

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 штатных нагрузок;
- 5) периодическое сцепление и расцепление валов в процессе движения или во время остановки.

Муфты. Классификация

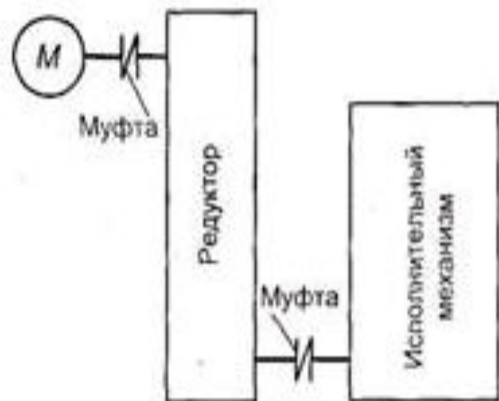


Рисунок 1 –
Принципиальная
схема машины

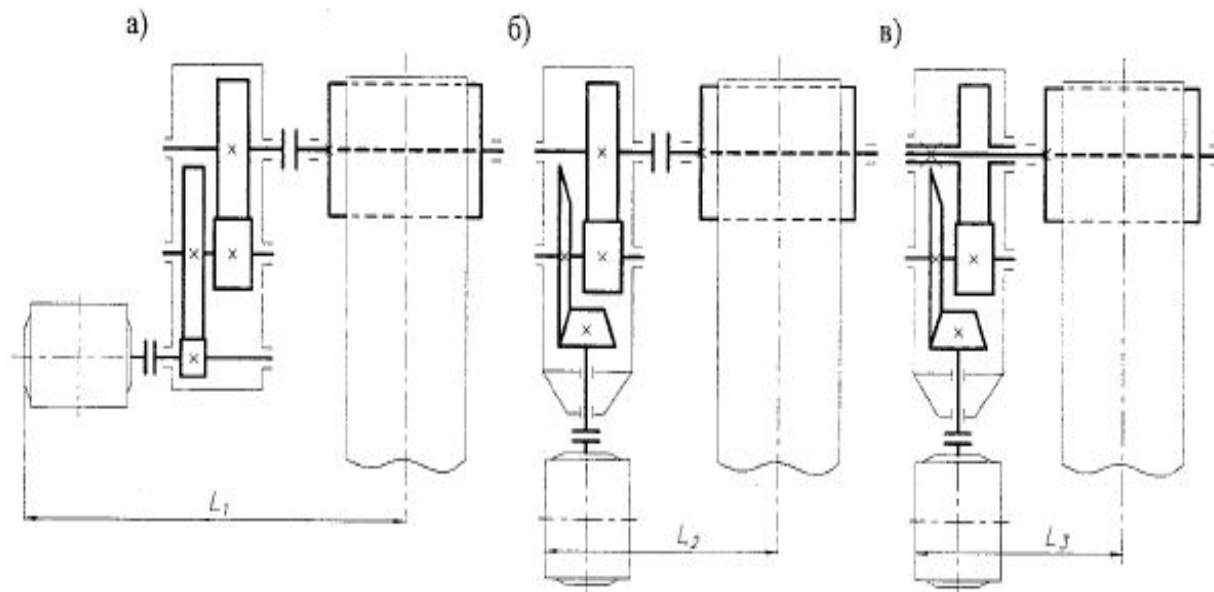


Рисунок 2 – Кинематические схемы
ленточного транспортера

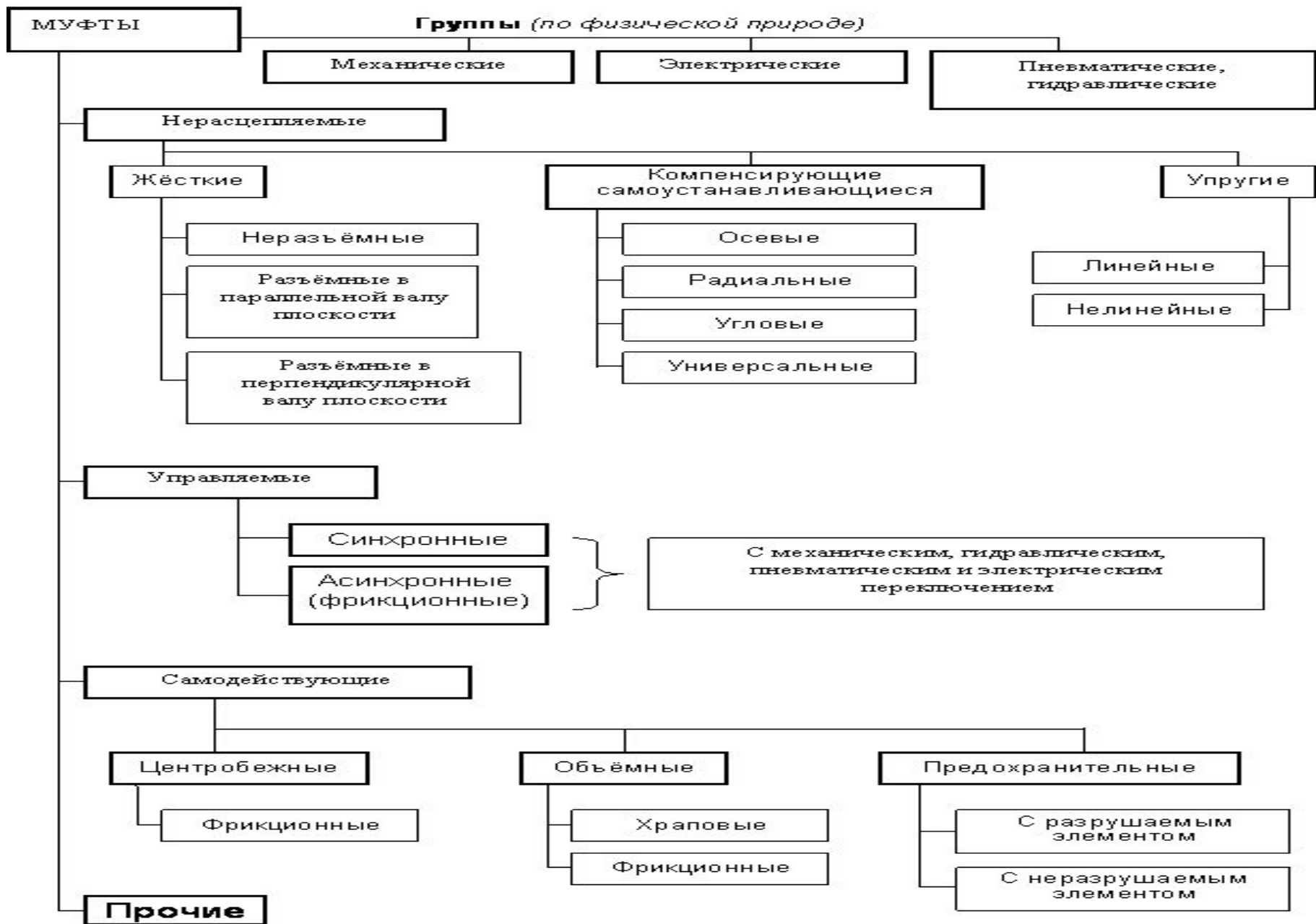
Различают **IV** класса муфт:

- **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

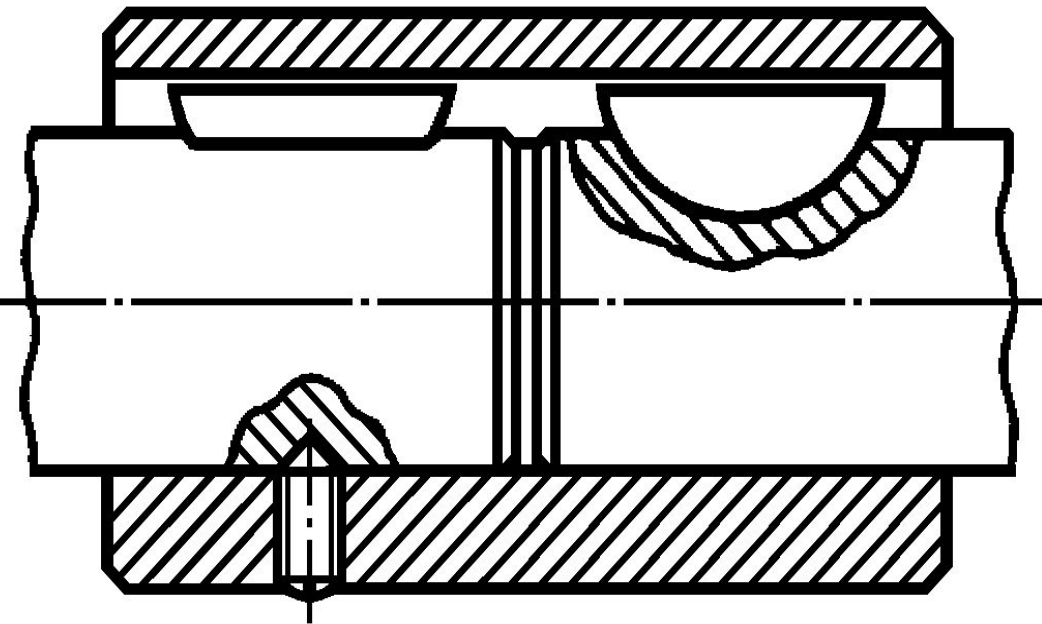


Нерасцепляемые муфты

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.

