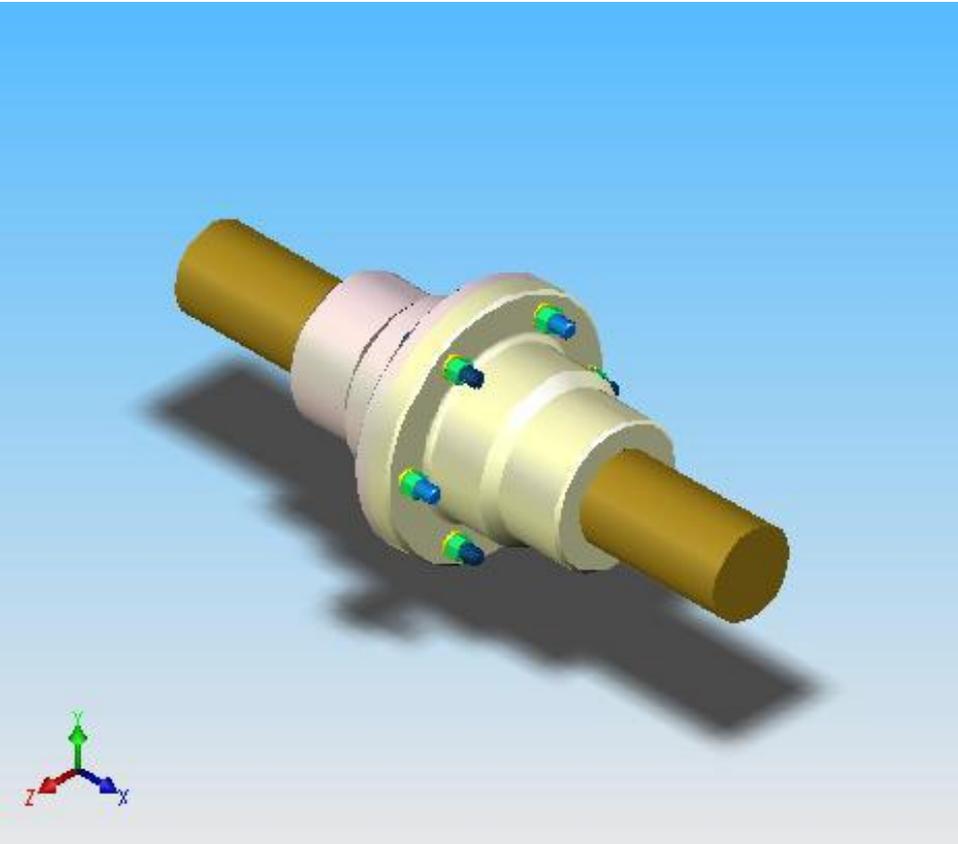


Муфты приводов

Муфты - устройства для соединения концов валов, передачи крутящего момента без изменения его величины.



Другие назначения муфт (в зависимости от типа муфты):

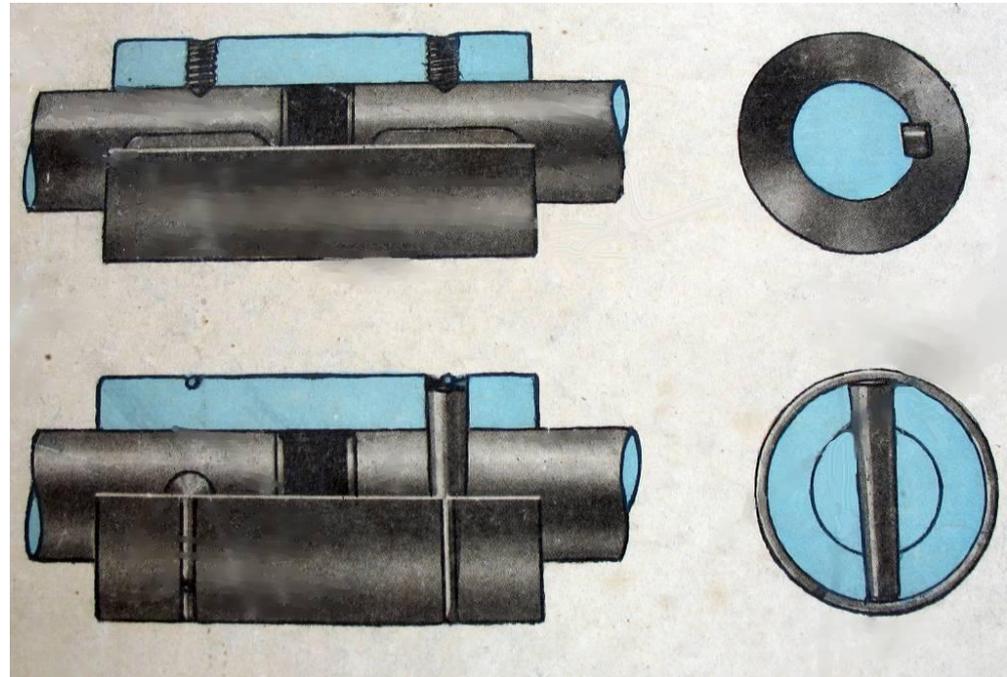
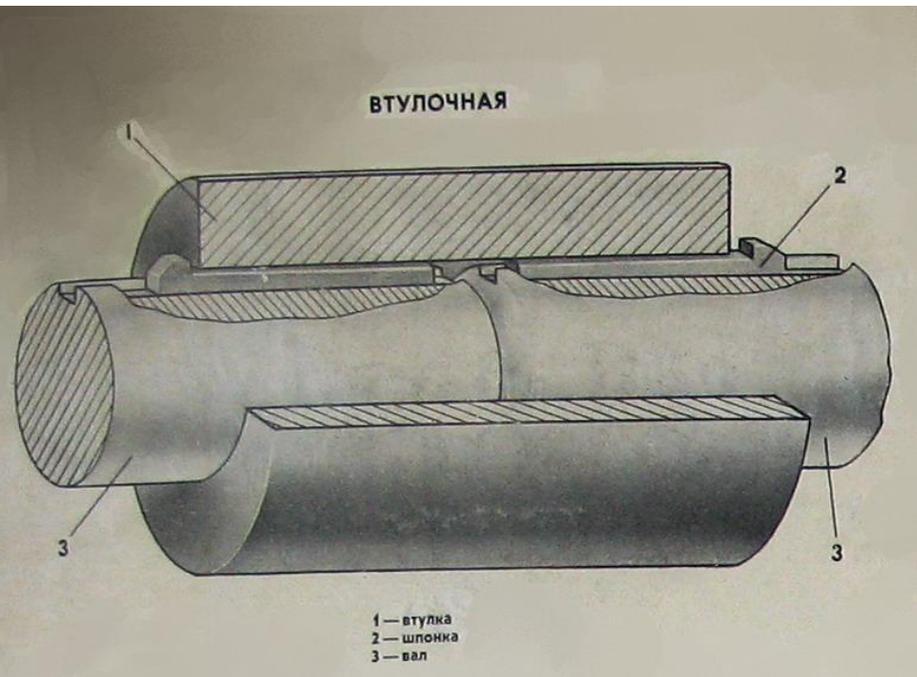
- уменьшение динамических нагрузок (*упругие* муфты);
- компенсация несоосности валов (*компенсирующие*);
- предохранение от перегрузок (*предохранительные*);
- включение и выключение исполнительного мех-ма (*управляемые* муфты);
- сцепление валов в покое и на ходу (*сцепные* муфты);
- передача вращения только в одном направлении (*обгонные* муфты).

Муфты, в основном, *подбираются по стандартам* и редко проектируются самостоятельно. *Муфты подбирают по передаваемому крутящему моменту T .*

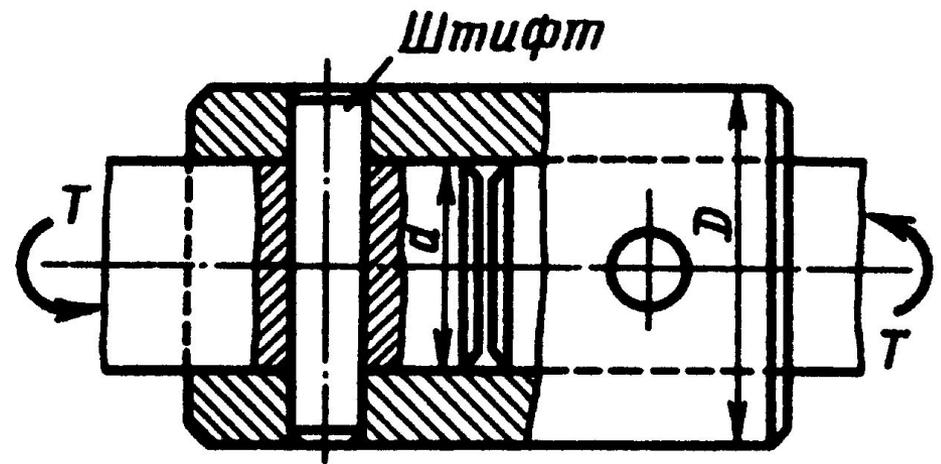
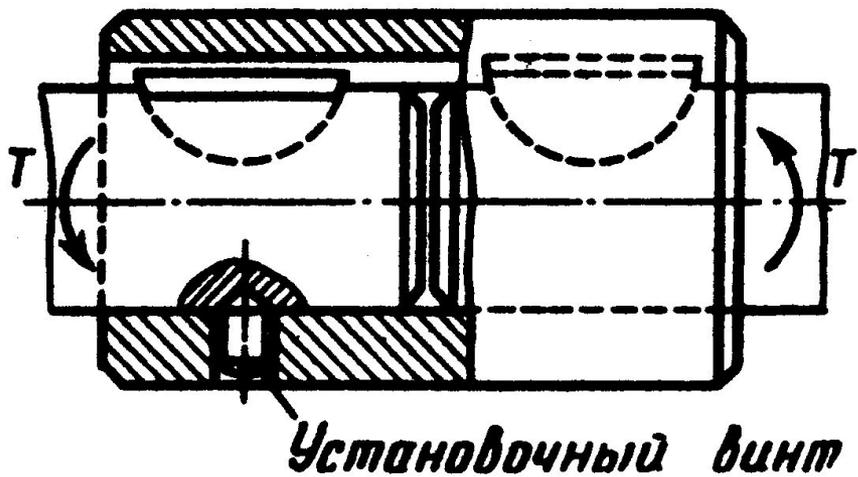
КПД муфт достаточно высок – 0,985...0,995.

Глухие муфты

Глухие муфты применяют для жесткого соединения валов без компенсации несоосностей.



Самой простой глухой муфтой является *втулочная*.



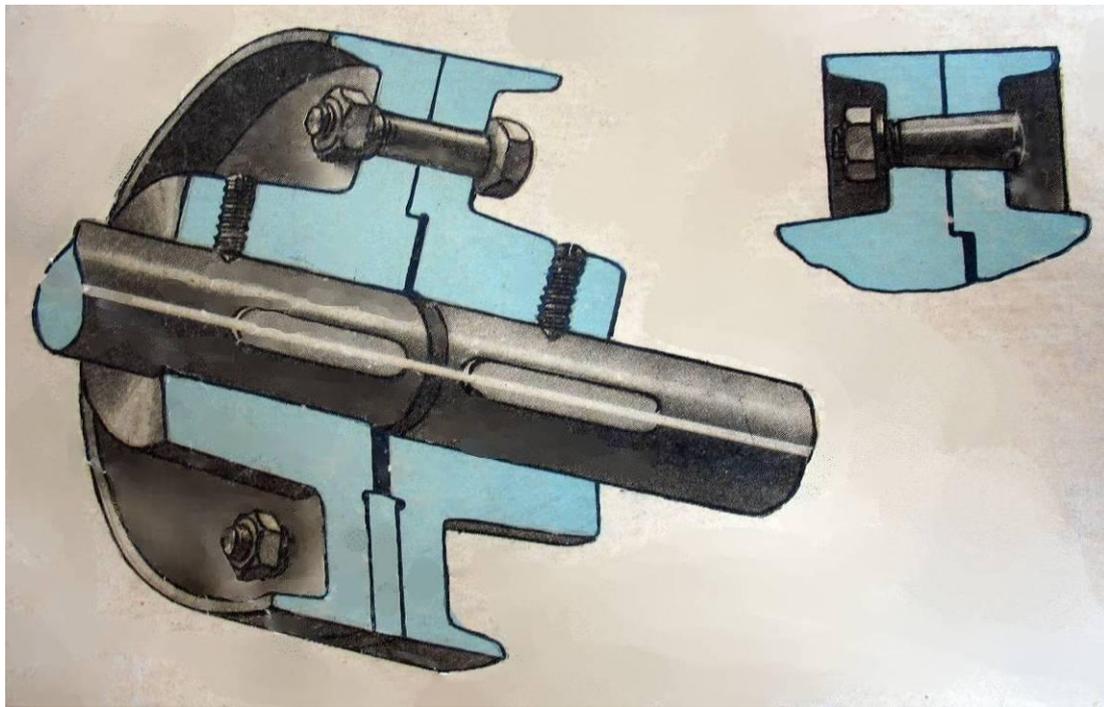
Втулка надевается на вал и крепится с помощью шпонок и установочных винтов и штифтов.

