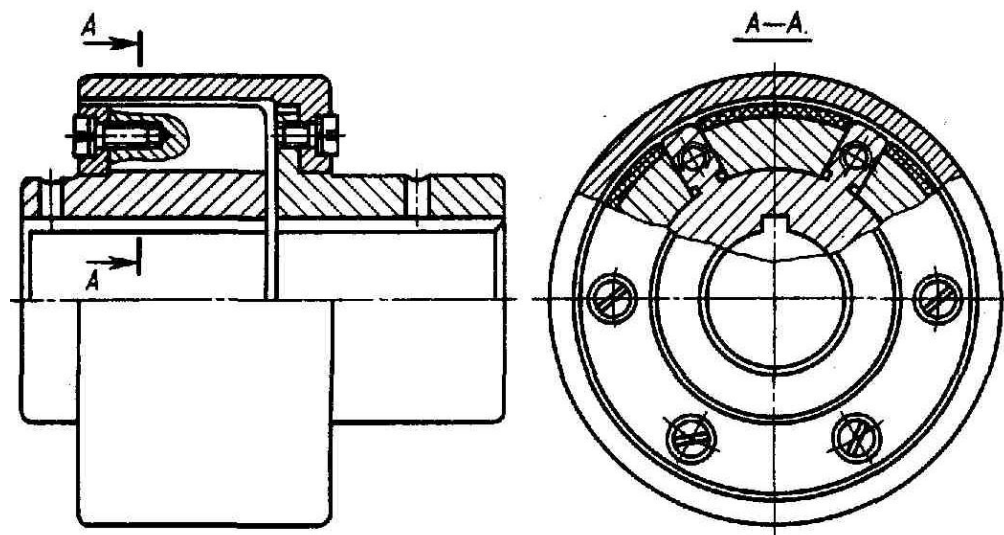
При достижении ведущим валом определенной скорости центробежные силы, действующие на грузы, преодолевают силы пружин, прижимают трущиеся поверхности друг к другу и муфта включается.

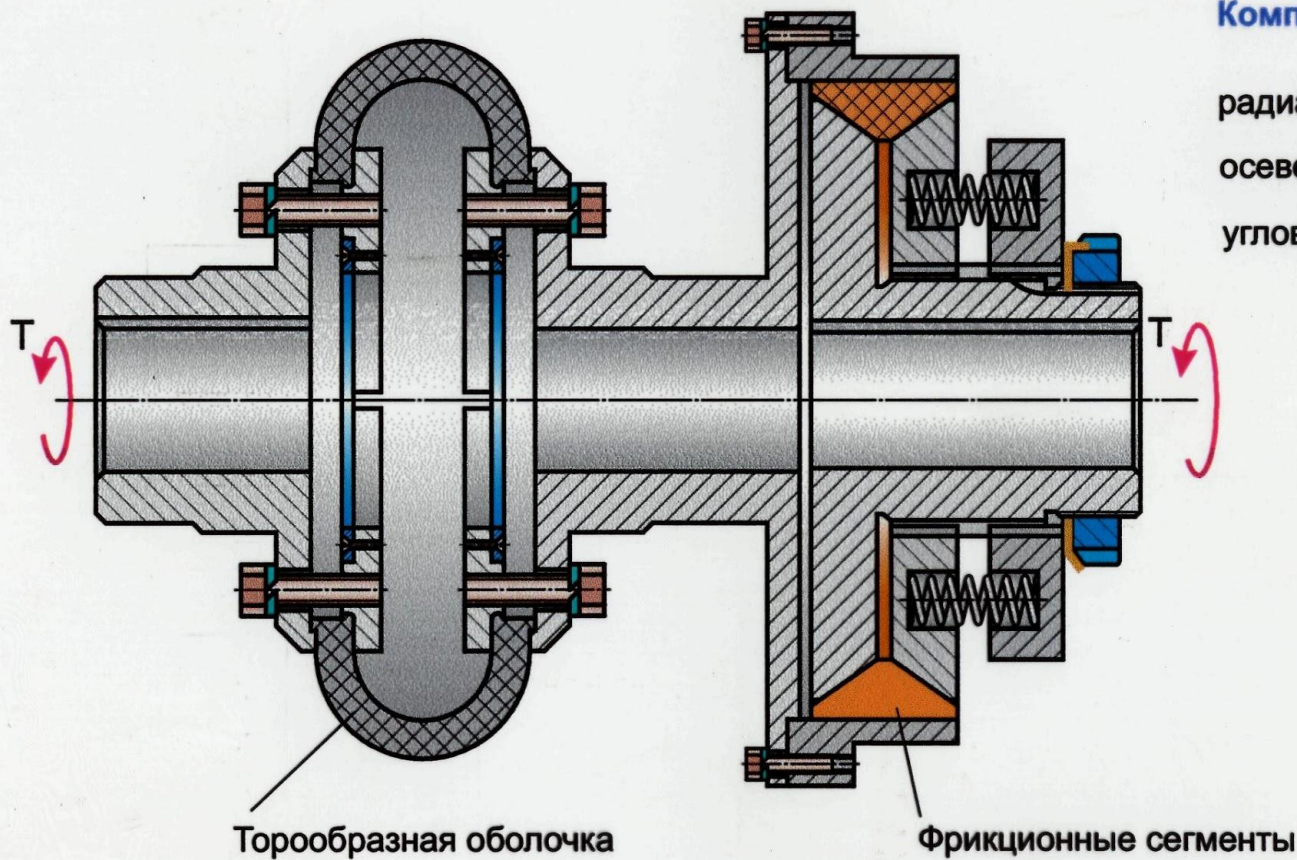
Для передачи крутящего момента необходима угловая скорость, которая определяется из условия

$$KT \leq 0.5(F_{цб} - F_{упр}) fzD = 0.5Dzf(\omega_1 - \omega_0)$$

где z – число колодок; f – коэффициент трения.

В диапазоне между от ω_0 до ω_1 муфта пробуксовывает и постепенно разгоняет ведомый вал.



МУФТА КОМПЕНСИРУЮЩЕ - ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНАЯ ФРИКЦИОННАЯ**Компенсирующая способность муфт:**

радиальное смещение	1... 5 мм
осевое смещение	1...11 мм
угловое смещение	1°00' ... 1°30'

**МУФТА ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНАЯ ФРИКЦИОННАЯ
ДИСКОВАЯ СО ЗВЕЗДОЧКОЙ**

