

[сопромат, теоретическая механика: MECHANICS.HOP.RU](http://MECHANICS.HOP.RU)

Детали машин

ОРИГИНАЛ ТЕКСТА НАХОДИТСЯ НА САЙТЕ DET-MASH.RU

Основные виды изделий и их классификация

Система деталей для передачи (преобразования движения одних звеньев в заданные другие) называется **механизмом**. **Машиной** называется механизм, предназначенный для преобразования энергии материалов и информации с целью замены или облегчения физического и умственного труда человека.

Машины условно классифицируют:

- 1. Рабочие машины** – осуществляют изменение формы, состояния, положения предмета труда.
- 2. Машины-двигатели** – преобразуют энергию в механическую работу.
- 3. Генераторы** – преобразуют механическую работу в энергию.

4.Транспортные машины.

5.Умственные машины – для хранения и сбора информации.

6.Деталь – простое изделие из однородного материала, изготовленная без применения сборочных операций (болты, винты, гайки, валы).

7.Сборочная единица – изделие, детали которого подлежат соединению между собой.

Детали и сборочные единицы делятся на группы

1. Соединительные – резьбовые, заклёпочные, сварные и т. д.

2. Детали, передающие вращательные движения – зубчатые колёса, шкивы, звёздочки.

3. Детали, обслуживающие передачи – валы, муфты, подшипники. Все детали машин и механизмов делятся на специального (лопатки и диски турбин, рельсы, блоки, крюки) и общего (болты, зубчатые колёса, подшипники, муфты) назначения. Требования, предъявляемые к машинам Высокая производительность; надёжность и долговечность; простота обслуживания, ухода и управления; быстрая окупаемость; малые габариты; транспортабельность; соответствие эстетическим требованиям.

Основные критерии работоспособности деталей и сборочных единиц



Прочность, жёсткость, износостойкость, теплостойкость, технологичность, экономичность, высокая надёжность.

- **Прочность** – способность конструкции или детали выдерживать заданные нагрузки, не разрушаясь.
- **Жёсткость** – способность детали сохранять первоначальные форму и размеры под действием нагрузок.

- **Износ** — изменение размеров, формы, массы или состояния поверхности изделия или инструмента вследствие разрушения (изнашивания) поверхностного слоя изделия при трении.

- **Теплостойкость** – способность детали работать в заданном диапазоне температур.

- **Технологичность** – совокупность свойств, определяющих приспособленность изделия к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и выполнения работ.

- **Экономичность** – обеспечивает минимальные затраты на приобретении материалов и оборудования путём замены дефицитных материалов менее дефицитными, обладающими необходимыми свойствами.

- **Надёжность** – свойство изделия или детали выполнять в течение заданного времени или заданной наработки свои функции, сохраняя в заданных пределах эксплуатационные показатели.

- **Виброустойчивость** – способность конструкций работать в нужном диапазоне режимов без недопустимых колебаний.

Материалы, используемые в машиностроении

Выбирая материал, учитывают в основном следующие факторы: соответствие свойств материала к главному критерию работоспособности; требования к массе и габаритам детали и машины в целом; другие требования связанные с назначением детали и условиями её эксплуатации; соответствие технологических свойств материала конструктивной форме и намечаемому способу обработки металлов; стоимость и дефицитность материалов.

Чёрные металлы (сталь, чугун), **цветные металлы** (медь, алюминий, цинк, свинец и т. д.), **неметаллические материалы** (резина, дерево, кожа и т. д.), **пластмассы** (применяются в агрессивных средах), **порошковые материалы** (получают из порошков металла и смесей путём прессования и последующего спекания в пресс-формах).

Надёжность и вероятность безотказной работы и интенсивность отказов

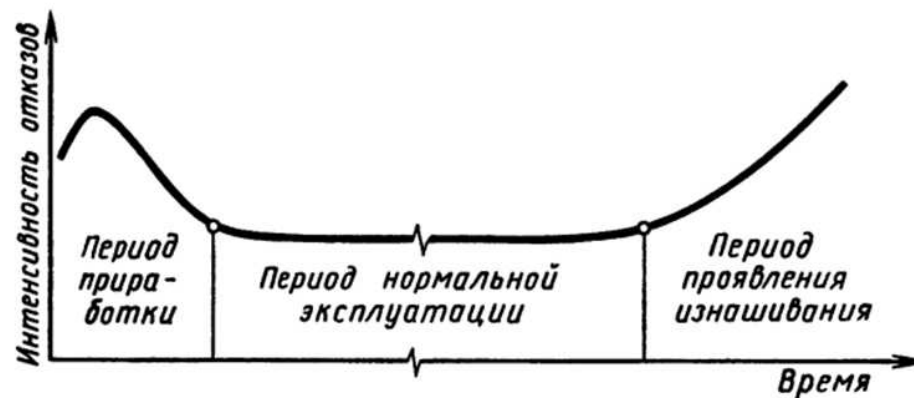
Надёжность (англ. reliability) — свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания и транспортирования (ГОСТ 27.002-89). Основными показателями надёжности являются вероятность безотказной работы и интенсивность отказов.

Вероятность безотказной работы $P(t)$ – вероятность того, что в заданном интервале времени или в пределах заданной наработки не возникнет отказ изделия. Если за время t из числа N_0 одинаковых изделий были изъяты из-за отказов N_t изделий, то вероятность безотказной работы изделия:

$$P(t) = ((N_0 - N_t) / N_0 = 1 - N_t / N_0).$$

Вероятность безотказной работы сложного изделия равна произведению вероятностей безотказной работы его составляющих. Поэтому, чем сложнее изделие, тем меньше его надёжность.

Интенсивность отказов $\lambda(t)$ – число отказов, приходящихся на единицу времени. Основы надёжности закладываются конструктором при проектировании изделия. Надёжность зависит от качества изготовления продукции и от соблюдения норм эксплуатации.



Особенности расчёта деталей машин

В инженерной практике встречаются два вида расчёта: проектный и проверочный.

Проектный расчёт – предварительный упрощённый расчет, выполняемый в процессе разработки конструкции детали (машины) в целях определения её размеров и материала.

Проверочный расчёт – уточнённый расчёт известной конструкции выполняемой в целях проверки её прочности или определения норм нагрузки.

Резьбовые соединения

Резьбовое соединение — разъёмное соединение деталей машин при помощи винтовой или спиральной поверхности (резьбы). Это соединение наиболее распространено из-за его многочисленных

достоинств. В простейшем случае для соединения необходимо закрутить две детали, имеющие резьбы с подходящими друг к другу параметрами. Для рассоединения (разъема) необходимо произвести действия в обратном порядке. В резьбовых соединениях используется метрическая и дюймовая резьба различных профилей в зависимости от технологических задач соединения.

Достоинства и недостатки резьбовых соединений:

Достоинства резьбовых соединений:

- высокая нагрузочная способность и надежность;
- взаимозаменяемость резьбовых деталей в связи со стандартизацией резьб;
- удобство сборки и разборки резьбовых соединений;
- централизованное изготовление резьбовых соединений;
- возможность создания больших осевых сил сжатия деталей при небольшой силе, приложенной к ключу.

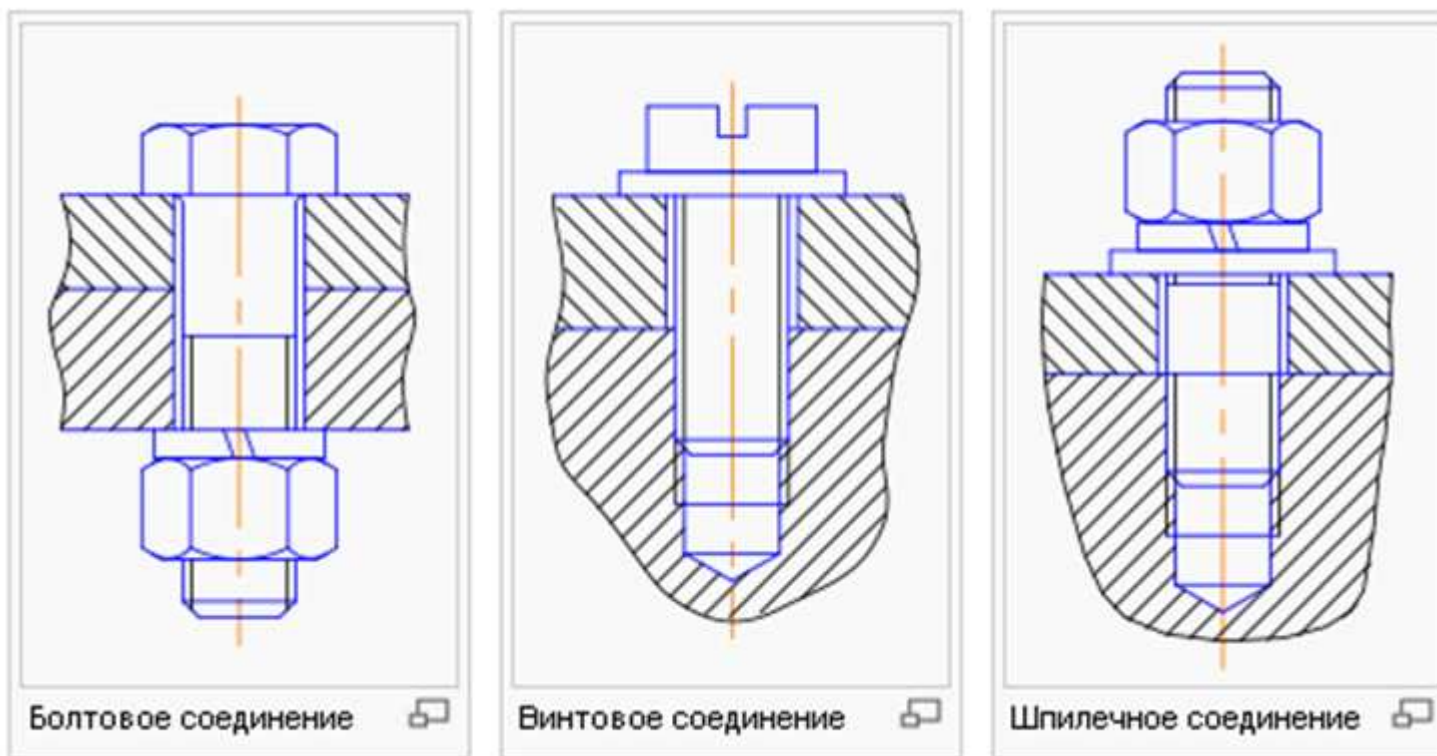
Недостатки резьбовых соединений:

- главный недостаток резьбовых соединений – наличие большого количества концентраторов напряжений на поверхностях резьбовых деталей, которые снижают их сопротивление усталости при переменных нагрузках.

Классификация резьбовых соединений



В качестве резьбовых элементов используют **болты (винты с гайкой)**, винты и шпильки. Основным преимуществом болтового соединения является то, что оно не требует выполнения резьбы в соединяемых деталях и исключена необходимость замены и ремонта дорогостоящих корпусных деталей из-за повреждения резьбы. **Винты** применяются, когда корпусная деталь большой толщины не позволяет выполнить сквозное отверстие для установки болта. **Шпильки** используют вместо винтов, если прочность материала детали с резьбой недостаточна (сплавы на основе алюминия), а также при частых сборках-разборках соединений.



Классификация и основные признаки резьб:

- единица измерения шага (метрическая, дюймовая, модульная, питчевая резьба)
- расположение на поверхности (внешняя и внутренняя резьба)
- направление движения винтовой поверхности (правая, левая);

- число заходов (одно- и многозаходная), например двузаходная, трёхзаходная и т. д.;
- профиль (треугольный, трапецеидальный, прямоугольный, круглый и др.);
- образующая поверхность на которой расположена резьба (цилиндрическая резьба и коническая резьба);
- назначение (крепёжная, крепёжно-уплотнительная, ходовая и др.).



Винтовая линия

Резьба может выполняться на цилиндрической (цилиндрическая резьба) и на конической (коническая резьба) поверхностях. Основой любой резьбы является винтовая линия. Винтовую линию образует гипотенуза прямоугольного треугольника при наворачивании на прямой круговой цилиндр.

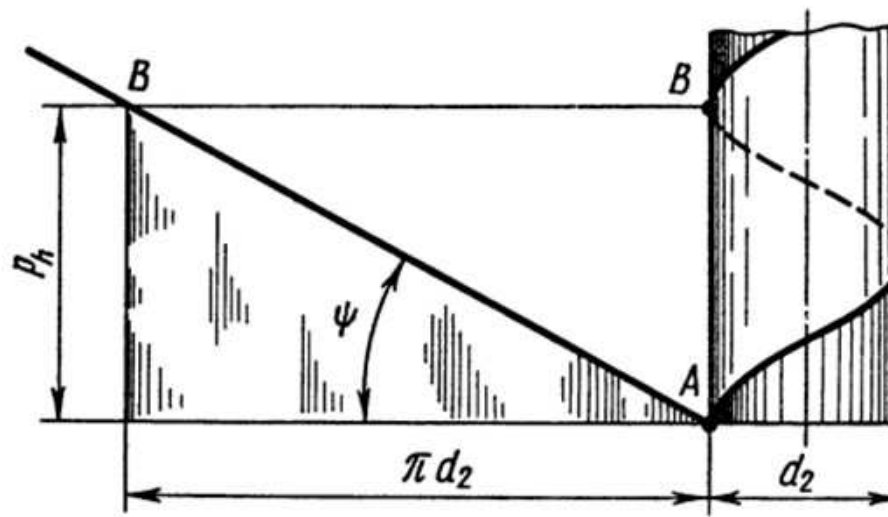


Рис. 3.1. Образование винтовой линии

Если плоскую фигуру (треугольник, трапецию и т.д.) перемещать по винтовой линии так, чтобы ее плоскость при движении всегда проходила через ось винта, то эта фигура образует резьбу соответствующего профиля.

Геометрические параметры резьб



Основными геометрическими параметрами цилиндрической резьбы являются:

- d – наружный диаметр (номинальный диаметр резьбы);
- d_1 - внутренний диаметр резьбы гайки;
- d_2 - средний диаметр резьбы, т.е. диаметр воображаемого цилиндра, на котором толщина витка равна ширине впадины;
- p - шаг резьбы, т.е. расстояние между одноименными сторонами двух соседних витков в осевом направлении;
- p_h - ход резьбы, т.е. расстояние между одноименными сторонами одного и того же витка в осевом направлении;

- α - угол профиля резьбы;
- ψ - угол подъема резьбы, т.е. угол образованный винтовой линией по среднему диаметру резьбы и плоскостью, перпендикулярной оси винта: $\tan \psi = p_h / (p d_2)$.

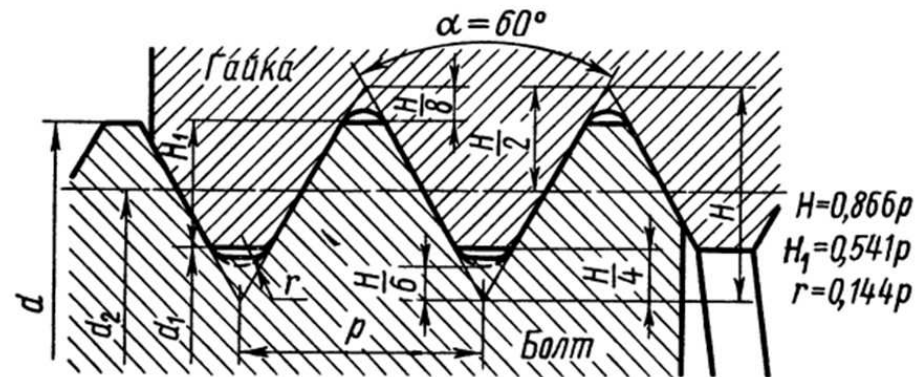
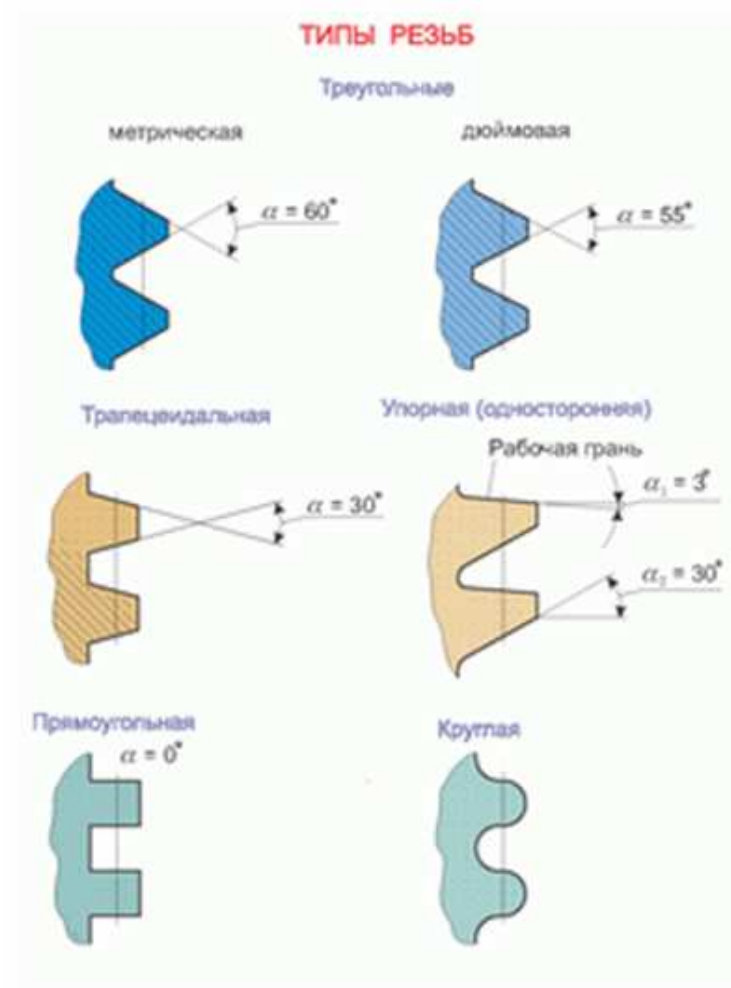


Рис. 3.6. Метрическая резьба

Типы резьб



Метрическая резьба. Имеет широкое применение с номинальным диаметром от 1 до 600 мм и шагом от 0,0075 до 6 мм. Профиль равносторонний треугольник (угол при вершине 60°) с теоретической высотой профиля $H=0,866025404P$. Все параметры профиля измеряются в долях метра (миллиметрах).