Втулочные муфты имеют применение при диаметрах валов до 60...70 мм.

Расчеты таких муфт сводятся к расчетам штифтовых и шпоночных соединений.

Достоинства: простая конструкция, малые габариты.

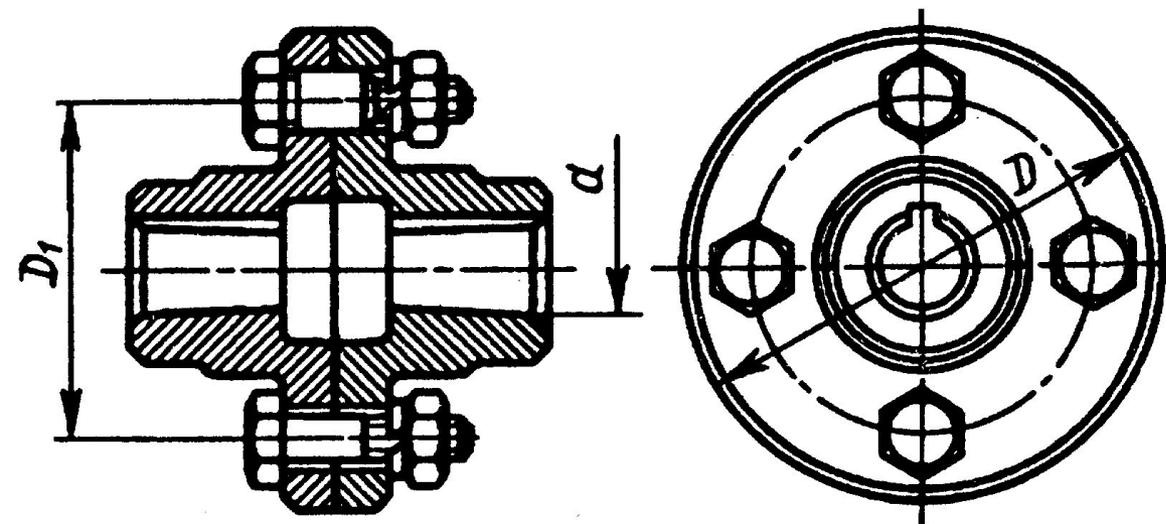
Недостатки: должна быть строгая соосность валов.



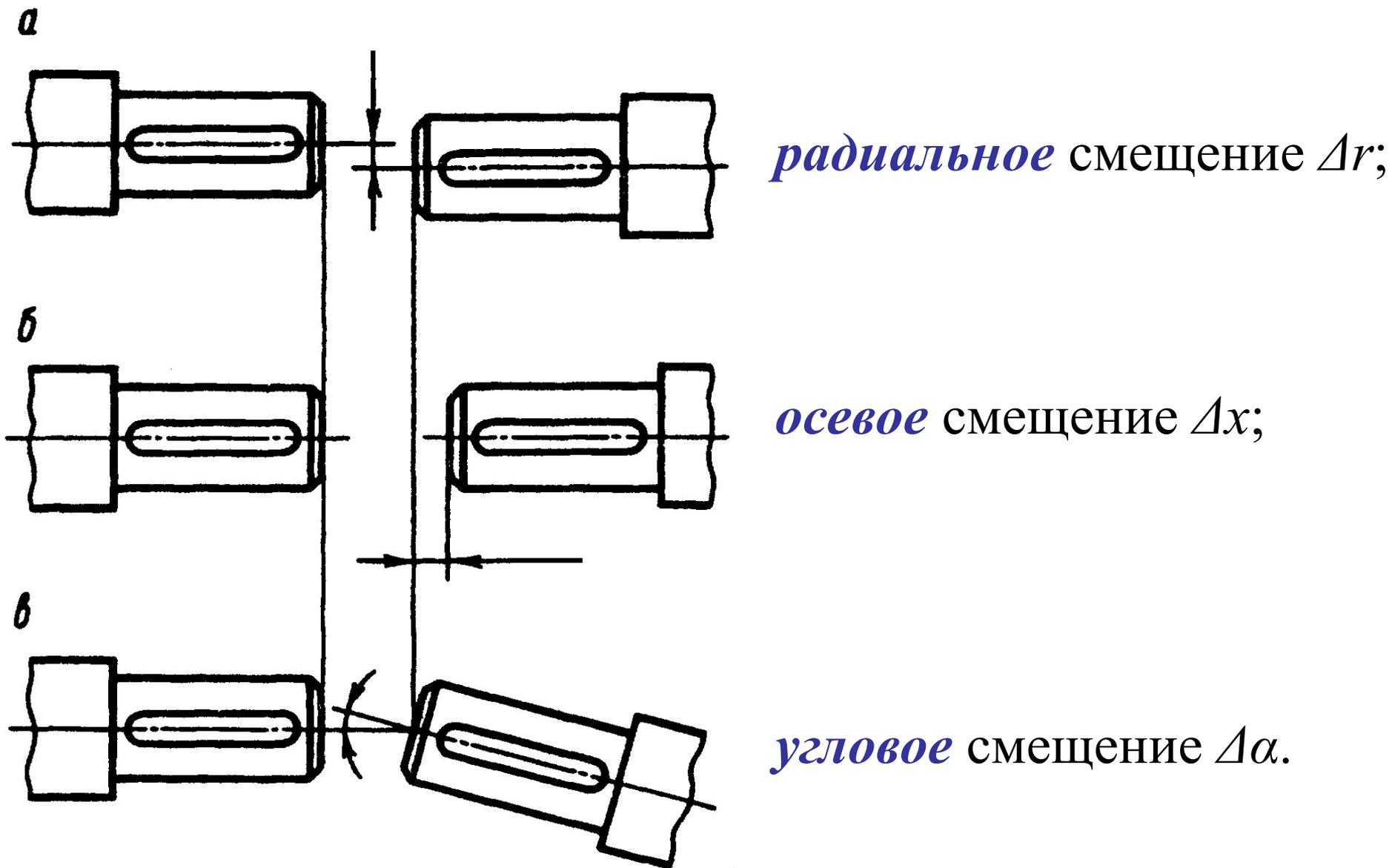
Муфта фланцевая состоит из двух полумуфт с фланцами, стянутыми болтами.

Фланцевые муфты применяются для соединения валов диаметром до 200 мм.

Расчет на прочность фланцевых муфт выполняют для шпоночных соединений.

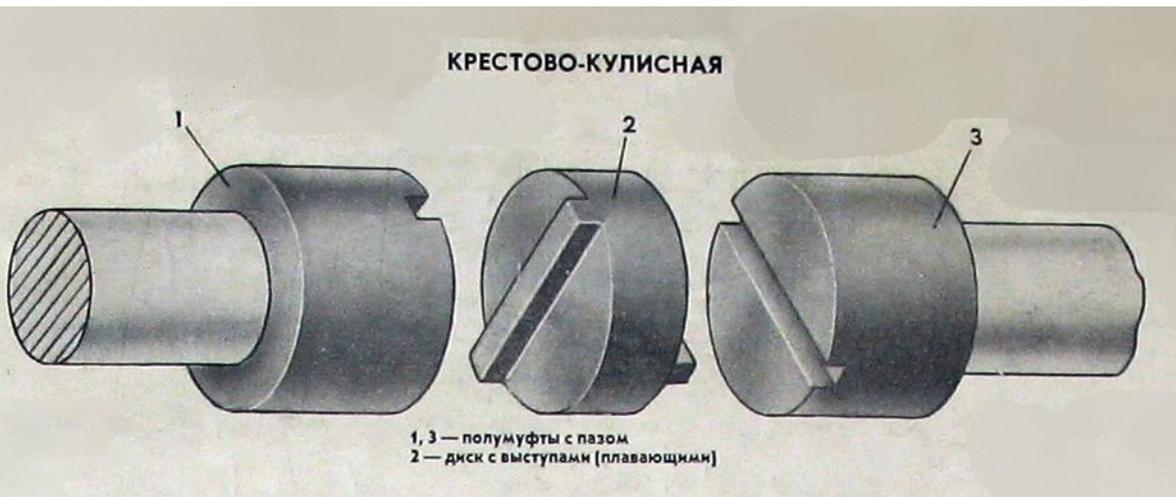


Виды смещений валов:



Муфты компенсирующие жесткие

Жесткие компенсирующие муфты предназначены для компенсации *незначительных* радиальных, осевых и угловых смещений валов.



Крестовая муфта (кулачково-дисковая, муфта Ольдгема) состоит из двух полумуфт и промежуточного диска.

Перпендикулярное расположение пазов позволяет муфте компенсировать перекос валов и радиальные смещения. Зазоры между диском и полумуфтами позволяют компенсировать осевые смещения валов.



Крестовая муфта применима для компенсации несоосности в следующих пределах:
радиальные до $0,04d$ (диаметра вала)
угловые до $0^{\circ}30'$

Условие расчета крестовых муфт: не допускать больших напряжений смятия.

$$\sigma_{см} = \frac{6 \cdot K \cdot M_{кр} \cdot D}{h \cdot (D - d)^3} \leq [\sigma_{см}],$$

