

ВАЛЫ. ПОДШИПНИКИ. МУФТЫ.

Выполнили ст.гр. ПГС-21-13
Алексеевская Т.И.

Рыбалкина Ю.Н.

Проверил: доцент Атдаев Д.И.

§1. ВАЛЫ И ОСИ

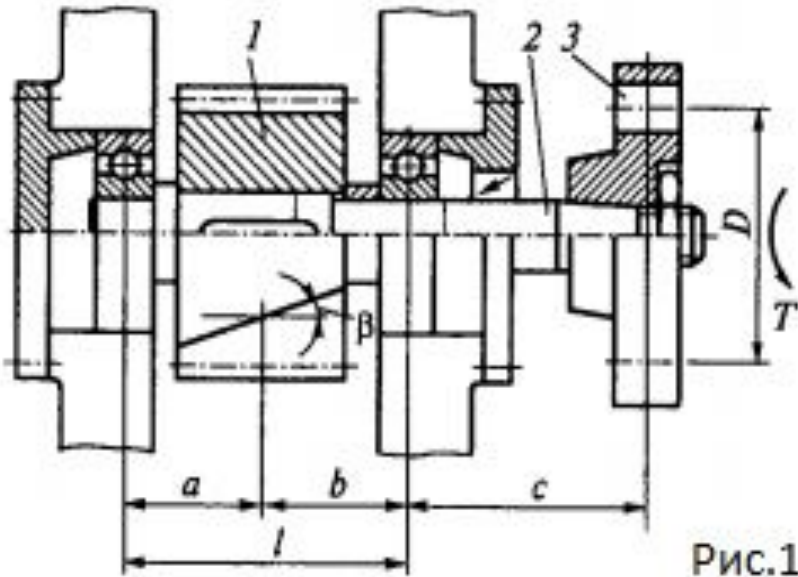


Рис.1

На валах и осях размещают вращающиеся детали: зубчатые колеса, шкивы, барабаны и т. п. Вал отличается от оси тем, что передает вращающий момент от одной детали к другой, а ось не передает. Например, на рис.1 момент от полумуфты 3 к шестерне 1 передается валом 2, а на рис.2, где изображен барабан грузоподъемной машины, момент от зубчатого венца передается канату самим барабаном. Вал всегда вращается, а ось может быть вращающейся (рис.2, а) или невращающейся (рис.2, б).

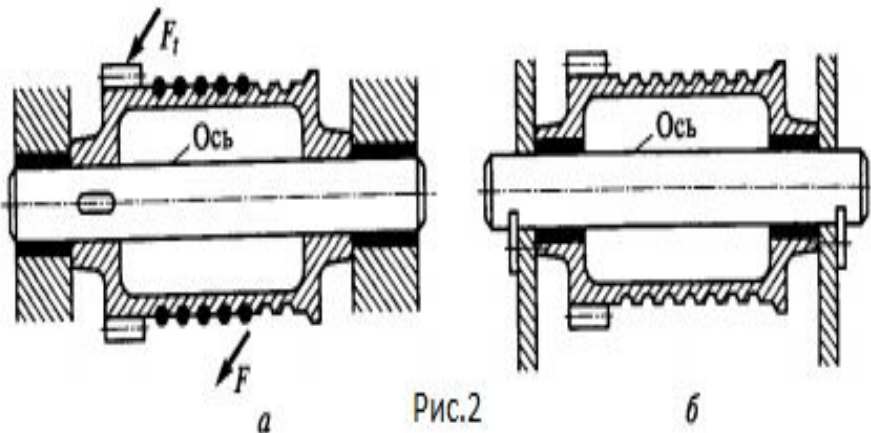


Рис.2

б

ВАЛЫ И ОСИ

Различают валы прямые, коленчатые и гибкие. Наибольшее распространение имеют прямые валы. Коленчатые валы применяют в поршневых машинах. Гибкие валы допускают передачу вращения при больших перегибах (например, в зубофрезерных бормашинах).

По конструкции различают валы и оси гладкие (рис.2) и фасонные или ступенчатые (рис.1), а также сплошные и полые. Полыми валы изготовляют для уменьшения массы или в тех случаях, когда через вал пропускают другую деталь, подводят масло и пр. Прямые валы изготавливают преимущественно из углеродистых и легированных сталей.

§1.2. Проектный расчет валов

При проектном расчете обычно известны вращающий момент T или мощность P и частота вращения n , нагрузка и размеры основных деталей, расположенных на валу. Требуется определить размеры и материал вала.

Валы рассчитывают на прочность, жесткость и колебания.

На практике обычно используют следующий порядок проектного расчета вала.

1. Предварительно оценивают средний диаметр вала из расчета только на кручение при пониженных допускаемых напряжениях.

Напряжения кручения

$$\tau = T/W_p = T/(0,2d^3) \leq [\tau] \text{ или } d = \sqrt[3]{T/(0,2[\tau])}. \quad (1)$$

Предварительно оценить диаметр проектируемого вала можно, также ориентируясь на диаметр того вала, с которым он соединяется (валы передают одинаковый момент T).

2. После оценки диаметра вала разрабатывают его конструкцию.
3. Выполняют проверочный расчет выбранной конструкции

§ 1.3. Проверочный расчет валов

Пример расчета вала, изобр. на рис.1. Для этого вала левую опору заменяем шарнирно-неподвижной, а правую - шарнирно-подвижной опорами (рис.3) . В нашем примере вал нагружен силами F_t , F_a , и F_r , действующими в полюсе зацепления (рис.3, а), и моментом T на полумуфте.

На (рис.3,б) изгибающий момент $M_a = F_a \cdot d/2$, а на (рис.3,д) вращающий момент $T = F_t \cdot d/2$ (в сечении I-I) являются результатом такого приведения. Здесь d - делительный диаметр шестерни.