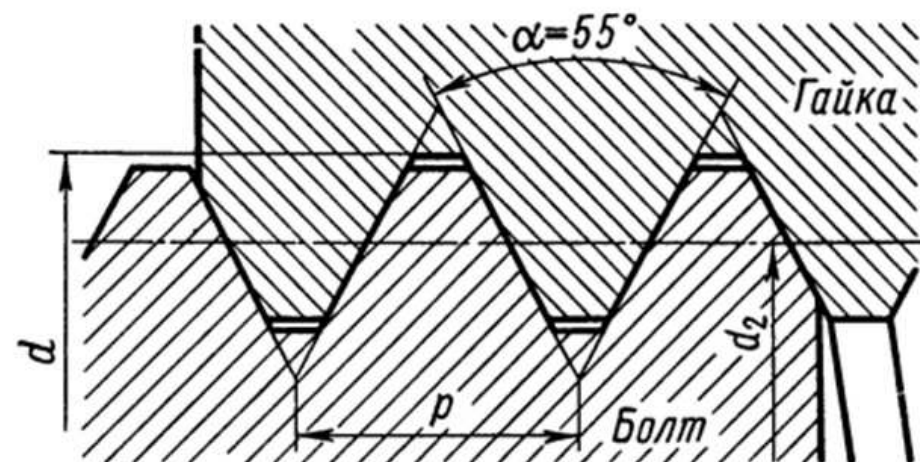


Рис. 3.8. Дюймовая резьба

Трубная резьба. Трубная цилиндрическая резьба является мелкой дюймовой резьбой, но с закругленными выступами и впадинами. Отсутствие радиальных зазоров делает соединение герметичным. Применяется для соединения труб. Высокую плотность соединения дает трубная коническая резьба.

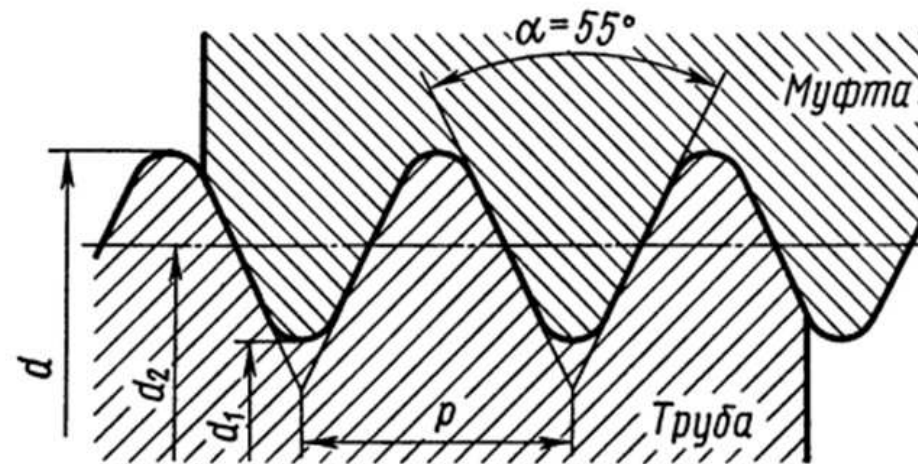


Рис. 3.9. Трубная резьба

Трапецеидальная резьба. Это основная резьба в передаче винт-гайка. Характеризуется небольшими потерями на трение, технологична. Применяется для передачи реверсного движения под нагрузкой.

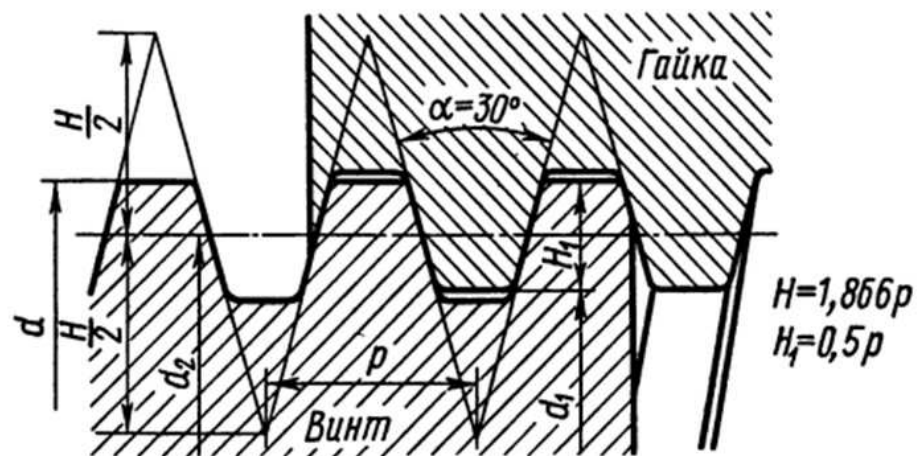


Рис. 3.10. Трапецеидальная резьба

Упорная резьба. Имеет профиль в виде неравнобочной трапеции с углом 27° . Применяется в передаче винт-гайка.

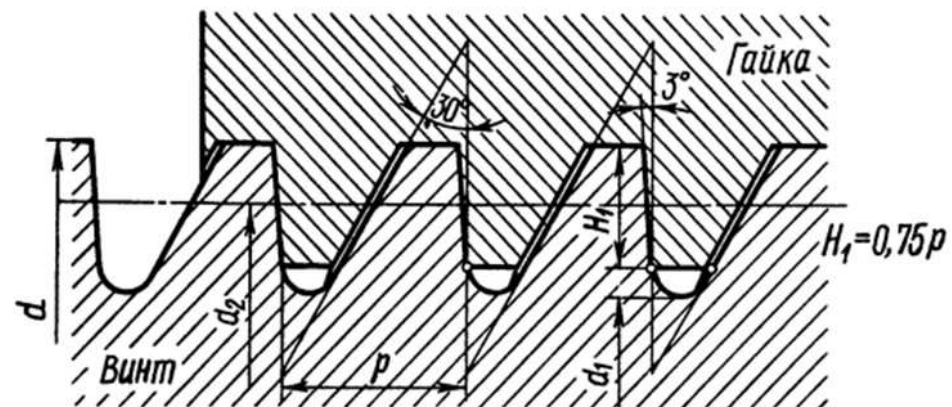


Рис. 3.11. Упорная резьба

Прямоугольная резьба. Профиль резьбы – квадрат. Обладает пониженной прочностью. При изнашивании образуются осевые зазоры, которые трудно устранить. Не стандартизирована. Применяется в малонагруженных передачах винт-гайка.

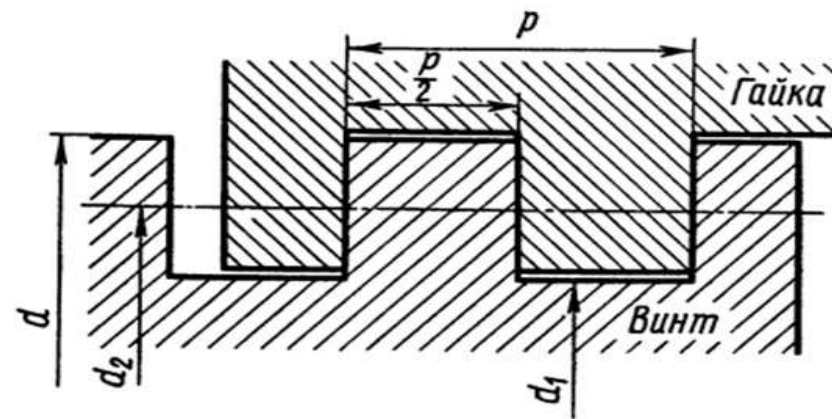


Рис. 3.12. Прямоугольная резьба

Круглая резьба. Профиль резьбы состоит из дуг, сопряженных короткими прямыми линиями. Угол профиля - 30° . Высокая динамическая прочность. Применяется ограниченно при тяжелых условиях эксплуатации.

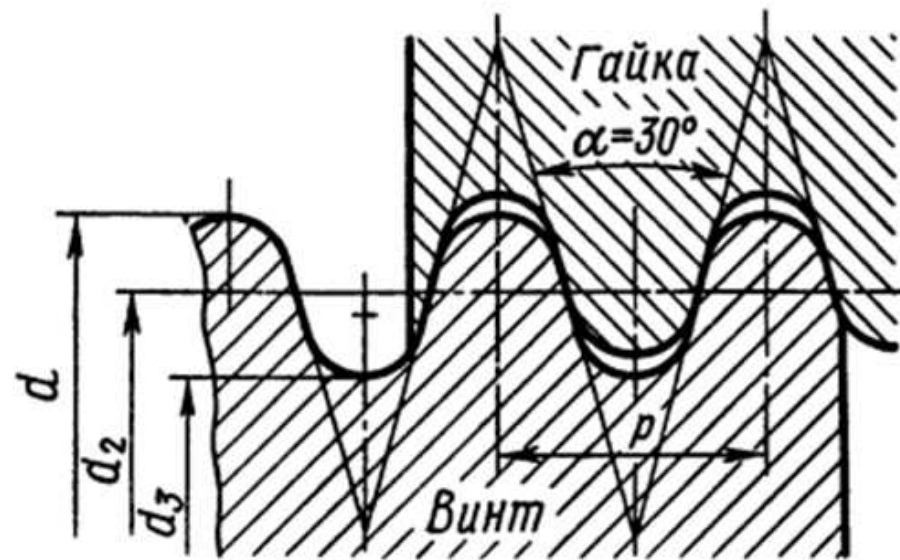


Рис. 3.13. Круглая резьба

Способы изготовления резьб

Применяются следующие способы получения резьб:

- лезвийная обработка резанием;
- абразивная обработка;

- накатывание;
- выдавливание прессованием;
- литье;
- электрофизическая и электрохимическая обработка.

Наиболее распространенным и универсальным способом получения резьб является лезвийная обработка резанием. К ней относятся:

- нарезание наружных резьб плашками;
- нарезание внутренних резьб метчиками;
- точение наружных и внутренних резьб резьбовыми резцами и гребенками;
- резьбофрезерование наружных и внутренних резьб дисковыми и червячными фрезами;
- нарезание наружных и внутренних резьб резьбонарезными головками;
- вихревая обработка наружных и внутренних резьб.

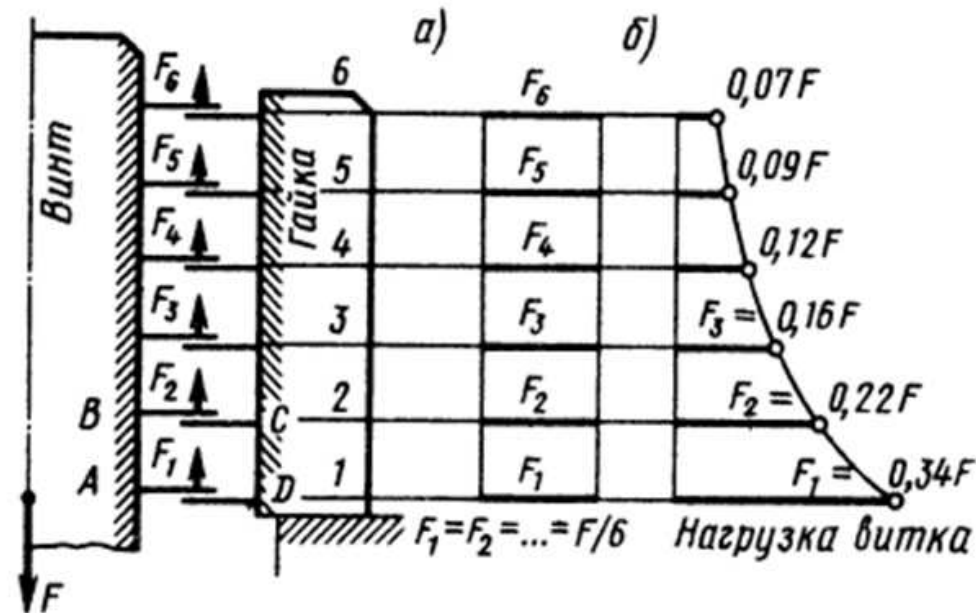
Накатывание является наиболее высокопроизводительным способом обработки резьб, обеспечивающим высокое качество получаемой резьбы. К накатыванию резьб относятся:

- накатывание наружных резьб двумя или тремя роликами с радиальной, осевой или тангенциальной подачей;
- накатывание наружных и внутренних резьб резьбонакатными головками;
- накатывание наружных резьб плоскими плашками;
- накатывание наружных резьб инструментом ролик-сегмент;
- накатывание (выдавливание) внутренних резьб бесстружечными метчиками.

К абразивной обработке резьб относится шлифование одноконтурными и многоконтурными кругами. Применяется для получения точных, в основном ходовых резьб. Выдавливание прессованием применяется для получения резьб из пластмасс и цветных сплавов. Не нашло широкого применения в промышленности. Литье (обычно под давлением) применяется для получения резьб невысокой точности из пластмасс и цветных сплавов. Электрофизическая и электрохимическая обработка (например, электроэрозийная) применяется для получения резьб на деталях из материалов с высокой твердостью и хрупких материалов, например твердых сплавов, керамики и т.п.

Распределение осевой нагрузки по виткам резьбы

Осевая нагрузка по виткам резьбы гайки распределяется неравномерно из-за неблагоприятного сочетания деформаций винта и гайки (витки в наиболее растянутой части винта взаимодействуют с витками наиболее сжатой части гайки). Статически неопределимая задача о распределении нагрузки по виткам прямоугольной резьбы гайки с 10 витками была решена профессором Н. Е. Жуковским в 1902 году.



Первый виток передает около 34% всей нагрузки, второй – около 23%, а десятый – меньше 1%. Отсюда следует, что нет смысла применять в крепежном соединении слишком высокие гайки. Стандартом предусмотрена высота гайки $0,8d$ для нормальных и $0,5d$ для низких гаек, используемых в малонагруженных соединениях. Объяснение этого явления подробно рассмотрено в учебнике по «Деталям машин» под редакцией А. О. Ряховского издательства МГТУ им. Баумана. Для выравнивания нагрузки в резьбе применяют специальные гайки, что особенно важно в соединениях, работающих при циклических нагрузках.

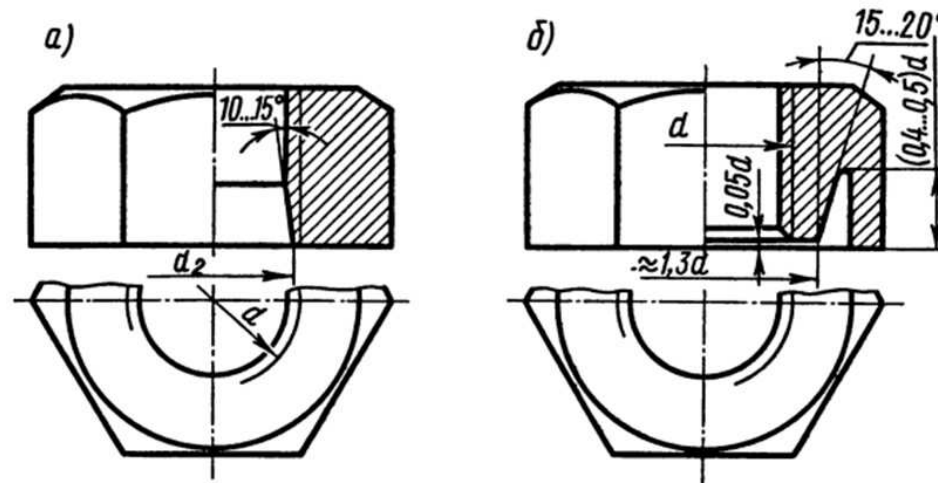


Рис. 3.35. Конструкции гаек для выравнивания сил по виткам резьбы:
а — гайка с поднутрением; *б* — гайка с конической выточкой

Классы прочности резьбовых деталей и допускаемые напряжения

Стальные винты и шпильки в соответствии с ГОСТ 1759-82 изготавливают 12-ти классов прочности. Класс прочности обозначают двумя цифрами, например 5.8. Первая цифра, умноженная на 100,

указывает минимальное значение предела прочности (МПа), а их произведение, умноженное на 10, соответствует приблизительно пределу текучести. В данном случае $\sigma_{\text{в}}=500$ МПа, $\sigma_{\text{т}}=400$ МПа.

