

# **МУФТЫ.**

## **Механические муфты**

### **Вопросы, изложенные в лекции**

- 1 Муфты. Общие сведения. Назначение
- 2 Муфты. Классификация
- 3 Нерасцепляемые муфты.
- 4 Управляемые муфты.
- 5 Самодействующие муфты.
- 6 Методика подбора муфт.

# Муфты. Общие сведения

**Муфта** (от немецкого *die Muffe*) – устройство для соединения валов, тяг, труб, канатов, кабелей.

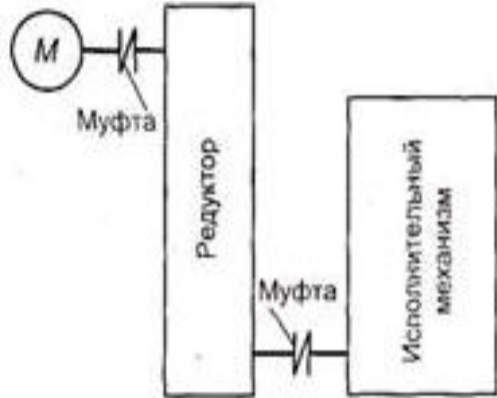
Следует различать **муфты соединительные** и **муфты приводов** машин. Муфты приводов рассматриваются в курсе деталей машин.

**Муфты приводов** (далее **муфты**) – устройства, предназначенные для передачи вращательного движения между валами или между валом и свободно сидящей на нём деталью (шкивом, звёздочкой, зубчатым колесом и т.п.) без изменения параметров движения (рисунок 1, 2).

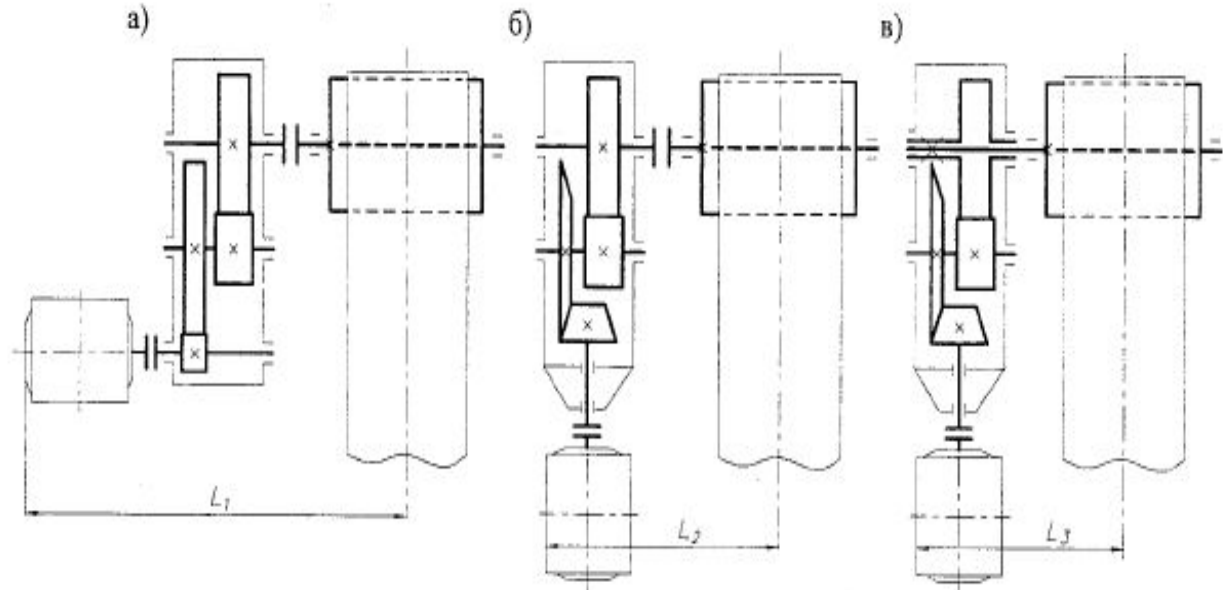
## Назначение муфт:

- 1) обеспечение кинематической и силовой связи (скорости, крутящего момента) отдельных частей машины;
- 2) компенсация неточности сопряжения соединяемых концов валов;
- 3) демпфирование толчков, ударов и гашение колебаний;
- 4) предохранение частей механизмов от разрушения при действии нештатных нагрузок;
- 5) периодическое сцепление и расцепление валов в процессе движения или во время остановки.

# Муфты. Классификация



**Рисунок 1 –  
Принципиальная  
схема машины**



**Рисунок 2 – Кинематические схемы  
ленточного транспортера**

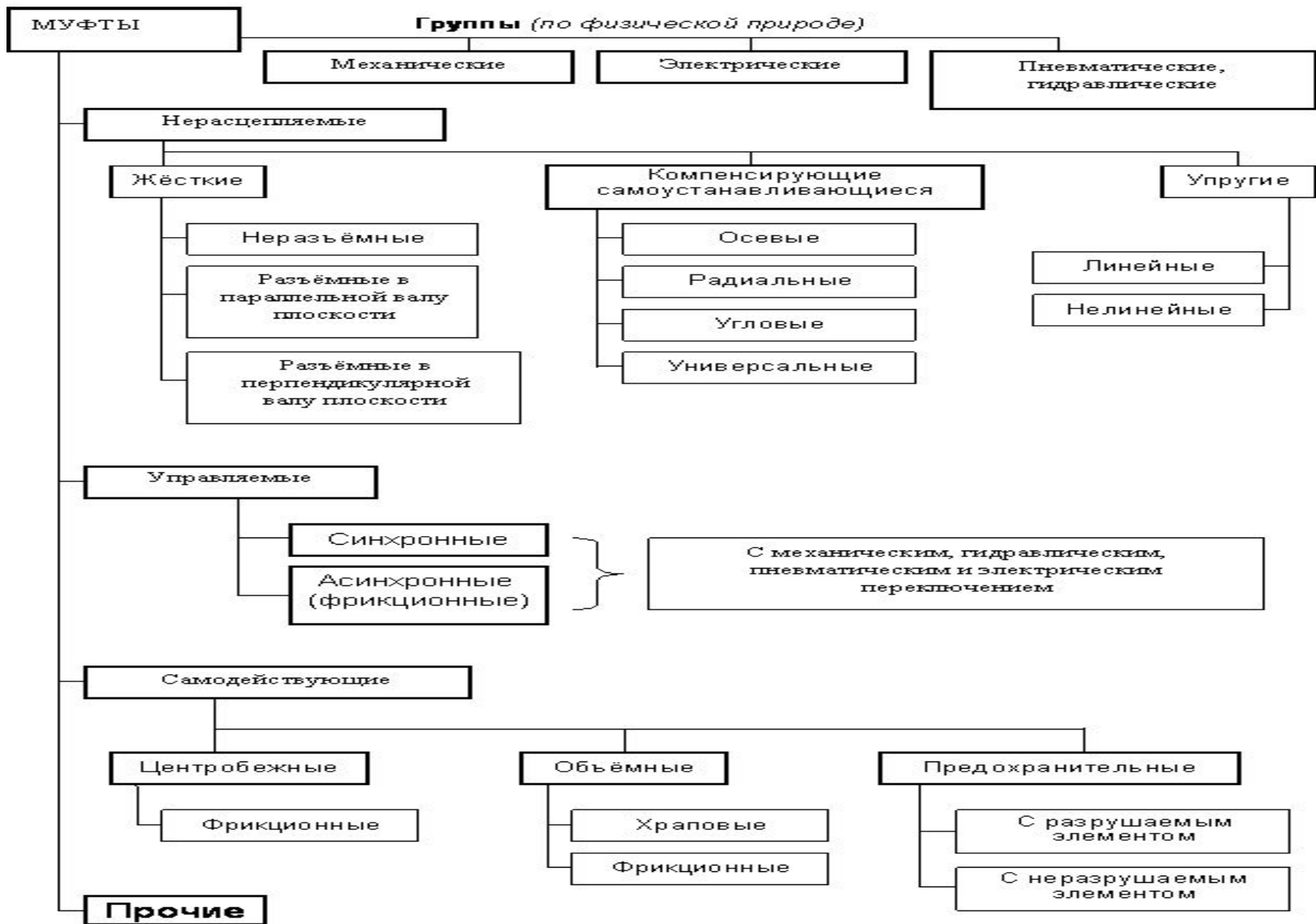
**Различают IV класса муфт:**

- **нерасцепляемые** – не допускают разъединения валов в процессе работы машины.
- **управляемые** – соединяют и разъединяют валы в процессе работы (как на ходу, так и в процессе остановки).
- **самодействующие** – автоматически срабатывают при изменении режима работы.
- **прочие.**

# Муфты. Классификация

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

# Муфты. Классификация

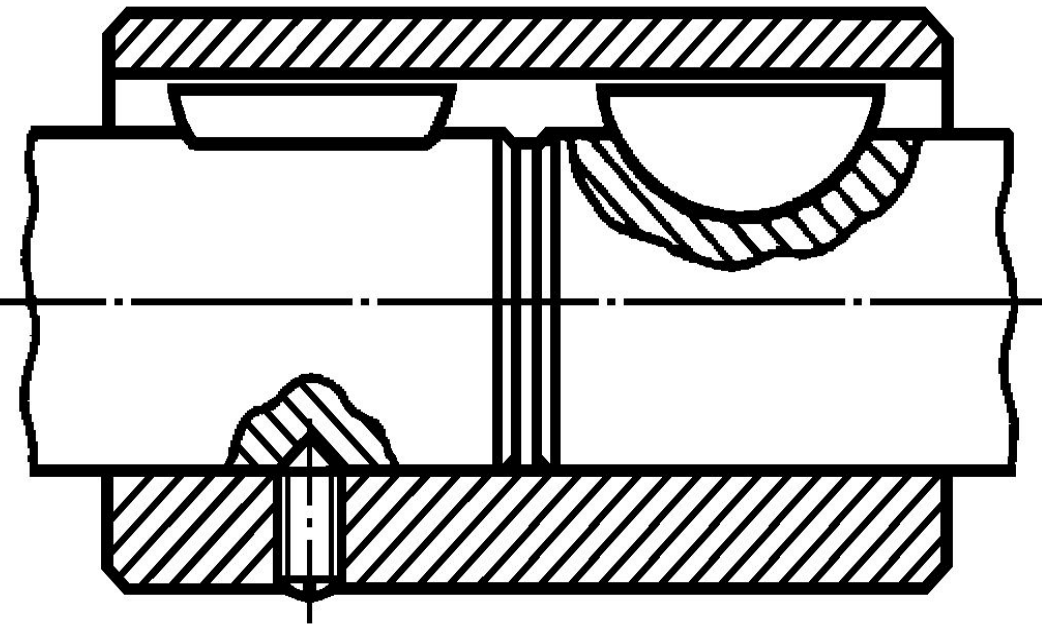


# Нерасцепляемые муфты

Муфты постоянного соединения позволяют разъединить ведущий и ведомый валы только после разборки соединения. Наиболее простыми из муфт постоянного соединения являются глухие муфты.

Глухая муфта – муфта постоянного соединения, обеспечивающая при соединении валов полное совпадение их геометрических осей.

Глухими являются *втулочные, продольно-разъёмные и поперечно-разъёмные или фланцевые муфты*.



Втулочная муфта (рисунок 3) представляет собой втулку, одетую на концы соединяемых валов. Вращающий момент передаётся втулкой через шпонки (рис. 3), шлицы или штифты, установленные в отверстиях, просверленных диаметрально сквозь втулку и концы валов.