Рассматривая случай нагруженная сечения 1-1 максимальным изгибающим моментом, можно записать:

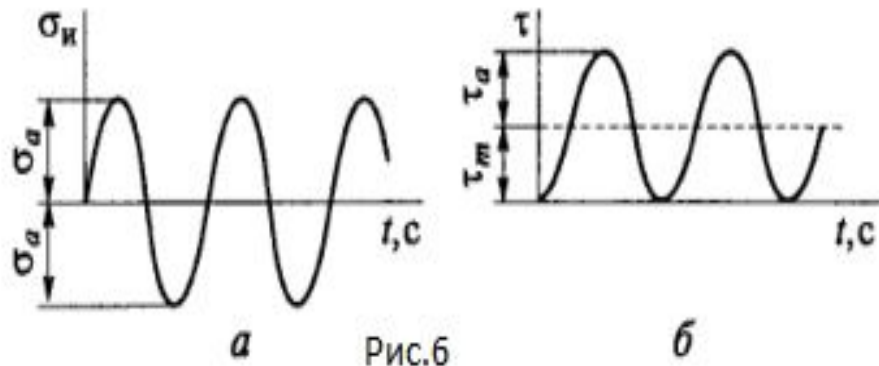
$$M_{I-I} = \sqrt{M_{\text{верт}}^2 + M_{\text{гор}}^2} + M_M, \text{ где}$$

$$M_{\text{верт}} = F_r \frac{ab}{l} + M_a \frac{a}{l}; \quad M_{\text{гор}} = F_t \frac{ab}{l}; \quad M_M = F_M \frac{ca}{l}.$$



Рис.3

Расчет на прочность



На практике установлено, что для валов основным видом разрушения является усталостное. Статическое разрушение наблюдается значительно реже. Оно происходит под действием случайных кратковременных перегрузок. Поэтому для валов расчет на сопротивление усталости является основным. При расчете на сопротивление усталости необходимо прежде всего установить характер цикла напряжений.

Напряжения кручения изменяются пропорционально изменению нагрузки. В большинстве случаев трудно установить действительный цикл нагрузки машины в условиях эксплуатации. Тогда расчет выполняют условно по номинальной нагрузке, а циклы напряжений принимают - симметричным для напряжений изгиба (рис.б, а) и отнулевым для напряжений кручения (рис.б, б).

Расчет на прочность

Приступая к расчету, предположительно намечают опасные сечения вала, которые подлежат проверке (сечения 1— 1 и 11— 11; рис.5). При совместном действии напряжений кручения и изгиба запас сопротивления усталости определяют по формуле

$$s = s_\sigma s_\tau / \sqrt{s_\sigma^2 + s_\tau^2} \geq [s] \approx 1,5,$$

$$\left. \begin{aligned} \text{где } s_\sigma &= \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma D} \sigma_a + \psi_\sigma \sigma_m} \text{ — запас сопротивления} \\ &\text{усталости при изгибе;} \\ s_\tau &= \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau D} \tau_a + \psi_\tau \tau_m} \text{ — запас сопротивления уста-} \\ &\text{лости при кручении.} \end{aligned} \right\}$$

В этих формулах σ_a и τ_a — амплитуды переменных составляющих циклов напряжений, а σ_m и τ_m — постоянные составляющие.

Согласно принятому выше условию Рис.6 , при расчете валов

Расчет на жесткость

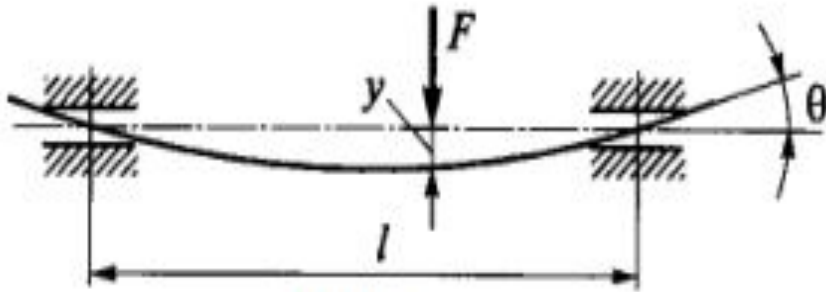


Рис.7

Упругие перемещения вала отрицательно влияют на работу связанных с ним деталей: подшипников, зубчатых колес, катков фрикционных передач и т. п. От прогиба вала (рис. 7) в зубчатом зацеплении возникает концентрация нагрузки по длине зуба. При больших углах поворота θ в подшипнике может произойти защемление вала (см. правую опору на рис.7).

В металлорежущих станках перемещения валов (в особенности шпинделей) снижают точность обработки и качество поверхности деталей. В делительных и отсчетных механизмах упругие перемещения снижают точность измерений и т. д..

Перемещение при кручении валов постоянного диаметра определяют по формуле

$$\varphi = Tl / (GJ_p),$$

где φ — угол закручивания вала, рад; T — вращающий момент; G — модуль упру-

гости при сдвиге; l — длина закручиваемого участка вала; $J_p = \pi d^4 / 32$ — полярный момент инерции поперечного сечения вала.

§2. ПОДШИПНИКИ.

Назначение и классификация

Подшипники служат опорами для валов и вращающихся осей. Они воспринимают радиальные и осевые нагрузки, приложенные к валу, и сохраняют заданное положение оси вращения вала. От качества подшипников в значительной степени зависят работоспособность и долговечность машин.

Подшипники классифицируют по виду трения и воспринимаемой нагрузке.

По виду трения различают : подшипники скольжения, у которых опорный участок вала скользит по поверхности подшипника; подшипники качения, у которых трение скольжения заменяют трением качения посредством установки шариков или роликов между опорными поверхностями подшипника и вала.

По воспринимаемой нагрузке различают подшипники: радиальные - воспринимают радиальные нагрузки; упорные - воспринимают осевые нагрузки; радиально-упорные - воспринимают радиальные и осевые нагрузки.

§2.1. Подшипники скольжения. Общие сведения и классификация

Опорный участок вала называют цапфой. Форма рабочей поверхности подшипника скольжения, так же как и форма цапфы вала, может быть цилиндрической (рис.4, а), плоской (4, б), конической (рис.4, е) или шаровой (рис.4, е). Цапфу, передающую радиальную нагрузку, называют шипом, если она расположена на конце вала (рис.4, а), и шейкой при расположении в середине вала (рис.4, г). Цапфу, передающую осевую нагрузку, называют пятой, а опору (подшипника) - подпятником (рис.4,б, д).