Болты (винты, шпильки)		Гайки		Предел текучести $\sigma_{\text{т}}$, МПа	Временное сопротивление $\sigma_{\text{в}}$, МПа (минимальное)
Класс прочности	Сталь	Класс прочности	Сталь		
3.6	Ст3, 10	4	Ст3	200	300
4.6	10, 20	5	10, 20	240	400
4.8				320	400
5.6	20, 30, 35	6	Ст5, 35	300	500
5.8				400	500
6.6	35, 45, 40Г	8	20, 35, 45	360	600
6.8				480	600
6.9				540	600

Допускаемые напряжения при действии на резьбовое соединение постоянной нагрузки выбирают в зависимости от предела текучести материала винта (болта) и коэффициента запаса (S), принимаемого равным 1,5...2,5: $[\sigma_{\text{допускаемое}}] = \sigma_{\text{текучести}} / S$

Поля допусков резьбовых деталей по ГОСТ 16093-81:

ПОЛЯ ДОПУСКОВ РЕЗЬБОВЫХ ДЕТАЛЕЙ ПО ГОСТ 16093-81		
Класс точности резьбы	Поле допусков резьб	
	болтов	гаек
Точный	4h	4H5H
Средний	6h; 6g*; 6e; 6d	5H6H; 6H*; 6G
Грубый	8h; 8g*	7H*; 7G

Примечание. * - поля допусков предпочтительного применения.

Крепежные изделия и их материалы

Болты и крепежные винты.

В зависимости от формы головки болты и винты бывают: с шестигранными (а), полукруглыми (б,е), цилиндрическими (в, ж), потайными (г, д) и другими головками. Болты и винты с шестигранными головками применяют чаще других, так как они допускают большую силу затяжки и требуют небольшого поворота ключа до перехвата.

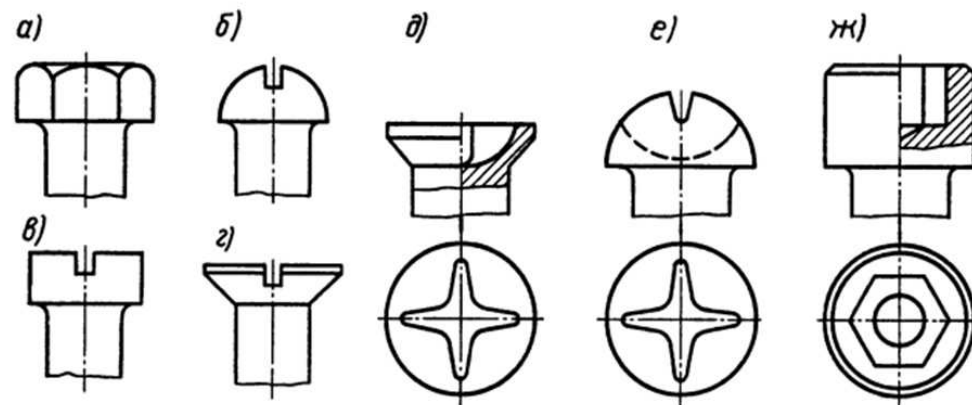


Рис. 3.15. Формы головок болтов и винтов

В зависимости от формы стержня болты и винты бывают: с нормальным стержнем (а), с подголовком (б), с утолщенным точно обработанным стержнем для постановки без зазора в развернутое отверстие (в), со стержнем уменьшенного диаметра ненарезанной части для повышения упругой податливости и выносливости при переменных нагрузках (г).

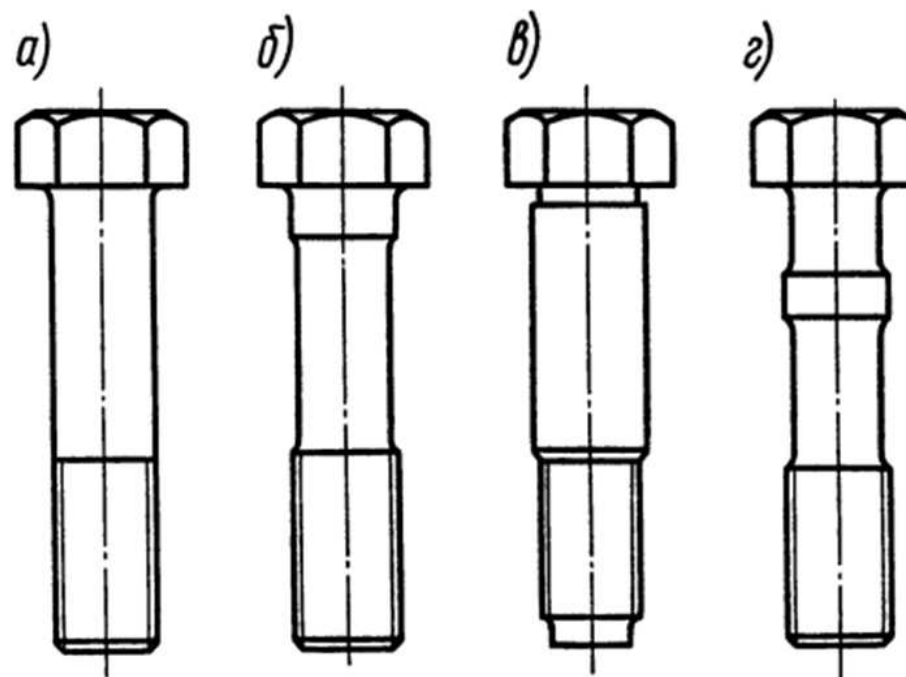


Рис. 3.16. Формы стержня болтов и винтов

В зависимости от точности изготовления болты и винты бывают нормальной и повышенной точности.

В зависимости от назначения болты бывают общего назначения, установочные, специальные.

Шпильки

Изготавливают без канавки (а) и с канавкой (б). В зависимости от материала детали глубина завинчивания шпилек разная. При переменных нагрузках прочность шпилек выше, чем прочность болтов.

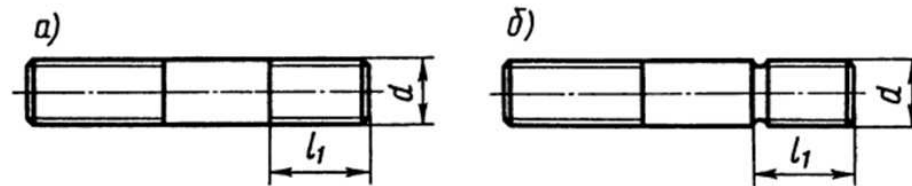


Рис. 3.19. Шпильки

Гайки

В зависимости от формы гайки бывают шестигранные (рисунок «Гайки шестигранные» а-г), круглые (рисунок «гайка круглая и гайка-барашек» а), и гайка-барашек (рисунок «гайка круглая и гайка-барашек» б). В зависимости от высоты шестигранные гайки бывают нормальные (а), высокие (б), низкие (в). Высокие гайки применяют при частых разборках и сборках для уменьшения износа резьб и обмятия граней гайки ключом. Прорезные и корончатые гайки (г) также выполняют высокими. В зависимости от точности изготовления гайки аналогично болтам бывают нормальными и повышенной точности.

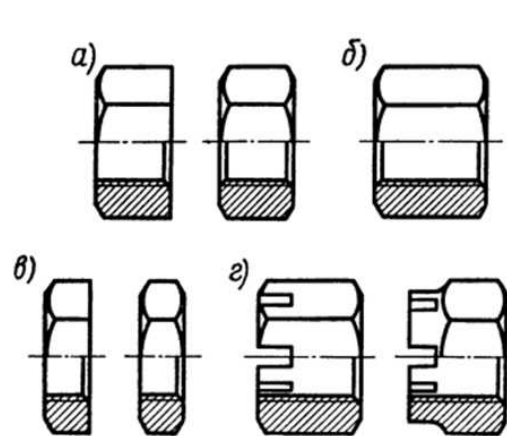


Рис. 3.20. Гайки шестигранные

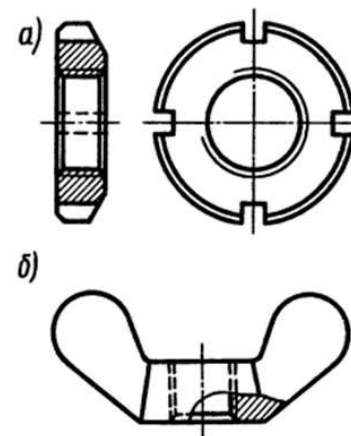


Рис. 3.21. Гайка круглая
и гайка-барашек

Шайбы

Шайбы подкладывают под гайки, они служат для предохранения деталей от задиров и увеличения опорной поверхности. Шайбы бывают точеные (а) и штампованные (б). Имеется большая группа стандартных стопорных шайб, которые применяют для предохранения резьбовых соединений от самоотвинчивания.

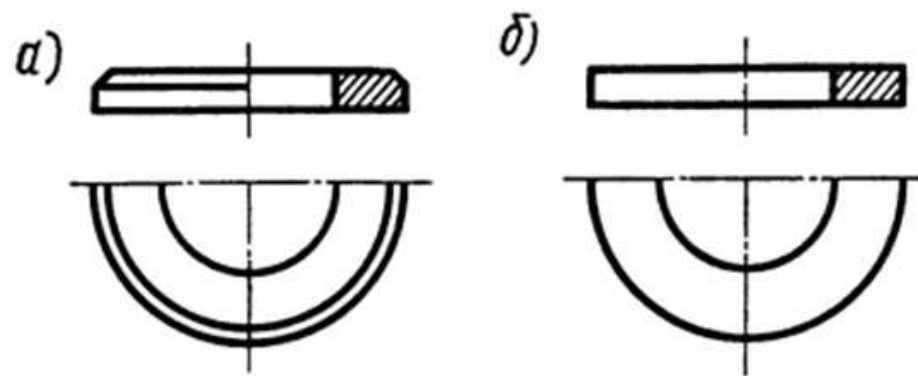


Рис. 3.22. Шайбы

Материалы крепежных изделий

Основной материал резьбовых деталей – конструкционные и легированные стали. При выборе материала учитывают характер нагрузки (статическая и переменная), способ изготовления и объема производства. Крепежные детали общего назначения изготавливают из низко- и среднеуглеродистых сталей. Легированные стали применяют для изготовления высоконагруженных деталей, работающих при переменных и ударных нагрузках.

Сварные соединения

Сварное соединение – неразъемное соединение, образуется путем сваривания материалов деталей в зоне стыка и не требует никаких вспомогательных элементов. Прочность соединения зависит от однородности и непрерывности материала сварного шва и окружающей его зоны.



Достоинства и недостатки сварных соединений

Достоинства сварных соединений:

- Возможность получения изделий больших размеров (корпуса судов и летательных аппаратов, железнодорожные вагоны, кузова автомобилей, трубопроводы, резервуары, фермы, мосты и др.).
- Снижение массы по сравнению с литыми деталями до 30...50%, с клепанными – до 20%. Этого достигают благодаря в основном снижению толщин стенок и припусков на механическую обработку, а также отсутствию ослабляющих отверстий и накладок при наклепе.
- Снижение стоимости изготовления сложных деталей в условиях единичного и мелкосерийного производства.
- Малая трудоемкость, невысокая стоимость оборудования, возможность автоматизации.

Недостатки сварных соединений:

- Вероятность возникновения при сварке плавлением различных дефектов швов, снижающих прочность соединения при переменных нагрузках.
- Низкая прочность швов при электроконтактной сварке вследствие неправильного выбора параметров технологического процесса.
- Необходимость проведения для всех сварных швов визуального контроля, а для сварных изделий ответственного назначения неразрушающего инструментального или выборочно разрушающего контроля.

- Возникновение остаточных напряжений (вследствие термических деформаций от неравномерного нагрева) снижает прочность и вызывает необходимость проведения в ряде случаев механической обработки после старения (изменение свойств металла во времени вследствие внутренних процессов).
- Местный нагрев вызывает в зоне термического влияния вблизи шва изменение механических свойств металла.

Виды сварки



Электродуговая сварка – основана на использовании электрической дуги для расплавления металла. Для защиты воздуха на поверхности электрода наносят защитную обмазку, которая выделяет большое количество шлака и газы, образуя изолирующую среду. Это обеспечивает повышение качества металла сварного шва.

Сварка под флюсом – основной вид автоматической сварки. Шов формируется за счет расплавленного основного металла. Это сокращает время и расход электродного материала.

Электрошлаковая сварка – источником нагрева служит теплота, которая выделяется при прохождении тока от электрода к изделию через шлаковую ванну. Предназначена для соединения деталей большой толщины. Позволяет заменять сложные и тяжелые цельнолитые конструкции сварными из отдельных простых отливок, что облегчает и снижает стоимость производства.

Контактная сварка – основана на использовании повышенного сопротивления в стыке деталей и осуществляется несколькими способами:

- стыковая сварка – через детали пропускают ток, сила которого достигает нескольких тысяч ампер. В месте стыка выделяется большое количество теплоты, которая разогревает металл до пластичного состояния или поверхностного оплавления, затем ток отключают, а разогретые детали сдавливают;
- точечная сварка – соединение образуется не по всей поверхности стыка, а лишь в отдельных точках, к которым подводят электроды сварочной машины;
- шовная сварка – эту сварку выполняют с помощью электродов имеющих форму дисков, которые катятся в направлении сварки – образуется узкий не прерывистый или прерывистый шов расположенный вдоль стыка деталей.

Наиболее распространены дуговая и контактная сварка. Контактная сварка применяется в массовом производстве для сварки труб, кузовов автомобилей, арматуры, металлической обшивки ж/д вагонов, корпусов самолетов и т.д. Сварку применяют не только как способ соединения деталей, но и как технологический способ изготовления самих деталей. Сварные детали во многих случаях с успехом заменяют литые и кованные.

Основные типы и элементы сварных соединений

Стыковые соединения

Простые и наиболее надежные из всех сварных соединений, их рекомендуют в конструкциях, подверженным вибрационным нагрузкам. На рисунке показаны различные варианты стыковых швов, выполняемых ручной дуговой сваркой при различной толщине соединяемых элементов. При автоматической сварке происходит более глубокое проплавление металла. Выпуклость стыкового шва увеличивает концентрацию напряжений, поэтому в ответственных соединениях ее удаляют механическим способом.

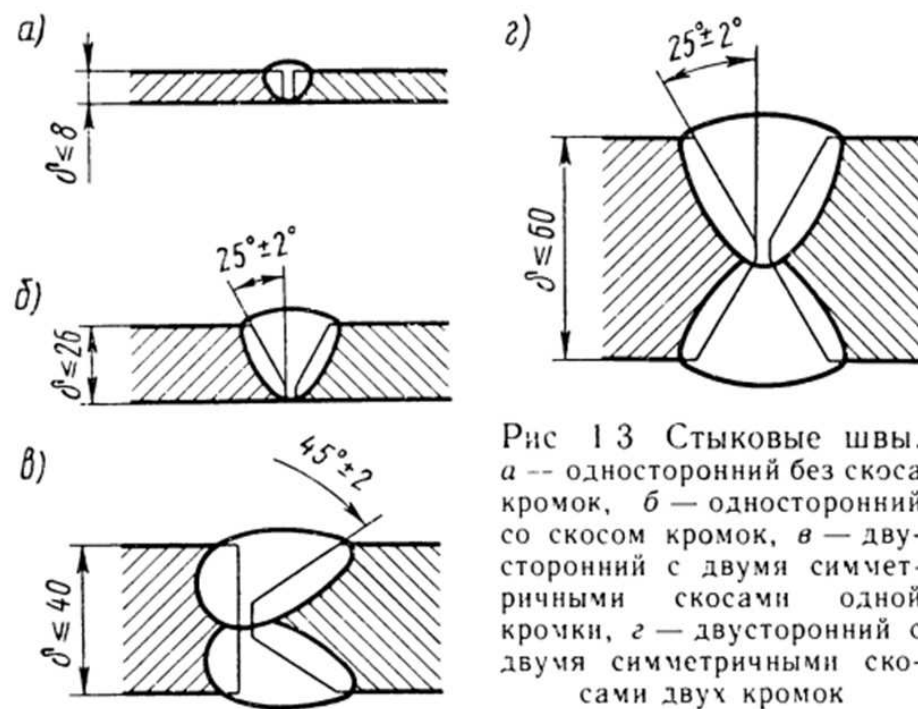


Рис 13 Стыковые швы.
 а — односторонний без скоса кромок, б — односторонний со скосом кромок, в — двусторонний с двумя симметричными скосами одной кромки, г — двусторонний с двумя симметричными скосами двух кромок

Нахлесточные соединения

Выполняют угловыми швами различной формой сечения:

- Нормальные (а), профили которых представляют собой равнобедренный треугольник.
- Вогнутые (б), применяют в особо ответственных конструкциях при переменных нагрузках, так как вогнутость обеспечивает плавный переход шва в основной металл детали, благодаря чему снижается концентрация напряжений. Вогнутый шов повышает стоимость соединения.

- Выпуклые (в) – нерациональны, так как вызывают повышенную концентрацию напряжений.
- Специальные (г), профиль которых представляет собой неравнобедренный прямоугольный треугольник, применяются при переменных нагрузках, так как значительно снижают концентрацию напряжений.