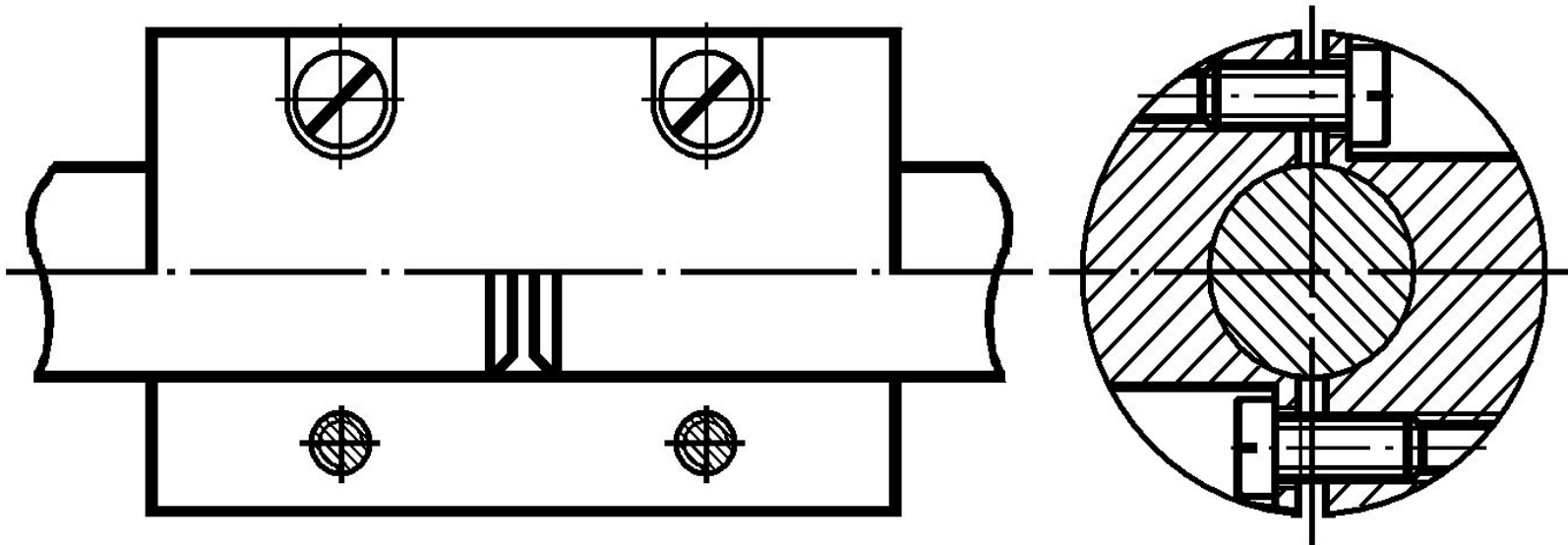


Рисунок 4 – Муфта продольно-разъёмная

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.

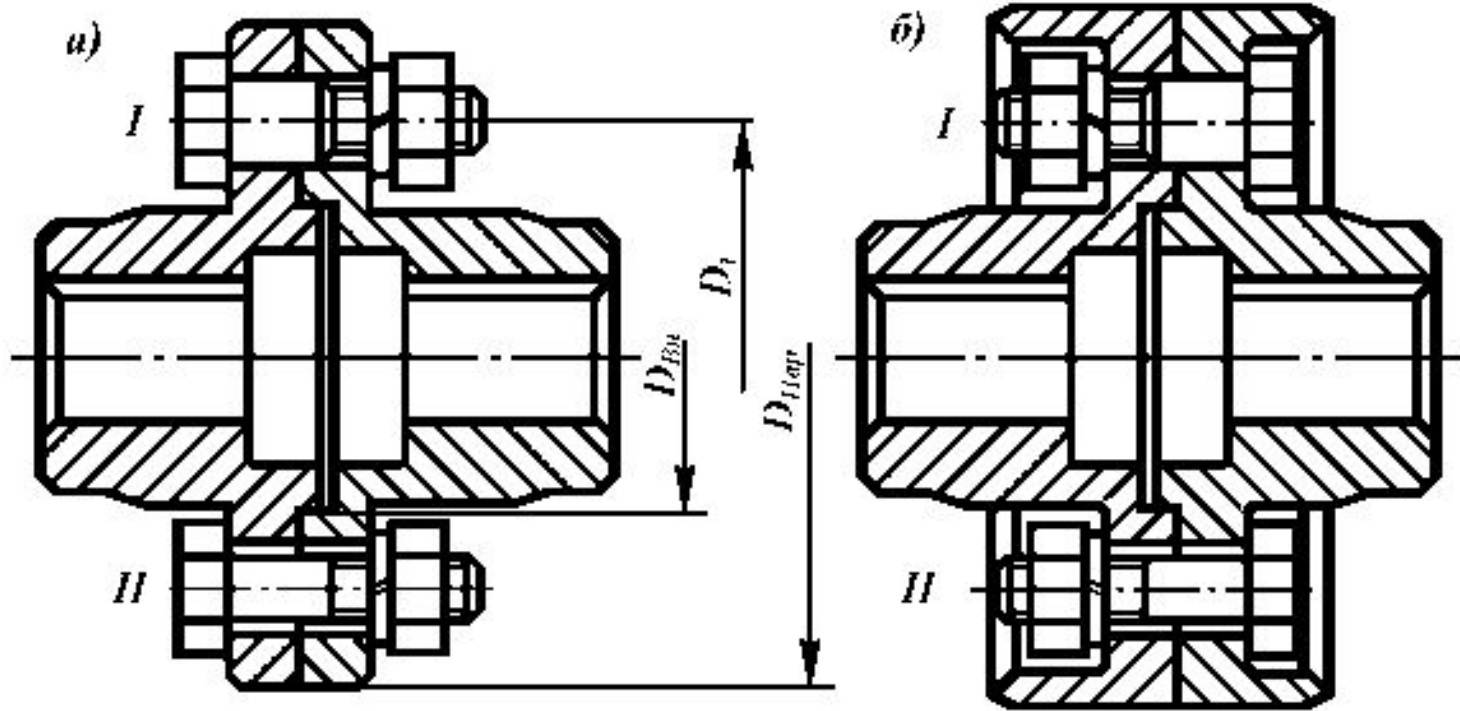
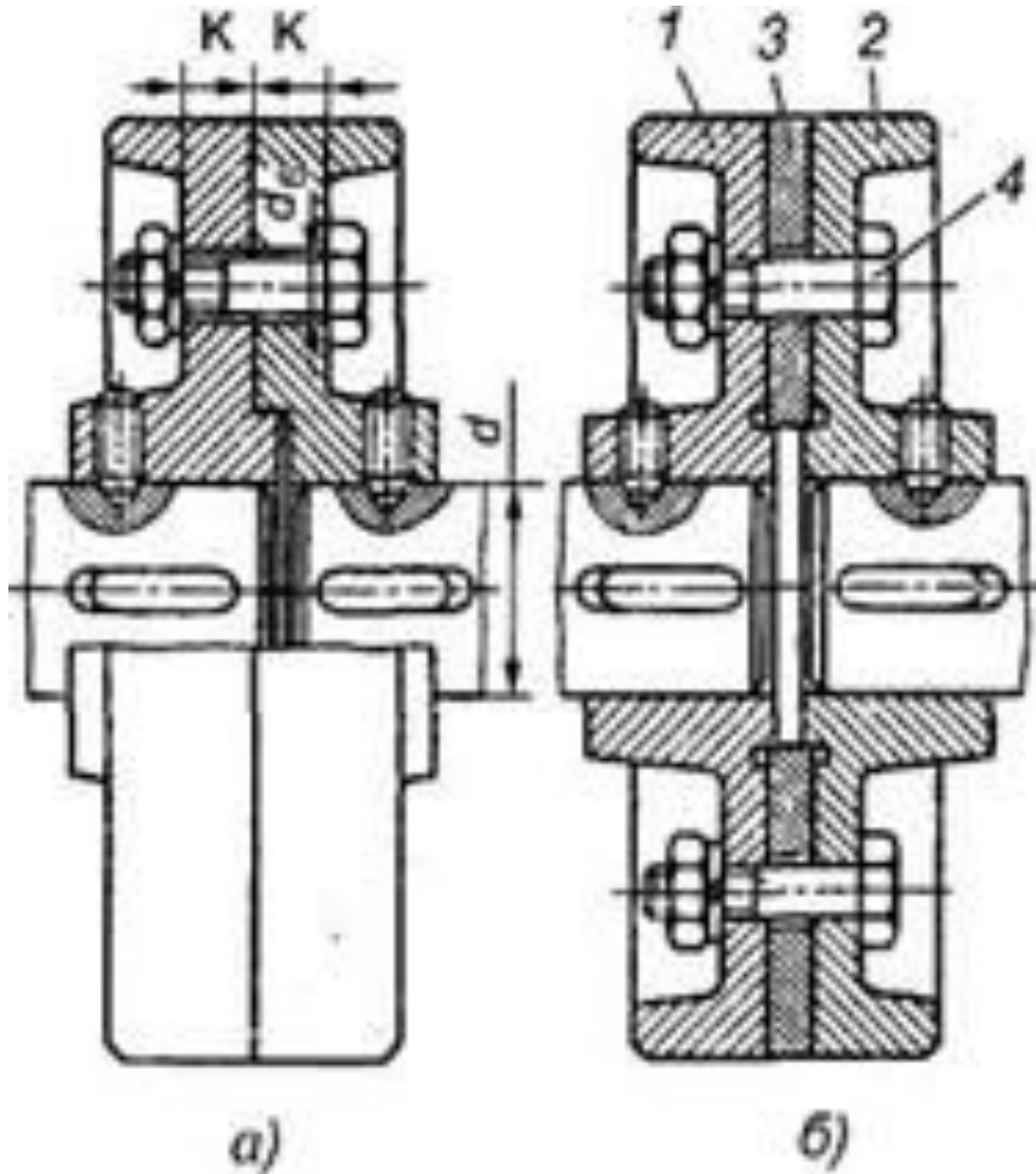