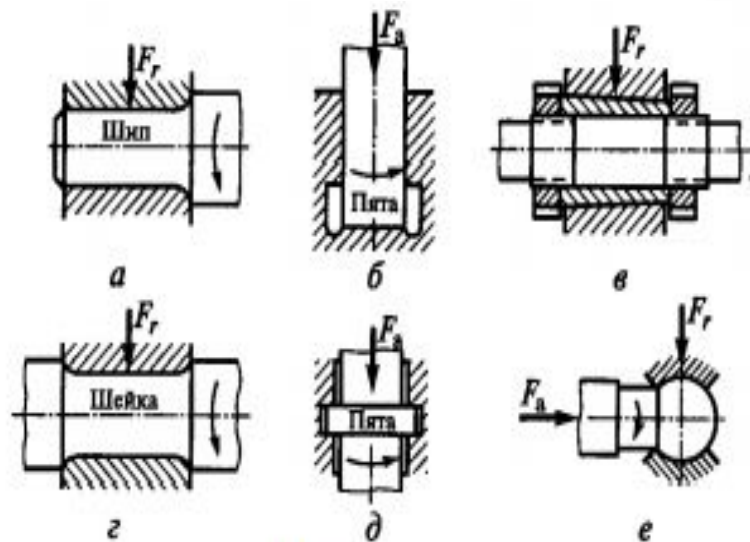


Рис.4

Пример конструктивного оформления подшипника изображен на рис.5

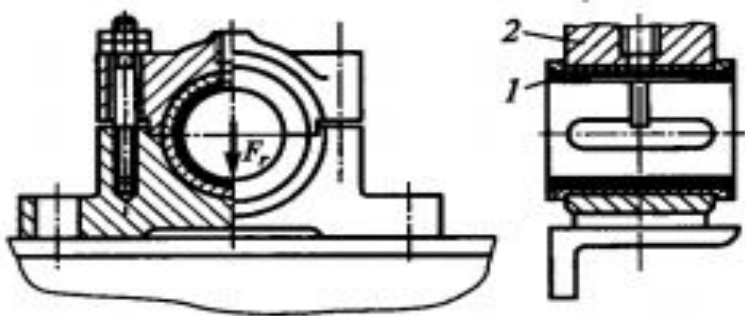


Рис.5

Основным элементом подшипника является вкладыш 1 с тонким слоем антифрикционного материала на опорной поверхности. Вкладыш устанавливают в специальном корпусе подшипника 2 или непосредственно в корпусе машины

Область применения подшипников скольжения в машиностроении сократилась в связи с распространением подшипников качения. Однако значение подшипников скольжения в современной технике не снизилось. К ним относятся:

- 1) разъемные подшипники, необходимые по условиям сборки
- 2) высокоскоростные подшипники
- 3) подшипники прецизионных машин
- 4) подшипники, работающие в особых условиях (воде, агрессивных средах и т. п.), в которых подшипники качения неработоспособны из-за коррозии
- 5) Подшипники дешевых тихоходных механизмов и некоторые другие.

§ 2.2. Условия работы и виды разрушения подшипников скольжения

Вращению цапфы в подшипнике противодействует момент сил трения. Работа трения нагревает подшипник и цапфу. Для любого установившегося режима работы подшипника существует тепловое равновесие: теплоотдача равна тепловыделению. Чем больше тепловыделение и хуже условия теплоотдачи, тем выше температура теплового равновесия. С повышением температуры уменьшается вязкость масла и увеличивается вероятность заедания цапфы в подшипнике. В конечном результате заедание приводит к выплавлению вкладыша. Перегрев подшипника является основной причиной его разрушения.

§ 2.3 Трение и смазка подшипников скольжения

Выше отмечено, что работа трения является основным показателем работоспособности подшипника. Трение определяет износ и нагрев подшипника, а также его КПД. Для уменьшения трения подшипники скольжения смазывают. В зависимости от режима работы подшипника в нем может быть полужидкостное или жидкостное трение. Схематизированное представление об этих режимах дает рис. 8. При жидкостном трении рабочие поверхности вала и вкладыша разделены слоем масла. Граничным называют трение, при котором трущиеся поверхности покрыты тончайшей пленкой масла, образовавшейся в результате действия молекулярных сил и химических реакций активных молекул масла и материала вкладыша.

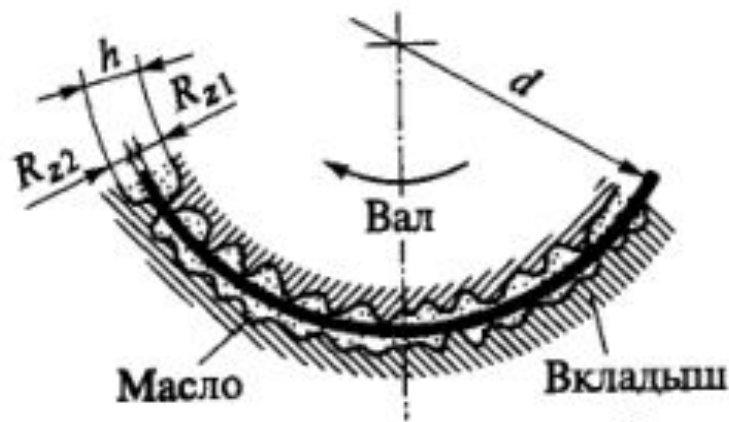


Рис.8

Основы теории жидкостного трения.