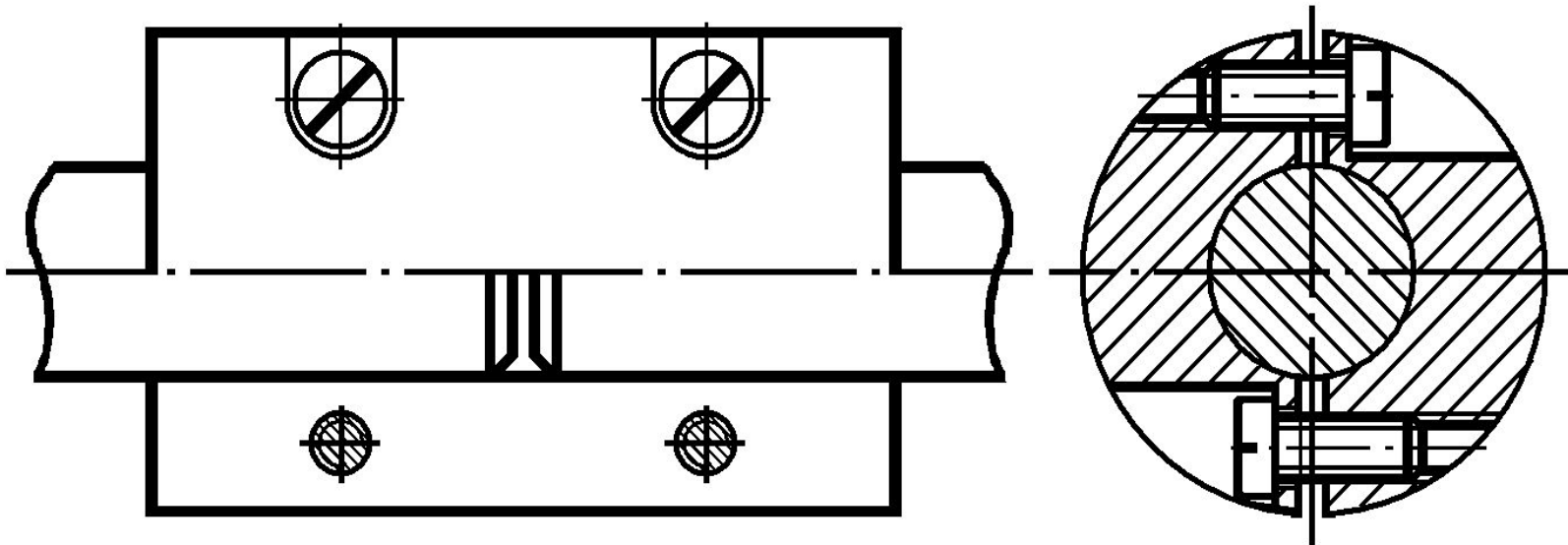
Недостаток – невозможность разъединения валов без смещения хотя бы одного из них.

**Рисунок 3 – Втулочная муфта**

# Нерасцепляемые муфты

**Продольно-разъёмная муфта** (рисунок 4) 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.

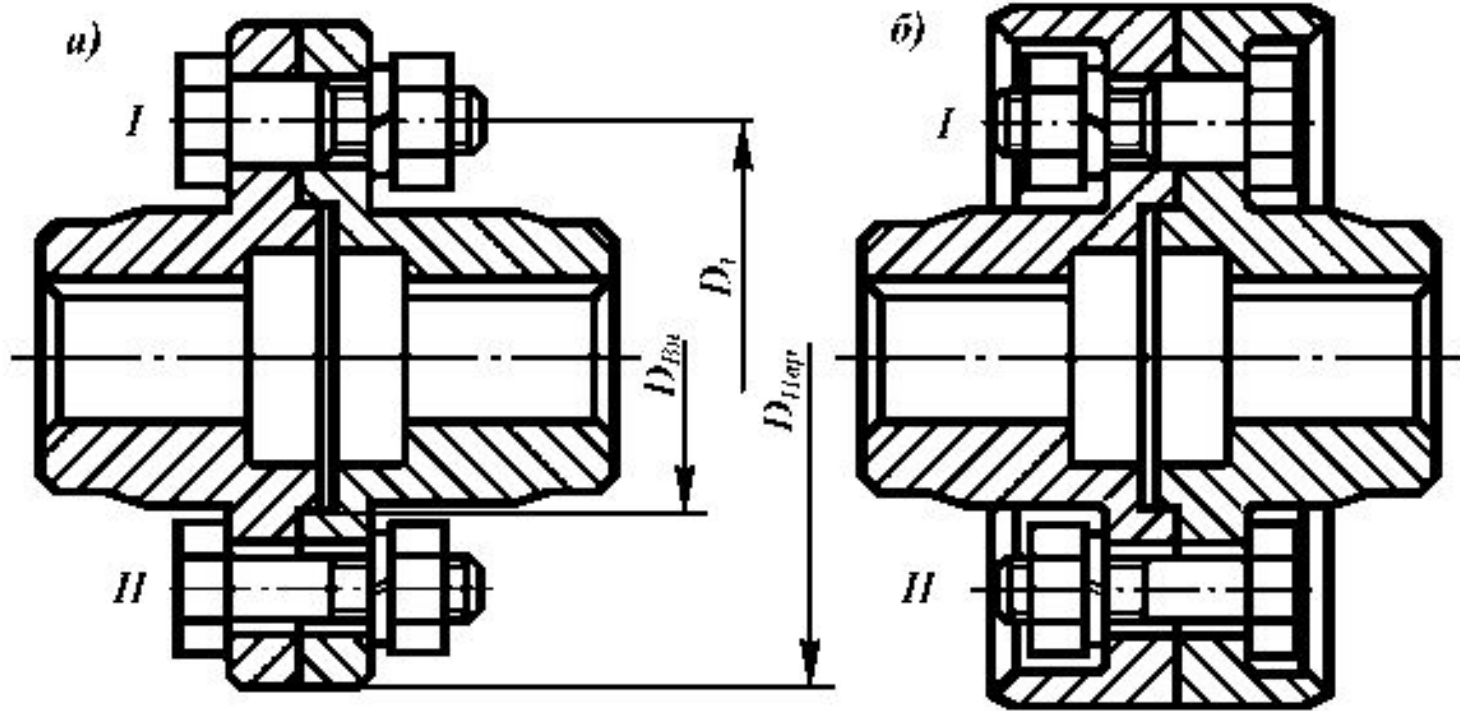
Усилие затяжки винтов должно быть достаточным для передачи вращающего момента силами трения, действующими на поверхности между валом и полумуфтами. **Недостаток** - возможность смещения её центра масс к оси вращения валов при неодинаковой затяжке винтов на противоположных сторонах, что может вызывать вибрацию валов, особенно опасную при больших скоростях вращения.



**Рисунок 4 – Муфта продольно-разъёмная**

# Нерасцепляемые муфты

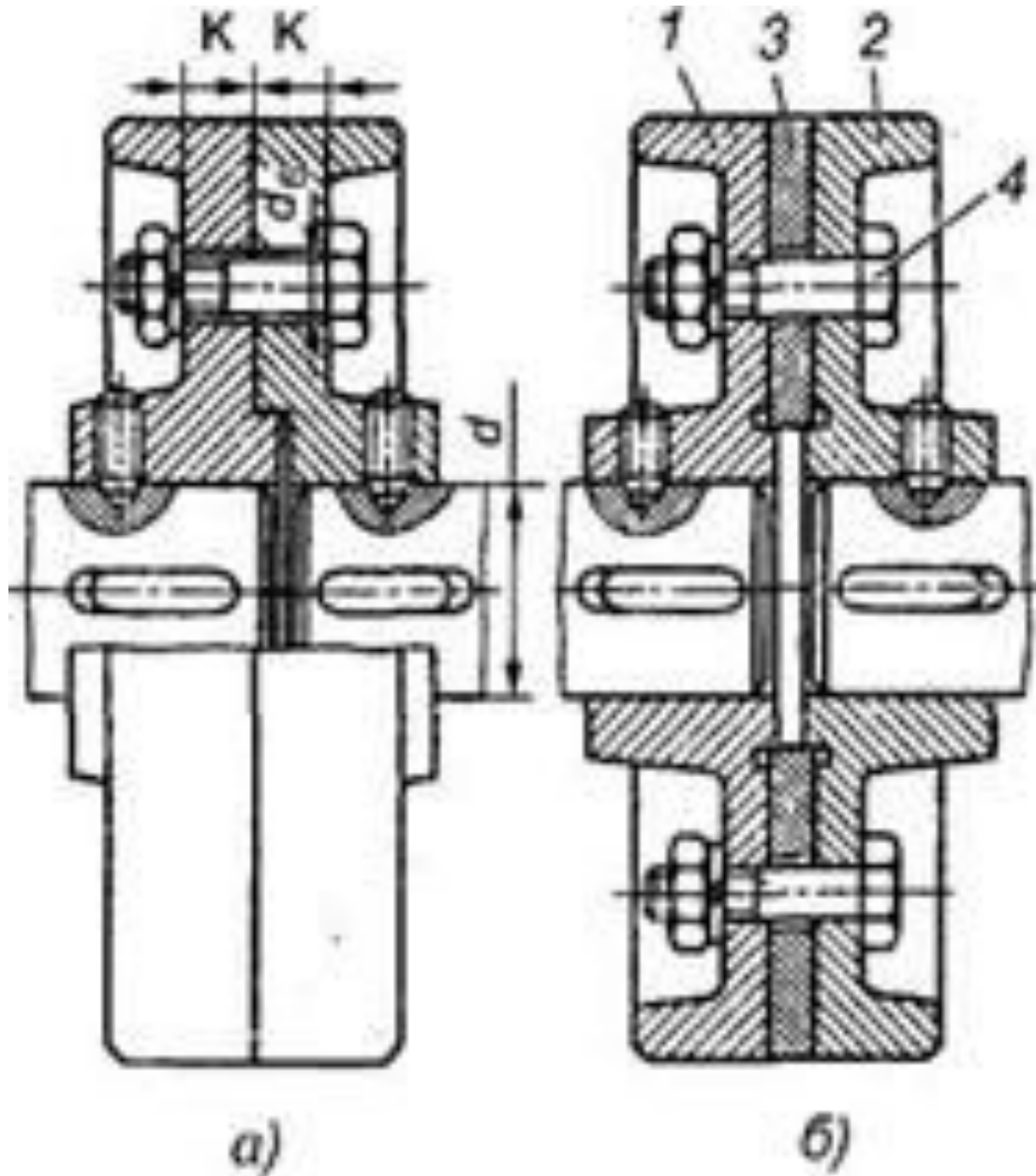
Поперечно-разъёмная (фланцевая) муфта (рисунок 5) состоит из двух полумуфт, каждая из полумуфт насаживается на конец своего из соединяемых валов – одна на ведущий вал, другая на ведомый. Каждая из полумуфт имеет фланец. При сборке соединения полумуфты ставятся так, чтобы фланцы встали друг против друга с минимальным зазором. В отверстия фланцев вставляются болты, стягивающие полумуфты.