где K – коэффициент динамичности режима нагрузки,

$M_{кр}$ – передаваемый крутящий момент, Н·мм

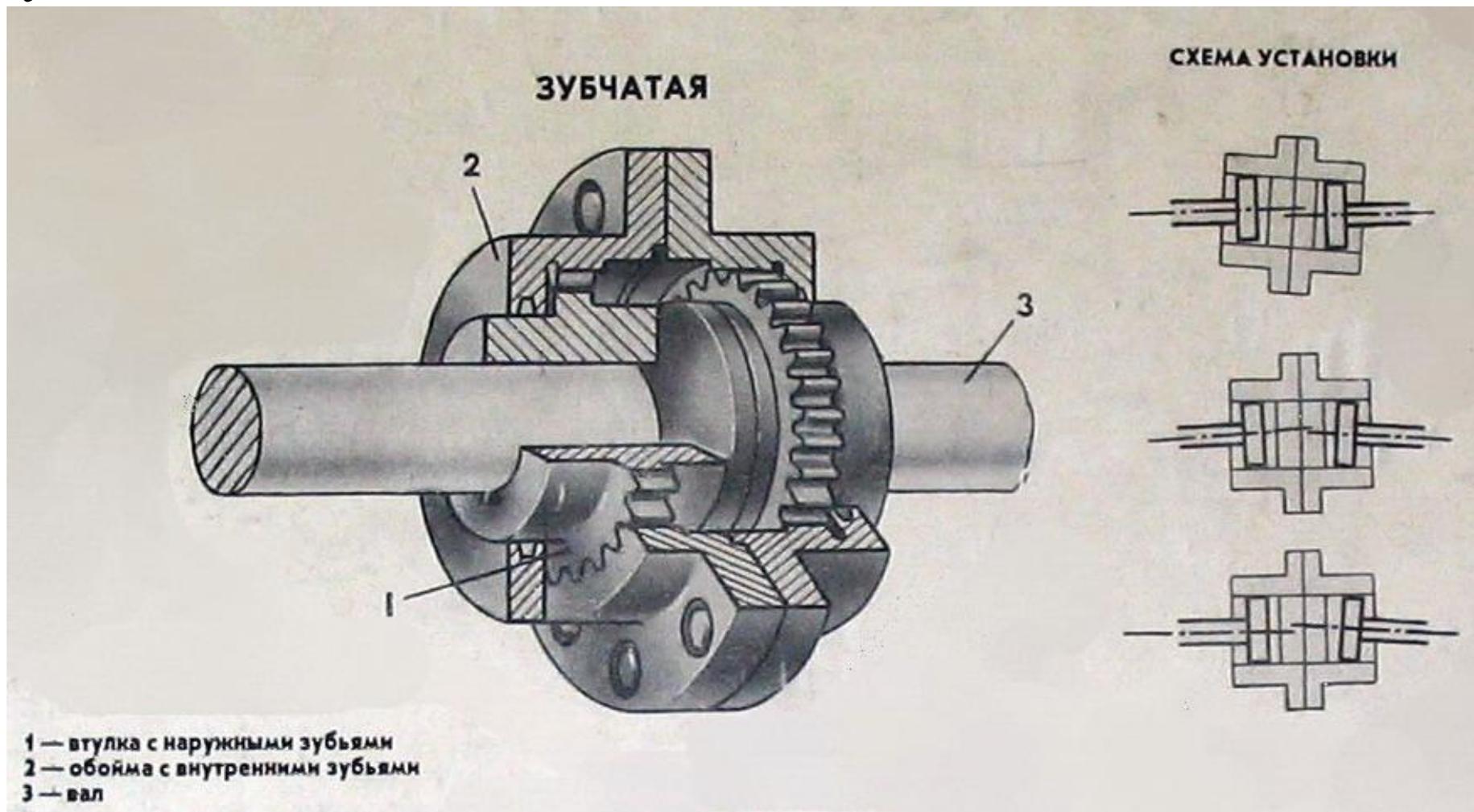
D – наружный диаметр муфты, мм

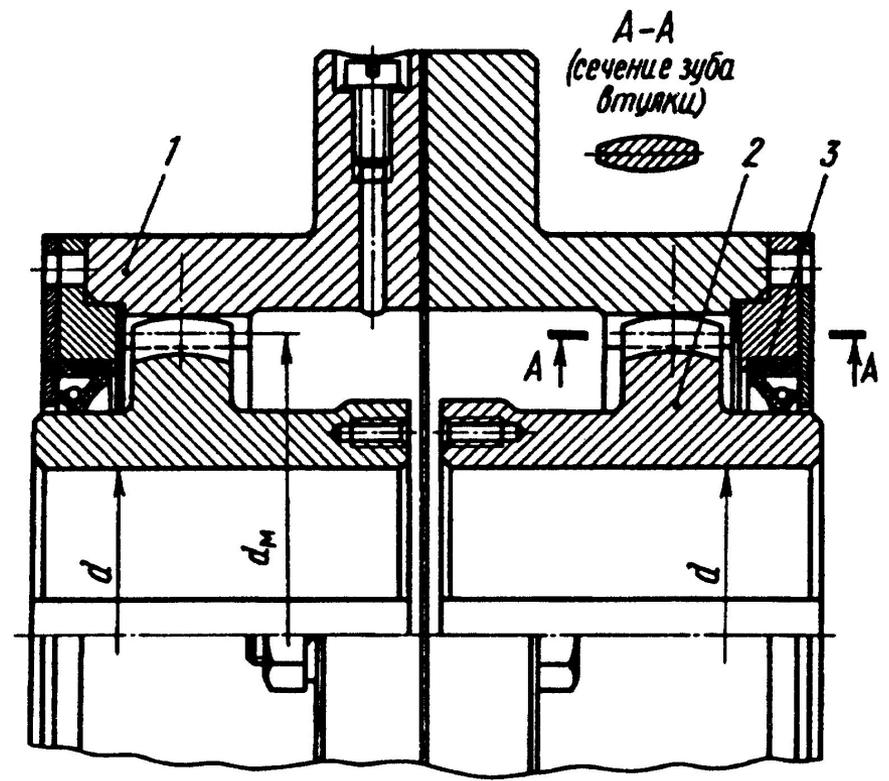
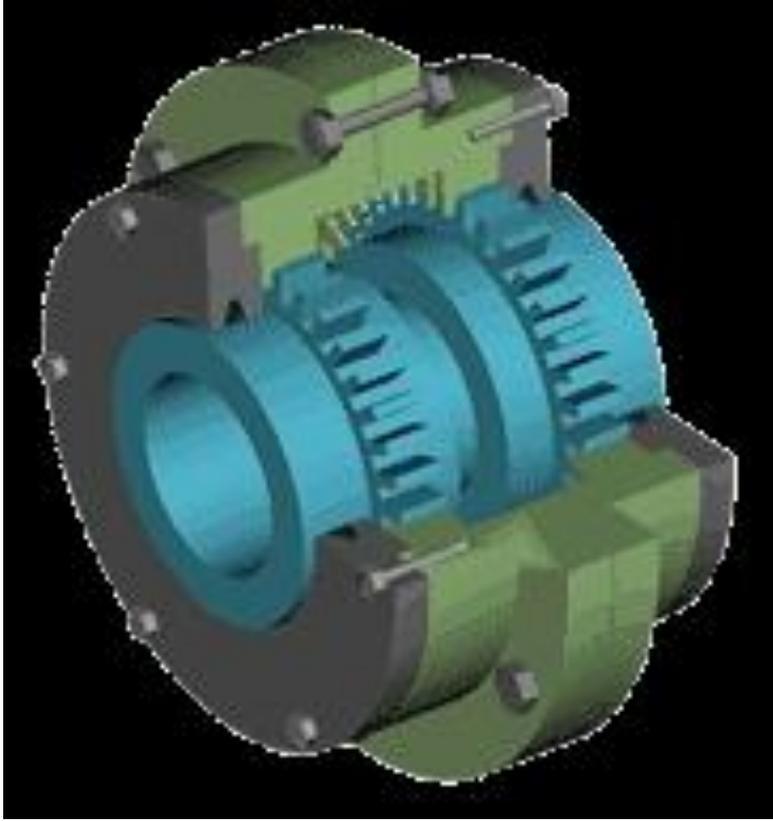
d – диаметр вала, мм

h – количество рабочих выступов.

$$[\sigma_{\tilde{\sigma}}] = 15 \dots 20 \text{ МПа} \quad \text{для стали 15Х, 20Х}$$

Зубчатая муфта состоит из двух обойм с эвольвентными зубьями 2 внутреннего зацепления, сопрягающимися с наружными зубьями втулок 1, устанавливаемых на концы валов 3.





Компенсация несоосностей валов происходит за счет зазоров в зацеплении и бочкообразного профиля зуба втулки.

Зубчатые муфты компактны, их применяют для соединения горизонтальных валов диаметром 40...220 мм при окружных скоростях в зацеплении до 25 м/с.

Зубчатые муфты подбирают *по передаваемому моменту T* , указанному каталогах:

$$T = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot T_{ном},$$

где $T_{ном}$ – номинальный момент, передаваемый муфтой;
 k_1 – коэффициент ответственности, в зависимости от тяжести последствий при поломке муфты,
 $k_1 = 1 \dots 1,8$;
 k_2 – коэффициент условий работы, $k_2 = 1 \dots 1,5$;
 k_3 – коэффициент углового смещения,
 $k_3 = 1$ при $\Delta\alpha \leq 0,25^\circ$,
 $k_3 = 1,25$ при $\Delta\alpha \leq 0,5^\circ$,
 $k_3 = 1,5$ при $\Delta\alpha \leq 1^\circ$
 $k_3 = 1,75$ при $\Delta\alpha \leq 1,5^\circ$ (максимальное угловое смещение зубчатой муфты)

При несоосности валов на их концы действует *радиальная сила*, в случае применения зубчатых муфт равная

$$F_M \approx \frac{T}{d_m},$$

где d_m – делительный диаметр зубчатого зацепления муфты.

Компенсация несоосностей валов сопровождается *скольжением* в месте контакта зубьев и для уменьшения износа в муфту заливают *смазку*.

Зубья муфты имеют уменьшенную высоту и стандартный угол зацепления.

Для компенсации больших несоосностей с угловым смещением до 45° используют *карданные шарнирные муфты*.



Стандартизованы ГОСТ для диаметров валов от 8 до 40 мм, крутящих моментов от 11,2 до 11200 Нм.

Компенсируют перекосы валов от 1° до 45° в зависимости от размеров, осевые смещения 0,5...2,5 мм, радиальные – не компенсируют.

Подбирают шарнирные муфты по максимальным моментам. Моменты приведены для соосного расположения валов.

При углах, отличных от 0, крутящие моменты в $\cos\gamma$ раз меньше:

$$T = T_0 \cdot \cos \gamma,$$

где T_0 – передаваемый крутящий момент при соосно расположенных валах;

$\cos\gamma$ - угол между валами.

Эти муфты просчитаны с коэффициентом безопасности 1,25 по отношению к моментам, вызывающим остаточные деформации и с коэффициентом 3...,3,2 по отношению к разрушающим моментам.

Муфты компенсирующие упругие

Упругие муфты, установленные в приводе:

- *смягчают толчки и удары крутильного характера (демпфируют колебания).*
- *компенсируют несоосности валов.*

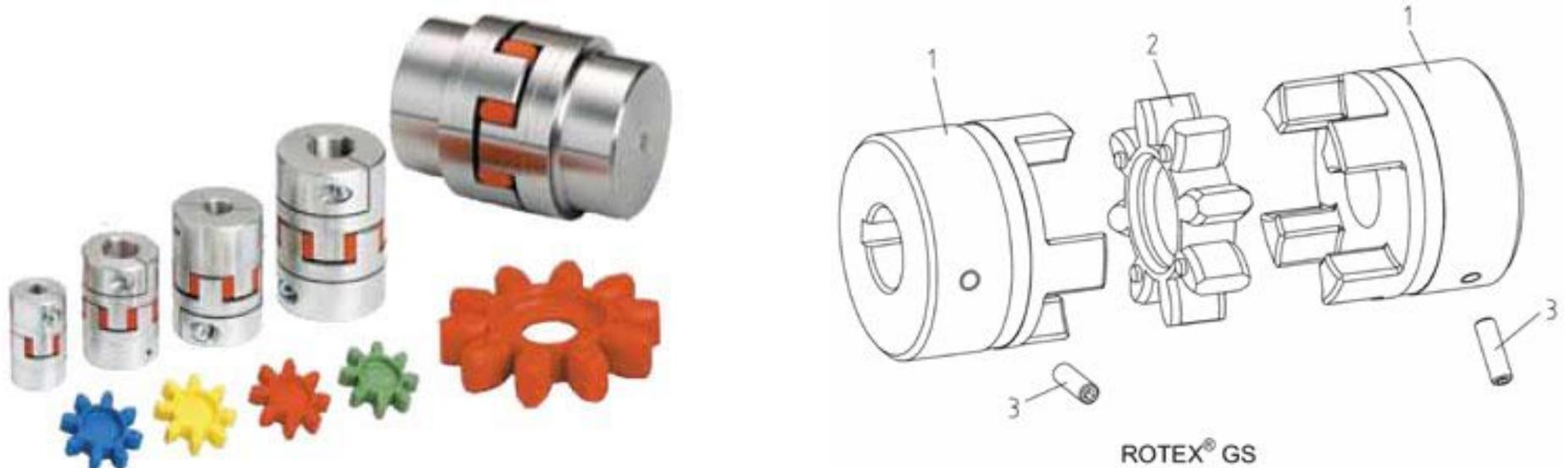
Основные характеристики упругих муфт:

жесткость при кручении и демпфирующая способность.

Упругие элементы могут быть **неметаллическими** и **металлическими**.

Неметаллические упругие элементы: основной материал — **резина** (высокая демпфирующая способность, большая энергоемкость, но меньшая долговечность и прочность, чем у стальных, которая приводит к увеличению габаритов муфт).

Муфта упругая с резиновой звездочкой.

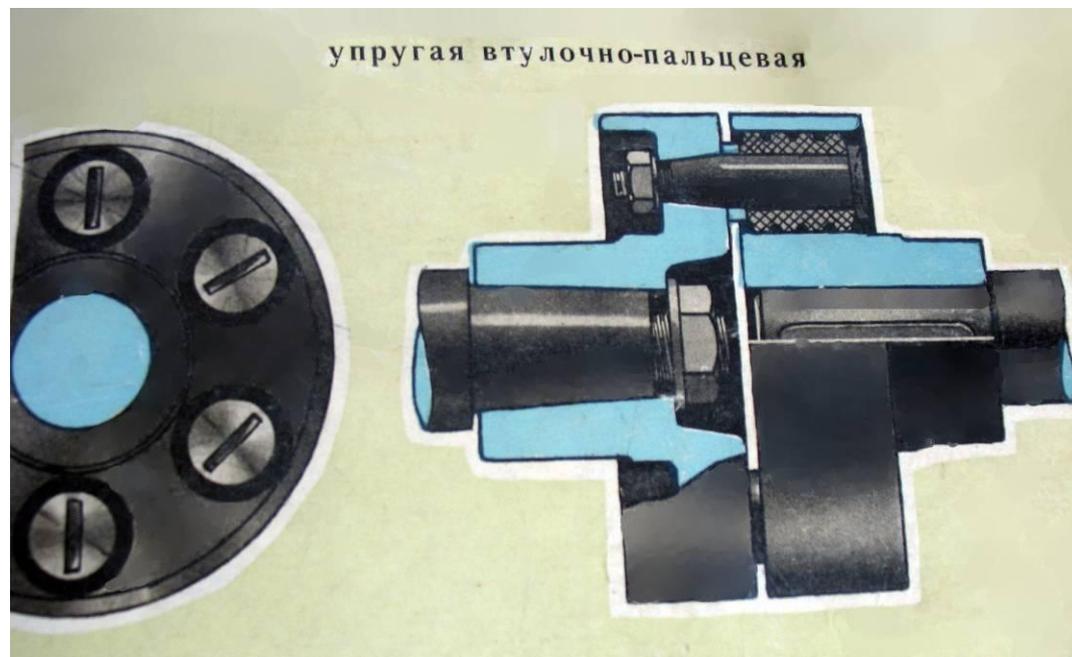


Две полумуфты *1* с выступами, между выступами – звездочка *2*, выполненная из полиуритана(или резины), устанавливается с преднатягом. *3* – установочные винты.