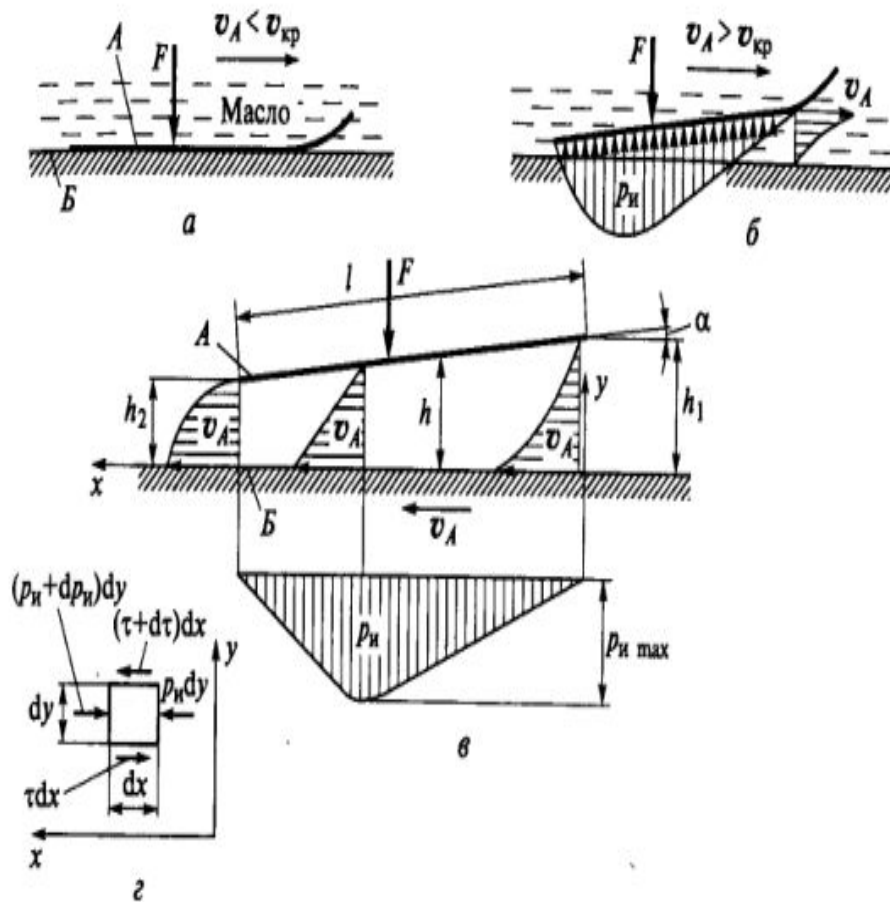


Рис.9

Исследование режима жидкостного трения в подшипниках основано на гидродинамической теории смазки. Эта теория базируется на решениях дифференциальных уравнений гидродинамики вязкой жидкости, которые связывают давление, скорость и сопротивление вязкому сдвигу. На рис. 9 показаны две пластины А и Б, залитые маслом и нагруженные силой F . Пластина А движется относительно пластины Б со скоростью v_A . Если скорость и, мала (рис. 16.4, а), то пластина А выжимает масло с пластины Б. Поверхности пластин непосредственно соприкасаются. При этом образуется полужидкостное трение.

§2.4 Конструкции и материалы подшипников скольжения

Конструкции подшипников скольжения весьма разнообразны. Во многом они зависят от конструкции машины, в которой устанавливается подшипник. Очень часто подшипники не имеют специального корпуса. При этом вкладыши размещают непосредственно в станине (рис. 10, а) или раме (рис. 10, б) машины.

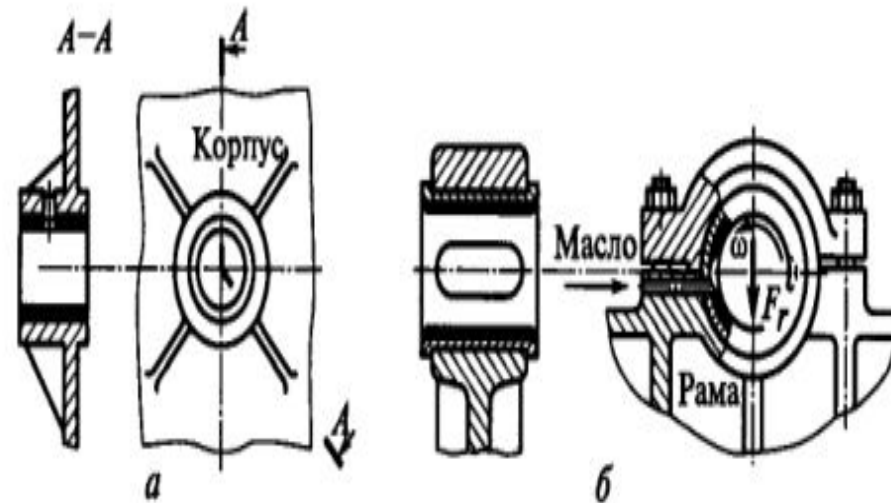


Рис.10

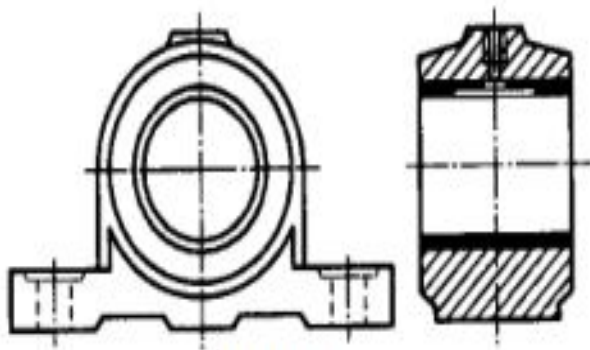


Рис.11

Таково, например, большинство подшипников двигателей, турбин, станков, редукторов и т. д. Подшипники с отдельными корпусами (см. рис.5 и 11) устанавливают в таких устройствах, как конвейеры, грузоподъемные машины, трансмиссии и т. д. Корпус и вкладыш могут быть неразъемными (рис.11) или разъемными (см. рис.5). Разъемный подшипник позволяет легко укладывать вал и ремонтировать подшипник путем повторных расточек вкладыша при его износе.