**Рисунок 5 – Муфта фланцевая:** а) для закрытой установки; б) для открытой установки; *I* – призонные болты; *II* – обычные болты в отверстиях с зазором



# Нерасцепляемые муфты

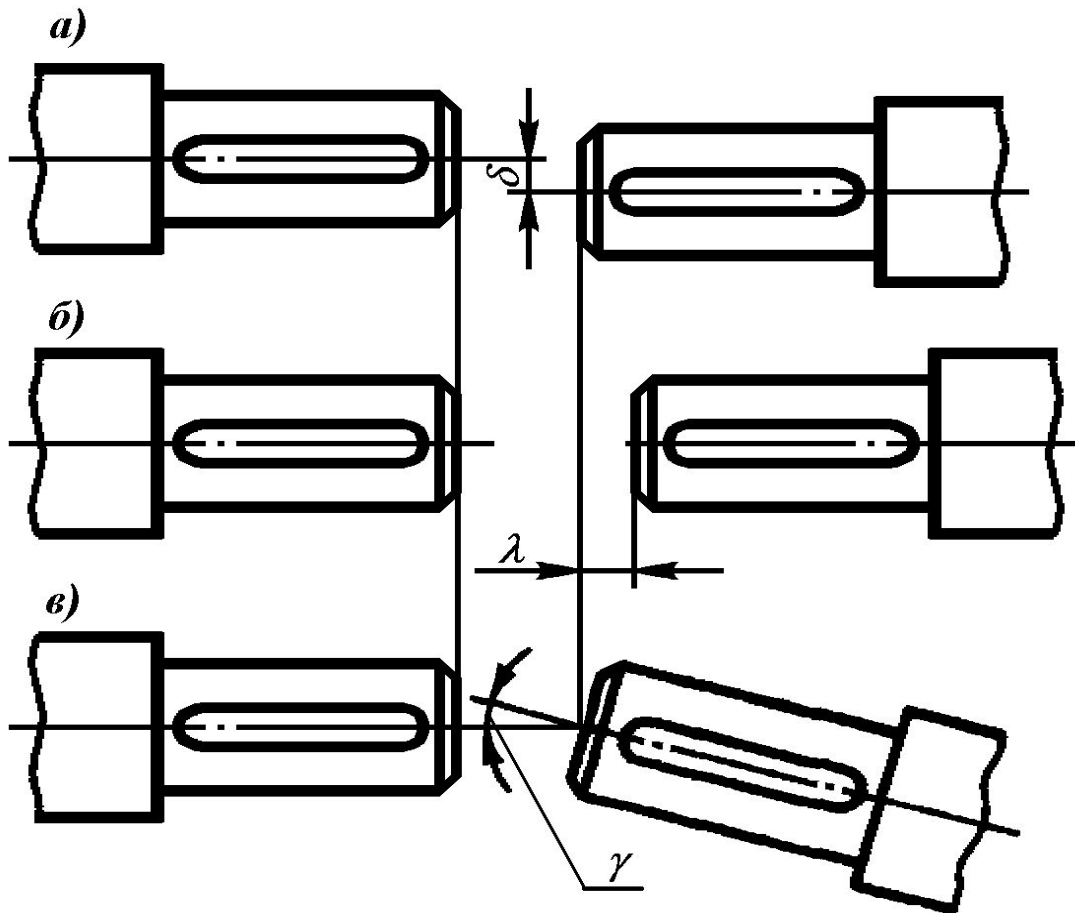


**Рисунок 6 – Муфта  
фланцевая: а) центровка  
выступом; б) центровка  
кольцом**

# Нерасцепляемые муфты

## Недостаток всех глухих муфт:

Жёстко соединяя концы валов, они не позволяют им смещаться друг относительно друга при действии рабочих усилий со стороны элементов, передающих движение. Это способствует повышению изгибных напряжений в валах и, в конечном итоге, сокращает срок их службы.



**Рисунок 7 – Виды относительного смещения соединяемых валов:**  
а) радиальное (поперечное);  
б) осевое (продольное);  
в) угловое.

# Нерасцепляемые муфты

Применение ПОДВИЖНЫХ МУФТ исключает эту неприятность, их конструкция позволяет отдельным элементам смещаться друг относительно друга в небольших пределах вместе с концами соединяемых валов. Такие муфты называют иначе КОМПЕНСИРУЮЩИМИ. Компенсирующие муфты позволяют соединять валы с несовпадением геометрических осей. Величину такого несовпадения называют **величиной смещения** (рисунок 7).

При соединении валов муфтой возможно **три вида** элементарного **смещения**:

радиальное (поперечное рисунок 7, **а**), осевое (продольное рисунок 7, **б**) и угловое (рисунок 7, **в**).

Подвижные компенсирующие муфты делят на две группы: 1) **жесткие** муфты и 2) **упругие** муфты.

В жестких муфтах подвижность частей обеспечивается особенностями конструкции (расположение частей, величины зазоров, форма контактных поверхностей и т.п.). Жесткие муфты практически не способны гасить крутильные колебания, возникающие в механизмах.

В упругих муфтах подвижность частей обеспечивается деформацией упругого элемента (пружины, детали из эластомера, резины). Деформация такого упругого элемента происходит с большим поглощением энергии, что способствует интенсивному гашению крутильных колебаний.

# Нерасцепляемые муфты

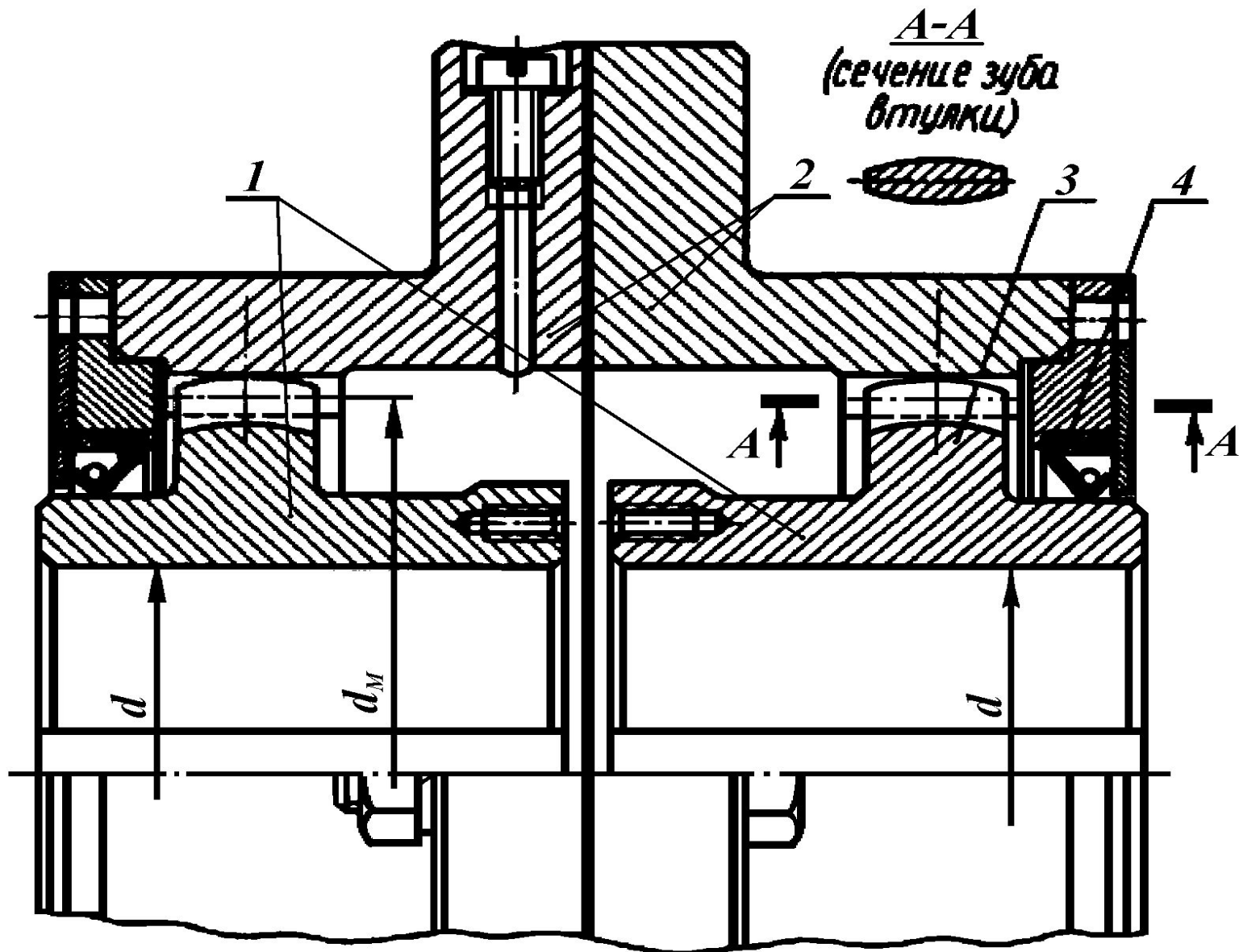
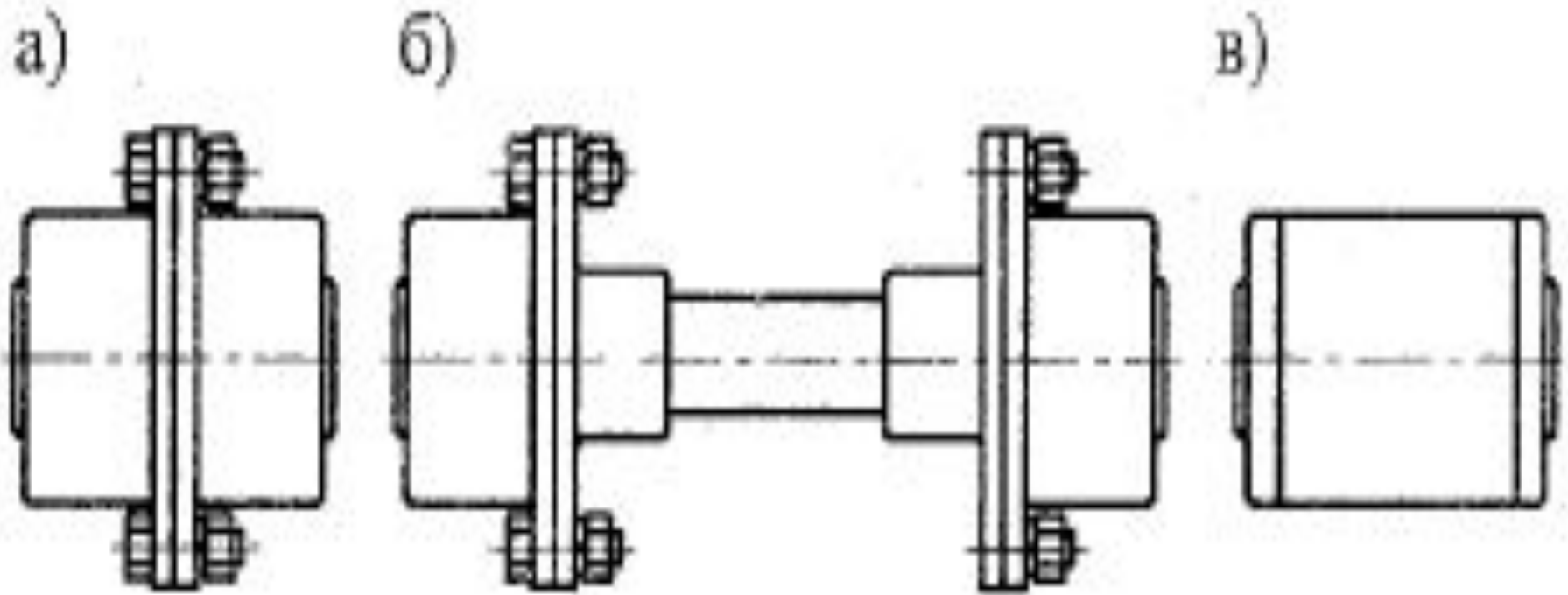