Рисунок 5 – Муфта фланцевая: а) для закрытой установки; б) для открытой установки; *I* – призонные болты; *II* – обычные болты в отверстиях с зазором

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.

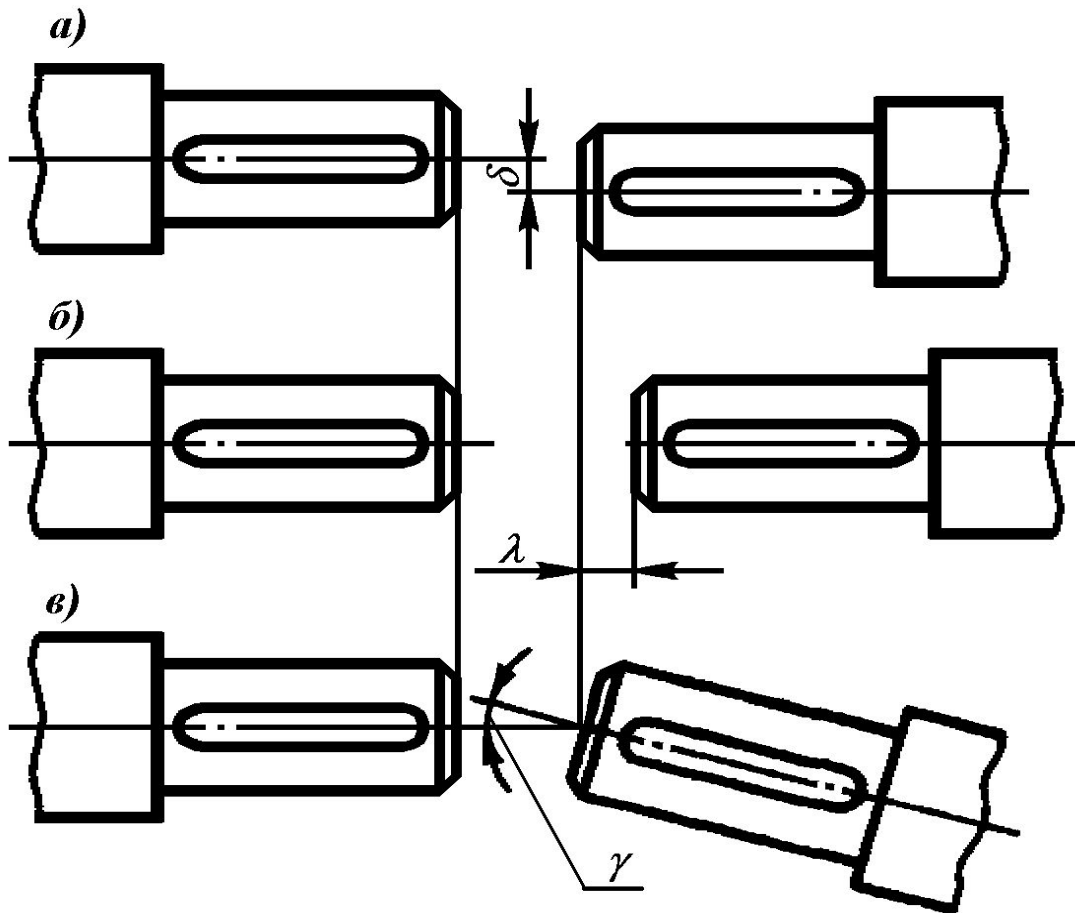


Рисунок 7 – Виды относительного смещения соединяемых валов:
а) радиальное (поперечное);
б) осевое (продольное);
в) угловое.