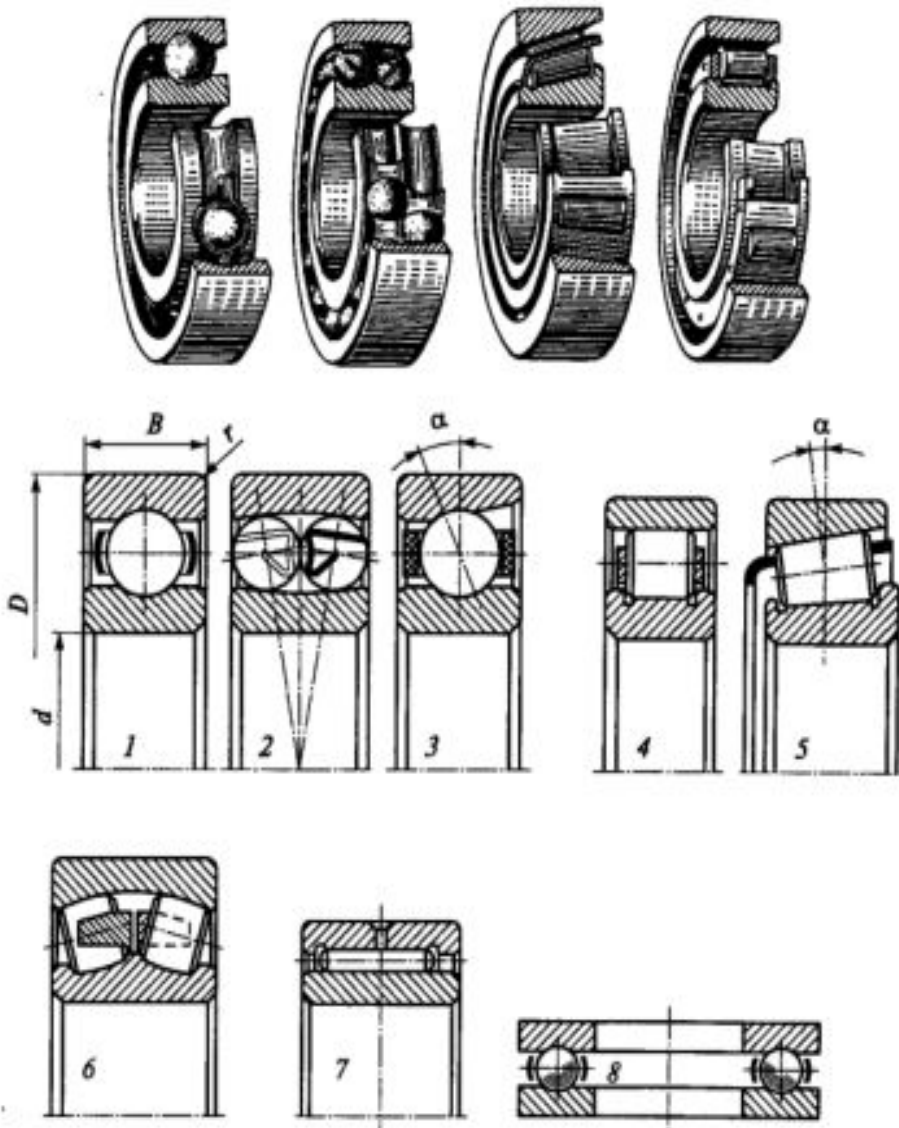
Гидростатические подшипники.

Для тихоходных тяжелых валов, от которых требуется малое сопротивление вращению, а режим гидродинамического трения обеспечить не удастся, применяют гидростатические подшипники. В этих подшипниках несущий масляный слой образуют путем подвода масла под цапфу от насоса.

Эти подшипники могут быть аэростатическими и аэродинамическими.

Материал вкладыша (основной детали подшипника) должен иметь: 1) малый коэффициент трения и высокую сопротивляемость заеданию в периоды отсутствия режима жидкостного трения (пуски, торможение.); 2) достаточную износостойкость наряду со способностью к приработке. 3) достаточно высокие механические характеристики.

§ 2.5. Подшипники качения.

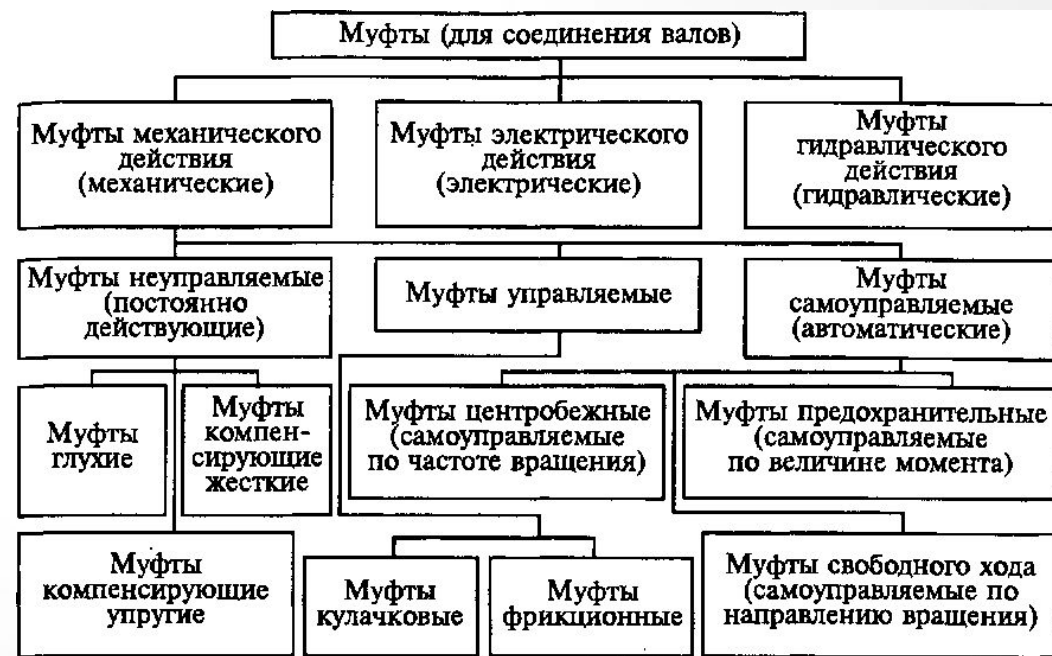
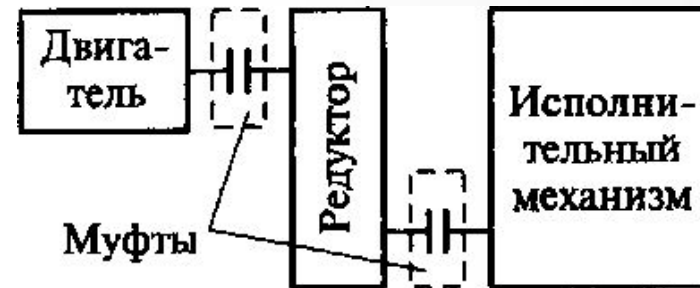


Применение подшипников качения позволило заменить трение скольжения трением качения. Трение качения существенно меньше зависит от смазки. Условный коэффициент трения качения мал и близок к коэффициенту жидкостного трения в подшипниках скольжения. При этом упрощаются система смазки и обслуживания подшипника, уменьшается возможность разрушения при кратковременных перебоях в смазке. Конструкция подшипников качения позволяет изготавливать их в массовых количествах как стандартную продукцию, что значительно снижает стоимость производства.