Рисунок 8 – Муфта зубчатая МЗ

# Нерасцепляемые муфты



**Рисунок 9 – Типы зубчатых муфт: а) тип I (с разъемной обоймой); б) тип II (с промежуточным валом); в) тип III (с неразъемной обоймой)**

# Нерасцепляемые муфты

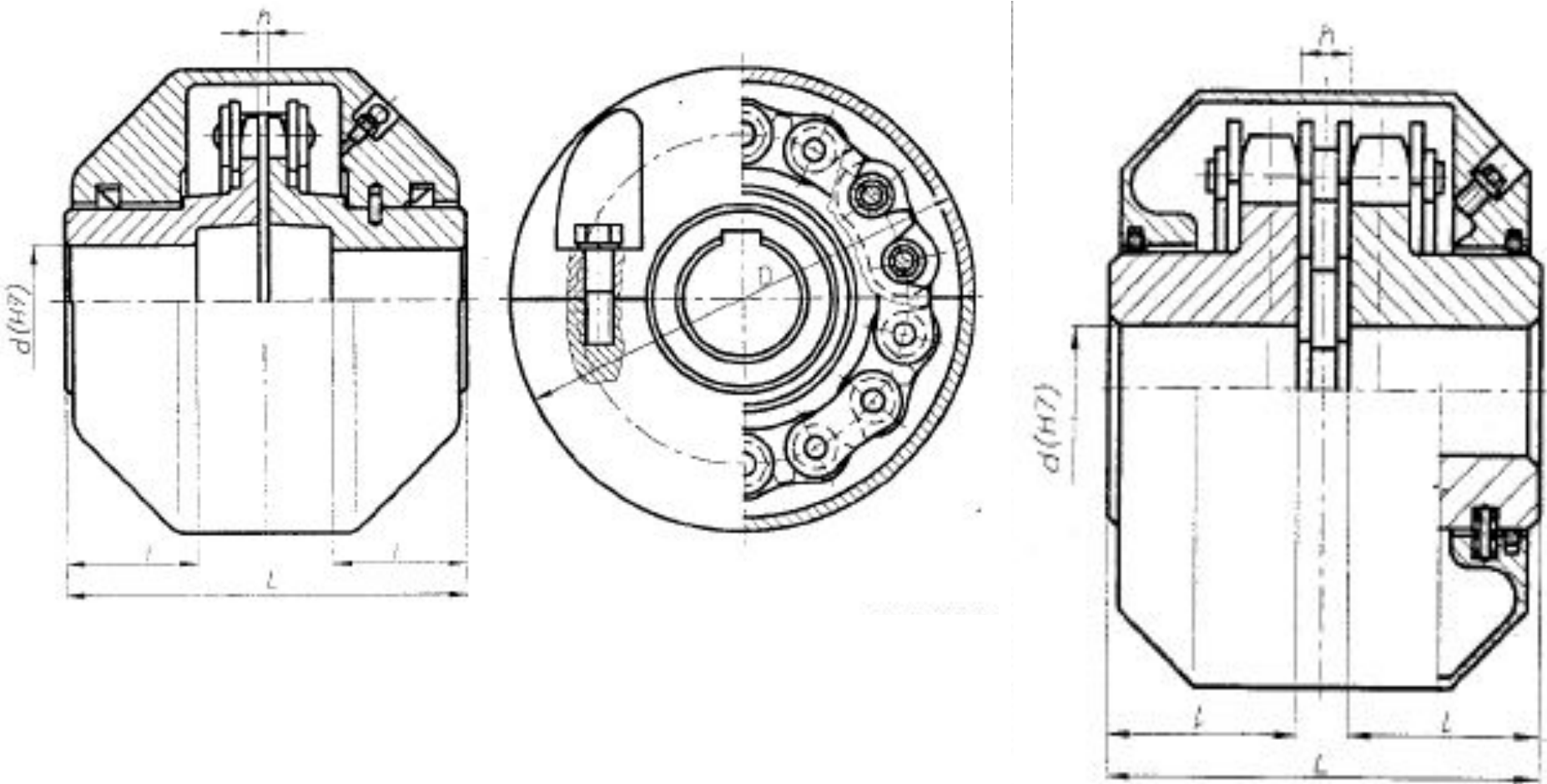
Муфта зубчатая МЗ (рисунок 8) состоит из двух втулок **1**, насаживаемых на соединяемые валы и несущих на своей наружной поверхности зубчатый венец **3**, и двух полуобойм **2**, снабженных внутренними зубьями и фланцем. Зубья втулок входят во впадины между зубьями полуобойм, а их фланцы стягиваются между собой болтами. Торцы обойм закрыты крышками, а в зазоре между отверстием крышки и втулкой поставлена манжета **4**. Внутреннее пространство муфты заполнено смазкой высокой вязкости для снижения износа зубьев и повышения КПД муфты.

Вершины зубьев втулки выполнены сферическими с центром сферы на оси вращения валов, боковым поверхностям этих зубьев придана овальная форма.

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 –  $1,8m$ .

**Достоинство** - высокая нагрузочная способность при минимальных габаритах и возможность изготовления на высокопроизводительном зуборезном оборудовании. Стандартные зубчатые муфты допускают угловое смещение осей валов до  $1,5^\circ$  и максимальное поперечное (радиальное) их смещение:  $\delta = d / \exp(3,86 + d / 2960)$

# Нерасцепляемые муфты

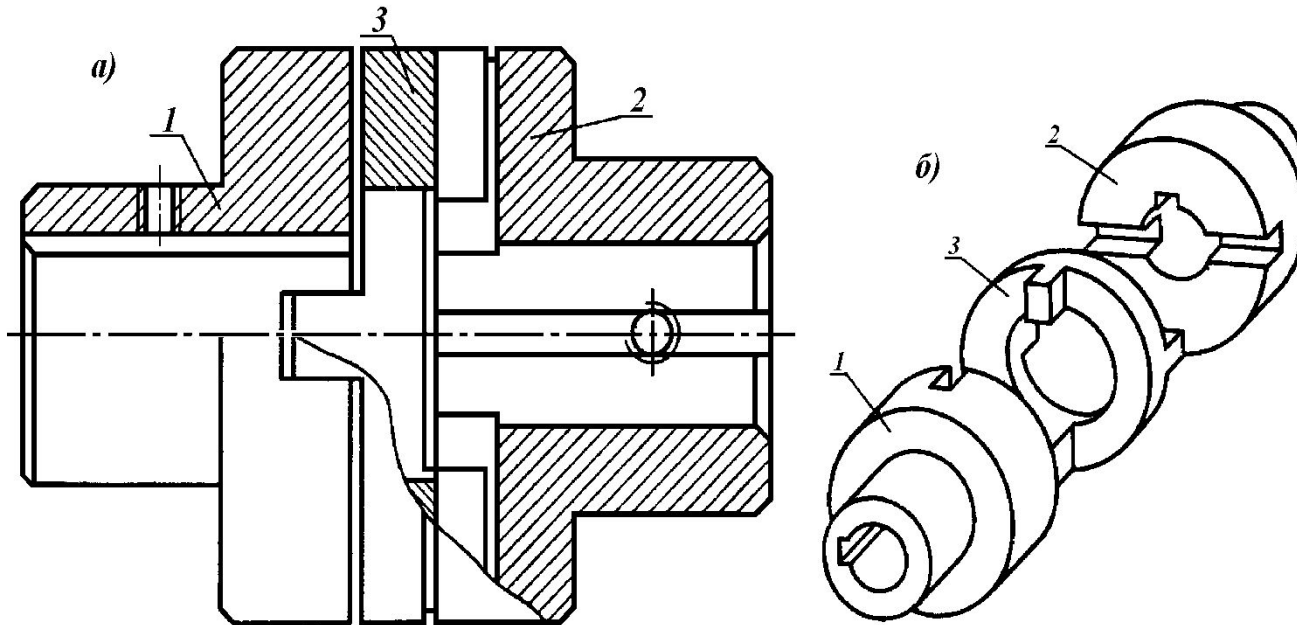


**Рисунок 10 – Муфта цепная: а) с однорядной цепью;**  
**б) с двухрядной цепью**

# Нерасцепляемые муфты

Для компенсации радиального смещения валов применяется **крестово-кулисная (кулачково-дисковая) муфта** (рисунок 11), содержащая три главных части: две полумуфты **1** и **2**, и между ними кулиса (диск) **3**, снабжённая прямоугольными гребнями на торцевых поверхностях, идущими вдоль взаимно перпендикулярных диаметров. Часто с целью облегчения кулисы у неё удаляют центральную часть.

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



**Рисунок 11 –  
Крестово-кулисная  
муфта**

(кулачково-дисковая)  
**а)** в сборе;  
**б)** элементы муфты



# Нерасцепляемые муфты

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**.

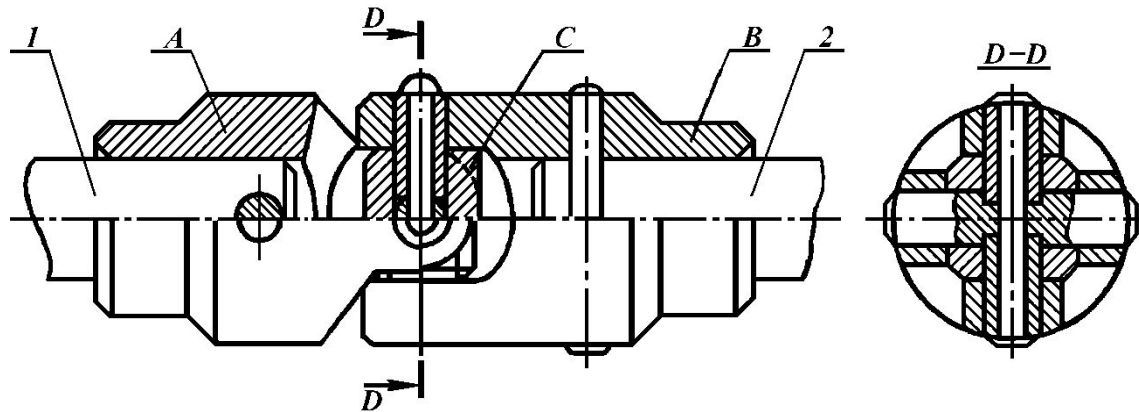
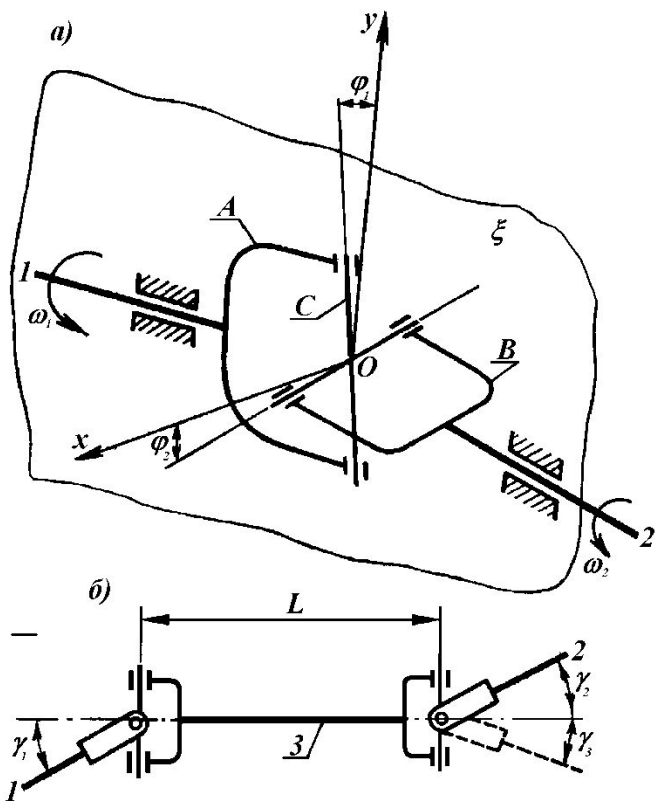


Рисунок 13 – Конструкция шарнирной муфты Кардана

Рисунок 12 – Кинематическая схема муфты Кардана: а) шарнирной; б) двойной.