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

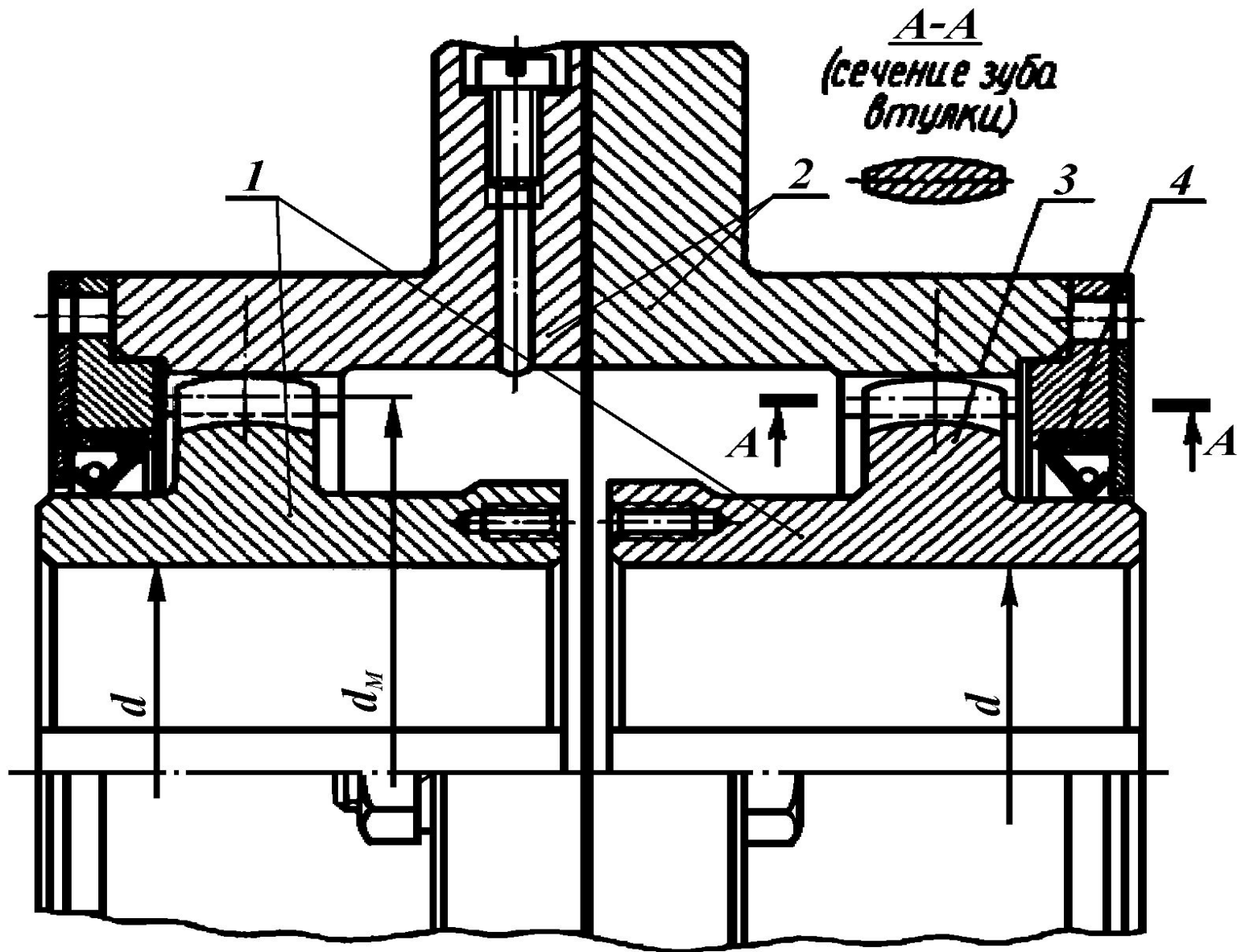


Рисунок 8 – Муфта зубчатая МЗ

Нерасцепляемые муфты

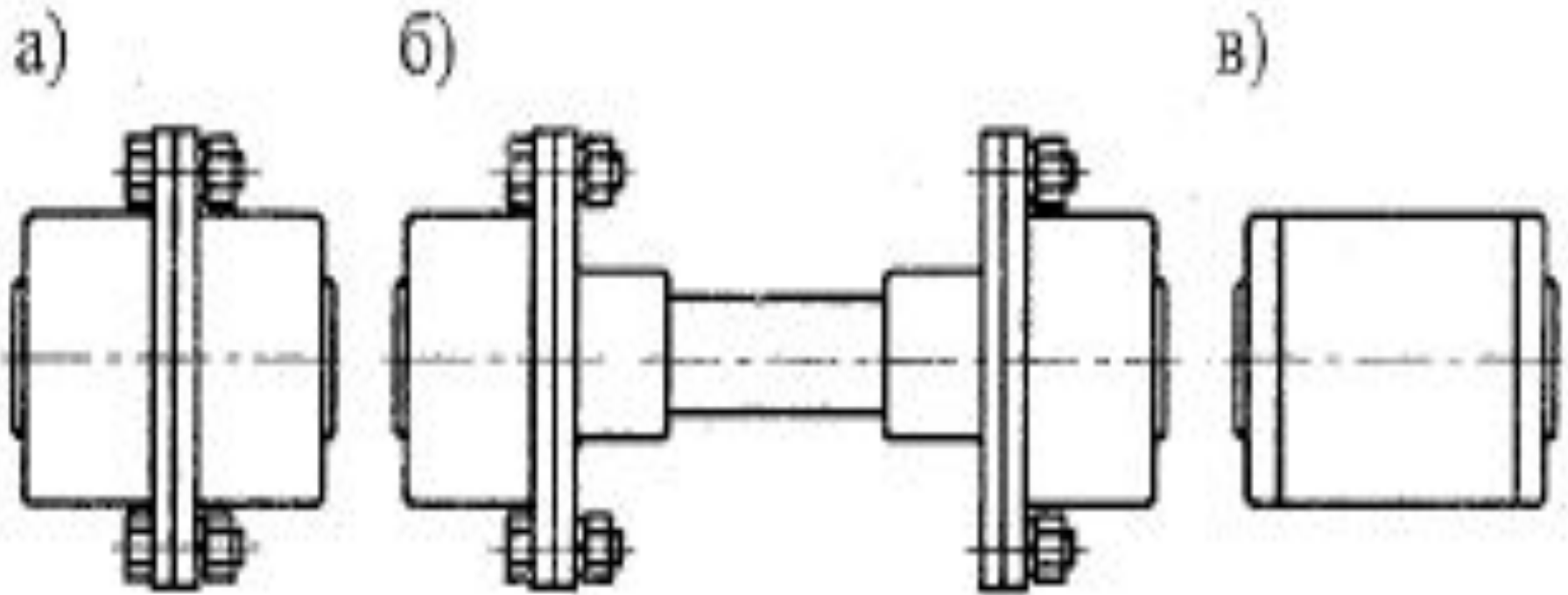


Рисунок 9 – Типы зубчатых муфт: а) тип I (с разъемной обоймой); б) тип II (с промежуточным валом); в) тип III (с неразъемной обоймой)

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

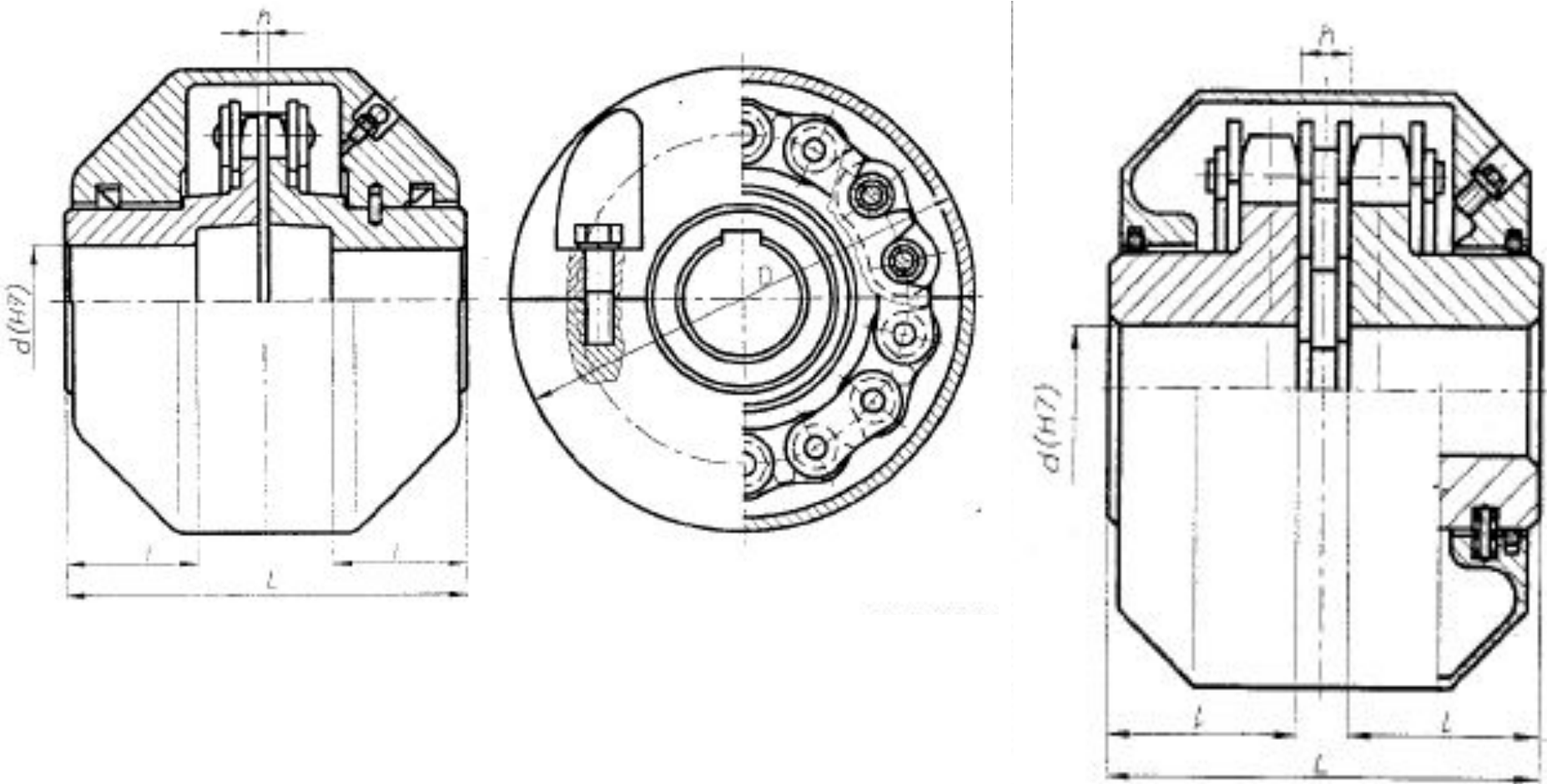
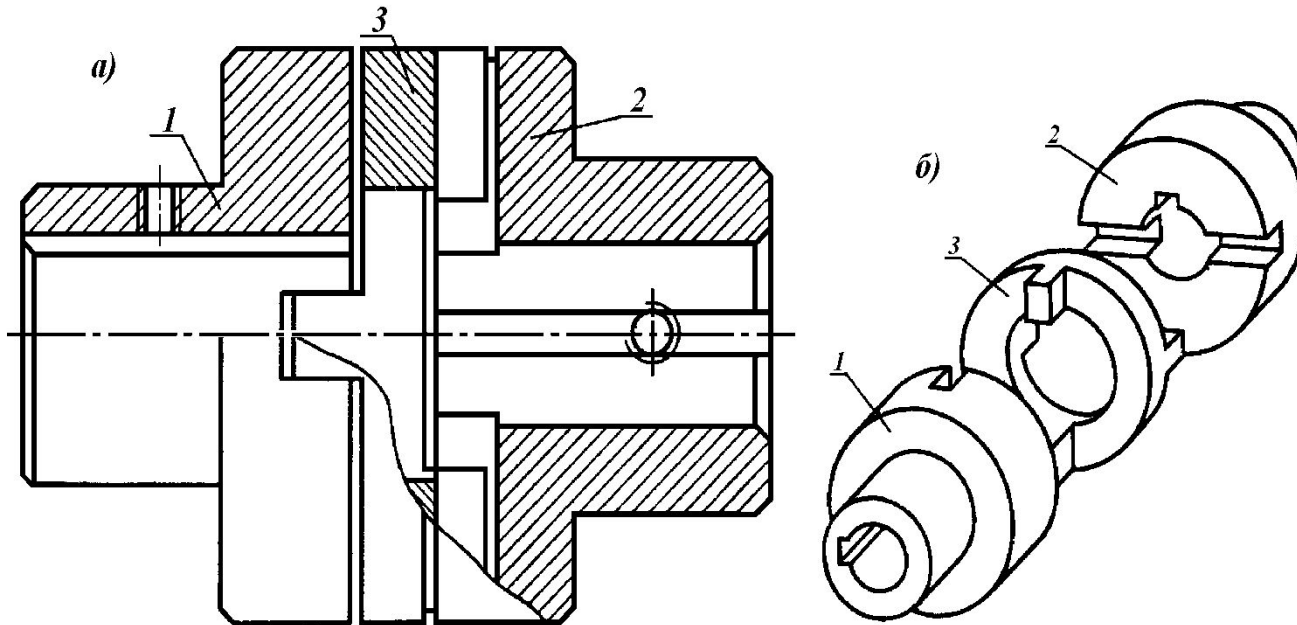