Звездочка работает на сжатие. При передаче крутящего момента в каждую сторону работает половина зубьев. Стандартизованы для моментов 3...120 Нм, диаметров валов 12...45 мм.

Радиальное смещение $\Delta r=0,2$ мм; угловое $\Delta \alpha=1^{\circ}30'$

Муфта упругая втулочно-пальцевая (МУВП)



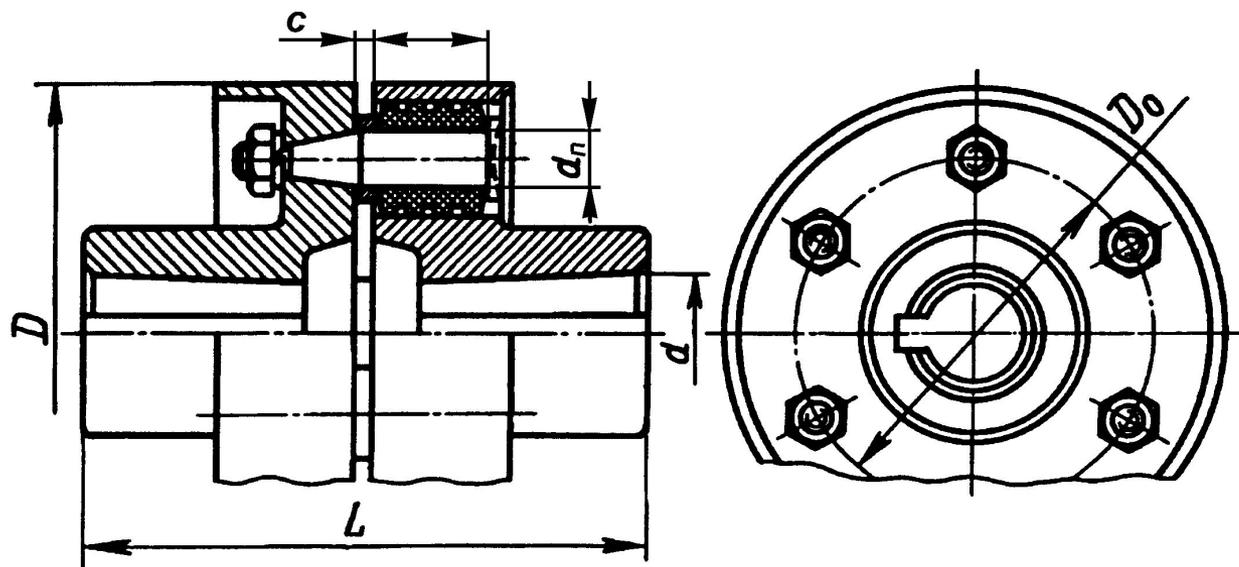
Одна из полумуфт содержит пальцы с закрепленными на них гофрированными *резиновыми втулками*, которые входят в отверстия на другой полумуфте.

МУВП компенсирует смещения валов:

радиальные 0,2...0,4 мм,

осевые – до 5 мм,

угловые – до 1,5°.



МУВП подбирают по передаваемому моменту в диапазоне 6,3...15000 Нм при диаметрах валов 16...150 мм.

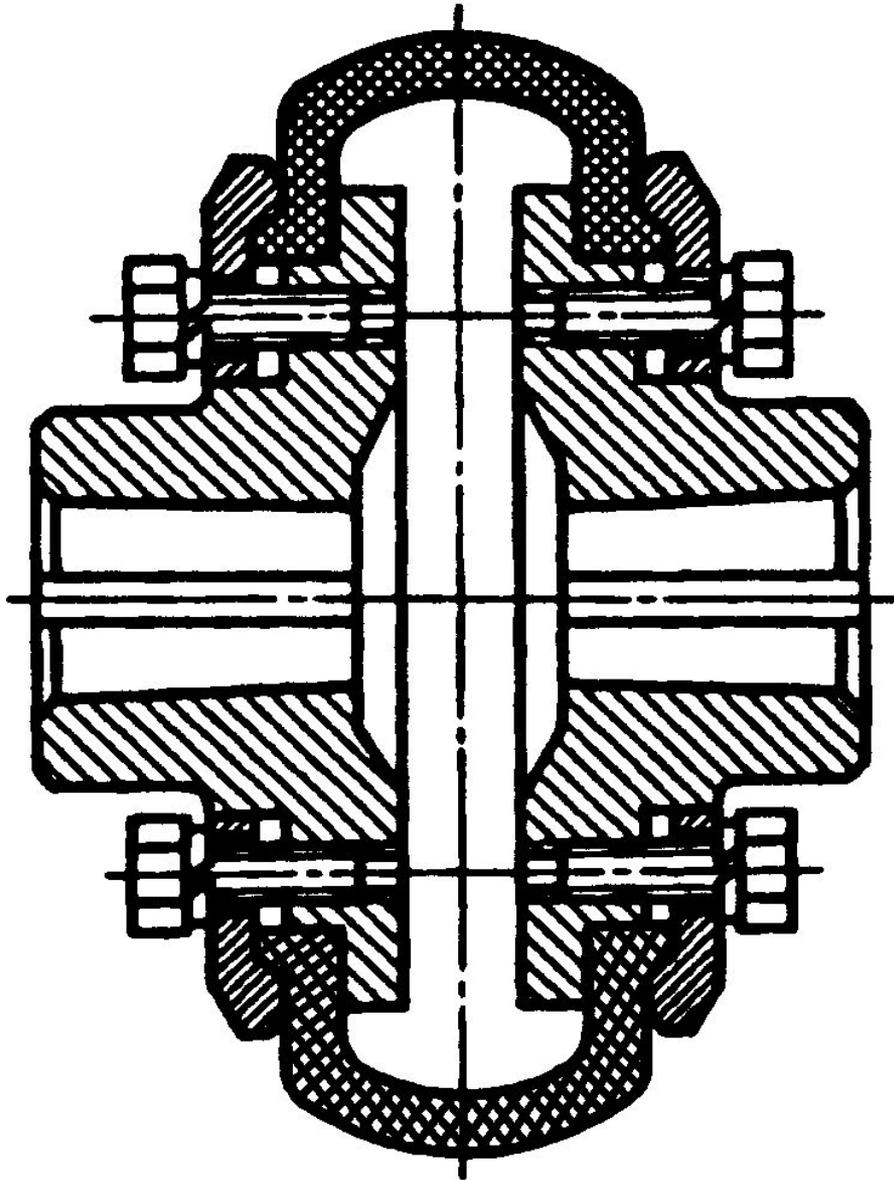
Концы валов нагружает радиальная сила:

$$F_M = \frac{(0,3...0,6) \cdot T}{D_0},$$

где D_0 – диаметр по осям пальцев.

Муфты с упругой торообразной оболочкой

Момент передается за счет зажима оболочки на полумуфтах с помощью колец и болтов.



Муфты с упругой оболочкой компенсируют: радиальные и осевые смещения - 2...6 мм, угловые - 2...6°.

Угол относительного закручивания полумуфт 5...30°.



Оболочка выполняется из *резины или резинокордных материалов*, обеспечивающих большую долговечность и большие компенсационные возможности.

Муфты с упругой оболочкой подбирают по передаваемому моменту в диапазоне 5...35000 Нм при диаметрах валов 10...300 мм.

Недостатком таких муфт являются их большие диаметральные размеры и наличие осевых сил, действующих на валы.

Муфты с металлическими упругими элементами

Металлические упругие элементы – *пружинны* (работают на кручение), *стержни*, *пакеты пластин* (работают на изгиб).

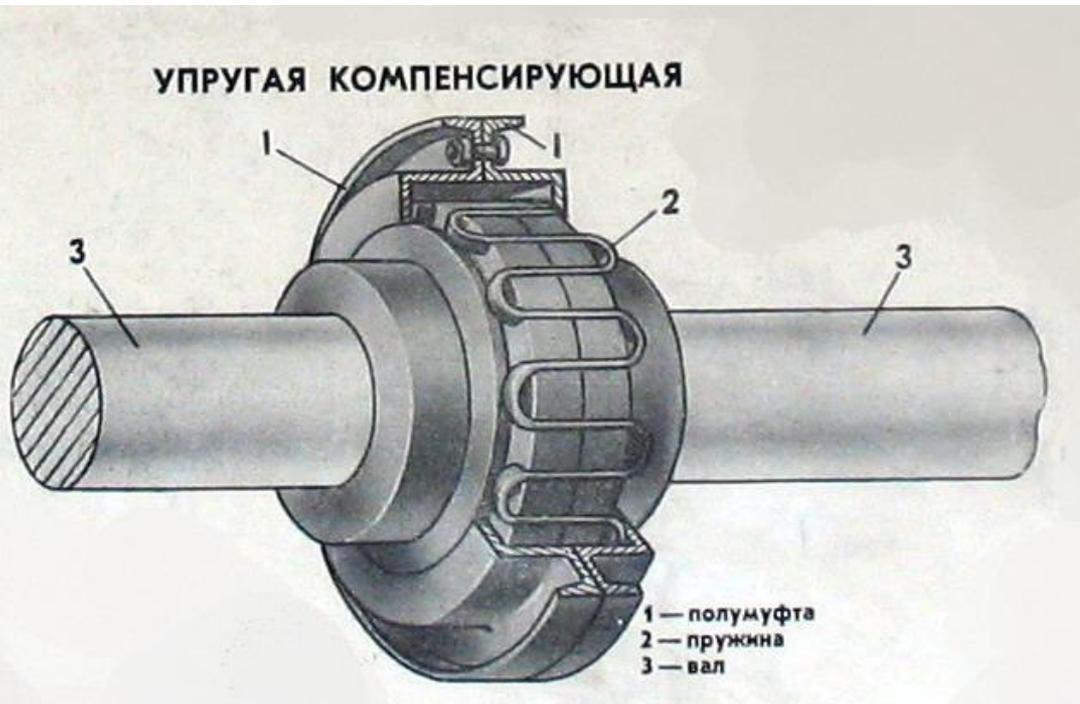
Достоинства:

- работоспособны при **высоких** и **низких** температурах.
- более долговечны, чем с резиновыми

Недостаток:

Энергопоглощающие возможности единицы массы металлических упругих элементов **намного ниже**, чем резиновых.

Упругая муфта со змеевидными пружинами



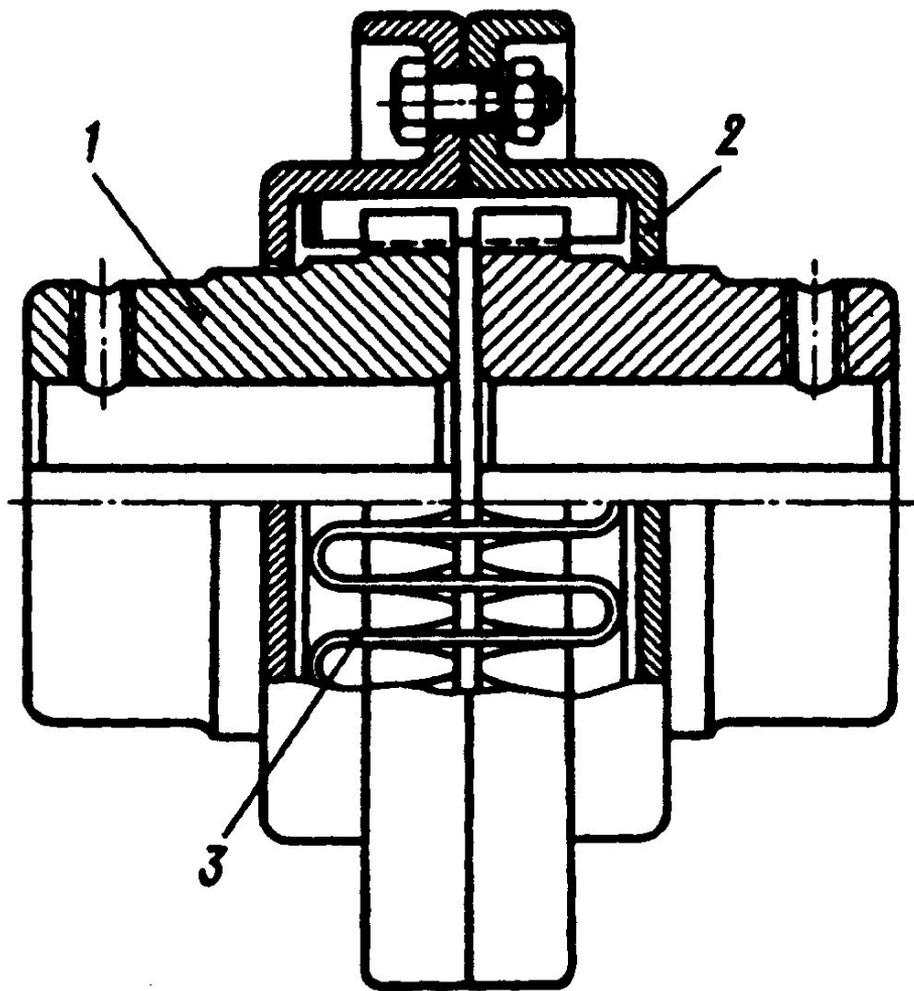
Металлические
(стальные) упругие
элементы в виде
*пластинчатых
змеевидных пружин*

Передаваемый муфтой крутящий момент до 100 кНм при диаметрах валов до 320 мм, компенсирует смещения валов:

радиальное 0,5...3 мм,

осевое 4...20 мм,

угловое — до 1,25°.