На рис. изображены основные типы подшипников качения. По форме тел качения они разделяются на шариковые

§3 МУФТЫ

Муфтами в технике называют устройства, которые служат для соединения концов валов, стержней, труб, электрических проводов и т. д. Рассмотрим только муфты для соединения валов*. Потребность в соединении валов связана с тем, что большинство машин компонуют из ряда отдельных частей с входными и выходными валами, которые соединяют с помощью муфт (см.рис). Соединение валов является общим, но не единственным назначением муфт. Так, например, муфты используют для включения и выключения исполнительного механизма при непрерывно работающем двигателе (управляемые муфты); предохранения машины от перегрузки (предохранительные муфты); компенсации вредного влияния несоосности валов (компенсирующие муфты); уменьшения динамических нагрузок (упругие муфты)



Муфты глухие

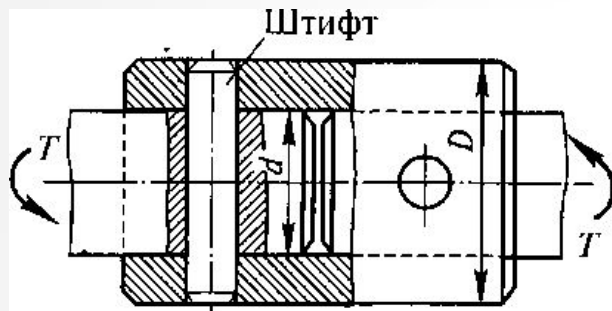
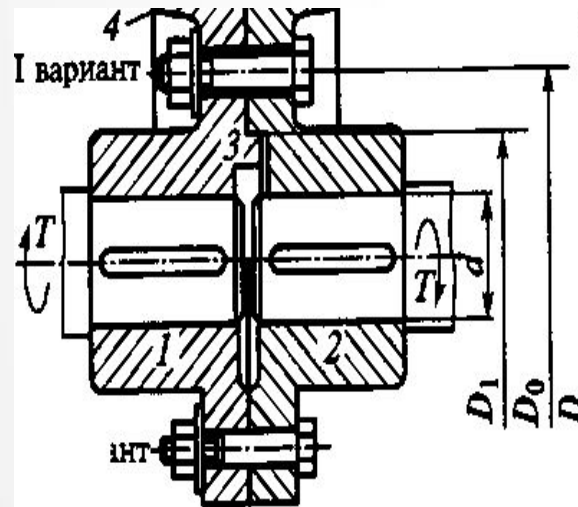


Рис. 17.2



Глухие муфты образуют жесткое и неподвижное соединение валов (глухое соединение). Они не компенсируют ошибки изготовления и монтажа, требуют точной центровки валов.

Муфта втулочная — простейший представитель глухих муфт. Скрепление втулки с валами выполняют с помощью штифтов (рис. 1), шпонок (рис.2) или зубьев (шлицев). Применение втулочных муфт в тяжелых машинах затруднено тем, что при монтаже и демонтаже требуется смещать валы (агрегаты) в осевом направлении.

Муфты компенсирующие жесткие

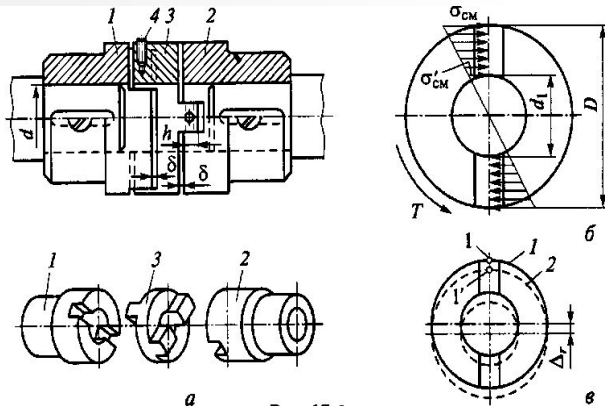
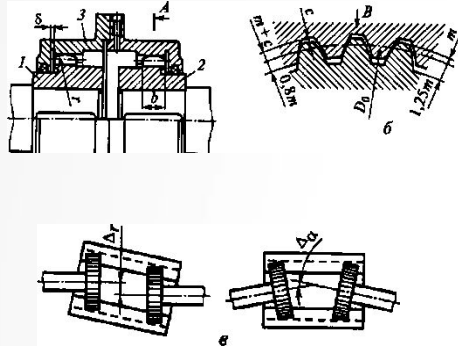
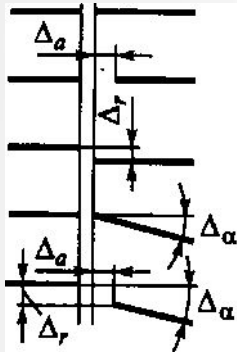