Рисунок 10 – Муфта цепная: а) с однорядной цепью;
б) с двухрядной цепью

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 δ между их геометрическими осями соизмеримо с диаметром самих валов или угол γ достаточно велик (может достигать до 45°), 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**.

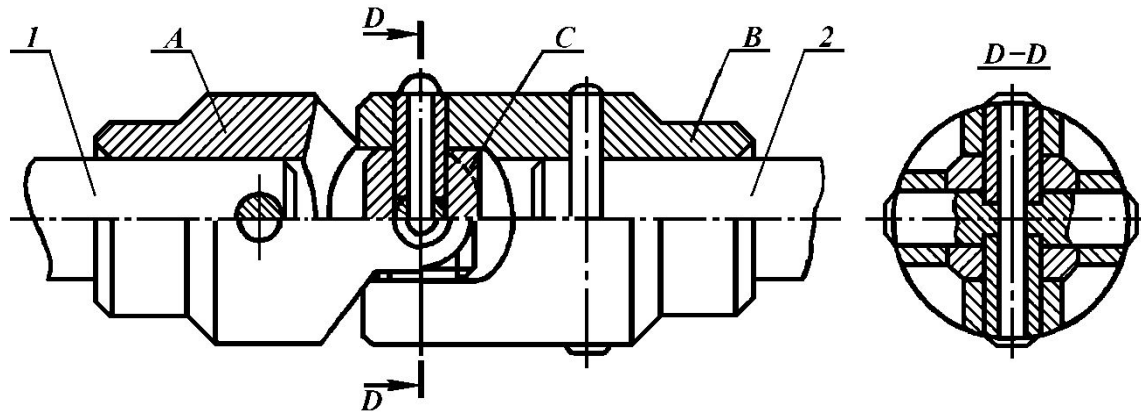
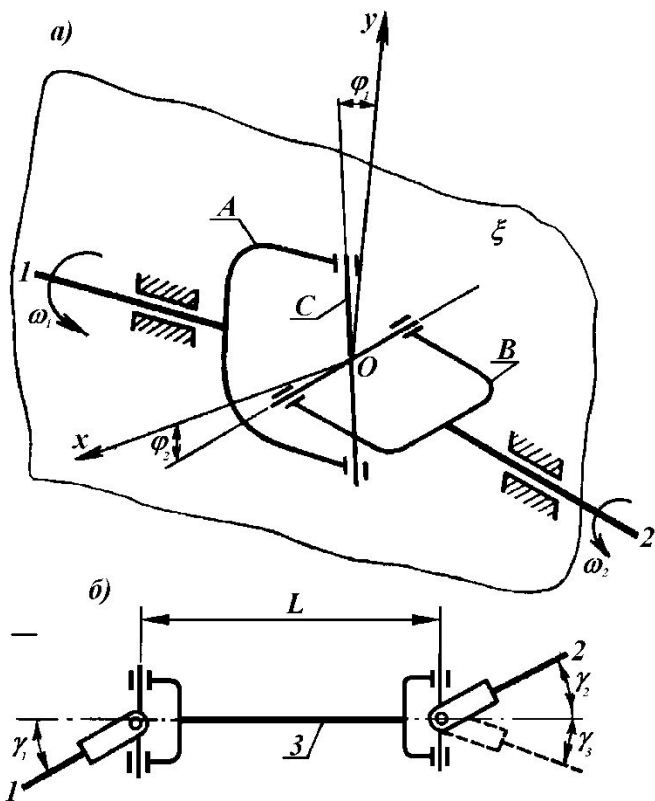


Рисунок 13 – Конструкция шарнирной муфты Кардана

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° 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 ω_1 , угловая скорость выходного вала ω_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 γ – острый угол между геометрическими осями валов; φ_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

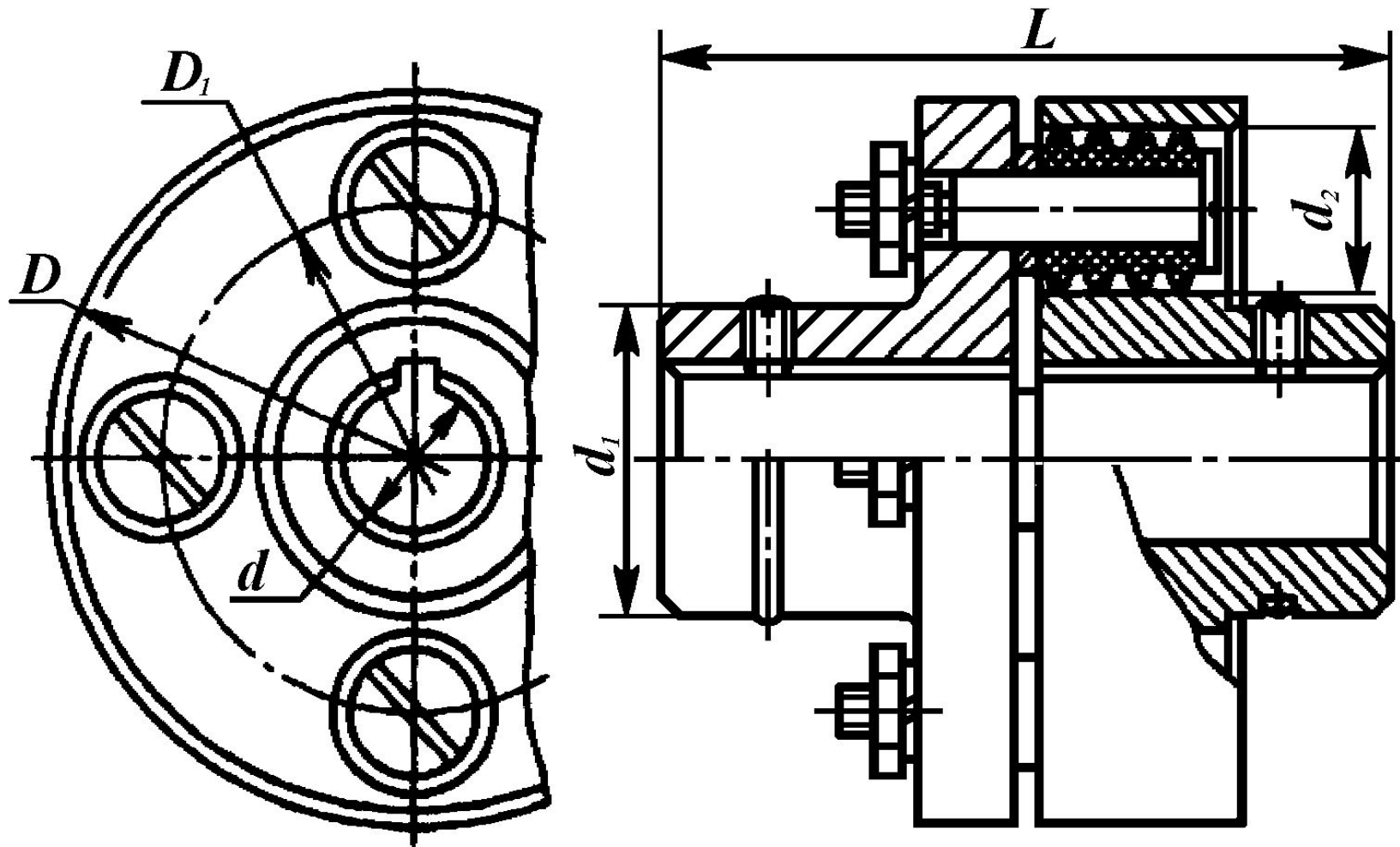
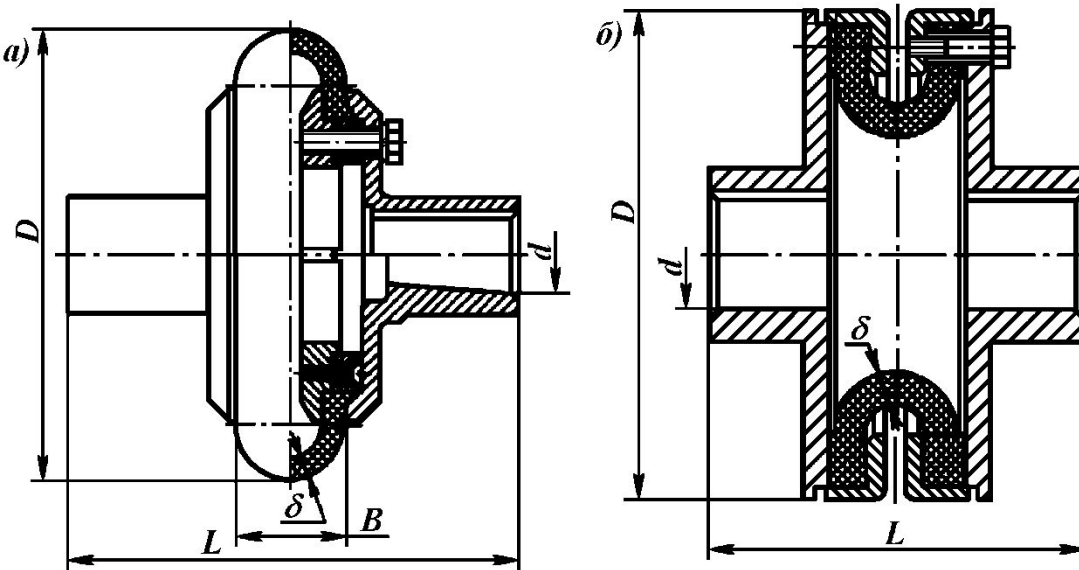