# Нерасцепляемые муфты

Наибольшее распространение на транспорте и в промышленности получили шарнирные муфты (муфты Кардана) с крестовым шарниром (шарниром Гука) (схема рисунок 12, конструкция рисунок 13). Муфта Кардана (рисунок 10, *а*) состоит из двух полумуфт, каждая из которых выполнена в форме вилки. Перья вилки каждой из полумуфт *A* и *B* расположены под углом  $90^\circ$  друг к другу, а между ними установлена крестовина *C*, концы которой вращательными парами соединены с перьями вилки.

При равномерном вращении входного вала 1 с угловой скоростью  $\omega_1$ , угловая скорость выходного вала  $\omega_2$  **не будет постоянной**, а мгновенное передаточное число периодически меняется в течение каждого оборота и составляет:

$$u = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{1 - \sin^2 \gamma \cos^2 \varphi_1}{\cos \gamma} \quad \Delta\omega_2 = \frac{\omega_{2 \max} - \omega_{2 \min}}{\omega_1} = \operatorname{tg} \gamma \sin \gamma$$

где  $\gamma$  – острый угол между геометрическими осями валов;  
 $\varphi_1$  – угол поворота ведущего вала, отсчитываемый от положения ведущей полумуфты, при котором её вилка лежит в плоскости, проходящей через геометрические оси соединяемых валов.

Для выравнивания скорости выходного вала применяют муфту со сдвоенным шарниром Гука (рисунок 12, *б*).

# Нерасцепляемые муфты

Для гашения крутильных колебаний (колебаний угловой скорости), вызванных силами инерции в механических приводах широкое применение находят **упругие муфты**.

Главная особенность этих муфт - 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. Упругие муфты, кроме того, допускают радиальное смещение валов до 0,4...0,6 мм и угловое смещение осей валов до 1,5°.

**Муфта упругая втулочно-пальцевая** (МУВП, рисунок 14) 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. Расчёт муфт МУВП ведётся по двум основным параметрам: пальцы муфты рассчитываются на изгиб, а резиновые кольца или втулки на смятие по поверхности цилиндра.

# Нерасцепляемые муфты

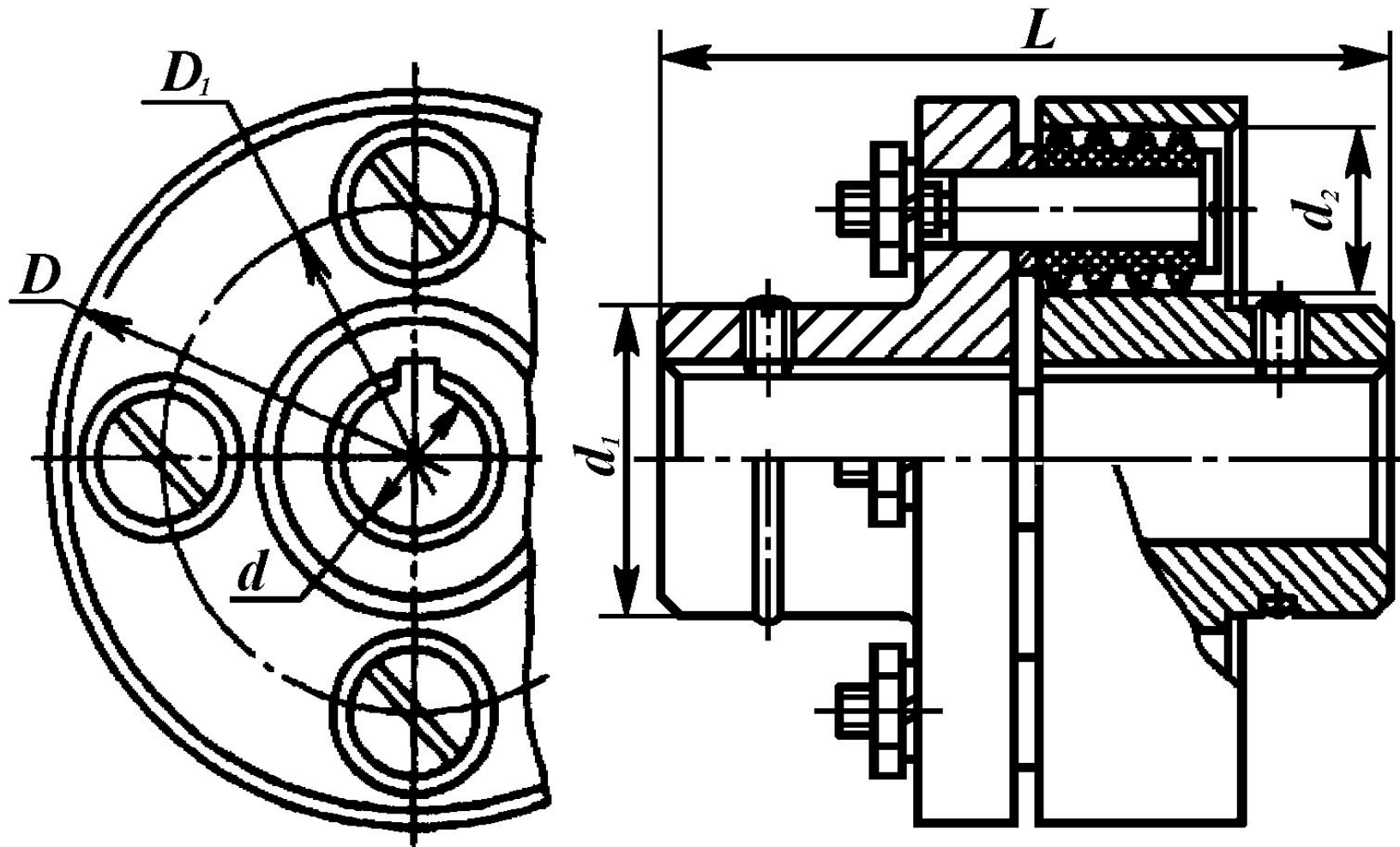
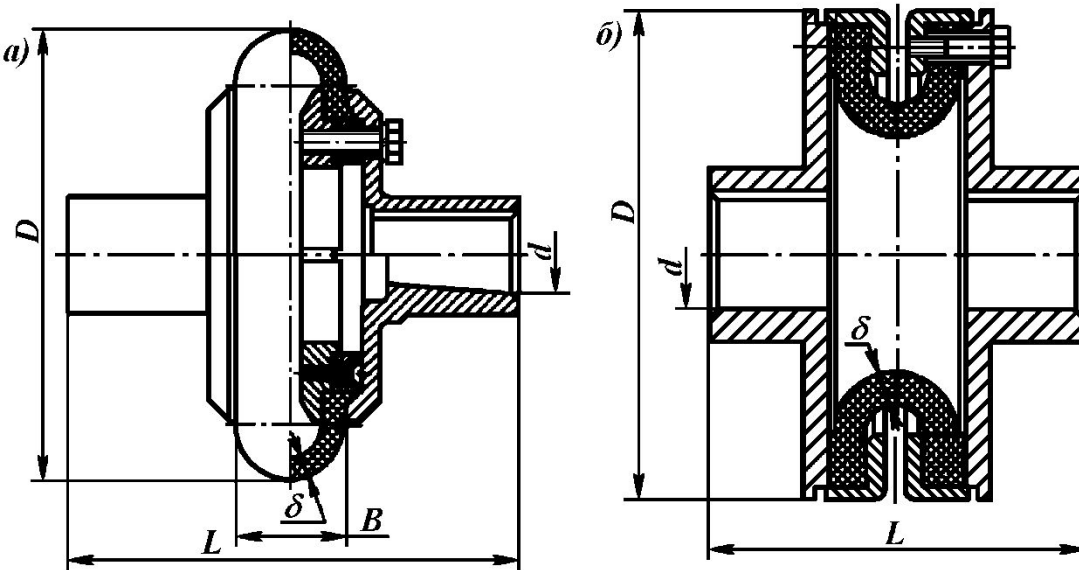


Рисунок 14 – Муфта упругая втулочно-пальцевая МУВП

# Нерасцепляемые муфты

Муфты упругие с торообразной оболочкой (рисунок 15) обладают большой крутильной, радиальной и угловой податливостью и согласно ГОСТ Р 50892-96 изготавливаются с оболочкой *выпуклого* или *вогнутого* профиля.

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.



Положительное качество муфт с торообразной оболочкой - 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 мин<sup>-1</sup> и выше).

Рисунок 15 – Муфта с торообразной оболочкой:  
а) выпуклого профиля; б) вогнутого профиля

# Управляемые муфты

Предназначены для соединения и разъединения валов. Некоторые типы управляемых муфт позволяют это делать на ходу, без остановки электродвигателя. По принципу работы различают **кулачковые** (рисунок 16) и **фрикционные** (рисунок 17) сцепные муфты.