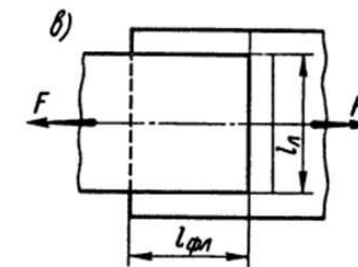
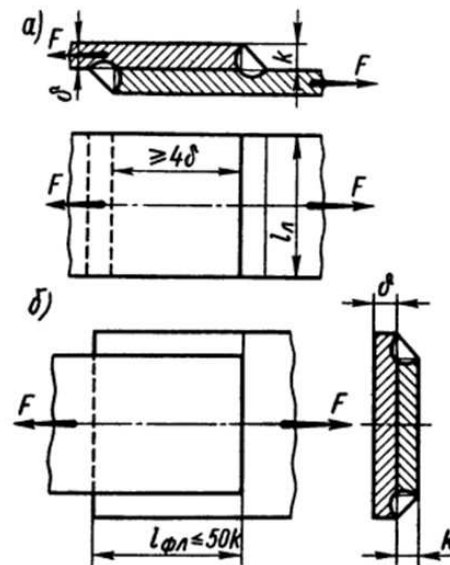


Рис. 1.4. Нахлесточные соединения угловыми швами

Тавровые соединения

Свариваемые элементы располагаются во взаимно перпендикулярных плоскостях. Соединение может выполняться угловыми (а) или стыковыми (б) швами.

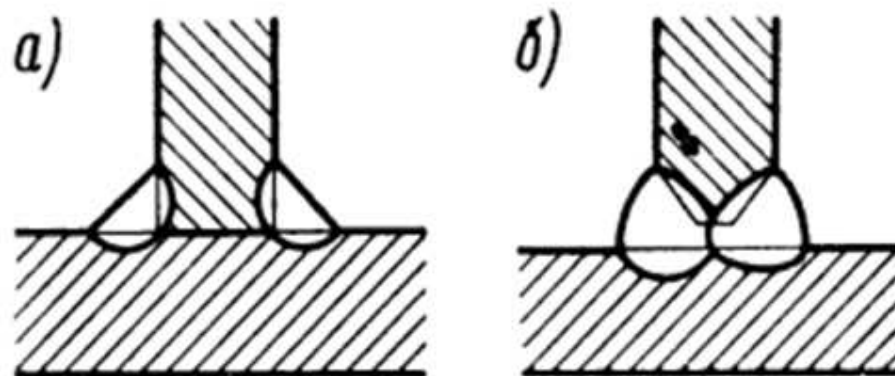


Рис 1 6 Тавровые соединения

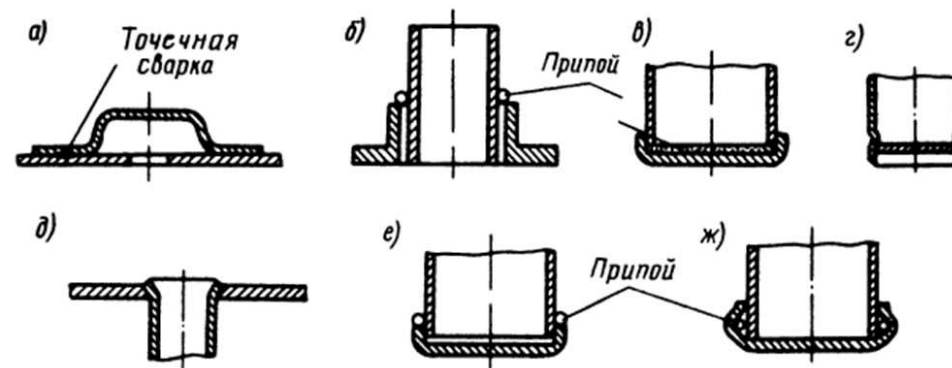
Паяные соединения

Пайка — технологическая операция, применяемая для получения неразъёмного соединения деталей из различных материалов путём введения между этими деталями расплавленного материала (припоя), имеющего более низкую температуру плавления, чем материал (материалы) соединяемых деталей.

Спаиваемые элементы деталей, а также припой и флюс вводятся в соприкосновение и подвергаются нагреву с температурой выше температуры плавления припоя, но ниже температуры плавления спаиваемых деталей. В результате, припой переходит в жидкое состояние и смачивает поверхности деталей. После этого нагрев прекращается, и припой переходит в твёрдую фазу, образуя соединение.

Прочность соединения во многом зависит от зазора между соединяемыми деталями (от 0,03 до 2 мм), чистоты поверхности и равномерности нагрева элементов. Для удаления оксидной плёнки и защиты от влияния атмосферы применяют флюсы.

Паяные соединения подобны сварным; отличие пайки от сварки – отсутствие расплавления или высокотемпературного нагрева соединяемых деталей, так как припой имеет более низкую температуру плавления, чем материалы соединяемых деталей.



Достоинства и недостатки паяных соединений

Достоинства паяных соединений:

- возможность соединять детали не только из однородных, но и разнородных материалов;
- повышенная технологичность, так как возможно осуществлять спайку в скрытых или малодоступных местах конструкции, изготавливать сложные узлы за один прием, паять не по контуру, а одновременно по всей поверхности соединения;
- подбирая соответствующие припои, можно выбрать температуру пайки так, чтобы при нагреве под пайку у предварительно термообработанных материалов сохранялись механические свойства в изделии;
- возможность распайки соединения.

Недостатки паяных соединений:

- сравнительно низкая прочность паяного соединения на сдвиг и очень низкая на отрыв;
- высокая трудоемкость изготовления деталей методами высокотемпературной спайки.

Клеевые соединения

Клеевыми соединениями называют неразъемные соединения с помощью клея, образующего между деталями соединения тонкую прослойку. Клеевые соединения получили широкое распространение благодаря созданию конструкционных высокопрочных клеев на основе синтетических полимеров. Иногда склеивание – единственный способ соединения деталей из различных материалов.



Процесс склеивания

- превращение клеящего вещества в состояние, пригодное для нанесения на поверхности склеиваемых материалов (расплавление, растворение, смешивание и т.д.);
- подготовка поверхностей склеивания (придание шероховатости, обезжиривание и т.д.);
- нанесение клеящего вещества и сборка соединения;
- превращение клеящего вещества в клеевой слой, соединяющий материалы при соответствующей температуре, давлении и времени выдержки.

Достоинства и недостатки клеевых соединений

Достоинства клеевых соединений:

- снижение требований к точности сопрягаемых деталей, быстро и экономично осуществляется сборка деталей;
- клеевой слой является хорошим тепло-, звуко- и электроизолятором;
- нет ослабления соединяемых деталей;
- клеевые соединения способны скреплять детали, изготовленные из абсолютно разных по физико-химическим свойствам материалов;
- клеящие материалы заполняют микрощели, что позволяет получить герметичные соединения;
- пленка клея улучшает распределение нагрузки и препятствует возникновению контактной коррозии.

Недостатки клеевых соединений:

- малая прочность при отрывающих нагрузках с неравномерным ее распределением;
- нестабильность физико-химических свойств во времени;
- ухудшение механических характеристик при понижении и повышении температур, при воздействии биосреды, химических реагентов и других факторах;
- необходимость тщательной подготовки поверхностей под склеивание.

Классификация клеев по типу склеивания

- высыхающие клеи (силикатный клей, казеин, столярный клей, клей ПВА, крахмальный клейстер, наирит, 88-Н ...);
- невысыхающие адгезивы (например, на основе канифоли), клеи-расплавы;
- связки на основе полимеризующихся композиций — неорганические, например алюмофосфатные связки (АФС) и органические, полимеризующиеся композиции (циакрин, эпоксидная смола).

Клей БФ относится одновременно и к категории высыхающих, и полимеризующихся композиций.

Классификация клеев по составу

- неорганические (растворы, расплавы, а также припои, в частности — полимерные композиции типа «клей-припой»);
- органические (растворы, расплавы, полимеризующиеся).

Основой органического клея служат главным образом синтетические олигомеры и полимеры (например, феноло-формальдегидные, эпоксидные, полиэфирные смолы, полиамиды, полиимиды, полиуретаны, кремнийорганические полимеры, каучуки и др.) образующие клеевую пленку в результате затвердевания при охлаждении (термопластичные клеи), отверждения (термореактивные клеи) или вулканизации (резиновые клеи); этим процессам иногда предшествует улетучивание растворителя.

К неорганическим клеям относят алюмофосфатные, керамические (основа — оксиды магния, алюминия, кремния, щелочных металлов), силикатные (основа — калиевое или натриевое жидкое стекло), металлические (основа — жидкий металл, например ртуть).

По физическому состоянию клеи могут быть жидкими (растворы, эмульсии, суспензии) или твердыми (пленки, прутки, гранулы, порошки); последние используются в виде расплава или наносят на нагретые поверхности.

Соединение деталей с натягом.

Соединение двух деталей по круговой цилиндрической поверхности можно осуществить непосредственно без применения болтов, шпонок. Для этого достаточно при изготовлении деталей обеспечить натяг посадки, а при сборке запрессовать одну деталь в другую. Натягом называют положительную разность диаметров вала и отверстия. После сборки вследствие упругих и пластических деформаций диаметр посадочных поверхностей становится общим. При этом на поверхности посадки возникают силы трения, которые обеспечивают неподвижность соединения.

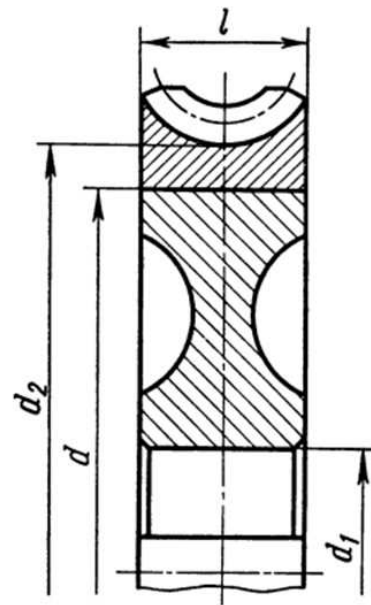


Рис 2.1. Червячное колесо с напрессованным венцом

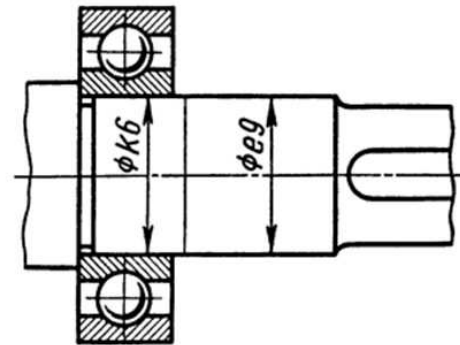


Рис. 2.2. Крепление внутреннего кольца подшипника на валу посадкой с натягом

Из соединений деталей с натягом наибольшее распространение получили цилиндрические соединения, в которых одна деталь охватывает другую по цилиндрической поверхности.

Достоинства и недостатки соединений с натягом

Достоинства соединений с натягом:

- простая технология изготовления;
- хорошее центрирование (базирование) соединяемых деталей;
- эти соединения могут воспринимать значительные силы и моменты, причем нагрузки могут быть постоянными, переменными, реверсными, ударными.

Недостатки соединений с натягом:

- большое рассеяние прочности (несущей способности) среди одинаковых соединений в связи с рассеянием действительных сопрягаемых размеров в пределах полей допусков и в связи с рассеянием значений коэффициента трения;
- снижение усталостной прочности валов из-за появления концентрации напряжений;
- трудности неразрушающего контроля соединений;
- сложность сборки и разборки при больших натягах;
- возможность повреждения посадочных поверхностей при разборке.

Способы получения соединений с натягом

Запрессовка

Это простейший и высокопроизводительный способ, обеспечивающий возможность контроля нагрузочной способности путем измерения силы запрессовки. Однако в этом случае существует опасность повреждения посадочных поверхностей. Так же при этом способе запрессовки понижается коэффициент трения из-за сглаживания (срезания и смятия) микронеровностей поверхностей контакта при запрессовке.

Нагрев охватывающей детали

Технологически отработанный и простой способ, обеспечивающий повышение коэффициента трения (сцепления) и нагрузочной способности соединения при сдвигающих нагрузках примерно в 1,5 раза. Этот способ особенно эффективен при больших длинах посадочных поверхностей.

Охлаждение охватываемой детали

Преимущественно применяют для установки небольших деталей в массивные, крупные детали.

Гидрозапрессовка

Нагнетание масла под давлением в зону контакта через сверление в валу значительно (в 10...15 раз) снижает необходимую силу запрессовки и распрессовки и уменьшает опасность задира посадочных поверхностей.

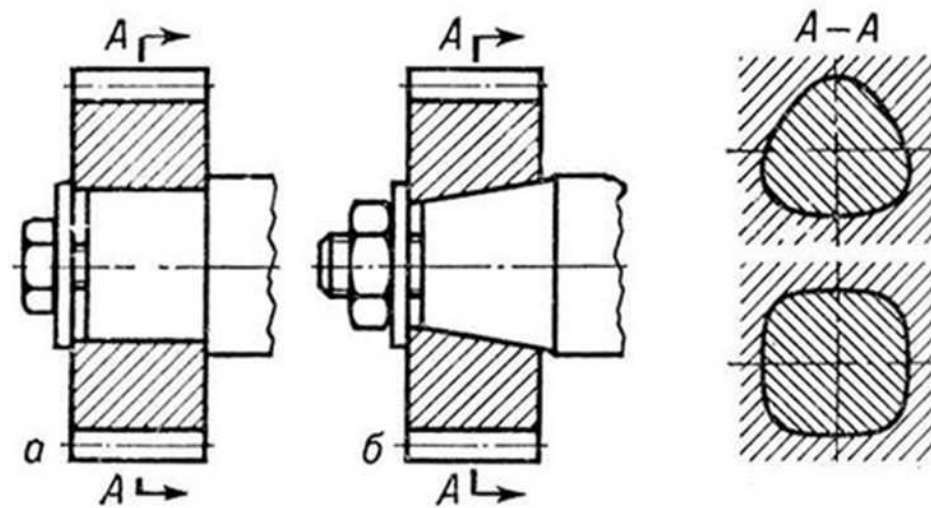
Профильные соединения

Профильные соединения применяют для передачи вращающего момента от вала к ступице. В профильных соединениях контакт вала и ступицы осуществляется по некруглой поверхности.



Профильные соединения имеют в поперечном к оси соединения сечении плавный некруглый профиль поверхности контакта вала и ступицы. Чаще применяют равноосные соединения треугольного профиля. Применяемый профиль обладает свойством равноосности – постоянством диаметрального размера. Профильные соединения в осевом направлении могут быть цилиндрическими или коническими

(фасонно-профильные соединения: а — по цилиндрическим поверхностям, б — по коническим поверхностям.).



Достоинства и недостатки профильных соединений

Достоинства профильных соединений:

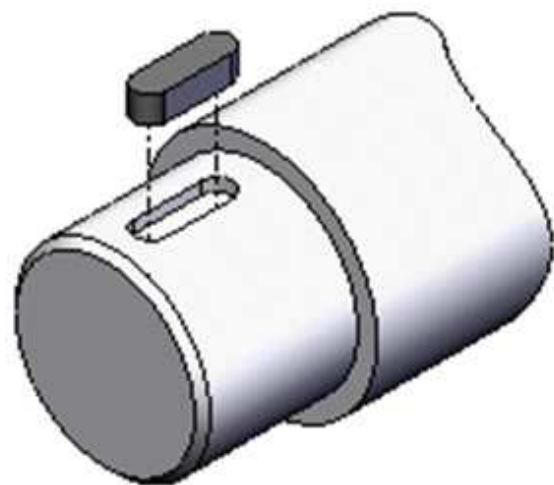
- отсутствие концентраторов напряжений кручения;
- хорошее центрирование деталей соединения;
- повышенная надежность по критерию прочности соединения по сравнению с соединениями с натягом.

Недостатки профильных соединений:

- сложность изготовления профильной поверхности;
- при передаче соединениями вращающих моментов возникают значительные распорные силы, деформирующие ступицы.

Шпоночные соединения

Шпоночные соединения состоят из вала, шпонки и ступицы. Шпонка представляет собой стальной брус, вставляемый в пазы вала и ступицы. Она служит для передачи момента между валом и ступицей колеса, шкива, звездочки. Основные типы шпонок стандартизированы.



Достоинства и недостатки шпоночных соединений

КОНСТРУКЦИИ ПРИЗМАТИЧЕСКИХ ШПОНОК

Обыкновенные и высокие

Исполнение 1



Исполнение 2



Исполнение 3



Направляющие

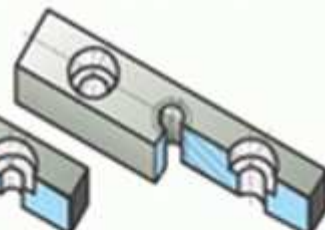
Исполнение 1



Исполнение 2

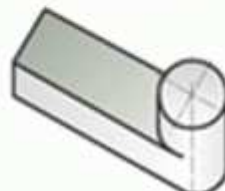


Исполнение 3

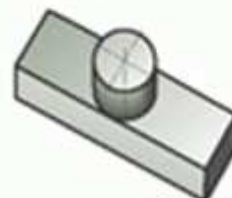


Скользкие

Исполнение 1



Исполнение 2



Достоинства шпоночных соединений:

- простота конструкции,
- легкость монтажа и демонтажа,
- низкая стоимость.