Муфта состоит из двух *полумуфт 1* с зубьями особой формы, между которыми заложена *ленточная змеевидная пружина 3*.

Кожух 2 удерживает пружину от выпадания и служит резервуаром для пластичной смазки.

При относительном провороте полумуфт *пружина 3* упруго деформируется зубьями (изгибается), воспринимая момент T , передаваемый муфтой.

Муфта с цилиндрическими пружинами

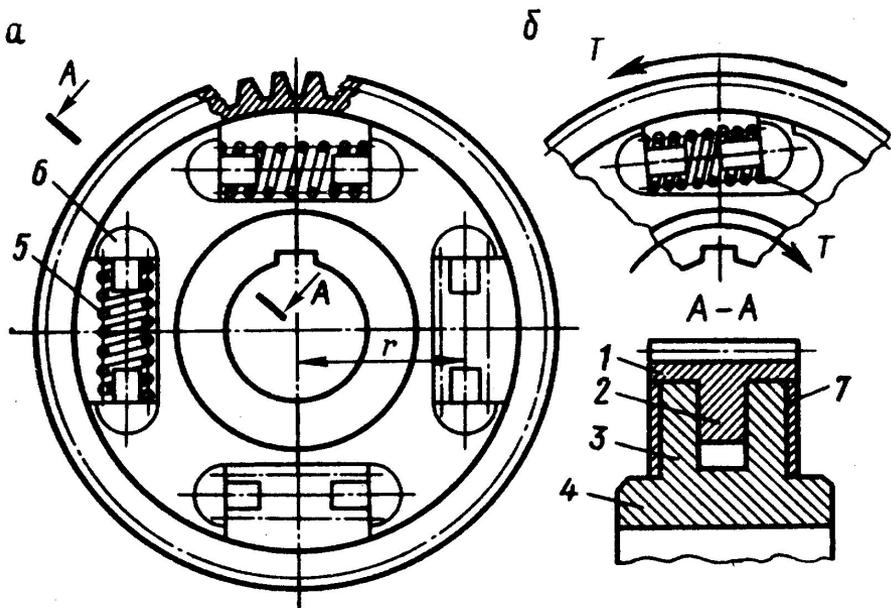
Встроена в зубчатое колесо.

Состоит из *обода 1* с зубчатым венцом, *ребром 2* и *ступицы 4* с *дисками 3*. Ребро 2 размещено между *дисками 3* с возможностью их относительного проворота.

В фасонные вырезы этих деталей размещаются *пружины 5* с *крепежными элементами 6*, а для предохранения их от загрязнения и выпадения предусмотрены *крышки 7*.

Рис. а Муфта в ненагруженном состоянии.

Рис. б. Муфта при передаче крутящего момента (*пружины 5* сжимаются между *элементами 6*, относительный поворот полумуфт).



Величина момента T_i , передаваемого муфтой :

$$T_i = F_i \cdot r \cdot z,$$

где F_i – сила пружины;

r – радиус расположения пружин;

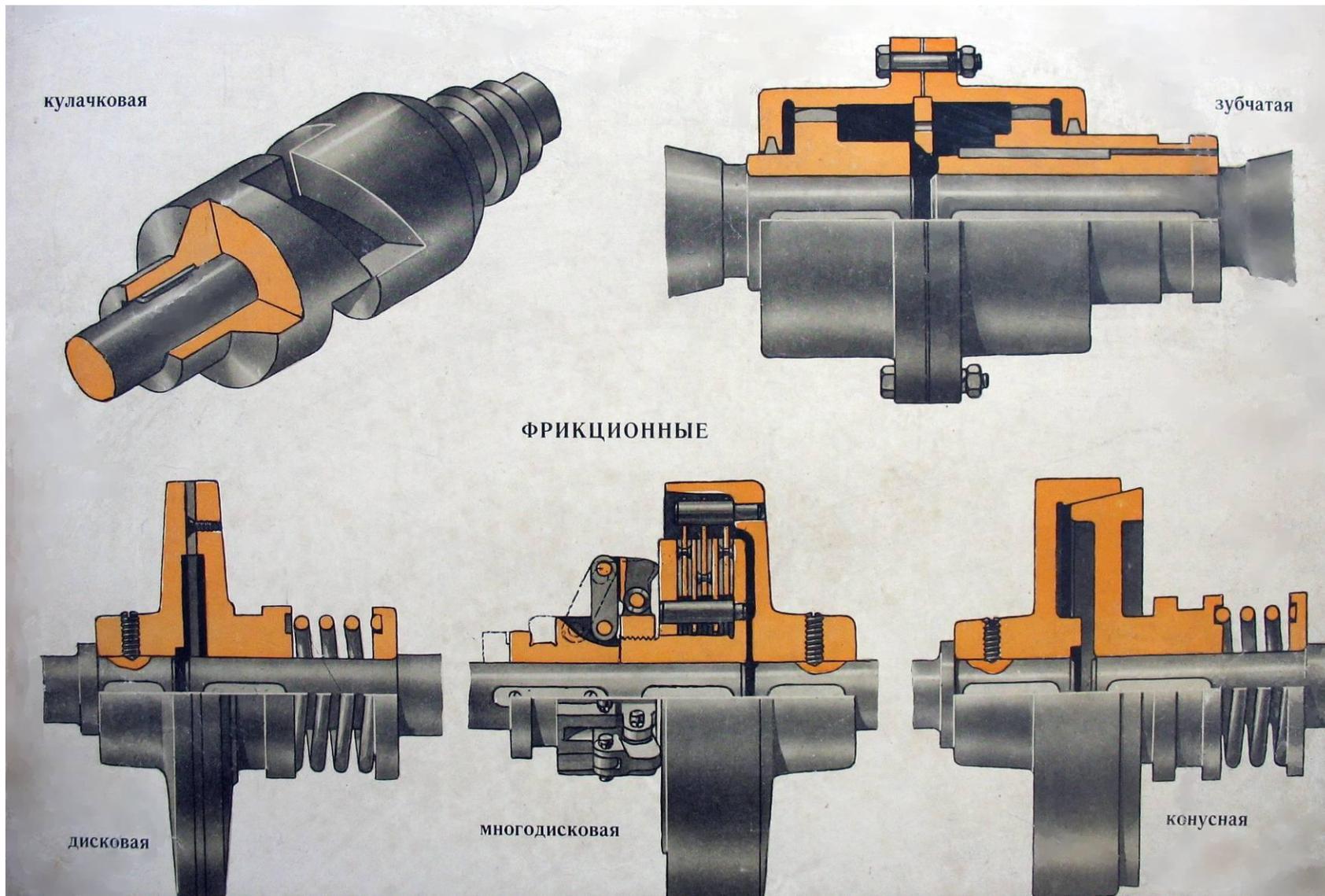
z – число пружин.



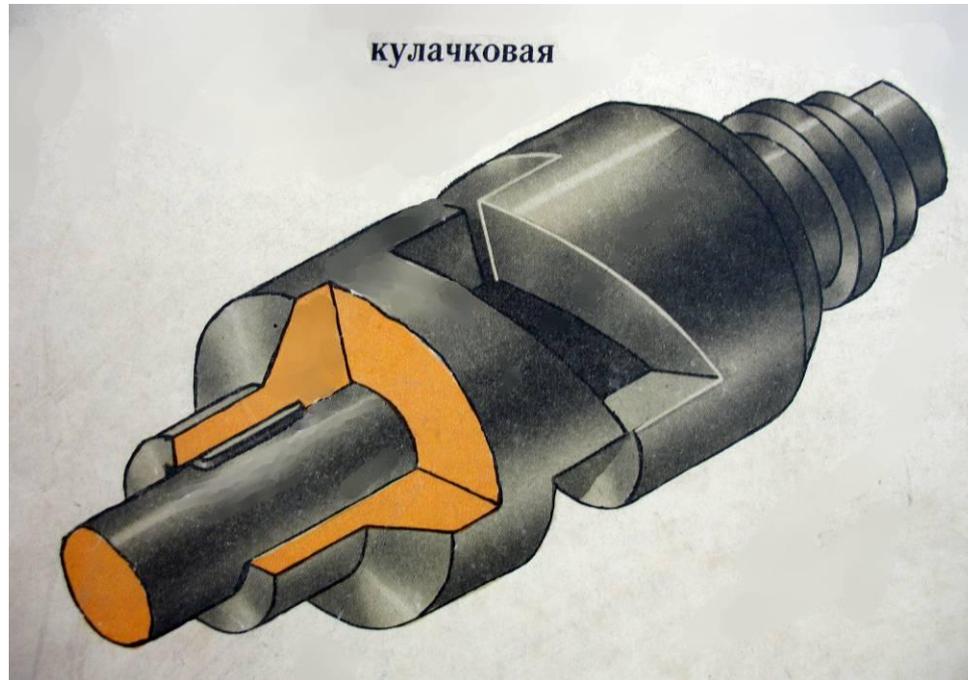
В автомобилях муфта с цилиндрическими пружинами установлена *в диске сцепления* в качестве *гасителя крутильных колебаний*.

Сцепные управляемые муфты

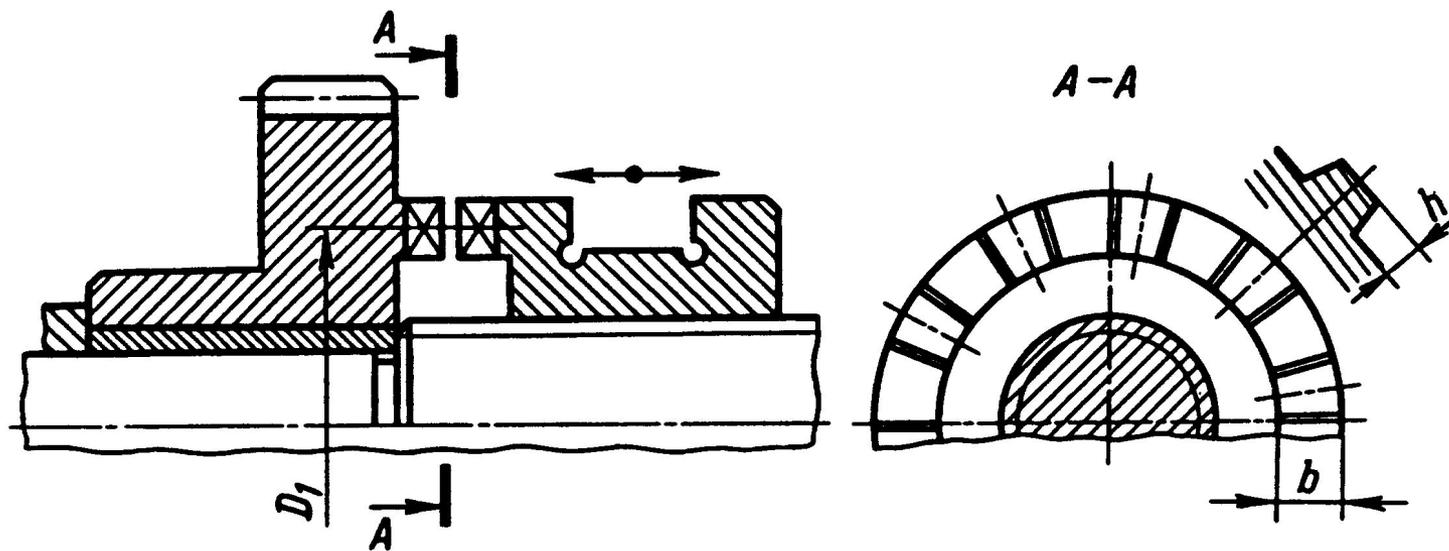
Сцепные муфты делятся на основанные *на зацеплении* (кулачковые или зубчатые) и *на трении* (фрикционные).