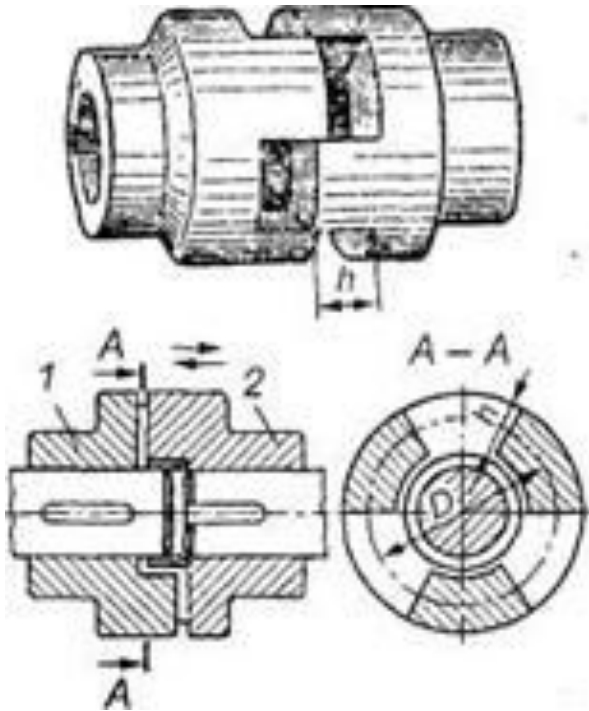


Рисунок 16 – Муфта кулачковая

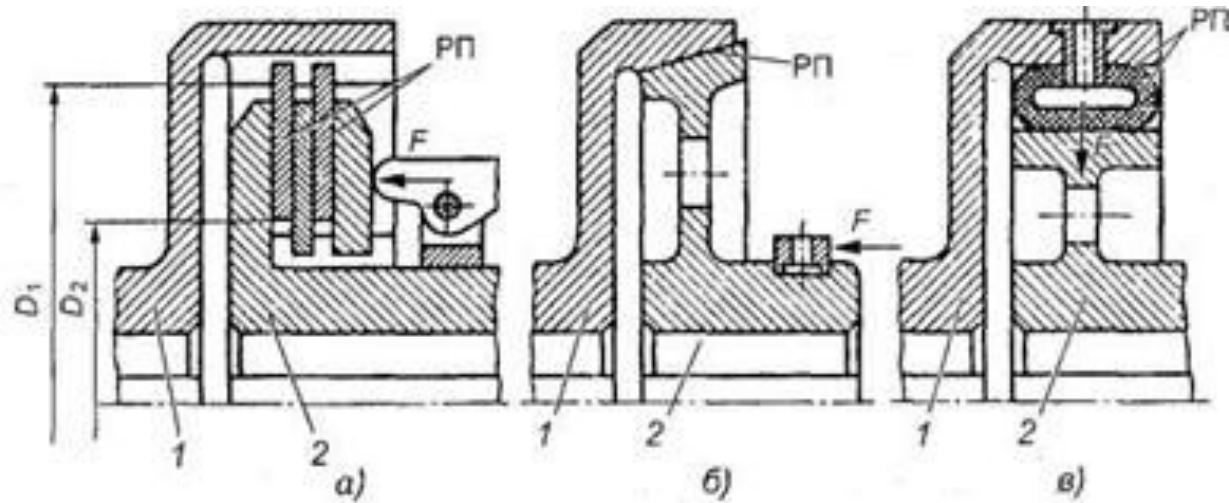
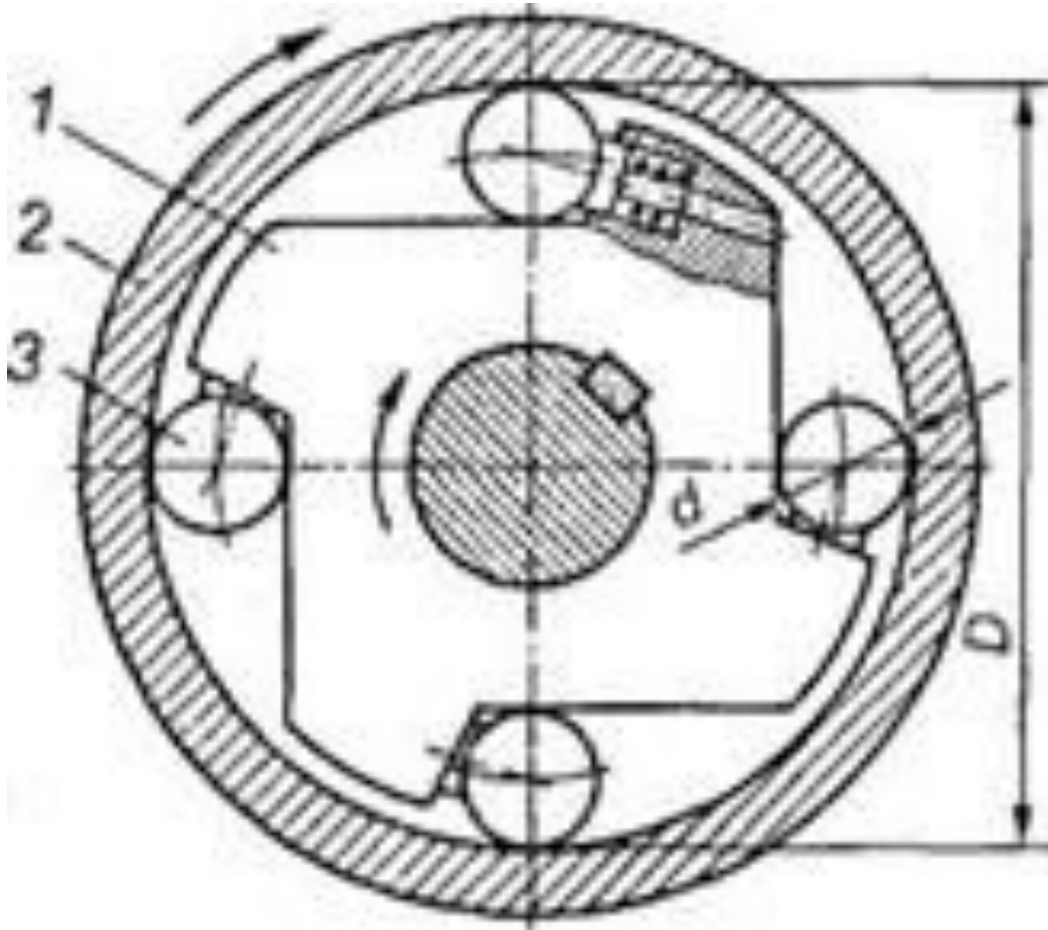


Рисунок 17 – Муфта фрикционная:  
а) дисковая; б) конусная; в) цилиндрическая

**Главной особенностью работы** фрикционных муфт является сжатие поверхностей трения. Поэтому, **фрикционная муфта не может передать через себя момент больший, чем момент сил трения.**

# Самодействующие 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.



Муфты свободного хода (обгонные) (рисунок 18) 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.

Рисунок 18 – Обгонная муфта

# Самодействующие муфты

## Центробежные муфты

(рисунок 19) служат для автоматического включения (выключения) валов при заданных угловых скоростях.

Центробежная муфта состоит из ведущей и ведомой полумуфт 1 и 2, в пазы которых устанавливают фрикционные грузы — колодки 3.

При достижении ведущей полумуфтой заданной угловой скорости колодки 3, за счет центробежных сил, прижимаются к ведомой полумуфте, и муфта включается. В показанной на рисунок 19 конструкции любая из полумуфт (1 или 2) может быть ведущей. Передача вращающего момента осуществляется силами трения, значение которых пропорционально квадрату угловой скорости.

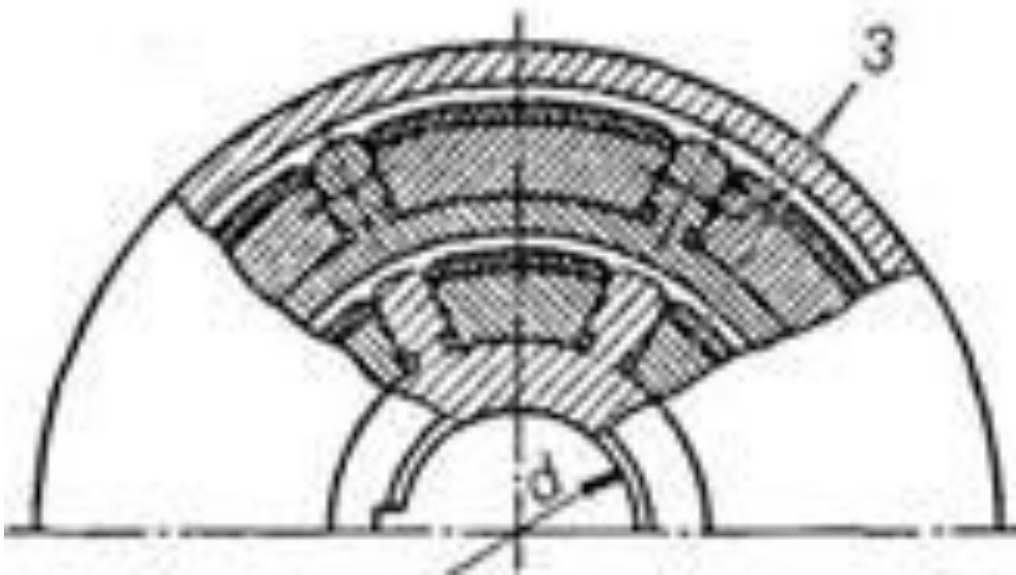
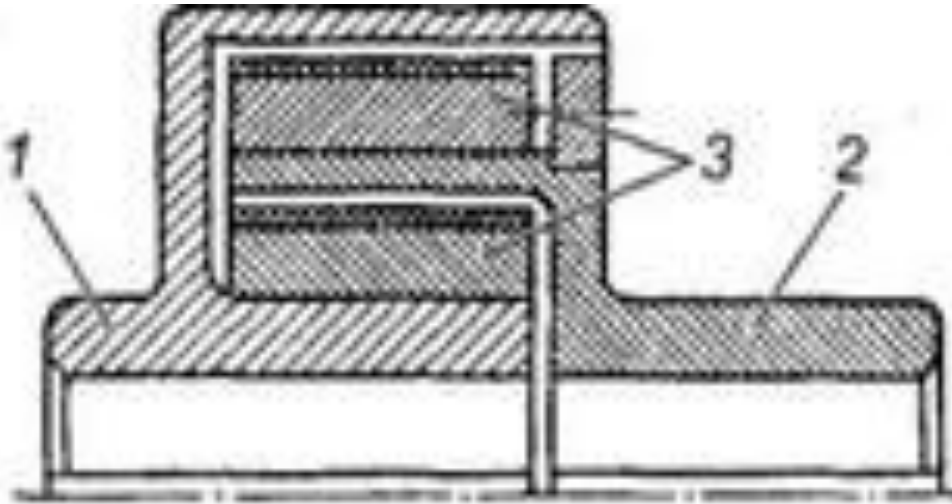


Рисунок 19 – Центробежная муфта



# Самодействующие муфты

Предохранительные муфты (рисунок 20) допускают ограничение передаваемого вращающего момента, что предохраняет машины от поломок при перегрузках.

Отличаются отсутствием механизма включения. Предохранительные шариковые (рисунок 20, а) муфты постоянно замкнуты, а при перегрузках шарики полумуфты 1 выдавливаются из впадин полумуфты 2, и муфта размыкается. Иначе работает предохранительная фрикционная муфта (рисунок 20, б). При перегрузке за счет проскальзывания происходит пробуксовывание этой муфты (останавливается ведомый вал).

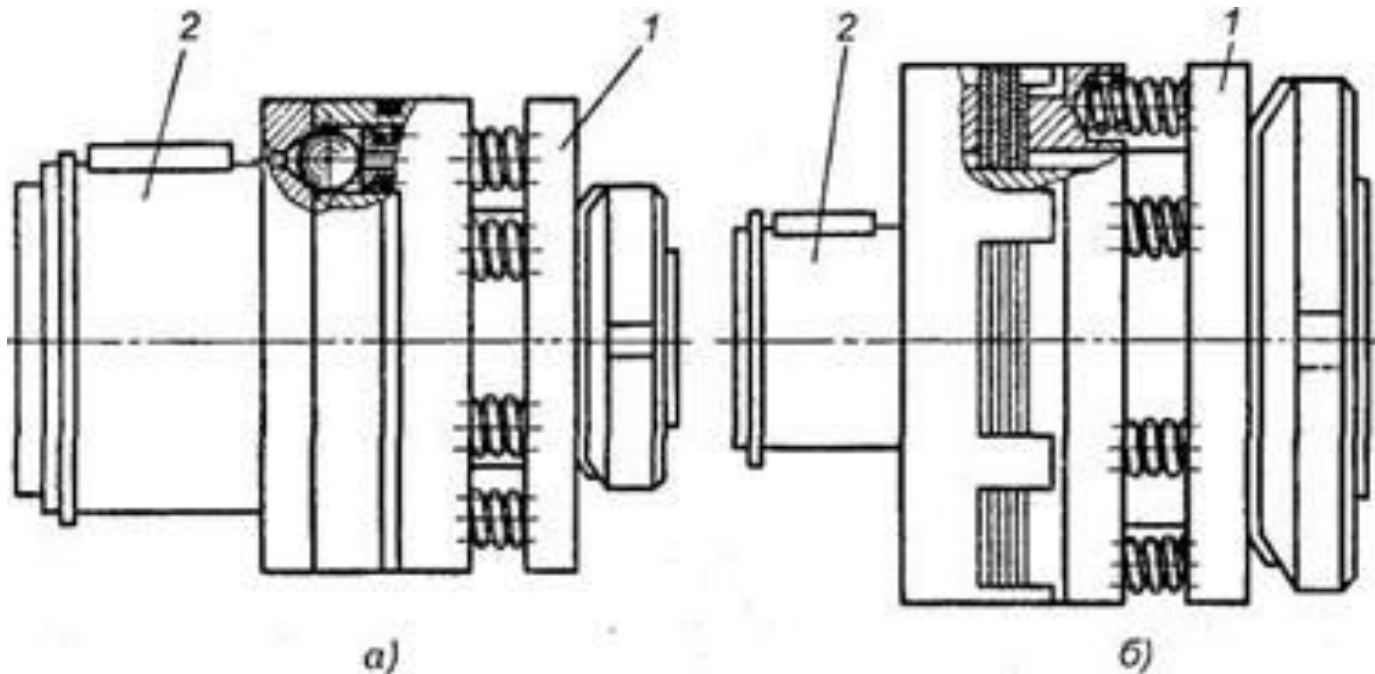


Рисунок 20 – Предохранительные муфты: а) шариковая; б) фрикционная

# Самодействующие муфты

При маловероятных перегрузках применяют предохранительные муфты с разрушающимся элементом, например со срезным штифтом (рисунок 21). 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.