Рисунок 14 – Муфта упругая втулочно-пальцевая МУВП

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-1 и выше).

Рисунок 15 – Муфта с торообразной оболочкой:

a) 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.

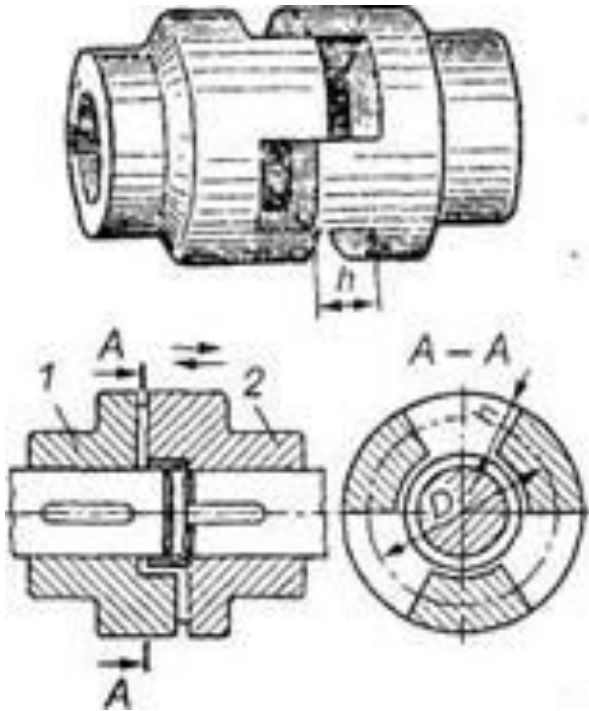


Рисунок 16 – Муфта кулачковая

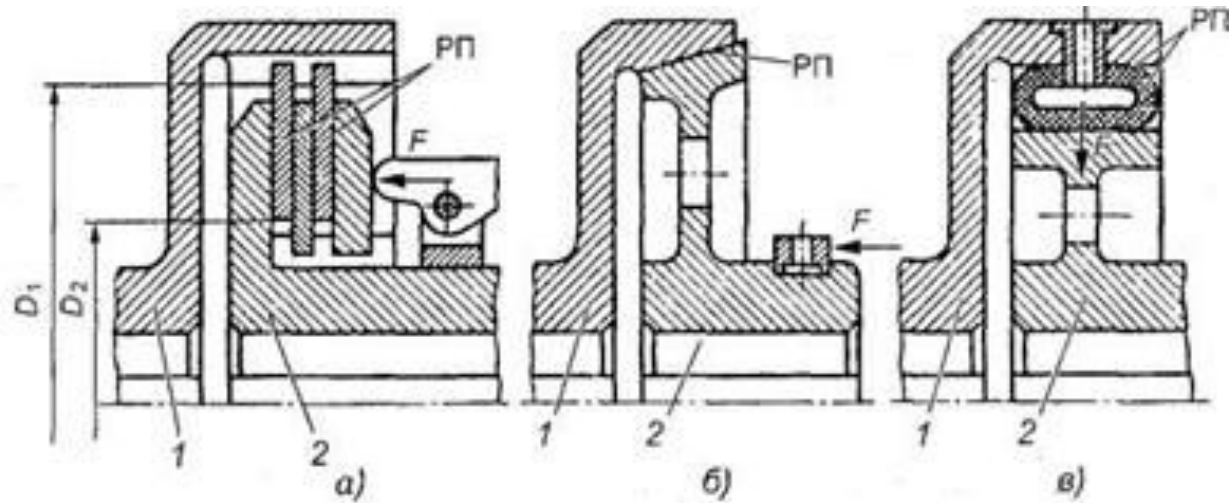


Рисунок 17 – Муфта фрикционная:
а) дисковая; б) конусная; в) цилиндрическая

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.

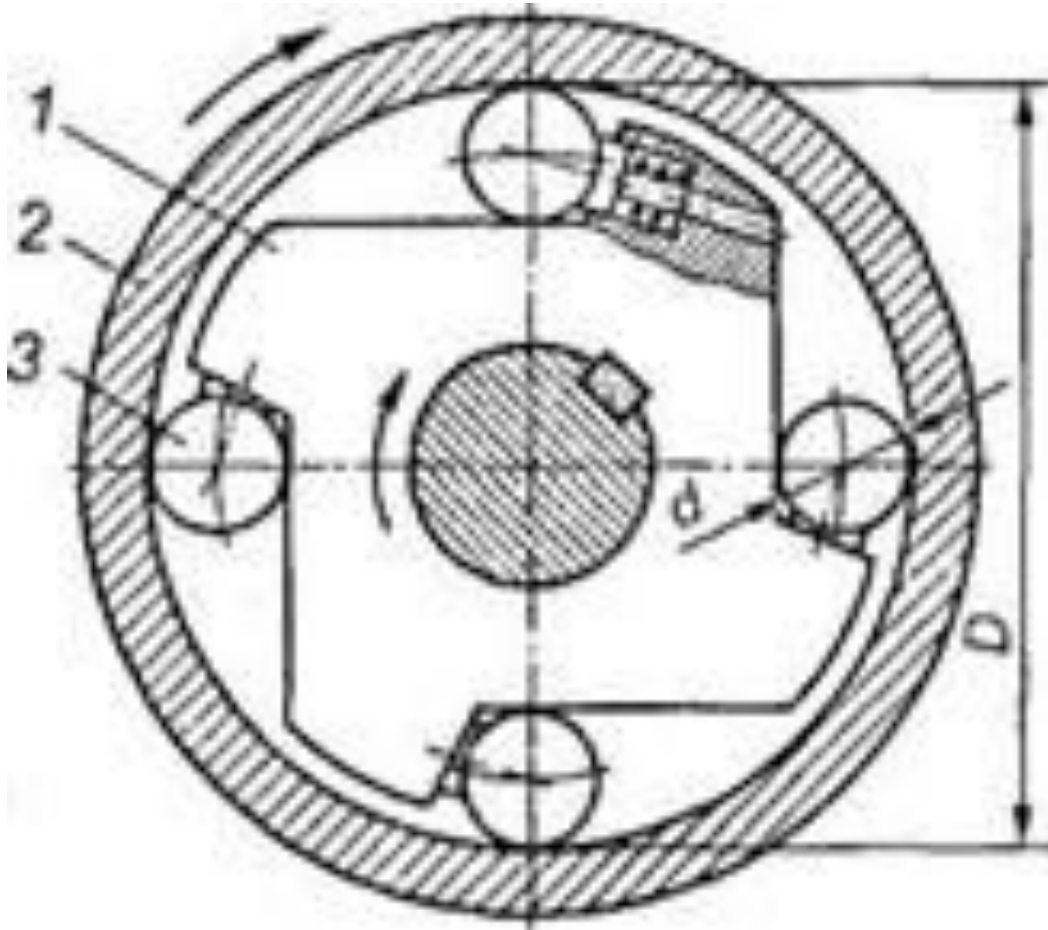


Рисунок 18 – Обгонная муфта

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.