Муфта кулачковая



Муфты кулачковые состоят из двух полумуфт с выступами и впадинами (кулачками) на торцовых поверхностях. При сближении полумуфт выступы одной полумуфты входят во впадины другой, *образуя жесткое зацепление*. Для включения и выключения подвижную полумуфту перемещают в осевом направлении специальной отводкой (вилкой).



Кулачки проверяют по среднему давлению на рабочих поверхностях и по напряжению изгиба.

Среднее давление:

$$p = \frac{2 \cdot T}{D_1 \cdot z \cdot b \cdot h} \leq [p],$$

где z – число кулачков;

D_1 , b , h – размеры муфты;

$[p]$ – допускаемое давление; для закаленных кулачков, допускающих включение на ходу $[p] = 35 \dots 70$ МПа.

Работоспособность определяется напряжением изгиба вершин кулачков:

$$\sigma_u = \frac{12 \cdot k \cdot T \cdot h}{D_1 \cdot z \cdot b \cdot a^2} \leq [\sigma_u],$$

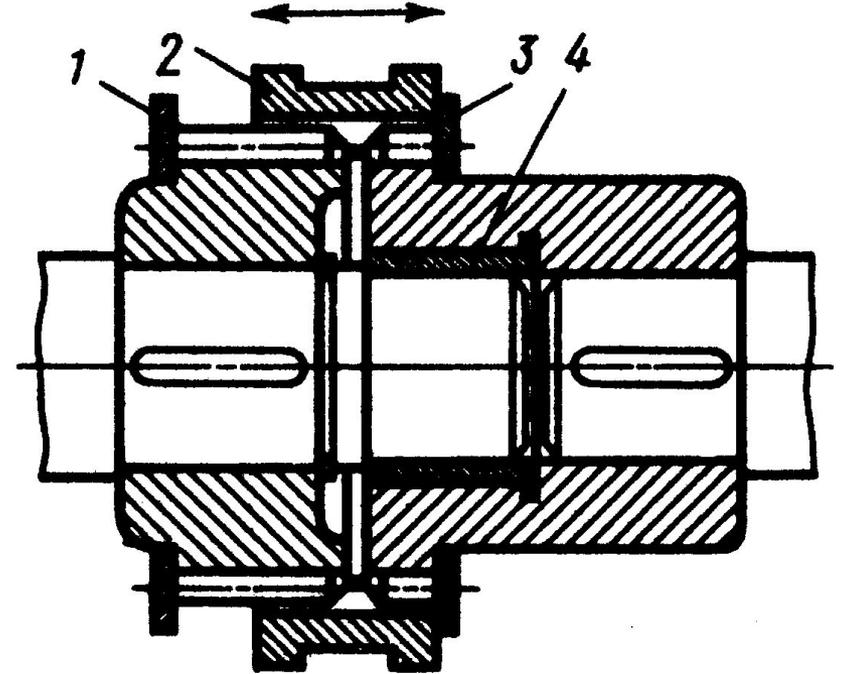
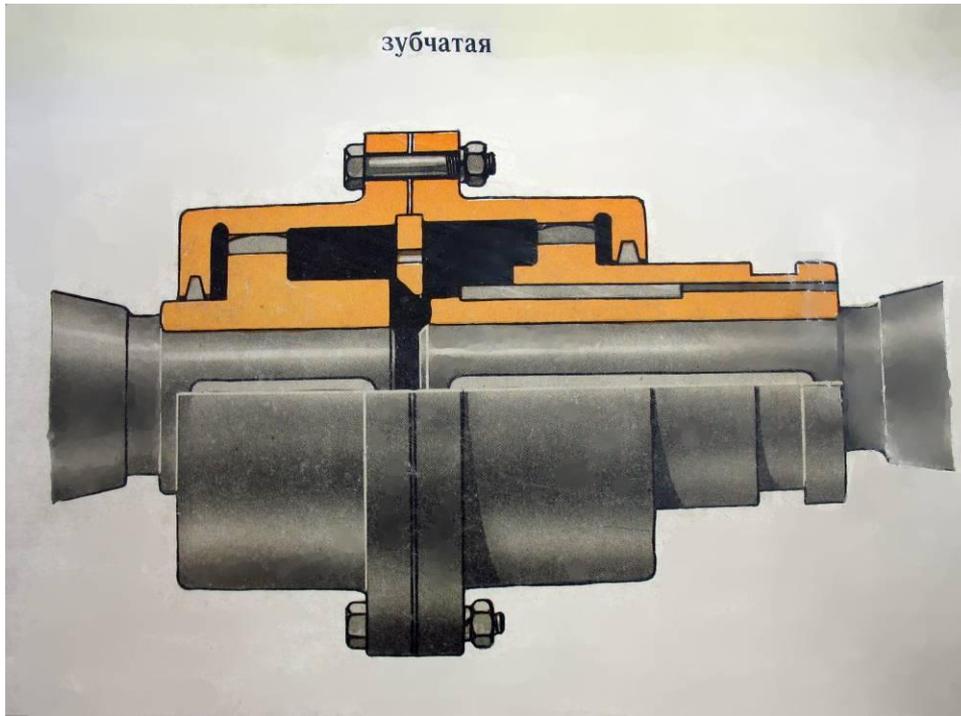
где k – коэффициент совместного учета неравномерности нагружения и динамичности; $k \approx 3 \dots 8$;

a – толщина кулачка у основания;

$[\sigma_u]$ – допускаемое напряжение на изгиб материала кулачков.

Кулачковые муфты просты в изготовлении и малогабаритны. Применяют их для включения приводов в неподвижном состоянии или в ненагруженном состоянии при малых относительных окружных скоростях полумуфт до 1 м/с.

Зубчатая сцепная муфта



Обойма 2 является подвижной и может находиться как в положении, соединяющем зубья полумуфт, так и в отключенном положении (при сдвигании обоймы 2 влево). *Упоры 1 и 3* ограничивают движение обоймы, а *втулка 4* играет роль подшипника при выключении муфты.

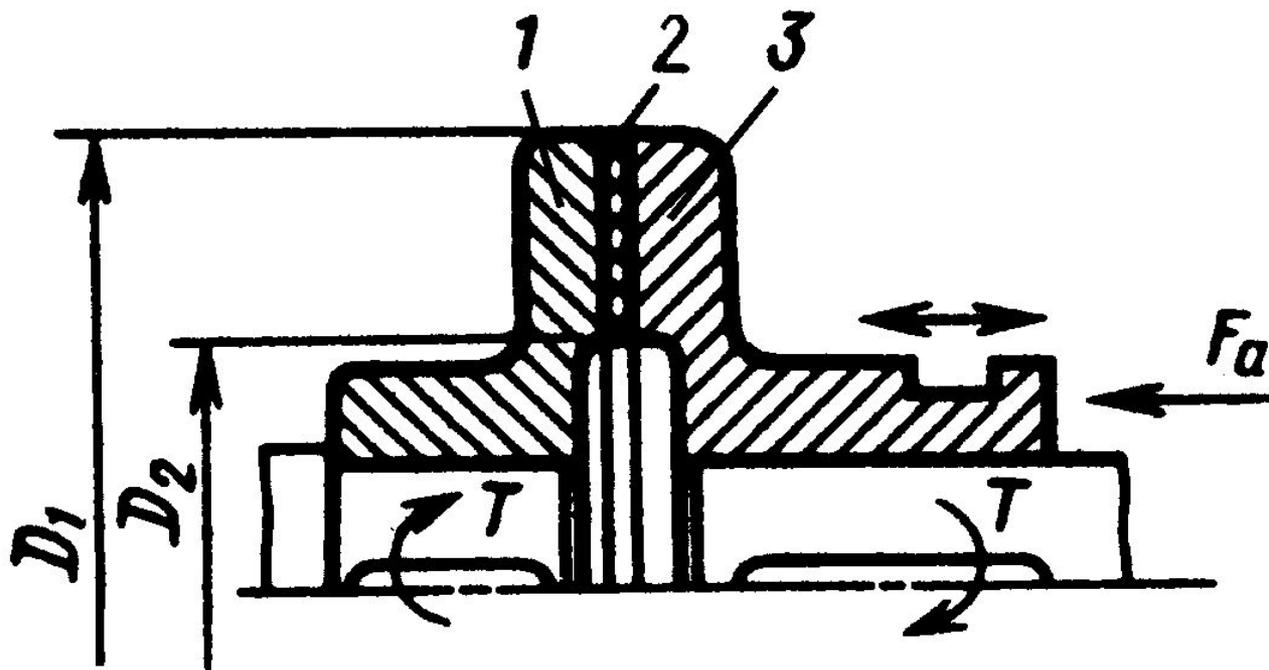
Муфты фрикционные (муфты трения)

Основаны на создании сил трения между элементами муфты.

Преимущества:

- нет динамических нагрузок, шума при включении
- могут служить предохранительным звеном (проскальзывание при пиковых нагрузках)
- позволяют включение привода на ходу под нагрузкой за счет проскальзывания рабочих поверхностей.

Дисковая фрикционная муфта



Полумуфта 1 зафиксирована на валу неподвижно, а *полумуфта 3* может двигаться в осевом направлении на валу со шпонкой. *Фрикционная накладка 2* прикреплена к любой из полумуфт. Для включения муфты к подвижной полумуфте прикладывают осевую силу F_a .

Момент трения, передаваемый муфтой:

$$T_{тр} = F_a \cdot f \cdot r_{cp} = \beta \cdot T_p,$$

где f – коэффициент трения материалов накладки и диска полумуфты;

β – коэффициент запаса по сцеплению;

$$\beta = 1,3 \dots 1,5,$$

r_{cp} – T_p – расчетный (требуемый) момент;
средний радиус рабочих поверхностей.

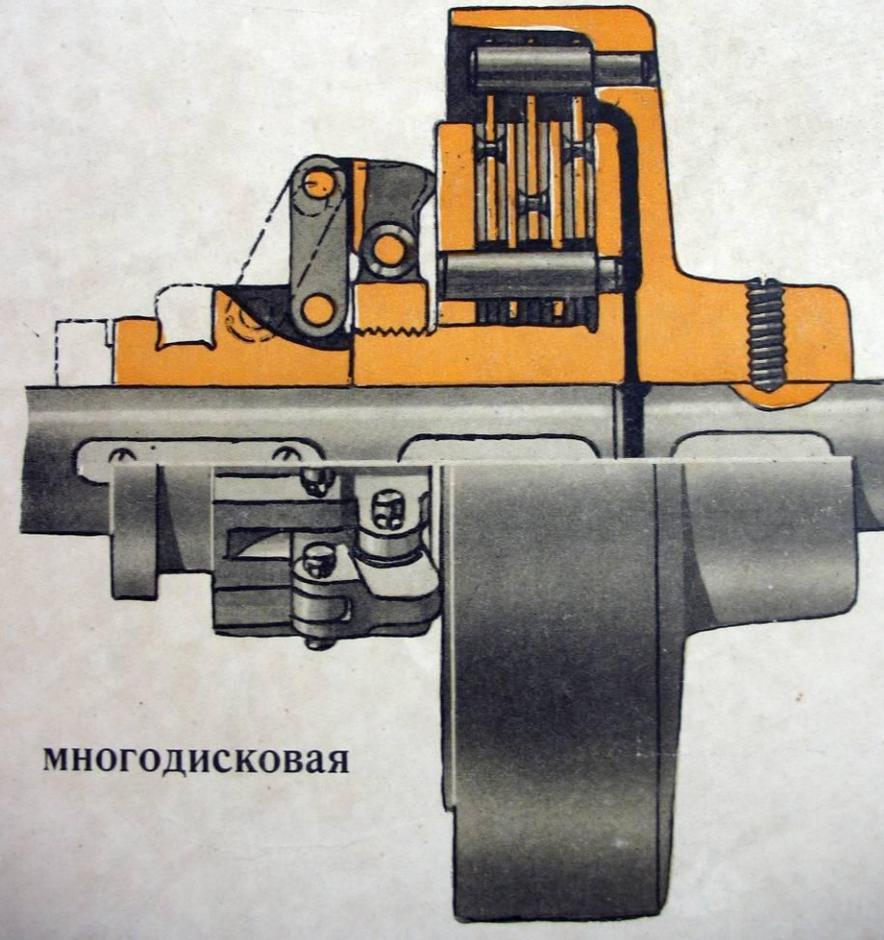
$$r_{cp} = (D_1 + D_2) / 4,$$

где D_1 – внутренний диаметр накладки;

D_2 – наружный диаметр накладки.