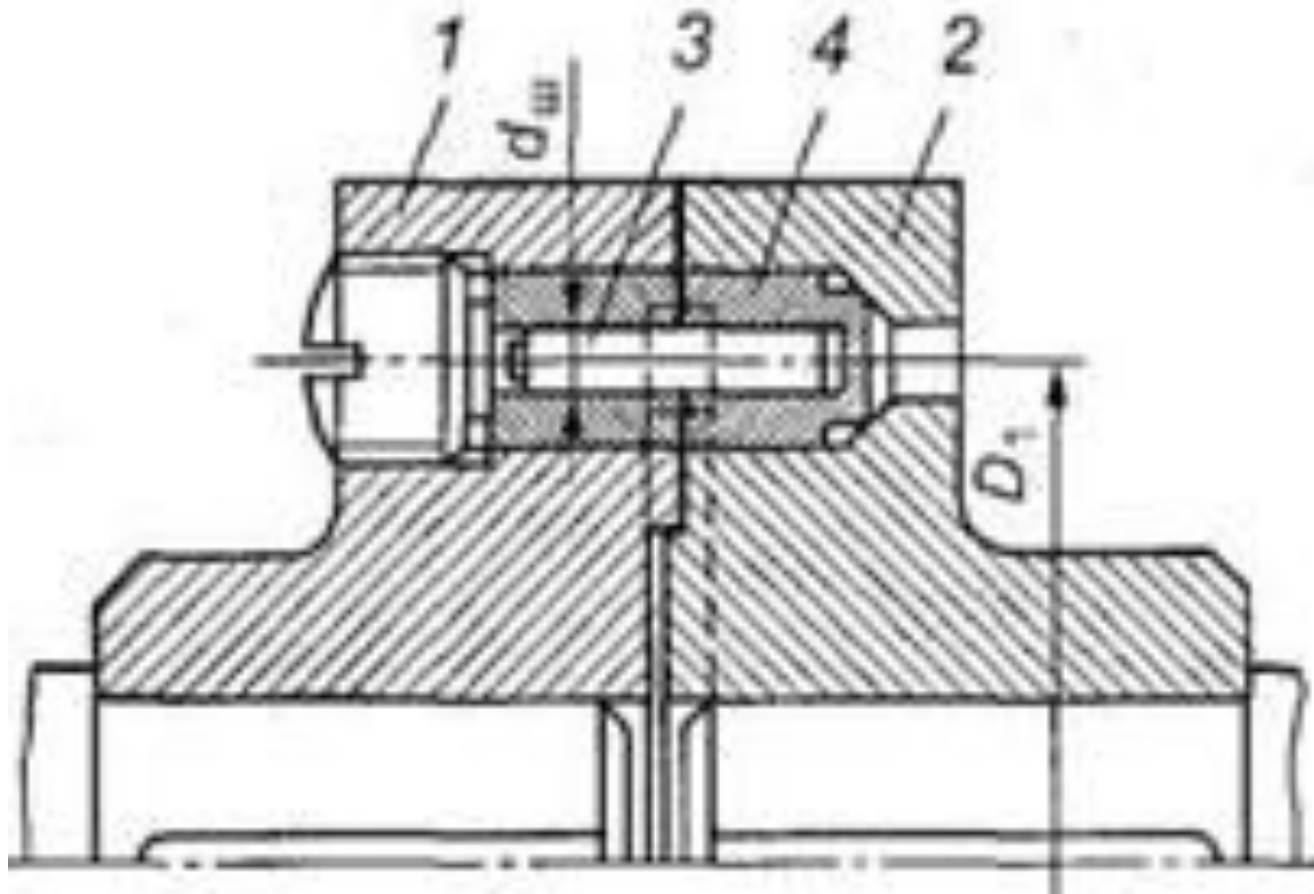


Рисунок 21 – Предохранительная муфта со срезным штифтом

# Методика подбора муфт

Муфты подбирают по ГОСТу в соответствии с диаметром соединяемых валов (при различных диаметрах – по большему) и значением передаваемого вращающего момента.

Муфты, нашедшие наибольшее применение (шарнирные, с упругой торообразной оболочкой, втулочно-пальцевые и ряд других), стандартизованы.

Главной паспортной характеристикой стандартной муфты является величина максимального момента  $[T]$  (указывается в стандарте), который она способна передать. Поэтому стандартизованные муфты подбираются в соответствии с величиной передаваемого вращающего момента по условию:

$$T k \leq [T]$$

где  $T$  – рабочий момент, передаваемый муфтой,  $k$  – коэффициент условий работы и ответственности привода, учитывающий возрастание нагрузки при нештатных ситуациях.

В машиностроении  $1,0 \leq k \leq 6,0$ . Коэффициент  $k$  является произведением нескольких частных коэффициентов.

# Методика подбора муфт

Наиболее употребимыми являются два из них, что позволяет записать:

$$k = k_{om} k_{yp}$$

где  $k_{om}$  – коэффициент ответственности (отказ муфты вызывает остановку машины, то  $k_{om}=1$ ; аварию машины –  $k_{om}=1,2$ ; аварию нескольких машин –  $k_{om}=1,5$ ; аварию с человеческими жертвами, катастрофу –  $k_{om}=1,8$ );  $k_{yp}$  – коэффициент условий работы машины (работа без реверсирования, спокойная  $k_{yp}=1$ , неравномерная нагрузка –  $k_{yp}=1,1\dots 1,3$ , тяжёлая работа с ударами и реверсированием –  $k_{yp}=1,3\dots 1,5$ ). Особые условия работы могут быть учтены введением повышающих коэффициентов.

После выбора муфты с соответствующим максимальным передаваемым моментом проверяется возможность установки элементов муфты на соединяемые валы известного диаметра. При этом следует учесть, что, во-первых, стандартами допускается изготовление одинаковых элементов муфты на несколько вариантов посадочных диаметров, а во-вторых, большинство муфт допускает расточку посадочных отверстий в достаточно широком диапазоне, и такая расточка, если она необходима, должна быть указана в заказной спецификации.

# Примеры чертежей приводов

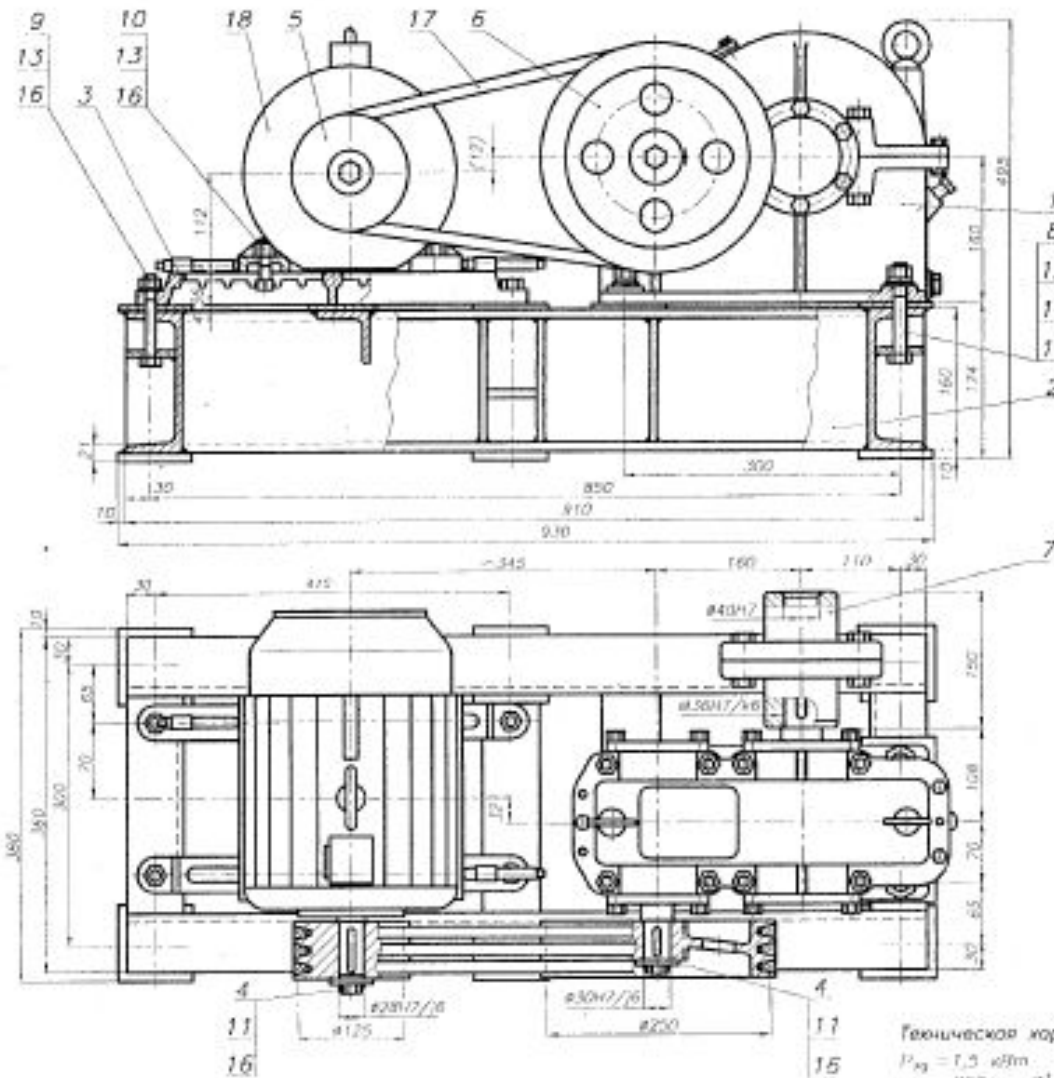


СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ БОЛТОВ  
КРЕПЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПРАВОГО К РИМ  
(1:5)

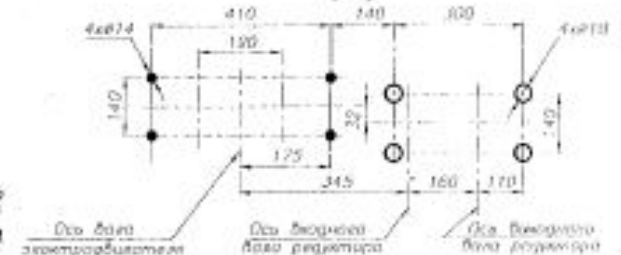
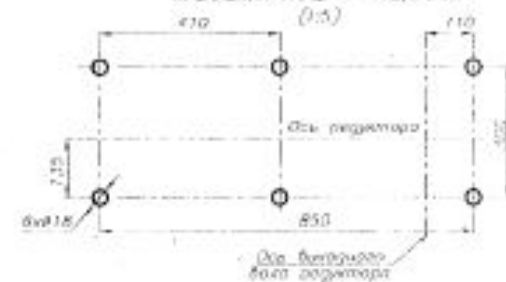


СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ БОЛТОВ  
КРЕПЛЕНИЯ РАМЫ К ФУНДАМЕНТУ  
(1:5)



1. Проверить болты рачна под воздействием силы 100 Н на болты в мм (ГОСТ 1284.3-96).
2. Натяжка шайб на болты не более 1,8 мм на длину 100 мм. Смещение рабочих поверхностей шайб не более 0,2 мм.
3. Привод обмотки без нагрузки в течение не менее 1 часа. Стук и режим мот не допускается.
4. После обмотки масла из редуктора слить и залить маслом индустриальным И-40М (ГОСТ 20799-75) количеством 1,2 л.
5. Проверить условия на показани. Смазочник рачной передачи и муфты установить и окрасить в оранжевый цвет.