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.

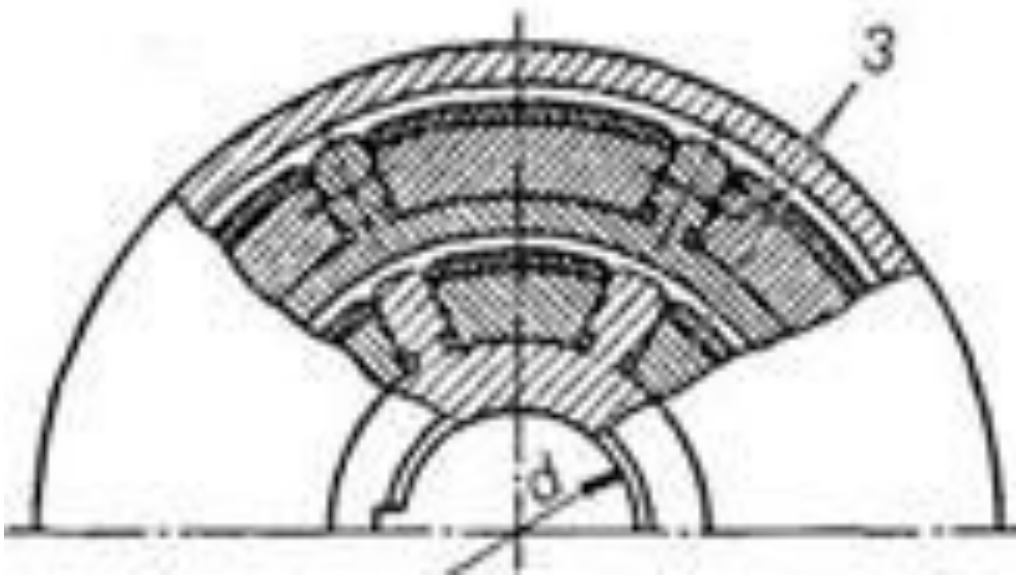
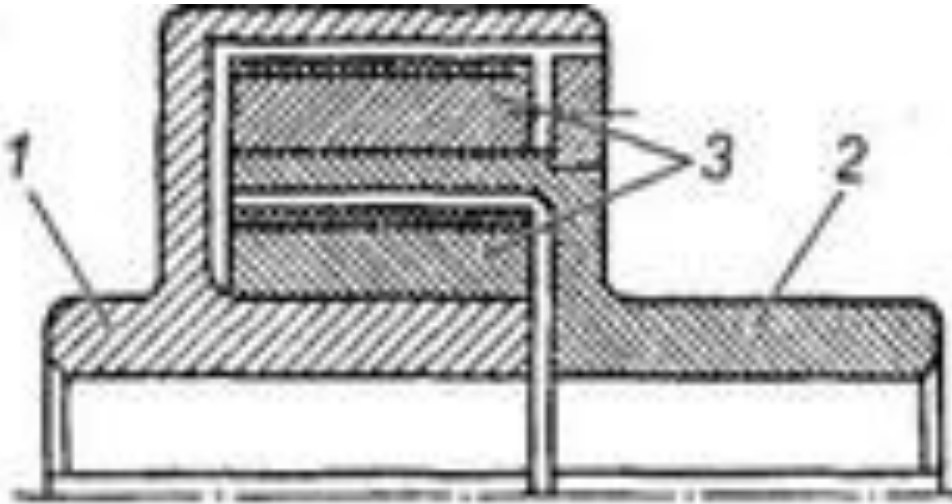


Рисунок 19 – Центробежная муфта

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).

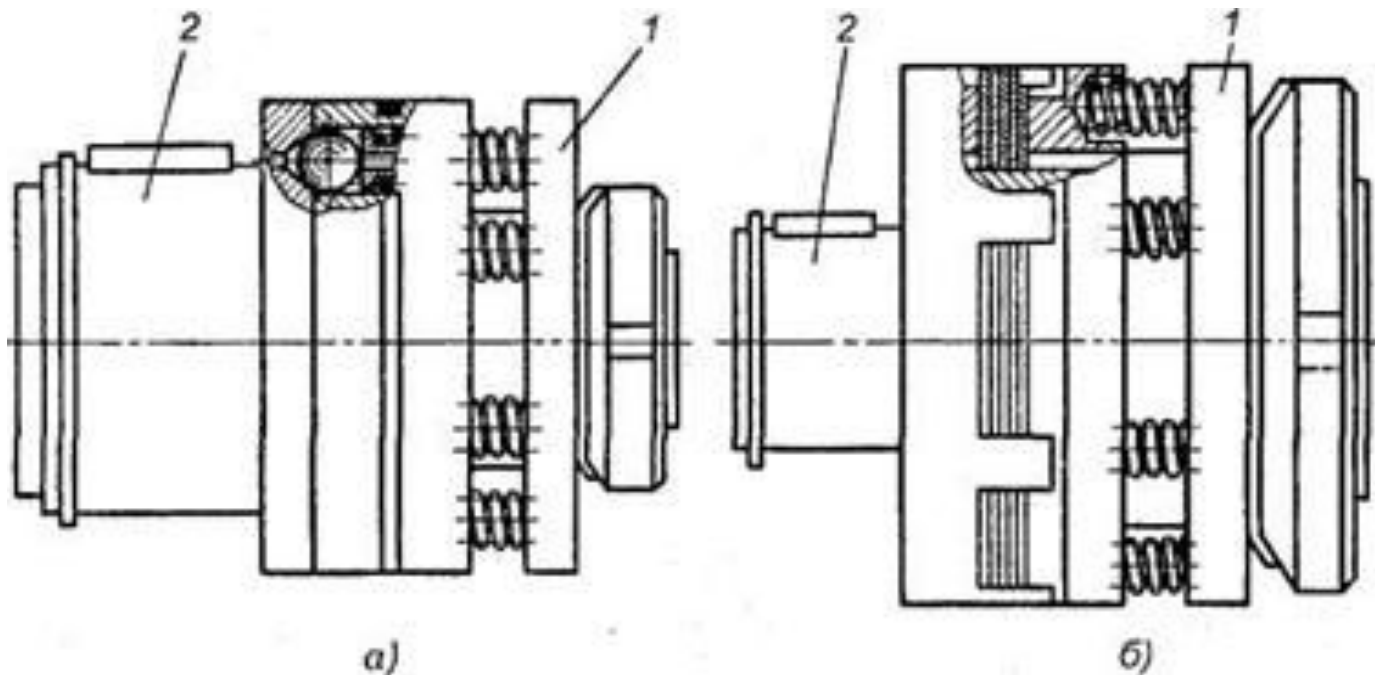


Рисунок 20 – Предохранительные муфты: а) шариковая; б) фрикционная

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.