Многодисковая фрикционная муфта

ФРИКЦИОННЫЕ



Дисковая фрикционная муфта состоит из *наружных дисков*, сцепляющихся с корпусом и *внутренних дисков*, сцепляющихся со втулкой, нажимного механизма.

Достоинства:

- большая несущая способность при малых габаритах,
- плавность включения.

Недостаток:

плохая расцепляемость ДИСКОВ

Сила прижима дисков F_a , необходимая для создания момента:

$$F_a = \frac{\beta \cdot T_p}{f \cdot r_{cp} \cdot z},$$

где z – число пар трущихся поверхностей,

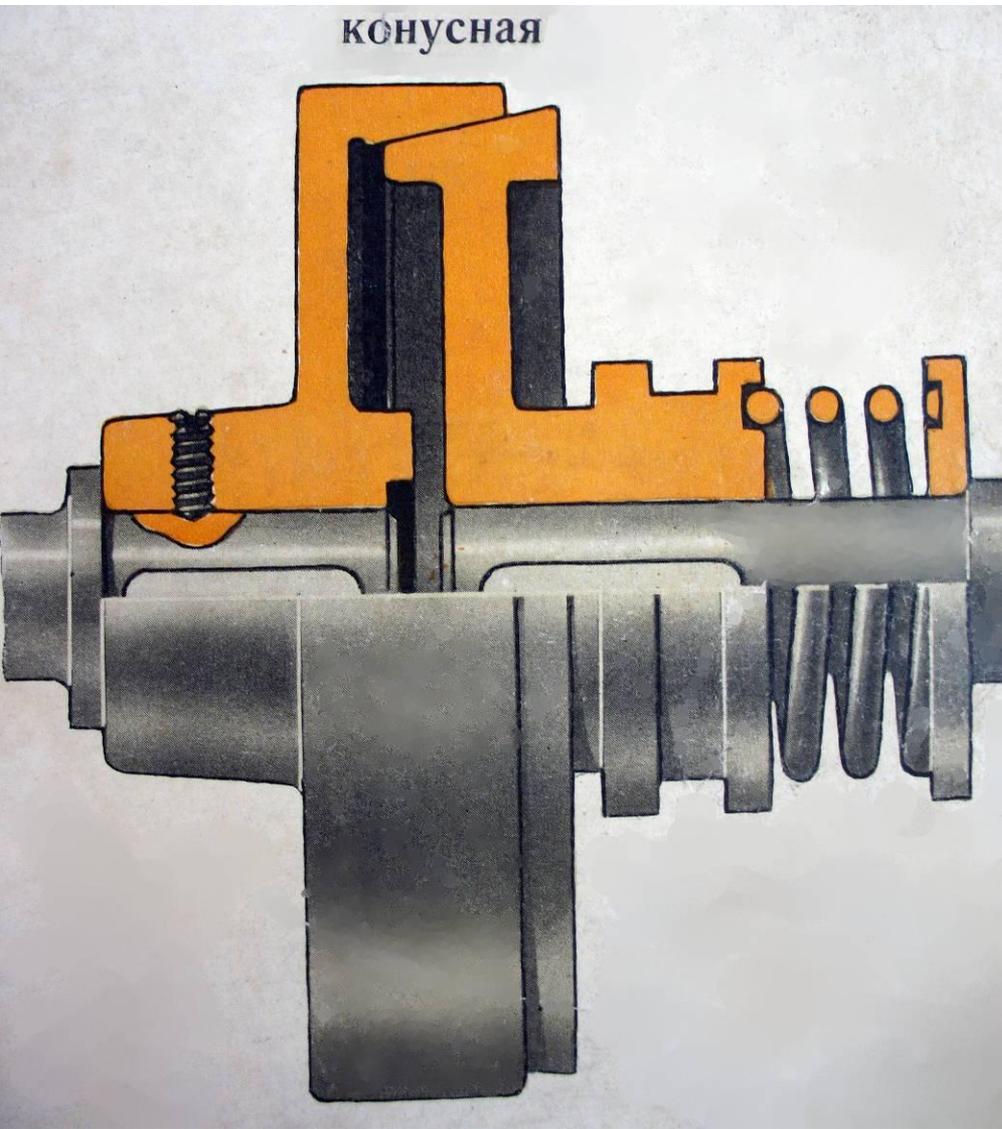
Зазор между дисками выключенной муфты 0,3...1 мм; число дисков – не более 11.

При передаче больших крутящих моментов дисковые фрикционные муфты снабжаются *сервоприводом нажима* – пневматическим, гидравлическим, электрическим.

Материалы накладок дисковой муфты

- *сталь-металлокерамика* (коэффициент трения без смазки $f = 0,4$; со смазкой – $0,1$);
- *сталь – прессованный асбест* (без смазки $f = 0,35$);
- *сталь - металлопластмасса* (железный пористый каркас, пропитанный фенолформальдегидной смолой, $f = 0,4$, работают в широком диапазоне температур – до $800\text{ }^{\circ}\text{C}$);
- *сталь-ретинакс* (модифицированный канифолью фенолформальдегидная смола с наполнителями – барит, асбест, латунь+ противозадирные присадки).

Конусная фрикционная муфта



Одну из полумуфт выполняют с *внутренней конической рабочей поверхностью*, вторую – с *наружной*.

Конические поверхности трения позволяют создать на них *значительные нормальные давления* и силы трения при малых силах включения (механизм клина).

Угол конусности— от 8 до 15°.

Материалы поверхностей трения:

Сталь по стали или накладки на асбестовой основе

Достоинства:

- хорошая расцепляемость,
- простота конструкции.

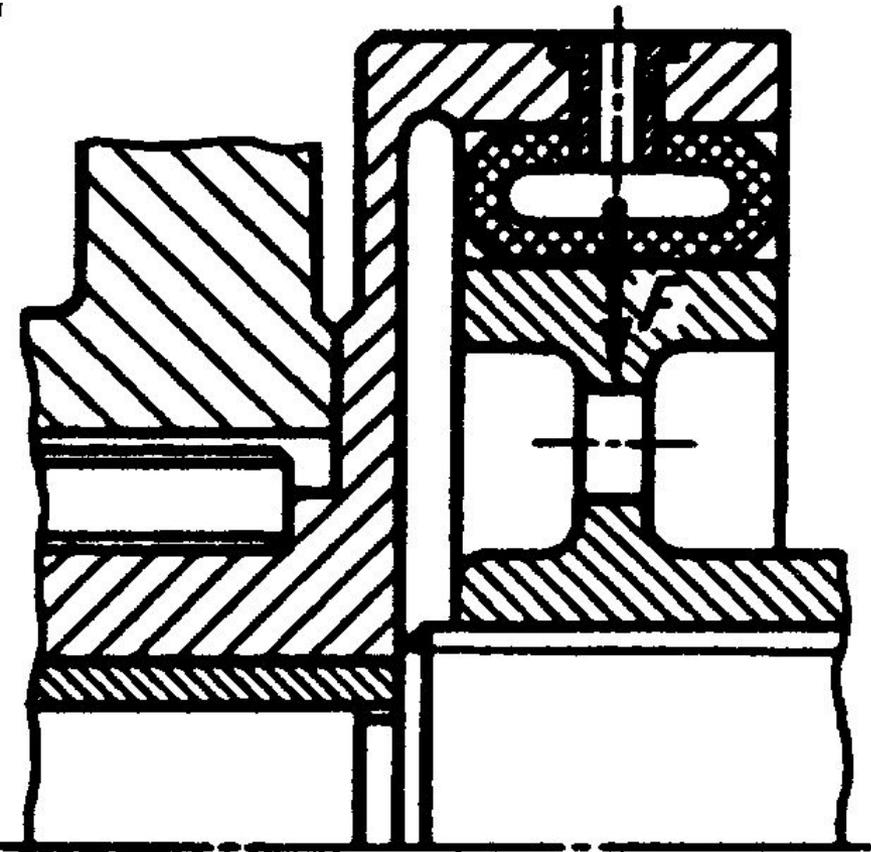
Недостатки:

- значительные радиальные габариты,
- высокие требования к соосности.

Применение:

В автомобильной трансмиссии конусные сцепные муфты широко применяются в *синхронизаторах* коробок передач.

Цилиндрическая шинно-пневматическая фрикционная муфта



Для включения муфты в камеру баллона подается сжатый воздух под давлением, баллон расширяется и своей внутренней цилиндрической поверхностью *зажимает барабан*, находящийся на правой полумуфте, и плавно *включает* сцепную муфту.

Достоинства:

- удобство управления;
- возможность регулирования скорости включения;
- компенсация угловых, радиальных, осевых смещений валов;
- самокомпенсация износа;
- демпфирование крутильных колебаний и толчков.

Недостаток:

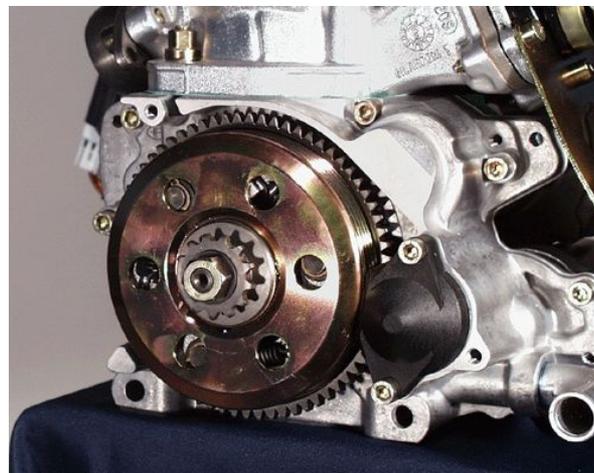
старение резины

Применяются для передачи больших крутящих моментов (в буровых лебедках, в трансмиссиях экскаваторов).

Самоуправляемые (автоматические) сцепные муфты

Автоматически срабатывают в определенных условиях:

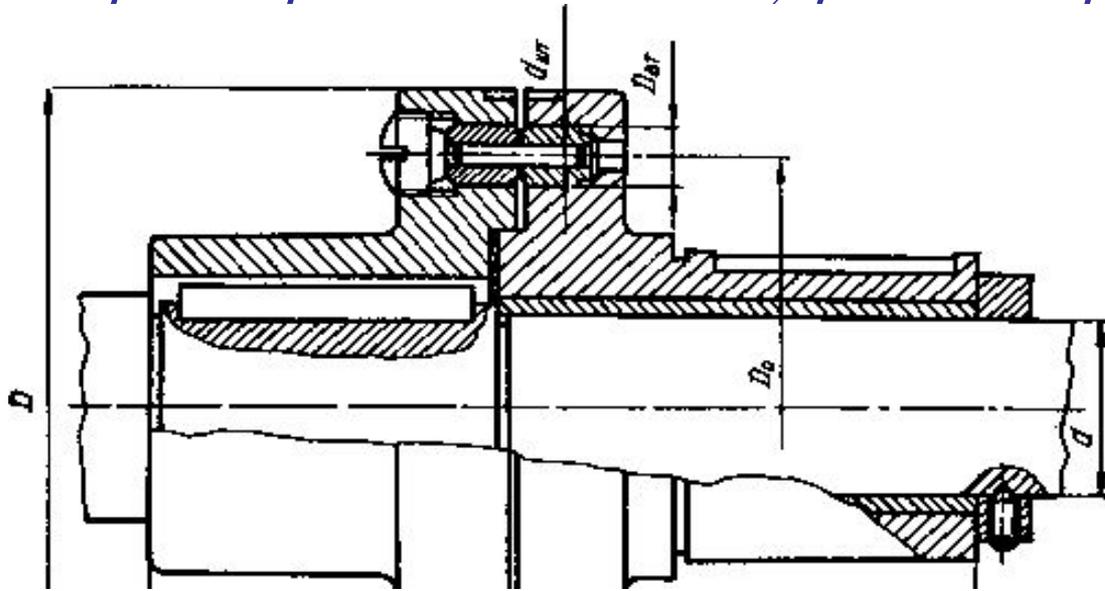
- по моменту
(*предохранительные*)
- по направлению движения
(*обгонные или свободного хода*)
- по скорости (*центробежные*)



Предохранительные муфты

предназначены для предотвращения разрушений привода от перегрузок по моментам.