Геометрическая характеристика

$P_{из} = 1,3 \text{ кВт}$	$\eta_{ред} = 1,08$
$n_{из} = 720 \text{ мин}^{-1}$	$\eta_{зв} = 2,9$
$\omega_{из} = 5,74$	$T_{дин} = 104 \text{ Н·м}$
	$\rho_{дин} = 125,4 \text{ мм}^{-1}$

		КП ДМ ИШ125 11.04.01	
		ПРИВОД	
		ИТУ	

Рис. 11.4.1

# Примеры чертежей приводов

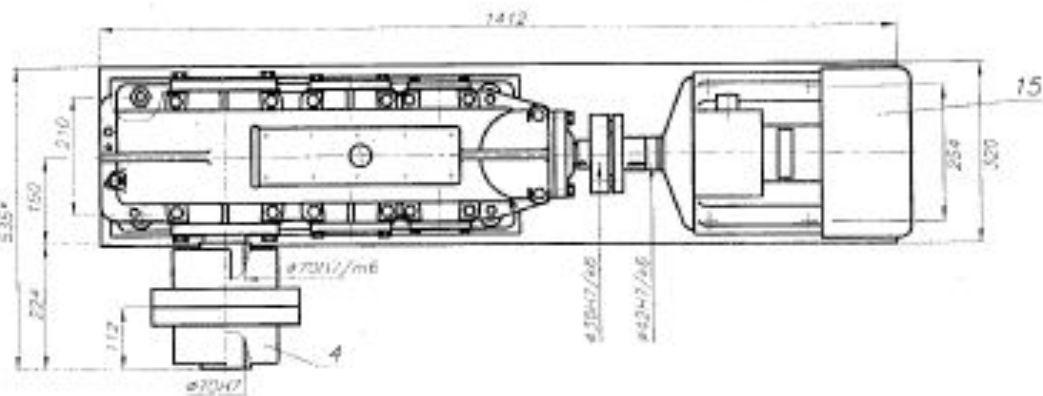
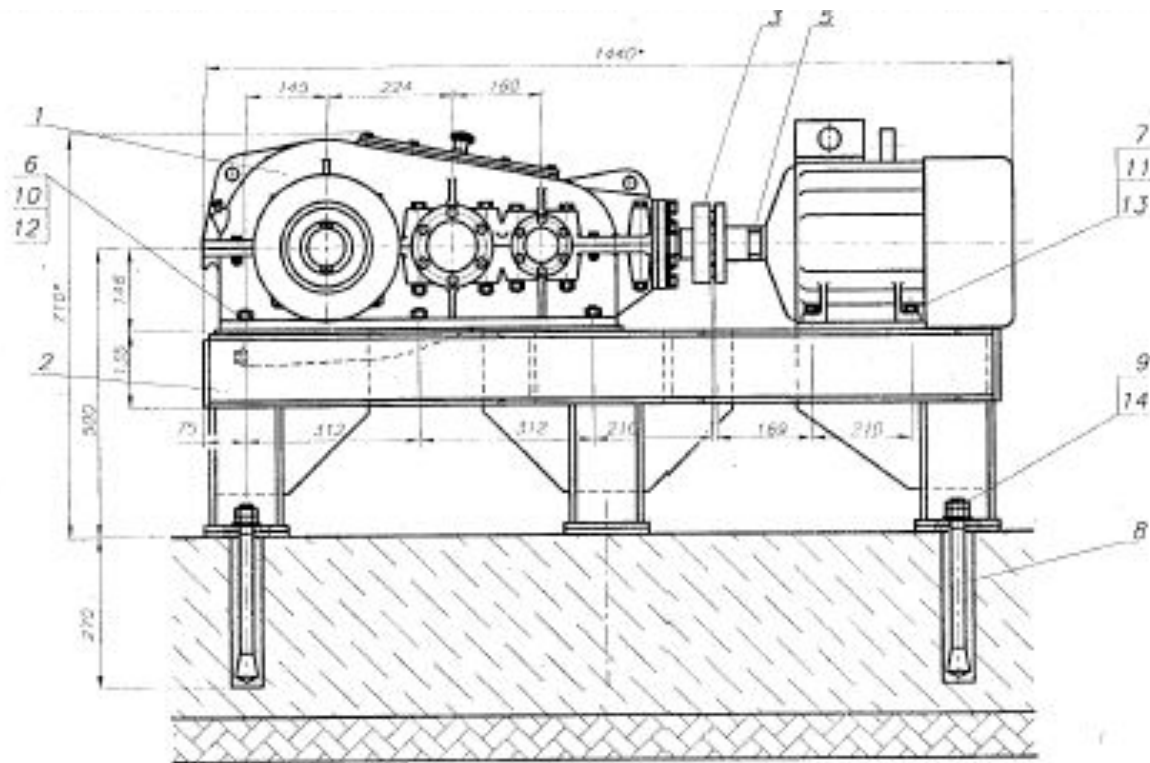


СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ БОКОВЫХ  
КЛЕПОВИДНОЙ ЗАКРЕПЛЕНИЯ К ЦЕПЬ  
(1:10)

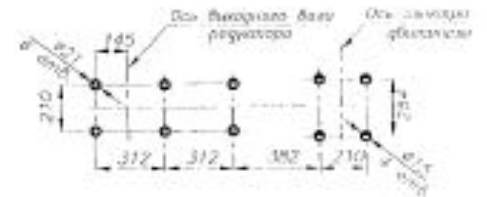
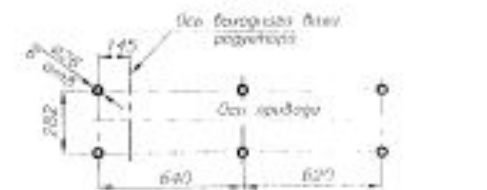


СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНЫХ  
КЛЕПОВИДНОЙ ЗАКРЕПЛЕНИЯ К ЦЕПЬ  
(1:10)



## Техническая характеристика

1. Мощность электродвигателя  $P=1,5$  кВт
2. Частота вращения вала двигателя  $n=720$  об/мин
3. Частота вращения вала насоса  $n=720$  об/мин
4. Крутящий момент на валах двигателя  $M=15,5$  Н·м
5. Срок службы насосов 10000 ч.

1. \* Размеры для справок.
2. Обработка стальных деталей шлифовкой и окраской в порошковой окраске.
3. Обработка багнетов в течение 10 ч при 1000°C и закалке в масле.
4. После сборки масло слить и залить редуктор маслом муфта-муфта И-10 ГОСТ 20799-75 в количестве 1,5 л.

		ЮТ ДИМ МШ120 11.04.02	
		ПРИВОД	
		ИП	

# Примеры чертежей приводов

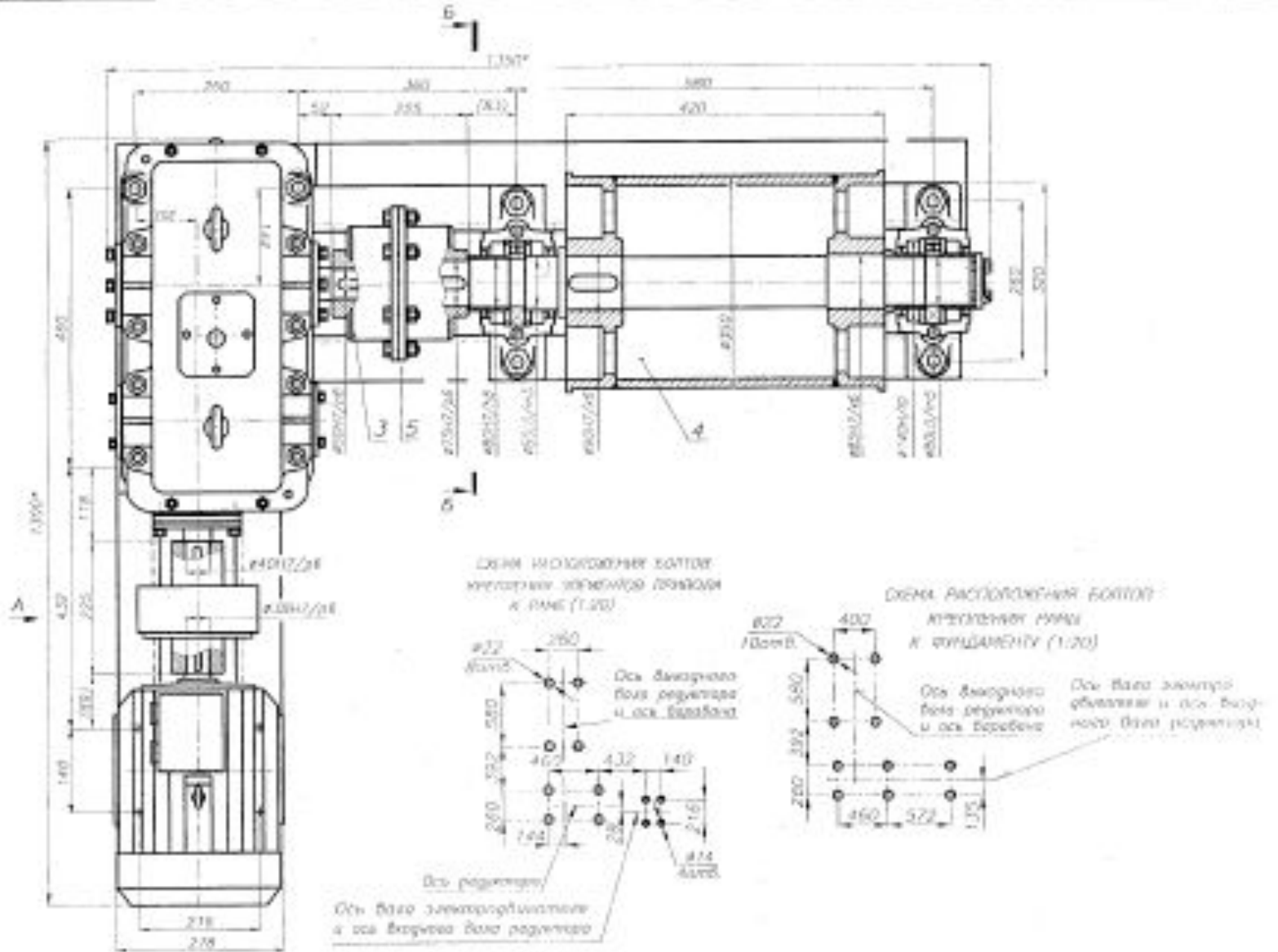


Рис. 11.43

**Лекция окончена.  
Спасибо за внимание!**