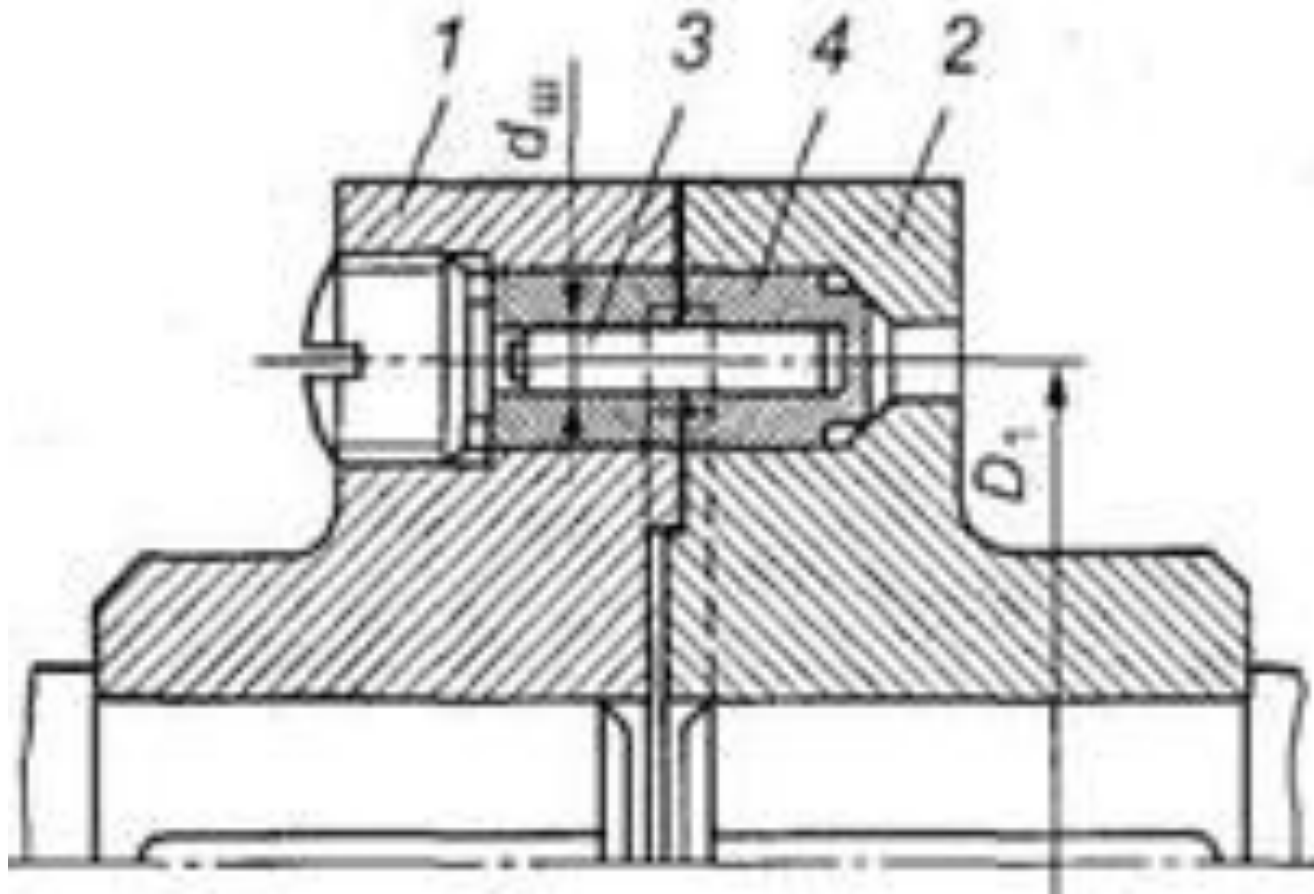


Рисунок 21 – Предохранительная муфта со срезным штифтом

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 – $k_{yp}=1,1\dots1,3$, тяжёлая работа с ударами и реверсированием – $k_{yp}=1,3\dots1,5$). 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

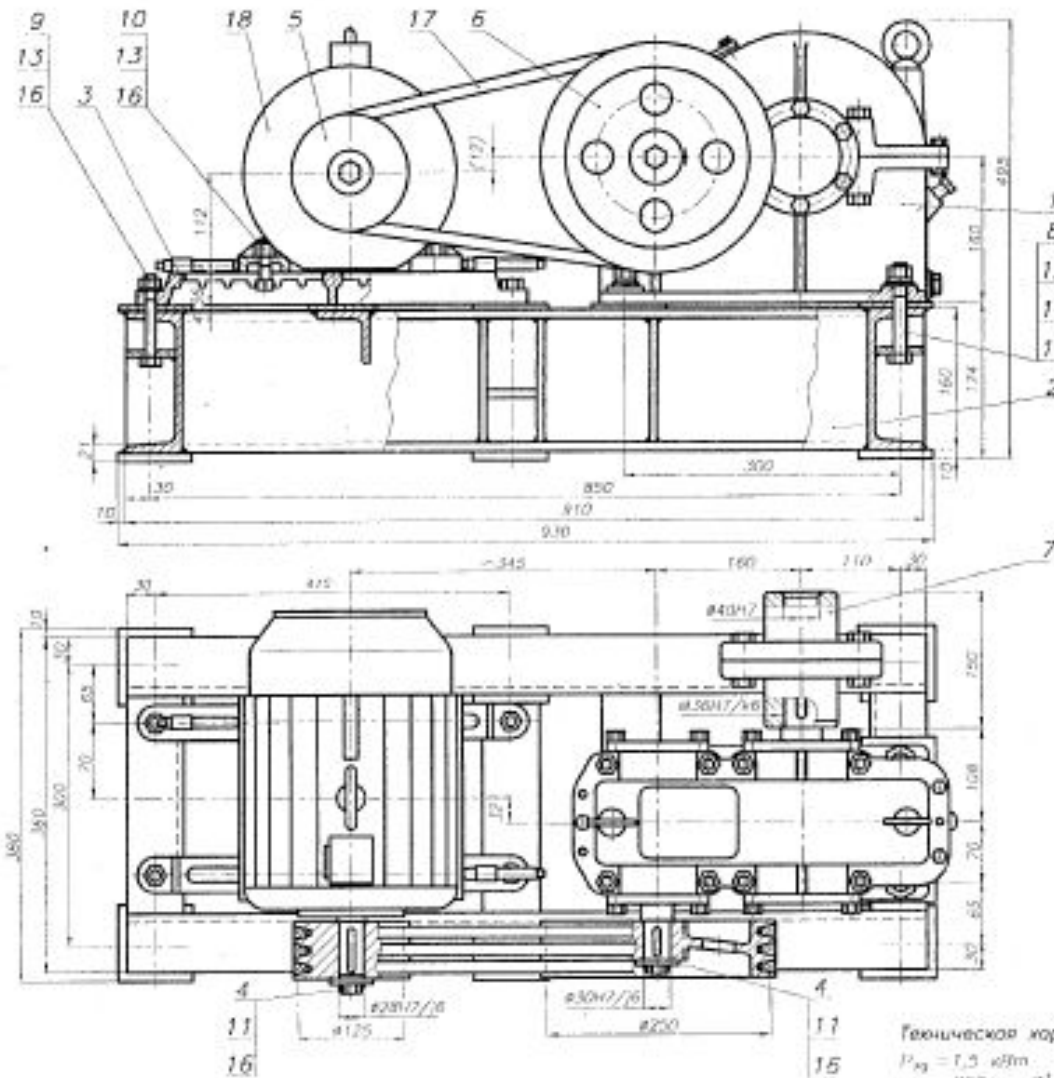


СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ БОЛТОВ
КРЕПЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИБОРА К РАМЕ
(1:5)

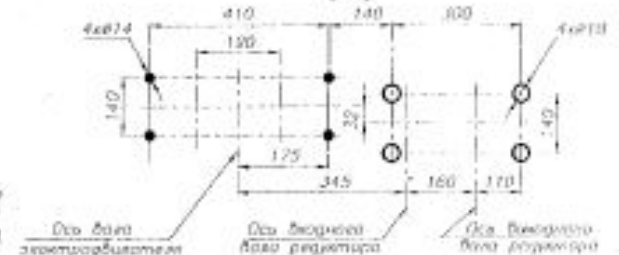
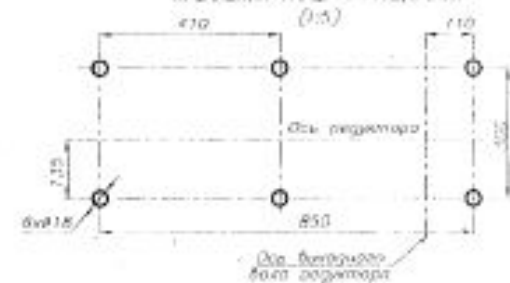


СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ БОЛТОВ
КРЕПЛЕНИЯ РАМЫ К ФУНДАМЕНТУ
(1:5)



1. Проверить болты рачина под воздействием силы 100 Н на болты 8 мм (ГОСТ 1284.3-96).
2. Натяжка шкивов не более 1,8 мм на длину 100 мм. Смещение рабочих поверхностей шкивов 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 индукторизованном И-40М (ГОСТ 20799-75) количеством 1,2 л.
5. Проверить условия на показани. Ограждение рачина передачи и вудит установить и окрасить в оранжевый цвет.

Геометрическая характеристика

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

| | | | |
|--|--|----------------------|--|
| | | КП ДМ ИШ125 11.04.01 | |
| | | ПРИВОД | |
| | | ИТУ | |

Рис. 11.4.1

**Лекция окончена.
Спасибо за внимание!**