Недостатки шпоночных соединений:

- шпоночные пазы ослабляют прочность вала и ступицы,
- конструкция напряжений, возникающих в зоне шпоночного паза, снижает сопротивление усталости.

Виды шпоночных соединений

Шпоночные соединения подразделяются на:

- **не напряженные:** с использованием призматических и сегментных шпонок (при сборке в деталях не возникают предварительные напряжения);

- **напряженные:** с применением клиновых и тангенциальных шпонок (при сборке возникают монтажные напряжения).

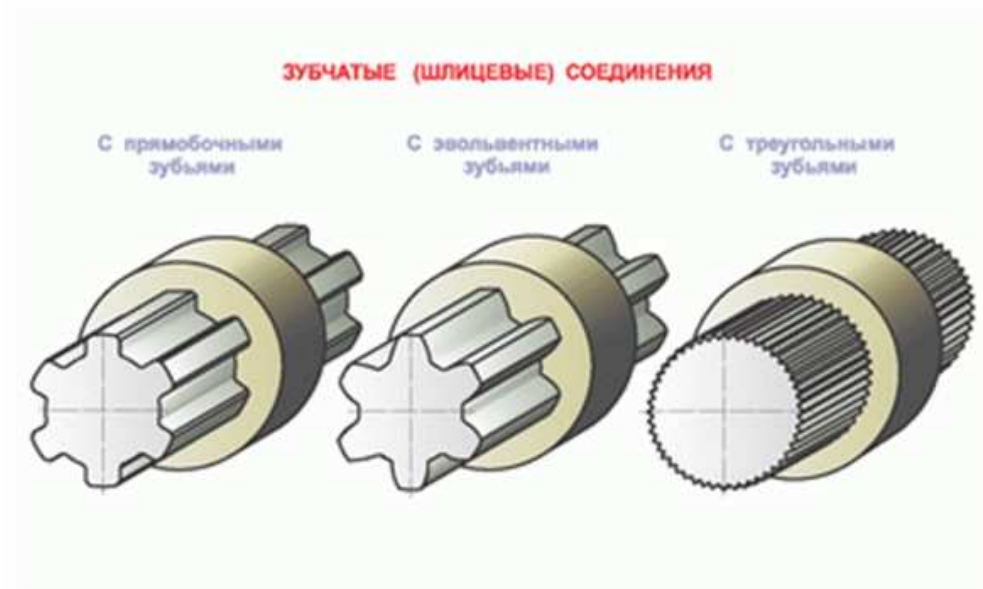
Шлицевые соединения

Шлицевые соединения образуют выступами-зубьями на валу и соответствующими впадинами шлицами в ступице. Все размеры шлицевых соединений стандартизированы.



Шлицевой вал и втулка с прямоугольным профилем.





Достоинства и недостатки шлицевых соединений

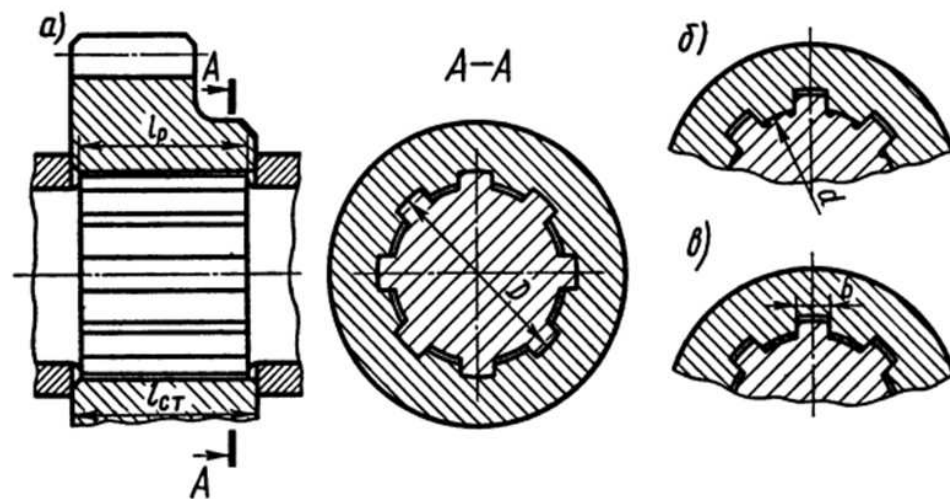


Рис. 5.1. Прямобоочные шлицевые соединения

Достоинства шлицевых соединений:

- лучше центруются;
- уменьшается число деталей соединения;
- повышенная прочность соединения;
- уменьшенная длинна ступицы;

- высокая прочность при динамических нагрузках.

Недостатки шлицевых соединений:

- более сложная технология изготовления по сравнению со шпоночными соединениями;
- высокая стоимость.

Классификация шлицевых соединений:

По характеру соединения:

- неподвижные;
- подвижные.

По форме зубьев:

- прямобочные;
- эвольвентные;
- треугольные.

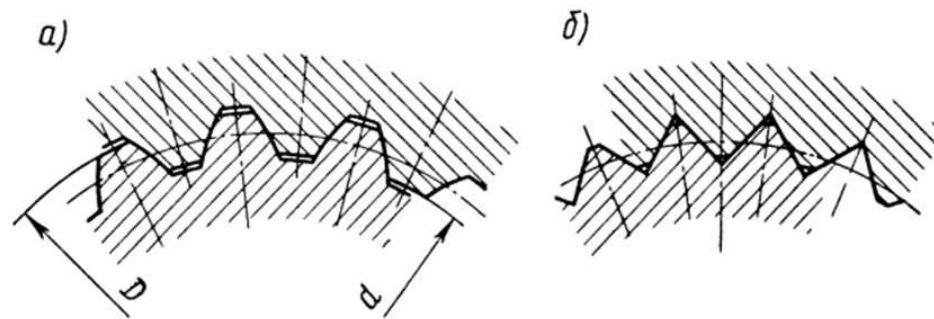


Рис. 5.2 Эвольвентное и треугольное шлицевые соединения

По способу центрирования ступицы относительно вала:

- центрирование по наружному диаметру;
- центрирование по внутреннему диаметру;

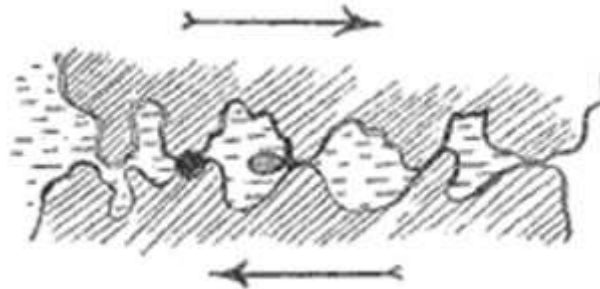
- центрирование по боковым поверхностям зубьев.

Основы триботехники (трибология)

Триботехника (трибология) – научная дисциплина о практическом применении науки о трении, износе и смазке, называемой трибологией (определение по ГОСТ 23.002-78). Большую группу деталей машин составляют подвижные соединения – узлы трения: передачи, винт-гайка, опоры валов и т.д. Работоспособность узлов трения во многом определяет надежность и ресурс машин. Известно, что 80...90% узлов трения выходят из строя из-за изнашивания трущихся поверхностей. В связи с изнашиванием затраты, на техническое обслуживание и ремонт в нашей стране в 3... 10 раз превышает первоначальную стоимость машин. В некоторых машинах возникают существенные потери энергии на преодоление трения (в автомобилях примерно 50%, в текстильных станках – 80%). Знание основ триботехники помогает грамотно конструировать машины. Одним из радикальных средств обеспечения надежности узлов трения является правильный научно-обоснованный выбор смазочного материала, зависящий от условий эксплуатации, вида ожидаемого режима смазки и состояния трущихся поверхностей.

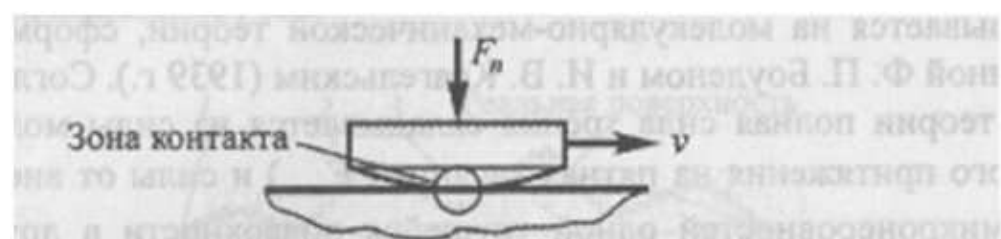
Состояние поверхностей в зоне контакта

Известно, что контакт реальных поверхностей твердых тел имеет дискретный (в виде пятен) характер, обусловленный неровностями поверхностей: отклонением формы, волнистостью, шероховатостью. Поэтому реальная площадь контакта в 10...10000 раз меньше номинальной.

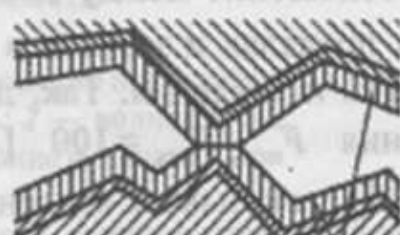
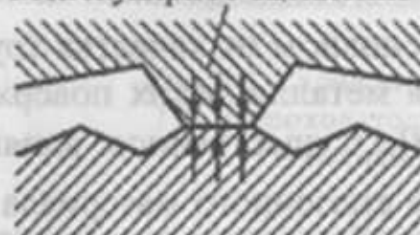


Виды трения

Внешнее трение скольжения является наиболее характерным для контакта деталей машин. Современные представления о трении основываются на молекулярно-механической теории. Согласно этой теории полная сила трения складывается из силы молекулярного притяжения на пятнах касания ($F_{\text{мол}}$) и силы от внедрения микронеровностей одной трущейся поверхности в другую ($F_{\text{мех}}$). Соотношение между обеими составляющими изменяется в широких пределах и зависит в основном от качества трущихся поверхностей и давления. Отношение силы трения $F_{\text{тр}}$ к нормальной силе $F_{\text{н}}$ называется коэффициентом трения f . Величина f в основном зависит от вида смазки.

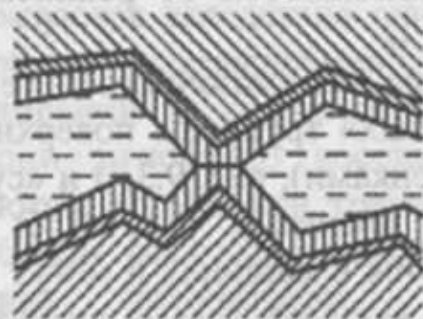
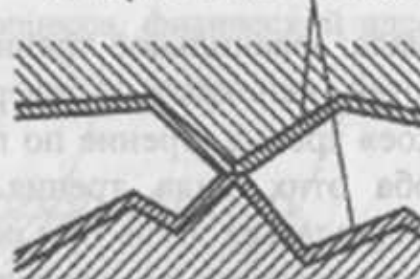


Молекулярное сцепление

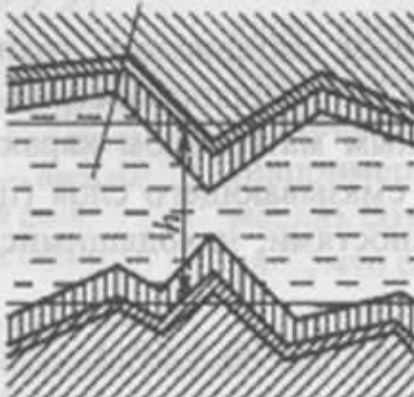


Масляные пленки

Поверхностные пленки



Масляный слой



В зависимости от режима смазывания различают виды трения:

- Трение без смазочного материала: ювенильное трение (рисунок «Виды трения в зоне контакта», а; трение «чистых» трущихся поверхностей, непокрытых поверхностными пленками) и «сухое» трение (рисунок «Виды трения в зоне контакта», б; трение по поверхностным пленкам). Оба этих вида трения редко встречаются в машинах и могут наблюдаться лишь при работе в условиях вакуума, весьма низких или высоких температурах окружающей среды.
- Трение со смазочным материалом: граничная (рисунок «Виды трения в зоне контакта», в; $\lambda \leq 1$), полужидкостная (рисунок «Виды трения в зоне контакта», г; $\lambda \leq 5$), жидкостная смазки (рисунок «Виды трения в зоне контакта», д; $5 \leq \lambda \leq 100$). Трение со смазочным материалом характеризуется относительной толщиной (λ) смазочного слоя (пленки) между контактирующими поверхностями, находящимися в относительном движении.

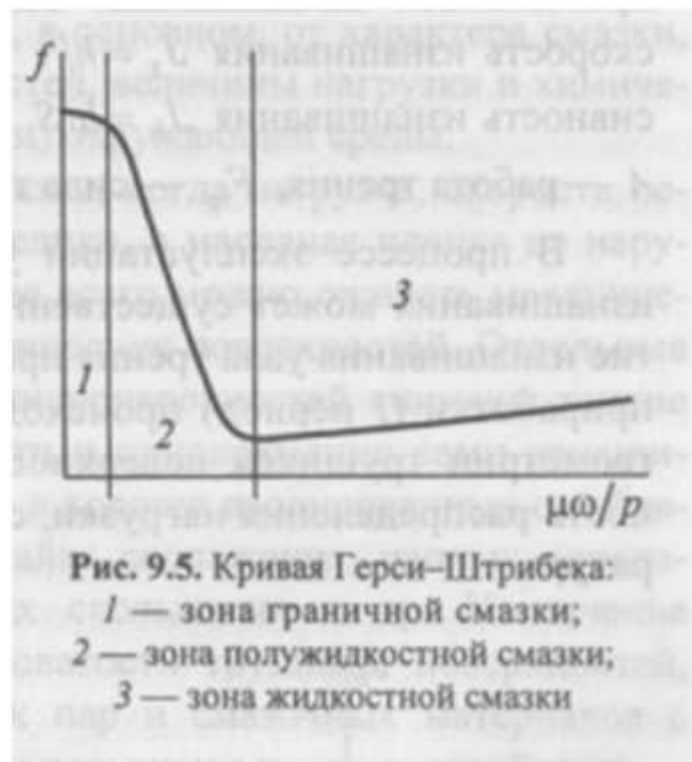
Виды трения со смазочным материалом

Граничная смазка. Происходит по тончайшим масляным пленкам, образовавшимся в результате адсорбции (поглощение поверхностью твердых тел различных веществ из окружающей среды). Она может наблюдаться при скудном смазывании, а также при обильном смазывании жидким маслом в условиях больших давлений и небольших относительных скоростей движения трущихся поверхностей. В условиях граничной смазки решающее значение для снижения трения и изнашивания играет способность масла образовывать прочные масляные пленки.

Жидкостная смазка. Трение между слоями смазочной жидкости, находящейся между трущимися поверхностями в результате гидродинамического или гидростатического эффекта. Она обеспечивает

наиболее благоприятный для работы машин режим трения и отличается отсутствием износа и малыми потерями энергии.

Полужидкостная смазка. Смешанная смазка, когда трущиеся поверхности не полностью разделены слоем жидкости и происходит касание отдельных микронеровностей поверхностей в пределах пятен. Изменение величины коэффициента трения f для изотермических условий представляют кривой Герси-Штрибека.



Средние значения f в условиях граничной смазки:

Чугун	
серый	0,15
антифрикционный	0,12
Бронза	
безоловянистая.....	0,10
оловянистая	0,08
Керамика бронзографитовая.....	0,08
Текстолит	0,15
Фторопласт	0,05

В условиях жидкостной смазки значение коэффициента трения составляет $f=0.0005...0.005$. Значение коэффициента трения для полужидкостной смазки можно определить в первом приближении как среднее арифметическое из значений коэффициентов трения для жидкостной и граничной смазок.

Виды изнашивания

Внешнее трение обычно сопровождается изнашиванием – разрушением контактирующих поверхностей с изменением их размеров. В результате изнашивания образуется износ, который может быть измерен в единицах длины, объема, массы. Износостойкость – способность трущихся поверхностей сопротивляться изнашиванию.

Вид изнашивания зависит, в основном, от характера смазки, состояния трущихся поверхностей, величины нагрузки и химической активности (агрессивности) окружающей среды.

- В условиях граничной смазки, когда нагрузка, скорость перемещения и температура невелики, а масляная пленка не нарушена, вероятнее всего можно ожидать механическое изнашивание в форме истирания поверхностей. Отдельные наиболее высокие гребешки микронеровностей снимают тонкие слои сопряженной поверхности и одновременно сами изнашиваются. Увеличение твердости и снижение шероховатости трущихся поверхностей, применение антифрикционных пар и смазочных материалов повышают их износостойкость.

- Скучное смазывание узлов трения или повышенные величины нагрузочных факторов, низкое качество контактирующих поверхностей приводит к нарушению в отдельных точках масляной пленки. Возникшее ювенильное трение сопровождается местным свариванием, т.к. смазка отсутствует. Такой процесс называют заеданием.

- В условиях полужидкостной или жидкостной смазки и хорошей защиты от загрязнений из внешней среды наиболее распространенным видом изнашивания является выкрашивание (питтинг). Выкрашивание – это заключительная стадия усталостного процесса. Выкрашивание наступает в результате накопления усталостных повреждений в поверхностном слое твердого тела и имеет статистическую природу. Для увеличения контактной долговечности улучшают качественные характеристики трущихся поверхностей: повышают твердость, снижают шероховатость, устраняют остаточные растягивающие напряжения, применяют смазочные масла высокой вязкости; увеличивают толщину смазочного слоя.