Предохранительная муфта со срезным штифтом

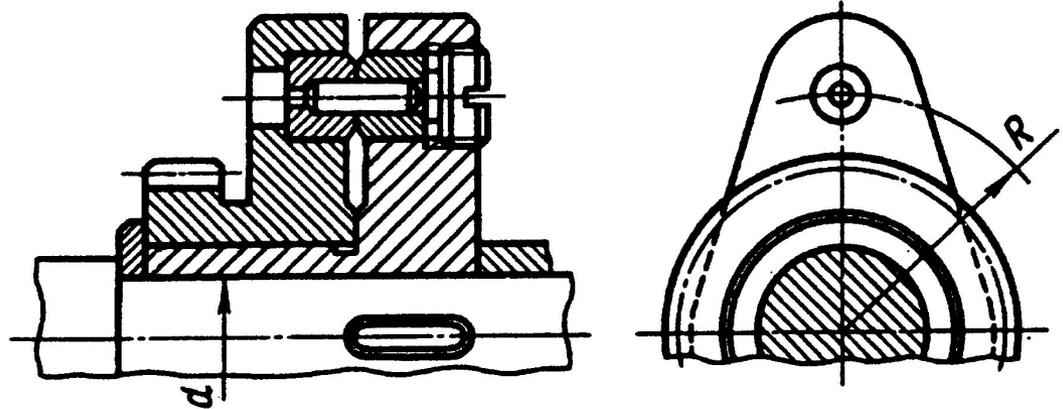


используют В приводах с редкими перегрузками случайного характера, например, *в приводах конвейеров.*

Полумуфты *соединены стальным штифтом,* который вставлен в стальные закаленные втулки. Момент передается от одной полумуфты к другой *только штифтом* (одним или двумя), *работающим на срез. Штифт срезается при перегрузке.*

Штифт предохранительной муфты *рассчитывается на срез*, откуда определяется диаметр штифта:

$$d_{шт} \leq \sqrt{\frac{4 \cdot T_{пред} \cdot k}{\pi \cdot [\tau] \cdot z \cdot R}},$$



где $T_{пред}$ – предельное значение разрушающего момента, Нм;

R – радиус расположения осей штифтов, м;

z – число штифтов;

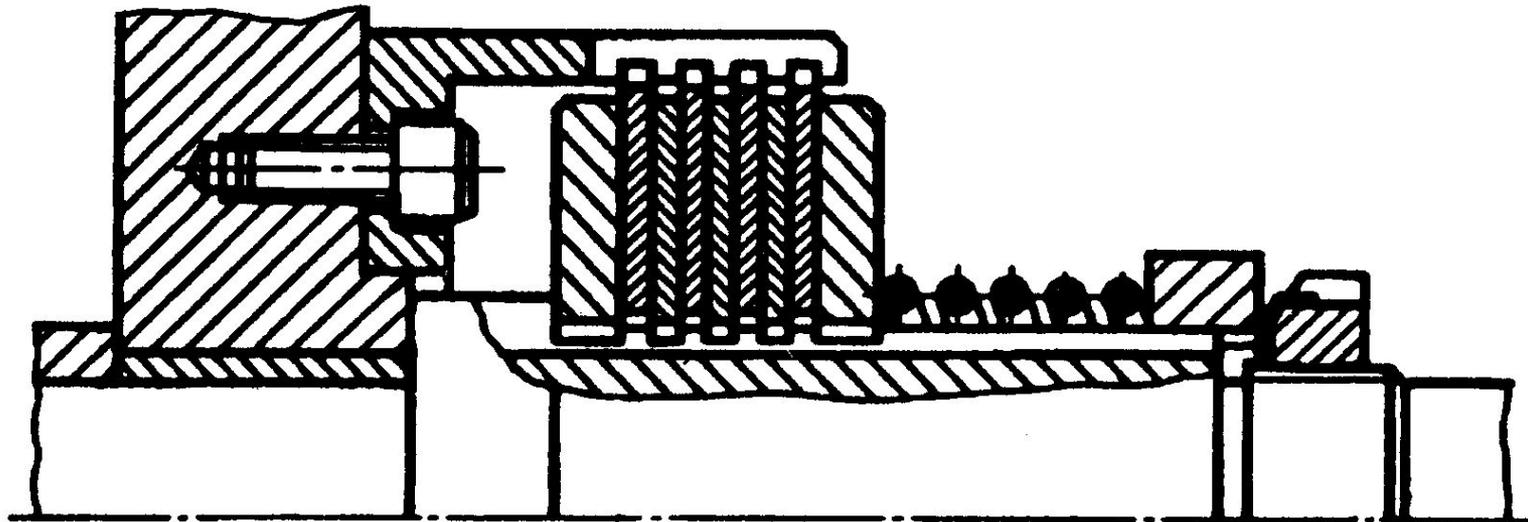
k – коэффициент неравномерности нагрузки на штифты, при $z = 1$ $k = 1$; при $z = 2$ $k = 1,2$;

$[\tau]$ – допускаемое напряжение, равное пределу

прочности материала штифта на срез, МПа.

Для термообработанной стали 45 $[\tau] = (380 \dots 420)$ МПа.

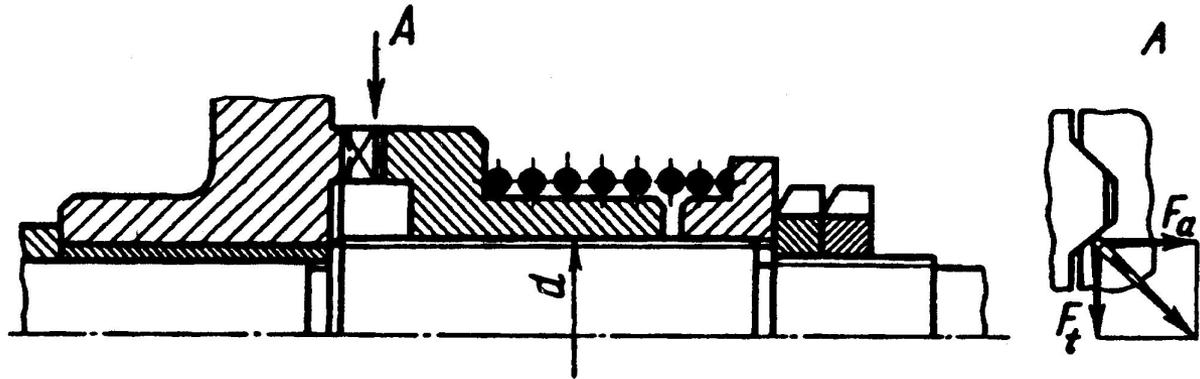
Фрикционная предохранительная муфта



Диски проскальзывают при превышении заданного момента, так как пружина отрегулирована на передачу соответствующего момента.

Используют фрикционные предохранительные муфты при кратковременных, хотя и частых перегрузках.

Кулачковая предохранительная муфта

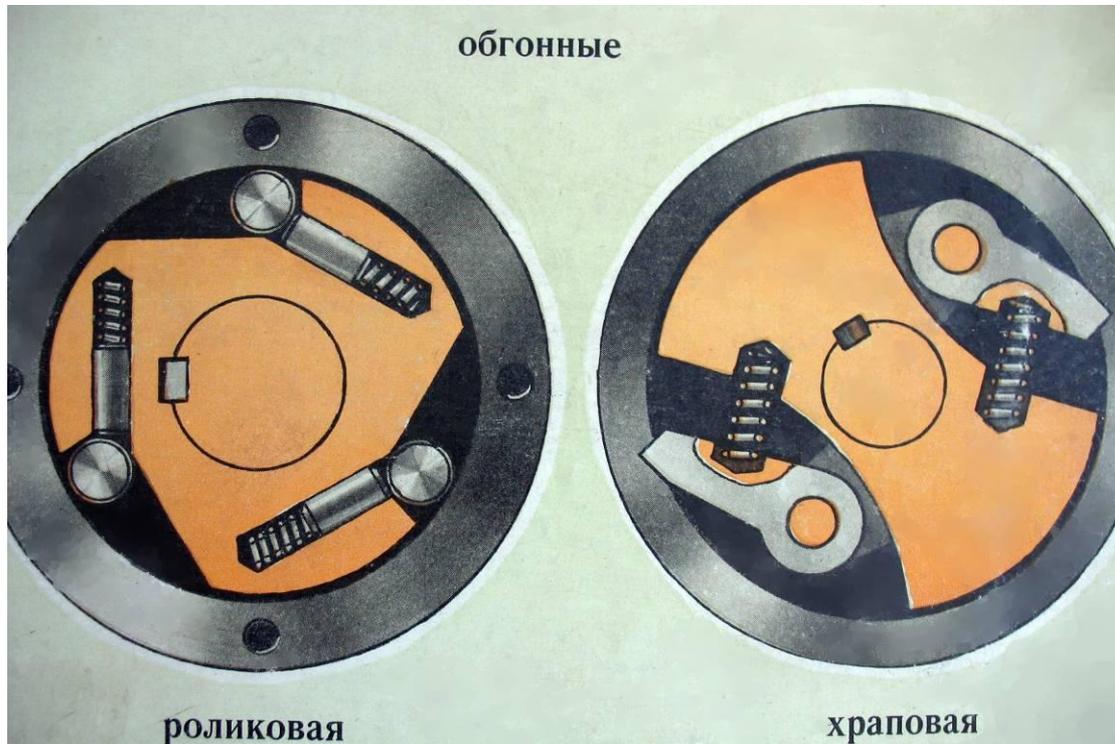


При перегрузках осевая сила F_a , действующая в муфте, превышает силу нажатия пружины и *кулачки начинают проскакивать*.

Сцепление автоматически восстанавливается после прекращения перегрузки.

При прощелкивании *кулачки изнашиваются*, поэтому кулачковые предохранительные муфты используются *для передачи малых моментов при малых частотах вращения*.

Муфта обгонная (или свободного хода)



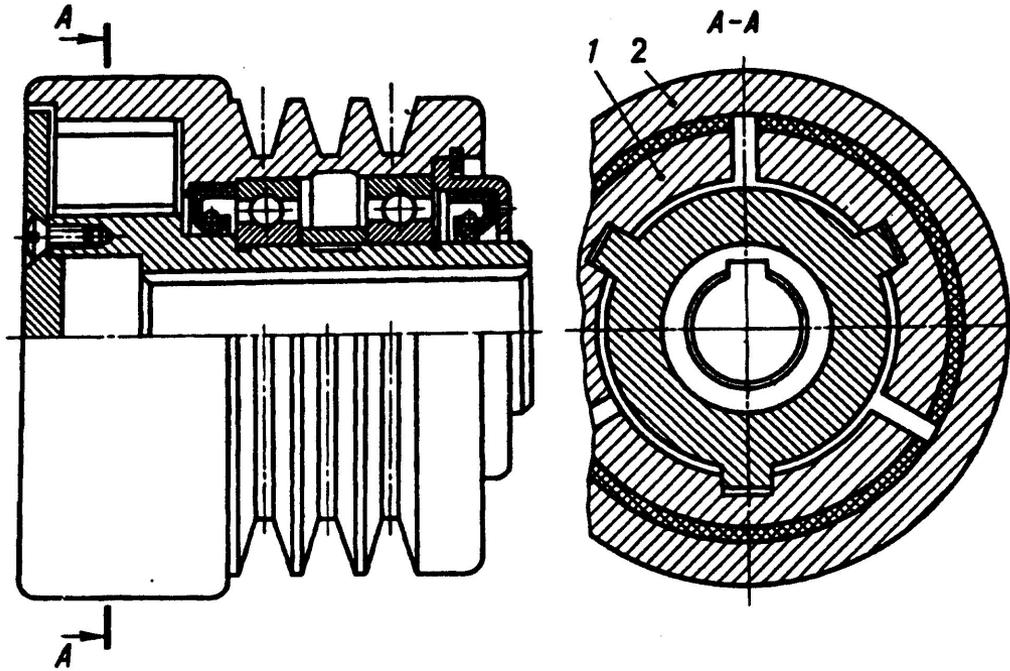
Предназначена для передачи крутящего момента *только в одном направлении.*

Наиболее распространены

роликовые обгонные муфты с тремя или пятью роликами и диапазоном передаваемых моментов 2,5...800 Нм.

Роликовая обгонная муфта содержит обойму, чаще всего в форме кольца, и звездочку с прорезями для размещения там роликов.

Центробежная муфта



Применяется как для соединения, так и разъединения валов друг с другом и с размещенными на них деталями при достижении ведущим валом определенной частоты вращения.

Ведущий центральный вал соединен с ведомым шкивом. При достижении валом необходимой частоты вращения, *колодки-грузы 1*, стремясь двигаться по прямой, *прижимаются к обойме 2 ведомой полумуфты*, и *трясь об нее, начинают передавать окружное усилие.*



Применение центробежных муфт:

1. в качестве *пусковых*. Во время пуска такие муфты повышают плавность хода;
2. в качестве *предохранительных*: при перегрузках, когда двигатель сбавляет обороты, муфта *разъединяет валы* (в бензопилах, газонокосилках, культиваторах).