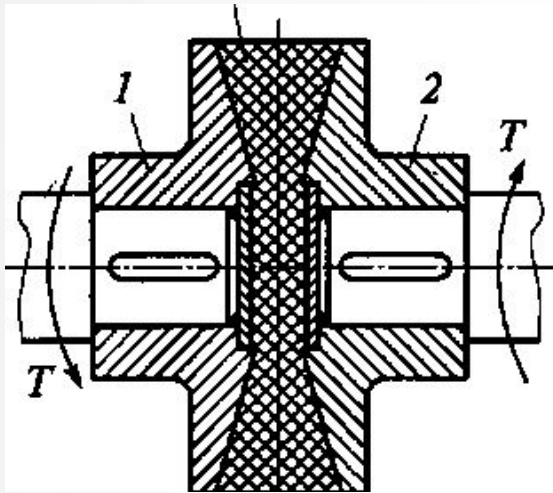
Рис. 17.6

соприкосновения пропорциональны расстояниям этих точек до оси

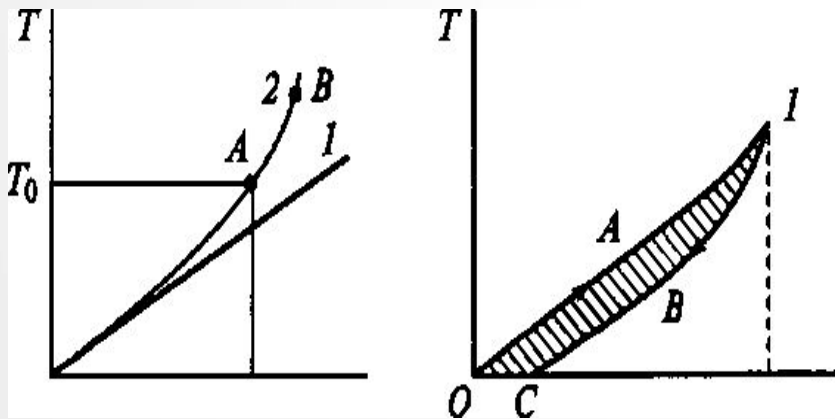
Виды несоосности валов. Вследствие погрешностей изготовления и монтажа всегда имеется некоторая неточность взаимного расположения геометрических осей соединяемых валов. Различают три вида отклонений от номинального расположения валов (рис.1): *продольное смещение* Δ_a (может быть вызвано также температурным удлинением валов); *радиальное смещение* Δ_r , или *эксцентриситет*; *угловое смещение* Δ_α или *перекос*.

При соединении глухими муфтами несоосные валы в месте установки муфты приводят к одной общей оси путем деформирования валов и опор. Опоры и валы дополнительно нагружаются. Поэтому при соединении глухими муфтами требуется высокая точность расположения валов.

Муфты упругие



Каждая машина — это обычно сложная многомассовая система. Для того чтобы выяснить, каким образом упругие муфты влияют на динамические свойства машины, рассмотрим простую модель, схема которой изображена на рис. 1. На рисунке приняты обозначения: J_x — момент инерции масс привода (двигателя, передачи и т. п.), приведенный к валу 1; J_2 — момент инерции вращающихся масс исполнительного механизма, приведенный к валу 2; ω_0 и T — угловые скорости и вращающие моменты на валах 1 и 2; C_θ — жесткость муфты.



Конструкция упругих муфт

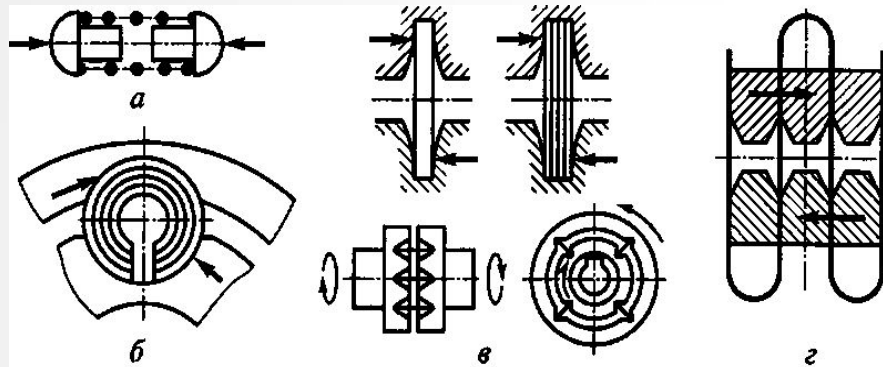
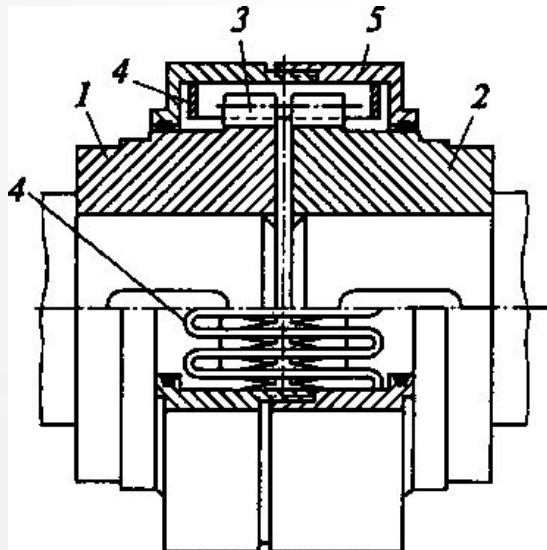


Рис. 17.17



В машиностроении применяют большое количество разнообразных по конструкции упругих муфт. По материалу упругих элементов эти муфты делят на две группы: с металлическими и неметаллическими упругими элементами. В методике расчета муфт каждой из этих групп много общего, что позволяет ограничиться подробным изучением только некоторых типичных конструкций.

Металлические упругие элементы муфт. Основные типы металлических упругих элементов муфт изображены на рис. 17.17: а — витые цилиндрические пружины; б — пакеты разрезных гильзовых пружин; в — стержни, пластины или пакеты пластин.