- При повышенной загрязненности окружающей среды и недостаточно эффективных уплотнениях возможно попадание в зону трения частиц, твердость которых выше твердости контактирующих поверхностей. В результате их царапающего действия происходит абразивное изнашивание.

Смазочные материалы

По физическому состоянию смазочные материалы делят на смазочные масла, пластичные, твердые и газообразные смазочные материалы. Смазочные масла – являются основным смазочным материалом. В зависимости от исходного продукта различают нефтяные (минеральные), синтетические и жировые масла. По назначению смазочные масла делятся на моторные масла, трансмиссионные масла, индустриальные масла и другие.

Пластичные смазочные материалы (ПСМ) состоят из жидкой основы и загустителя. При небольших нагрузках они ведут себя также как твердые тела – не растекаются, удерживаются на наклонных поверхностях. Превышение нагрузки приводит к текучести ПСМ, при снятии нагрузки упругие свойства ПСМ восстанавливаются. Достоинства ПСМ: способность удерживаться в негерметичных узлах (открытые зубчатые передачи), работоспособность в широком диапазоне температур, большая экономичность применения. Недостатки ПСМ: плохая охлаждающая способность, более высокая склонность к окислению, сложность подачи в зону трения.

Твердые смазочные материалы (ТСМ) обеспечивают смазывание поверхностей в экстремальных условиях, когда применение других смазочных материалов невозможно. Обычно их используют в виде порошков. Недостатки применения ТСМ: трудность подачи, низкий теплоотвод, невысокие нагрузки и небольшой срок службы.

Смазочные масла

В зависимости от исходного продукта различают нефтяные (минеральные), синтетические и жировые масла.

В настоящее время наибольшее распространение в машиностроении получили нефтяные масла, представляющих собой сложную смесь углеводородов. Исходным продуктом для выработки нефтяных масел является мазут. Качество такого масла зависит от месторождения нефти и технологии ее

переработки. Для повышения смазывающей способности в настоящее время широко используют введение в масло небольшого количества всевозможных присадок. Существенный недостаток нефтяных масел – зависимость их вязкости от температуры и давления.

Для смазывания узлов трения в условиях особо высоких температур и особо низких температур или в условиях повышенной пожарной опасности применяют синтетические масла, изготавливаемые на основе сложных эфиров, силиконов и других материалов. Их главный недостаток – их дороговизна.

Жировые масла – это смеси сложных эфиров естественного происхождения: растительные и животные масла. Однако в работе жировые масла очень быстро окисляются, весьма дефицитны и дороги. В настоящее время их применяют в качестве присадок для повышения липкости нефтяных масел.

Основные присадки к смазочным маслам

Присадки весьма разнообразны по химическому составу и в большинстве своем являются углеводородными соединениями, содержащие металлы (цинк, свинец, магний) или неметаллические элементы (хлор, сера, фосфор, йод). Присадки вводят в небольших, но дозированных количествах.

- Загущающие (вязкостные) - повышают исходную вязкость масла.
- Противозадирочные – образуют на поверхностях трения пленки химических соединений при повышенных температурах.
- Противоизносные – улучшают липкость (маслянистость) масел и уменьшают истирание в условиях граничной смазки.
- Антиокислительные – применяют для замедления старения масла в результате окисления.
- Антикоррозионные – образуют на смазываемых поверхностях соединения, предохраняющие от коррозии.

- Антипенные – уменьшают склонность масла к пенообразованию, снижающему теплоотвод и ускоряющему окисление масла.

Классификация смазочных масел

Основные группы масел по назначению: моторные, трансмиссионные, индустриальные, специализированные, гидравлические.

- Моторные масла предназначены для смазывания деталей двигателей внутреннего сгорания.
- Трансмиссионные масла предназначены для смазывания агрегатов трансмиссий различной техники, включая механические передачи.
- Индустриальные масла применяют для смазывания промышленного оборудования и технологических машин.
- Специализированные масла применяют в специализированных отраслях: энергетике, авиации и так далее.
- Гидравлические масла применяют в качестве рабочих жидкостей в гидросистемах.

Уплотнения



Уплотнения – устройства для разделения сред, которые предотвращают или уменьшают утечки через подвижные или разъемные неподвижные соединения. В узлах трения машин общего назначения уплотнения служат для защиты их от попадания загрязнений и влаги из окружающей среды, а также предотвращения утечек смазочного материала. Применение уплотнений – одно из эффективных средств повышения долговечности узлов трения.

Уплотнительное устройство - устройство или способ предотвращения или уменьшения утечки жидкости, газа путём создания преграды в местах соединения между деталями машин (механизма) состоящее из одной детали и более. Существуют две большие группы неподвижные уплотнительные устройства (торцевые, радиальные, конусные) и подвижные уплотнительные устройства (торцевые, радиальные, конусные, комбинированные).

Герметизация неподвижных соединений

Недостаточная герметичность стыков металлических деталей объясняется наличием неровностей реальных поверхностей. Редко разбираемые стыки, допускающие при монтаже некоторое сближение сопрягаемых поверхностей в результате затягивания крепежных деталей, целесообразно герметизировать прокладками из неметаллических материалов (картон, резина и т.д.) Диапазон эксплуатационных параметров для таких прокладок ограничен.

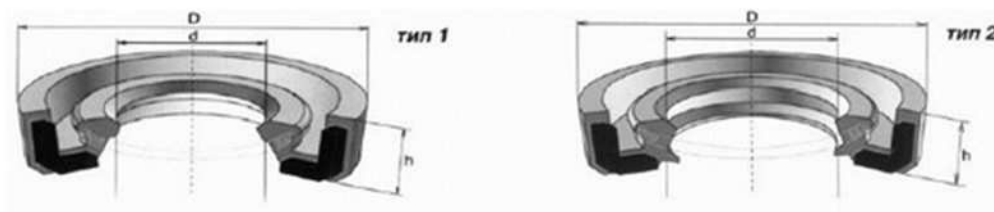
В часто разбираемых стыках целесообразно применять более прочные плоские металлические прокладки с пониженным модулем упругости (медь, алюминий и другие).



Для стыков, не допускающих сближения при монтаже, выгодно применять герметизирующие пасты (герметики). Повторная сборка таких изделий затруднена. Кроме герметизации герметики обеспечивают надежное стопорение крепежных изделий (винты, шпильки).

Герметизация вращающихся деталей

В контактных уплотнениях происходит непосредственное соприкосновение уплотнения с вращающейся поверхностью, что обеспечивает высокую герметичность соединения. Однако работа таких уплотнений сопровождается трением, приводящим к потерям, а также к изнашиванию контактирующей поверхности. В быстроходных подвижных соединениях они не применяются. Наиболее широкое применение получили резиновые армированные манжеты однокромочные (предназначаются для предотвращения вытекания уплотняемой среды) и однокромочные с пыльником (предназначаются для предотвращения вытекания уплотняемой среды и защиты от проникновения пыли).



Герметизация соединений, имеющих возвратно-поступательное движение

Шатунно-поршневую группу деталей обычно герметизируют с помощью поршневых колес.

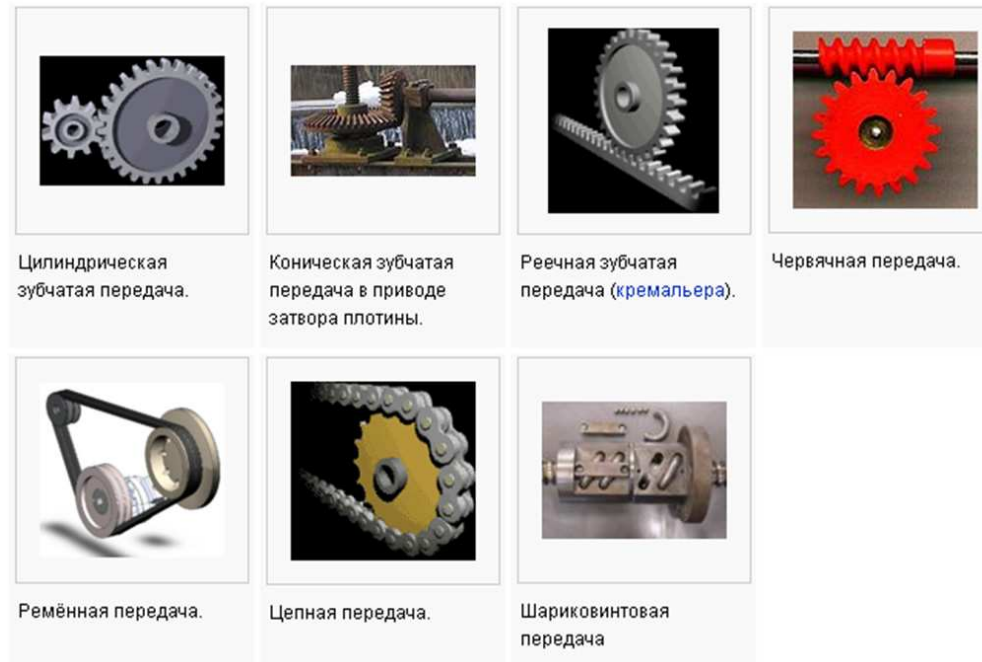
Механические передачи

Механическая передача — механизм, служащий для передачи и преобразования механической энергии от энергетической машины до исполнительного механизма (органа) одного или более, как правило, с изменением характера движения (изменения направления, сил, моментов и скоростей). Как правило, используется передача вращательного движения.

Механическая энергия, используемая для приведения в движение рабочей машины, представляет собой энергию вращательного движения вала двигателя. Вращательное движение получило наибольшее распространение в механизмах и машинах, так как обладает следующими достоинствами:

- обеспечивает непрерывное и равномерное движение при небольших потерях на трение;
- позволяет иметь простую и компактную конструкцию передаточного механизма.

Классификация механических передач



• Передачи зацепления:

- Цилиндрические зубчатые передачи - отличаются надежностью и имеют высокий ресурс эксплуатации. Обычно применяются при особо сложных режимах работы, для передачи больших мощностей. Цилиндрические передачи бывают прямозубыми, косозубыми и шевронными.
- Прямозубые цилиндрические передачи легко изготавливать, но при их работе возникает высокий шум, они создают вибрацию и из-за этого быстрее изнашиваются. Прямозубые передачи применяются при невысоких и средних окружных скоростях, в частности, открытые передачи, как правило, делают прямозубыми.
- Косозубые цилиндрические передачи обладают хорошей плавностью работы, низким шумом и хорошими эксплуатационными характеристиками. В отличие от прямозубой передачи в косозубой передаче зубья входят в зацепление не сразу по всей длине, а постепенно. Увеличивается время

контакта одной пары зубьев, в течение которого входят новые пары зубьев, нагрузка передается по большому числу контактных линий, что значительно снижает шум и динамические нагрузки. Если к передачам не предъявляют специальных требований, то колеса нарезают правыми, а шестерни – левыми. Существенный недостаток – возникают осевые силы, из-за которых приходится делать более жесткую конструкцию корпуса редуктора.

- Шевронные цилиндрические передачи обладают крайне высокой плавностью работы. Шестерни этих передач представляют собой сдвоенные косозубые шестерни, но они имеют больший угол зубьев, чем косозубые. Стоимость изготовления шевронных зубчатых колес высокая, они требуют специализированных станков и высокой квалификации рабочих. Шевронные цилиндрические передачи применяются в мощных быстроходных закрытых передачах.
- Конические зубчатые передачи в отличие от цилиндрических имеют пересекающиеся оси входных и выходных валов. Применяются если необходимо изменить направление кинетической передачи.
- Червячные передачи – представляют собой механическую передачу от винта, называемого червяком на зубчатое колесо, называемое червячным колесом. Отличаются высоким передаточным отношением, относительно низким КПД. Червяки бывают однозаходные и многозаходные. Передаточное отношение червячного редуктора определяется как отношение количества зубьев на червячном колесе к количеству заходов на червяке.
- Гипоидные (спироидные) передачи.
- Цепные передачи.
- Передачи зубчатыми ремнями.
- Волновые передачи – сравнительно новые, отличаются крайне высоким передаточным отношением. Имеют относительно малый вес и высокую износостойкость. Принцип работы – генерация волн на гибком колесе, которое имеет чуть меньшее количество зубьев, чем жесткое колесо и смещение одного колеса относительно другого на их разницу зубьев за один оборот генератора волн.

• Передачи трения:

- Фрикционные передачи.
- Ременные передачи.

• По способу соединения ведущего и ведомого звена:

- непосредственный контакт (зубчатые, фрикционные, винтовые, червячные);

- с гибкой дополнительной связью (ременные, цепные).

• **По управляемости передачи делятся:**

- с фиксированным передаточным числом;
- со ступенчато изменяемым передаточным числом;
- с плавно изменяемым передаточным числом (вариаторы).

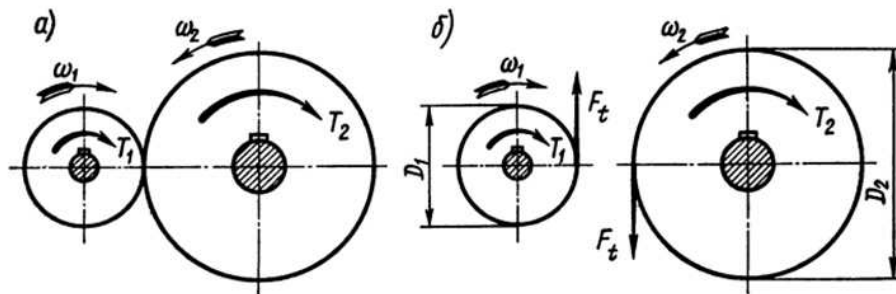


Рис. 6.1. Схема для определения направления вращающих моментов в передаче:
 а — колеса в рабочем положении; б — колеса, условно раздвинутые

Основные характеристики механических передач

- Мощность (на входе – P_1 (Вт), на выходе – P_2 (Вт))
- Быстроходность (выражается частотой вращения или угловой скоростью)
- n_1 и n_2 – частота вращения на входе (n_1) и на выходе (n_2) об/мин = мин⁻¹

- ω_1 и ω_2 – угловая скорость (рад/с=с⁻¹)

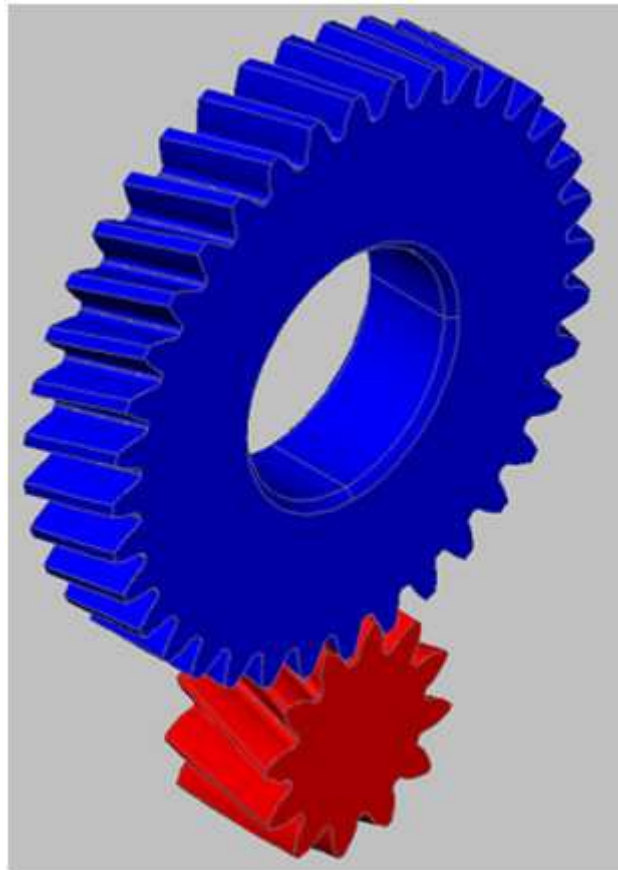
Производные характеристики механических передач

- Механический КПД передачи – $\eta = P_2/P_1$. Для многоступенчатой передачи, состоящей из нескольких последовательно соединённых передач, суммарный КПД равен произведению КПД каждой передачи в отдельности.
- Передаточное отношение (передаточное число): $u = \omega_1/\omega_2$. При этом, если $u > 1$, $n_1 > n_2$ – понижающая передача (редуктор), а если $u < 1$, $n_1 < n_2$ – повышающая передача (мультипликатор). Для многоступенчатой передачи суммарное передаточное отношение равно произведению передаточных отношений ступеней.
- Окружная скорость ведущего или ведомого звена: $v = \omega d/2$, где d – диаметр колеса. Окружные скорости обоих звеньев передачи при отсутствии скольжения равны.
- Окружная сила: $F_t = P/v = 2T/d$, где P – мощность, а T – вращающий момент.
- Вращающий момент: $T = P/\omega = F_t d/2$.

Зубчатые передачи

Зубчатая передача — это механизм или часть механизма в состав которого входят зубчатые колёса. Движение передаётся с помощью зацепления пары зубчатых колёс.

Меньшее зубчатое колесо принято называть шестерней, большее – колесом. Параметрам шестерни приписывают индекс 1, параметрам колеса – индекс 2.