Муфты управляемые, или сцепные

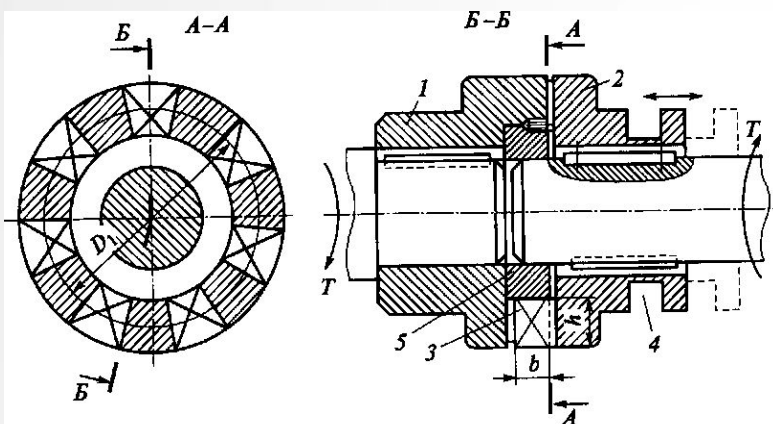
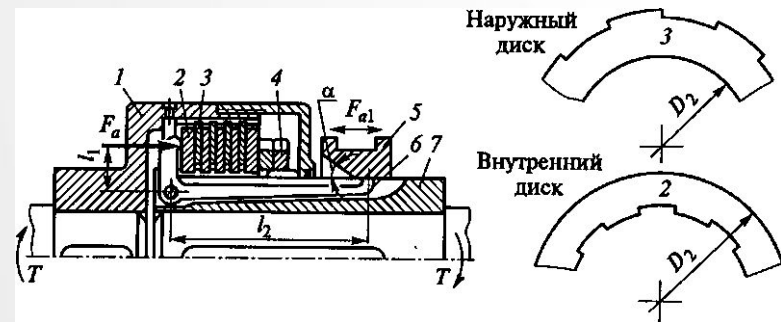
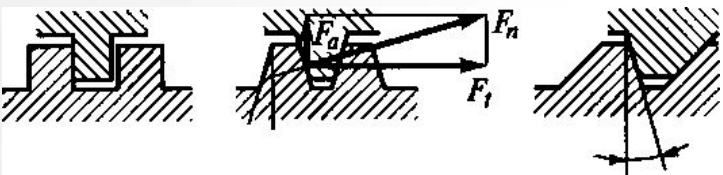


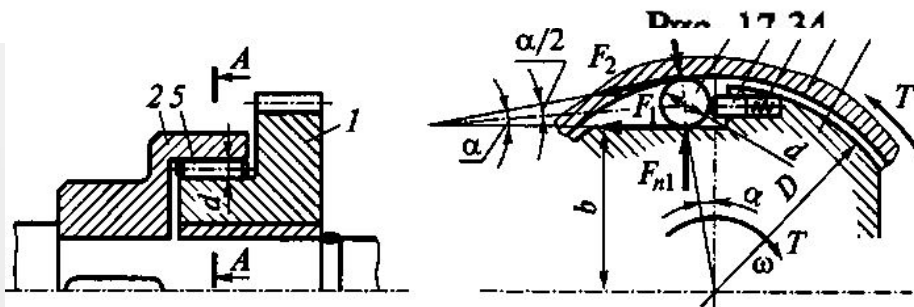
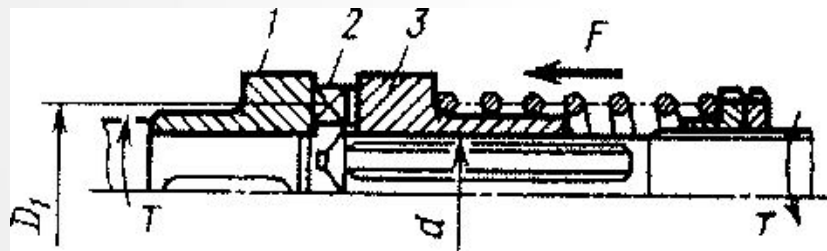
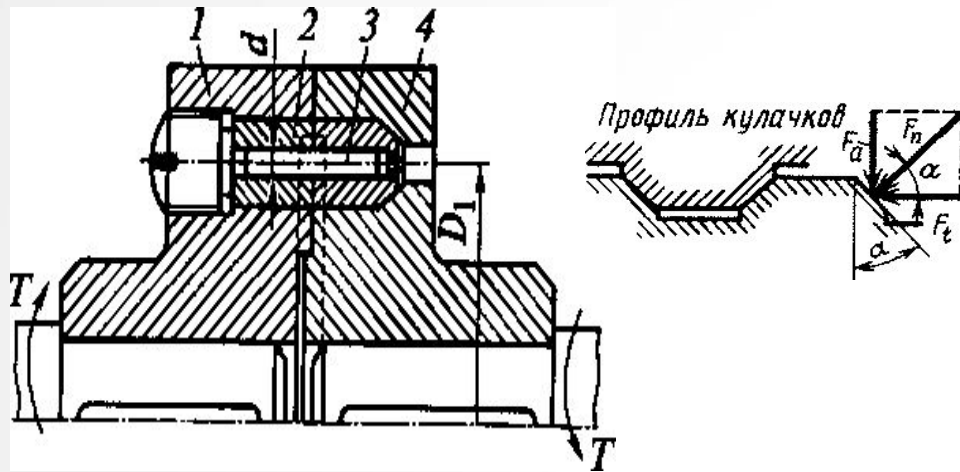
Рис. 17.26

Управляемые муфты позволяют соединять или разъединять валы с помощью механизма управления. По принципу работы все эти муфты можно разделить на две группы: муфты, основанные на зацеплении (кулачковые или зубчатые); муфты, основанные на трении (фрикционные).

Муфты кулачковые. На торцах полумуфт 1 тл. 2 (рис. 17.26) 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. Кольцо 5 служит для центровки валов.



Муфты автоматические, или самоуправляемые



Эти муфты предназначены для автоматического разъединения валов в тех случаях, когда параметры работы машины становятся недопустимыми по тем или иным показателям. Вышеизложенные требования (см. сцепные муфты) к строгой соосности полумуфт (валов) в полной мере относятся ко всем самоуправляемым муфтам.

Муфты комбинированные

Эти муфты применяются в тех случаях, когда ни одна из рассмотренных выше муфт не может полностью удовлетворить всем требованиям, предъявляемым к соединению валов. На практике чаще всего используют комбинацию упругих муфт с предохранительными или управляемыми

Список литературы:

М.Н. Иванов В.Л. Финогенов

«Детали машин»

Издание двенадцатое, исправленное

Москва «Высшая школа» 2008