Достоинства и недостатки зубчатых передач

Достоинства зубчатых передач:

- Возможность применения в широком диапазоне скоростей, мощностей и передаточных отношений.
- Высокая нагрузочная способность и малые габариты.
- Большая долговечность и надёжность работы.
- Постоянство передаточного отношения.
- Высокий КПД (87-98%).
- Простота обслуживания.

Недостатки зубчатых передач:

- Большая жёсткость не позволяющая компенсировать динамические нагрузки.
- Высокие требования к точности изготовления и монтажа.
- Шум при больших скоростях.

Классификация зубчатых передач

По передаточному отношению:

- с постоянным передаточным отношением;
- с переменным передаточным отношением.

По форме профиля зубьев:

- эвольвентные;
- круговые (передачи Новикова);
- циклоидальные.

По типу зубьев:

- прямозубые;
- косозубые;
- шевронные;
- криволинейные.

По взаимному расположению осей валов:

- с параллельными осями (цилиндрические передачи с прямыми, косыми и шевронными зубьями);
- с пересекающимися осями (конические передачи);
- с перекрещивающимися осями.

По форме начальных поверхностей:

- цилиндрические;
- конические;
- гиперболоидные;

По окружной скорости колёс:

- тихоходные;
- среднескоростные;
- быстроходные.

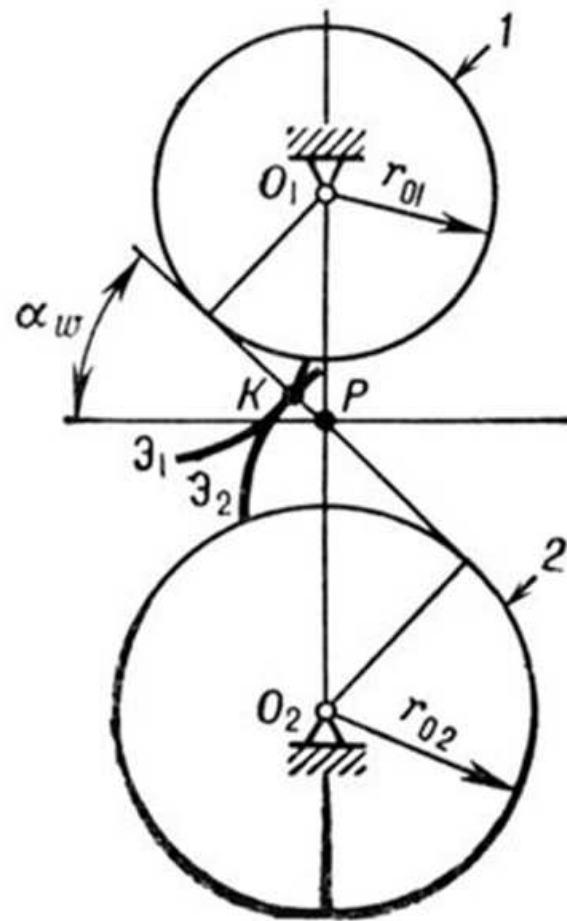
По степени защищенности:

- открытые;
- закрытые.

По относительному вращению колёс и расположению зубьев:

- внутреннее зацепление (вращение колёс в одном направлении);
- внешнее зацепление (вращение колёс в противоположном направлении).

Эвольвентное зацепление



Эвольвентное зацепление позволяет передавать движение с постоянным передаточным отношением.

Эвольвентное зацепление - зубчатое зацепление, в котором профили зубьев очерчены по эвольвенте окружности. Для этого необходимо чтобы зубья зубчатых колёс были очерчены по кривой, у которой общая нормаль, проведённая через точку касания профилей зубьев, всегда проходит через одну и ту же точку на линии, соединяющей центры зубчатых колёс, называемую полюсом зацепления.

Нарезание зубьев зубчатых колёс

Нарезание зубчатых колес производится методом копирования или обкатки.

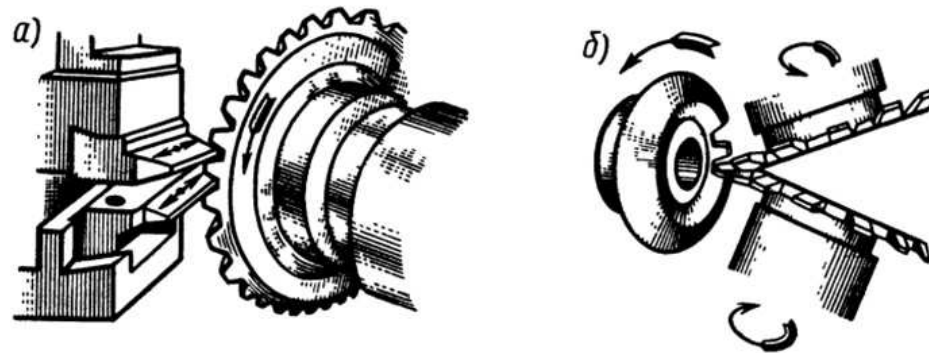


Рис. 8.18. Нарезание конических колес

По методу копирования впадины между зубьями образуются инструментом, имеющим профиль впадины – дисковой фрезой, пальцевой фрезой, протяжкой, шлифовальным кругом. Точность этого метода понижена.

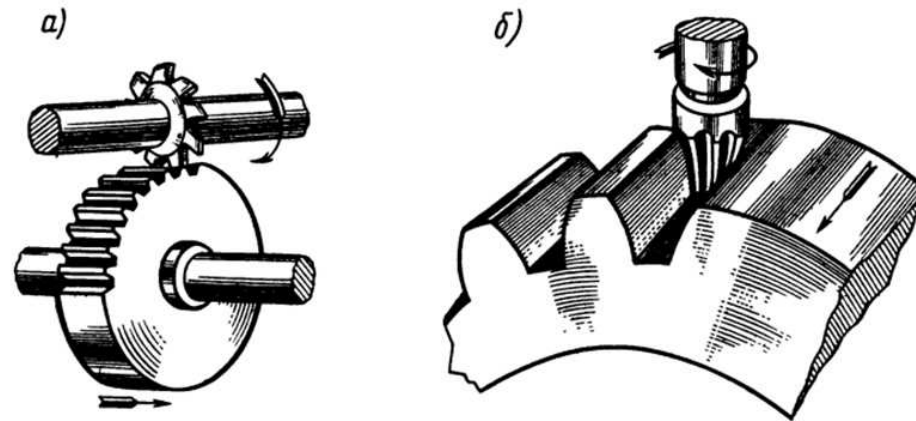
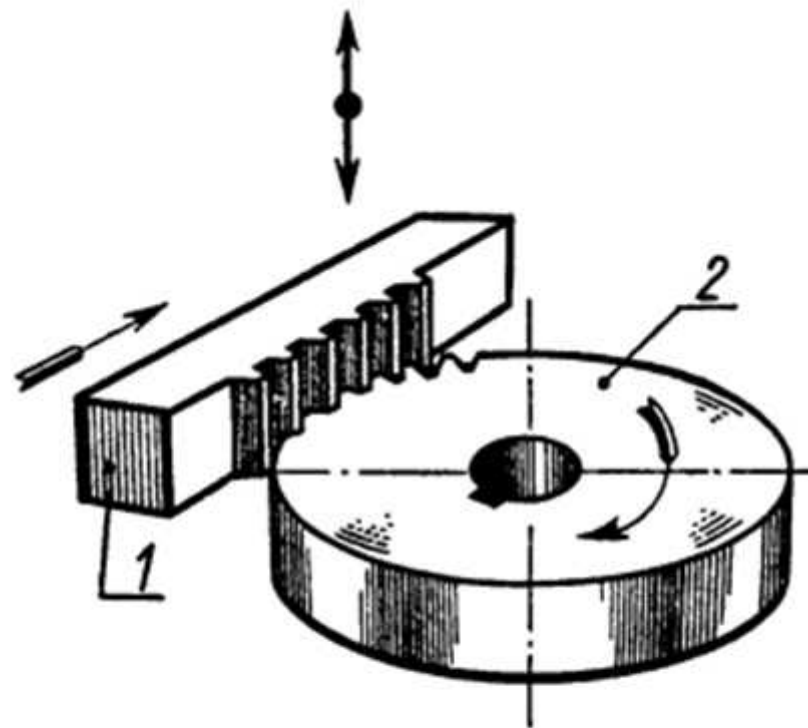


Рис. 8.16. Нарезание зубьев методом копирования

По методу обкатки зубья нарезают инструментом в виде рейки-гребёнки, червячной фрезы или шестерни долбяка. Нарезание происходит в процессе принудительного зацепления инструмента с заготовкой на зуборезном станке. Метод обкатки даёт непрерывный процесс нарезания, что обеспечивает повышенную производительность и точность по сравнению с методом копирования.



**Рис. 8.14. Схема нарезания
зубьев методом обкатки**

Кроме нарезания применяют также метод накатывания зубьев, который повышает прочность на 15-20%. Точные зубчатые колёса подвергают шлифованию и притирке.

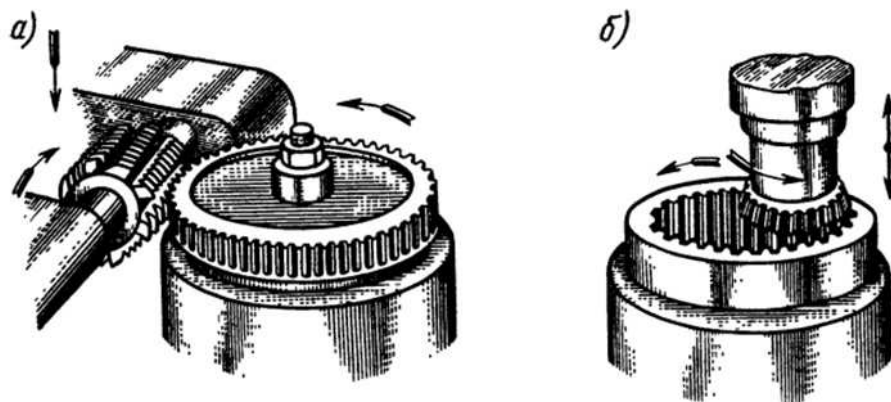


Рис. 8.17. Нарезание зубьев методом обкатки

Влияние числа зубьев на форму и прочность зуба

Для уменьшения габаритов зубчатой передачи применяют колеса с малым числом зубьев. Изменение числа зубьев приводит к изменению формы зуба. С уменьшением z увеличивается кривизна эвольвентного профиля, а толщина у основания и у вершины уменьшается.

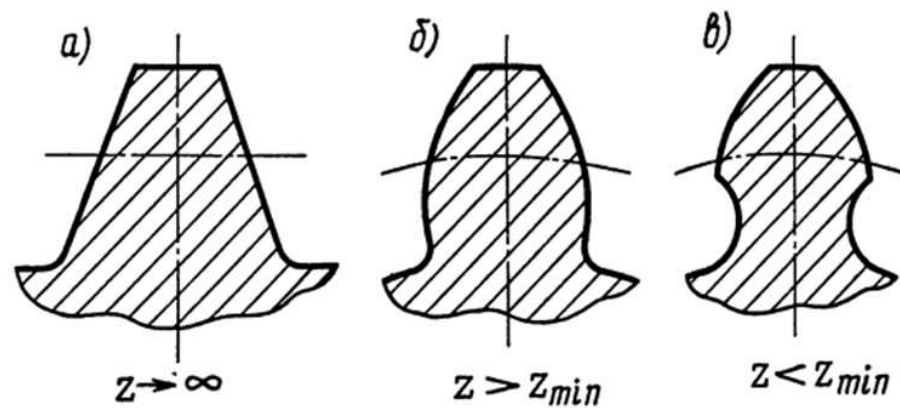


Рис. 8.22. Влияние z на форму зубьев

Точность зубчатых колес

При изготовлении зубчатых передач неизбежны погрешности, которые выражаются в отклонениях шага, соосности колес, теоретического профиля зубьев, межосевого расстояния и др. Все эти погрешности приводят к повышенному шуму во время работы и преждевременному разрушению передачи.

Точность зубчатых передач регламентируется стандартами, в которых предусмотрено 12 степеней точности с обозначением степени в порядке убывания точности. Наибольшее распространение имеют 6, 7, 8 и 9-я степени точности.

**Т а б л и ц а 8.2. Степень точности передачи
в зависимости от окружной скорости колес**

Вид передачи	Вид зубьев	Степень точности (по нормам плавности)			
		6-я	7-я	8-я	9-я
		Предельная окружная скорость v , м/с			
Цилиндрическая	Прямые	15	10	6	2
	Косые	30	15	10	4
Коническая	Прямые	12	8	4	1,5
	Круговые	20	10	7	3

Повреждения поверхности зубьев

Все виды повреждения поверхностей зубьев связаны с контактными напряжениями и трением:

- Усталостное выкрашивание является основным видом разрушения поверхности зубьев при хорошей смазке передач. Передача работает длительное время до появления усталости в поверхностных слоях зубьев. На поверхности появляются небольшие углубления, которые растут и превращаются в раковины. Основные меры предупреждения выкрашивания: определение размеров из расчёта на усталость по контактным напряжениям; повышение твёрдости материала путём термообработки; повышение степени точности изготовления зубьев.
- Абразивный износ является основной причиной выхода из строя передач при плохой смазке (открытые передачи и закрытые, но плохо защищённые от загрязнения; сельскохозяйственные, транспортные, грузоподъёмные машины; горнорудное оборудование). Основные меры предупреждения износа: повышение твёрдости поверхности зубьев, защита от загрязнения, применение специальных масел.
- Заедание наблюдается преимущественно в высоко нагруженных и высокоскоростных передачах. В месте соприкосновения зубьев этих передач развивается высокая температура, способствующая

разрыву масляной плёнки и образованию металлического контакта. Здесь происходит сваривание частиц металла с последующим отрывом их от менее прочной поверхности. Образовавшиеся наросты способствуют заеданию. Меры предупреждения заедания те же, что и против износа.

- Пластические сдвиги наблюдаются у тяжело нагруженных тихоходных зубчатых колёс выполненных из мягкой стали. При перегрузках на мягкой поверхности зубьев появляются пластические деформации с последующим взрывом в направлении скольжения. Пластические сдвиги можно устранить повышением твёрдости рабочей поверхности зубьев.
- Отслаивание твёрдого поверхностного слоя зубьев подвергнутых поверхностному упрочнению (азотирование, цементирование, закалка) Этот вид разрушения наблюдается при низком качестве термообработки. Отслаиванию способствуют перегрузки.

Смазывание зубчатых передач

В процессе зацепления зубьев вследствие трения качения и скольжения происходит нагрев передачи, изнашивание зубьев, снижение КПД. Чтобы обеспечить работоспособность передачи, в зацепление колес подводят смазочный материал, который снижает контактные напряжения, предохраняет зубья от интенсивного истирания и коррозии, уносит продукты износа, уменьшает силу удара в зацеплении и улучшает отвод теплоты.

КПД зубчатых передач

Потери мощности в зубчатых передачах складываются из потерь на трение в зацеплении, на трение в подшипниках и гидравлических потерь на взбалтывание и разбрызгивание масла (закрытые передачи). Потери в зацеплении составляют главную часть потерь передачи, они зависят от точности

изготовления, способа смазывания, шероховатости рабочих поверхностей, скорости колес, свойств смазочных материалов и числа зубьев колес. С увеличением числа зубьев КПД передачи возрастает. Потерянная мощность в передаче переходит в теплоту, которая при недостаточном охлаждении может вызвать перегрев передачи.

Конструкции зубчатых колес

В зависимости от назначения, размеров и технологии получения заготовки зубчатые колеса имеют различную конструкцию. Цилиндрические и конические шестерни выполняют как одно целое с валом (вал-шестерня). Это объясняется тем, что раздельное изготовление увеличивает стоимость производства вследствие увеличения стоимости поверхностей, требующих точной обработки, а также вследствие необходимости применения того или иного соединения (например, шпоночного). Насадочные шестерни применяются в случаях, когда они должны перемещаться вдоль вала или в зависимости от условий сборки.

При диаметре $d_a \leq 150$ мм колеса изготавливают в форме сплошных дисков из проката или из поковок.

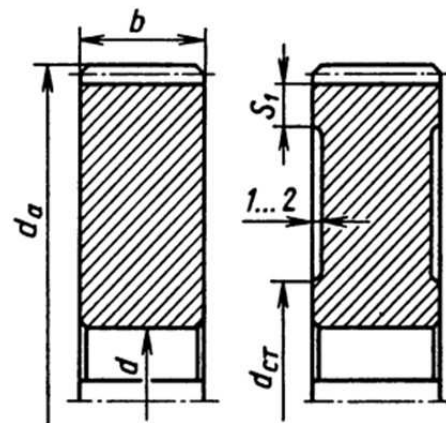


Рис. 11.8. Монолитные зубчатые колеса:
 $S_1 = 2,5m + 2$ мм; $d_{ст} = 1,5d + 10$ мм

При $d_a \leq 500$ мм зубчатые колеса получают ковкой, отливкой или сваркой.

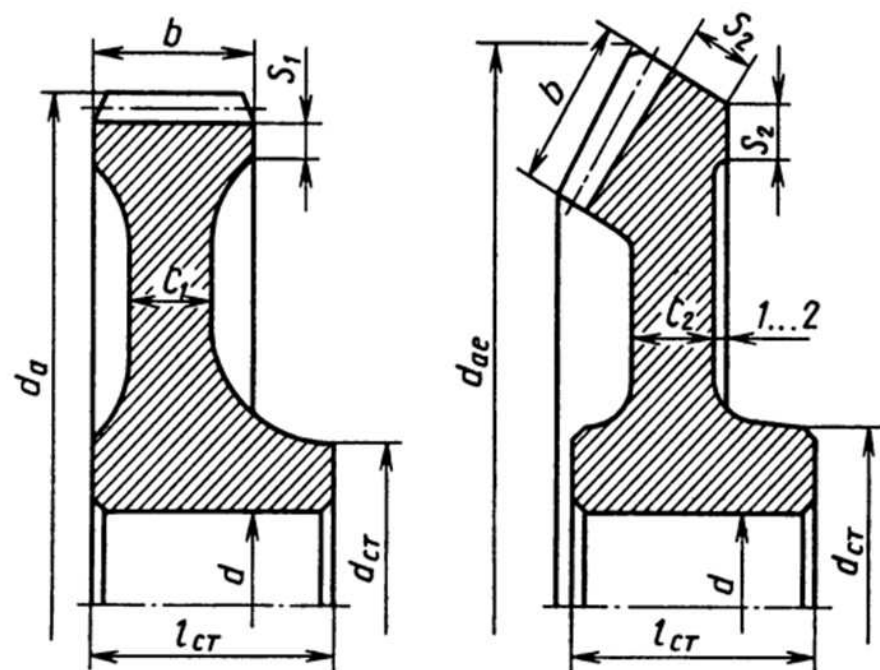


Рис. 11.9. Конструкции кованных колес при $d_a \leq 500$ мм:

$S_1 = 2,5 m + 2$ мм; $S_2 = 2,5 m_e(m_{te}) + 2$ мм; $d_{cr} = 1,5d + 10$ мм; $l_{cr} = (0,8 \dots 1,5) d$; $C_1 = 0,4 \dots 0,5b$; $C_2 = (2 \dots 2,5) S_2$

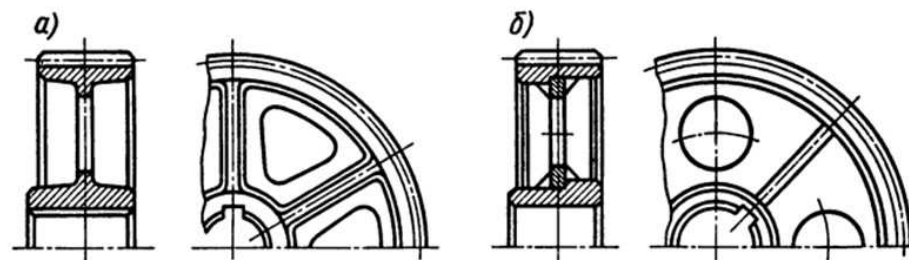


Рис. 11.10. Литые (а) и сварные (б) зубчатые колеса

При $d_a > 500$ мм зубчатые колеса выполняют отливкой или сваркой. Бандажированные и свертные колеса применяют в целях экономии легированных сталей.

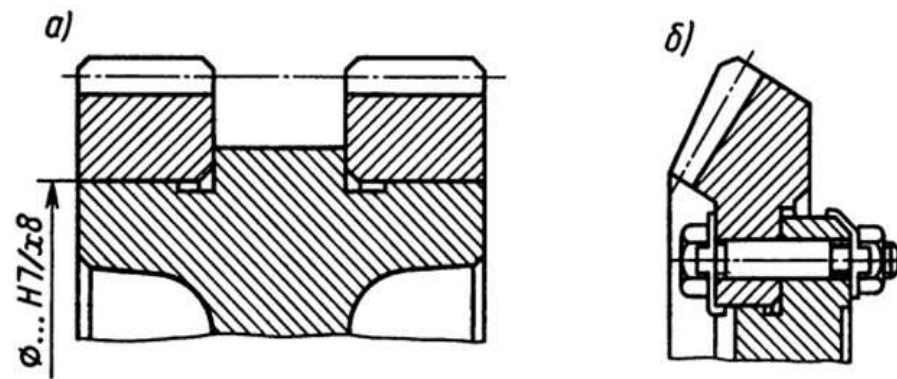
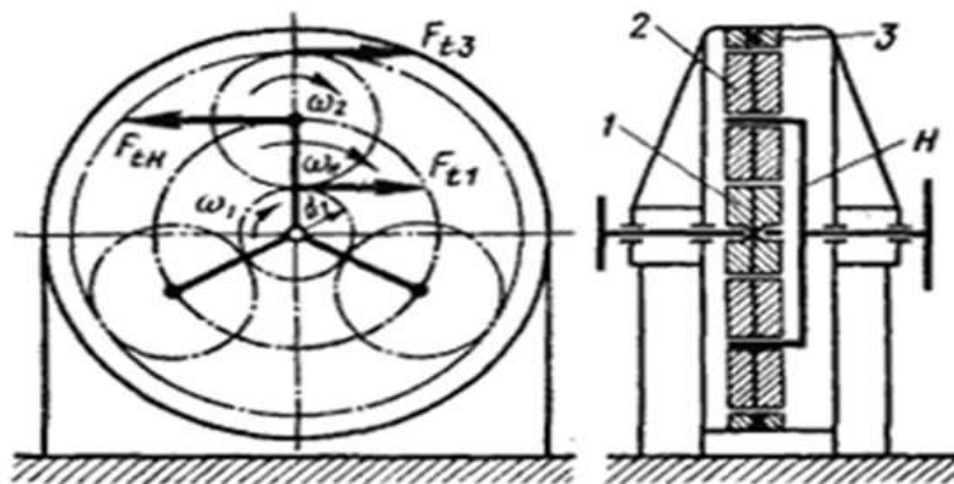


Рис. 11.11. Бандажированные (а) и сварные (б) зубчатые колеса

Планетарные передачи

Планетарная передача — механическая система, состоящая из нескольких планетарных зубчатых колёс (шестерён), вращающихся вокруг центральной, солнечной, шестерни. Обычно, планетарные шестерни фиксируются вместе с помощью водила. Планетарная передача может также включать дополнительную внешнюю кольцевую шестерню, имеющую внутреннее зацепление с планетарными шестернями.

Элементы планетарных передач



Основными элементами планетарной передачи можно считать следующие:

- **Солнечная шестерня:** находится в центре;
- **Водило:** жёстко фиксирует друг относительно друга оси нескольких планетарных шестерён (сателлитов) одинакового размера, находящихся в зацеплении с солнечной шестерней;

- **Кольцевая шестерня (эпицикл):** внешнее зубчатое колесо, имеющее внутреннее зацепление с планетарными шестернями.

Передаточное отношение планетарных передач

Передаточное отношение обозначают буквой i с двойным индексом внизу, указывающим отношение угловых скоростей рассматриваемых звеньев, и с индексом наверху, указывающим, какое звено механизма принято за неподвижное. Если направления вращения ведущего и ведомого звеньев одинаковы, то передаточное отношение считается положительным, если различны — отрицательным.



Достоинства планетарных передач

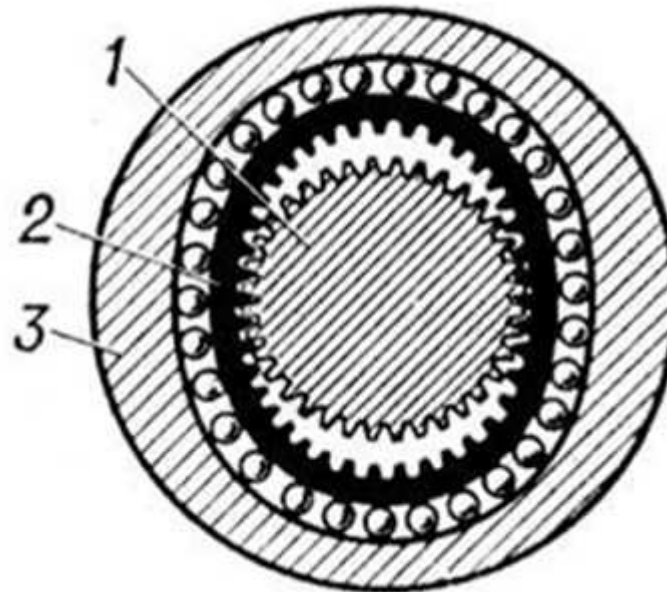


Основные достоинства планетарных редукторов — большие передаточные отношения, компактность и малая масса. С помощью дифференциальных передач в машинах получается сложение или разложение движения, что используют, в частности, в автомобилях и металлорежущих станках. Однако планетарные передачи, по сравнению с обыкновенными, требуют повышенной точности изготовления и сложнее в сборке. Планетарные передачи и планетарные редукторы благодаря своим достоинствам нашли довольно широкое применение в станкостроении, транспортном машиностроении, приборостроении.

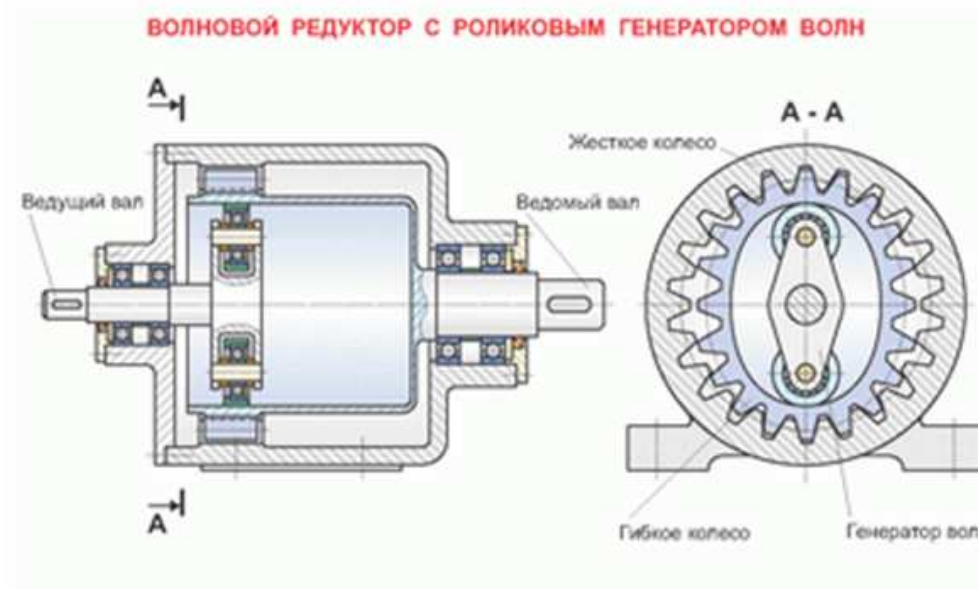
Наиболее широкое применение планетарные передачи нашли в автомобильных дифференциалах, кроме того используется в суммирующих звеньях кинематических схем металлорежущих станков. В современных устройствах могут использоваться каскады из нескольких планетарных передач для получения большого диапазона передаточных чисел. На этом принципе работают многие автоматические коробки передач.

Во время Второй мировой войны была разработана особая конструкция планетарной передачи, которая использовалась для привода небольших радаров. Кольцевая шестерня изготавливалась из двух частей, каждая толщиной в половину толщины других компонентов. Одна из этих половинок фиксировалась неподвижно и имела на 1 зуб меньше, чем вторая. В такой конструкции при полном обороте планетарных шестерён и нескольких оборотах солнечной шестерни, подвижное кольцо поворачивалось всего на 1 зуб. Таким образом, получалось очень высокое передаточное отношение при небольших габаритах.

Волновые передачи



Волновой передачей называется зубчатый или фрикционный механизм, предназначенный для передачи и преобразования движения (обычно вращательного), в котором движение преобразуется за счет волновой деформации венца гибкого колеса специальным звеном (узлом) - генератором волн. Основными элементами дифференциального волнового механизма являются: входной или быстроходный вал с генератором волн, гибкое колесо с муфтой, соединяющей его с первым тихоходным валом, жесткое колесо, соединенное со вторым тихоходным валом, корпус. **Изобретатель волновой передачи** — американский инженер У. Массер (1959).

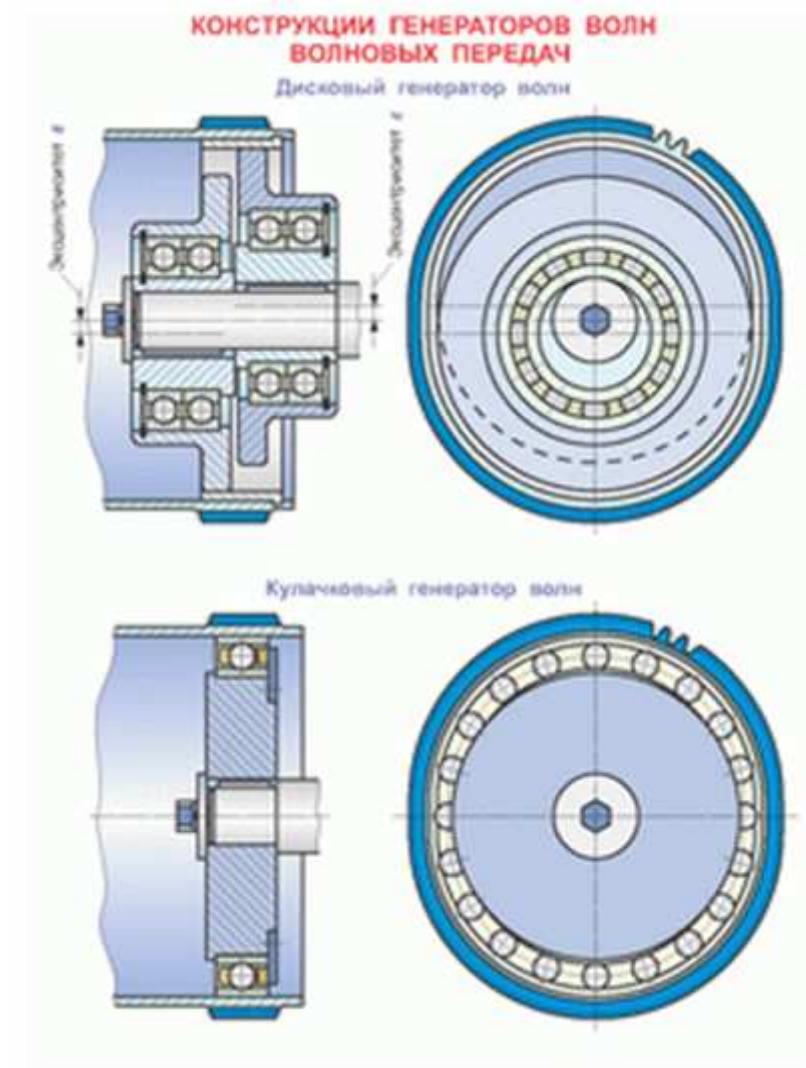


Волновые механизмы можно рассматривать как одну из разновидностей многопоточных планетарных механизмов, так как они обладают многозонным, а в случае зубчатого механизма, и многопарным контактом выходного звена с гибким колесом. **Многозонный контакт** обеспечивается за счет формы генератора волн (кулачок чаще с двумя, редко с тремя выступами), многопарный - за счет податливости зубчатого венца гибкого колеса. Такое сочетание позволяет волновым механизмам передавать значительные нагрузки при малых габаритах. **Податливость зубчатого венца** обеспечивает достаточно равномерное распределение нагрузки по зубьям, находящимся в зоне зацепления.

При номинальных нагрузках процент зубьев находящихся в зацеплении составляет 15-25% от общего их числа. Поэтому в волновых передачах применяется **мелкомодульное зацепление**, а числа зубьев колес лежат в пределах от 100 до 600. Зона зацепления в волновой зубчатой передаче совпадает с вершиной волны деформации.

По числу зон или волн передачи делятся на **одноволновые, двухволновые** и так далее. Передачи с

числом волн более трех применяются редко. Распределение передаваемых усилий по нескольким зонам уменьшает нагрузку на элементы пар и позволяет существенно уменьшать габаритные размеры и массу механизмов.



Многозонный и многопарный контакт звеньев существенно увеличивает жесткость механизма, а за

счет осреднения ошибок и зазоров, уменьшает мертвый ход и кинематическую погрешность механизма. Поэтому волновые механизмы обладают высокой кинематической точностью и, несмотря на наличие гибкого элемента, достаточно высокой жесткостью. Образующиеся в структуре волнового механизма внутренние контуры, увеличивают теоретическое число избыточных или пассивных связей в механизме. Однако гибкое колесо за счет податливости компенсирует ряд возникающих перекосов. Поэтому при изготовлении и сборке волновых механизмов число необходимых компенсационных развязок меньше чем в аналогичных механизмах с жесткими звеньями.

Преимущества и недостатки волновых передач

Преимущества волновых передач:

- Возможность реализации в одной ступени при двухволновом генераторе волн больших передаточных отношений в диапазоне от 40 до 300.
- Высокая нагрузочная способность при относительно малых габаритах и массе.
- Малый мертвый ход и высокая кинематическая точность.
- Возможность передачи движения через герметичную перегородку.
- Малый приведенный к входному валу момент инерции (для механизмов с дисковыми генераторами волн).

Недостатки волновых передач:

- Меньшая приведенная к выходному валу крутильная жесткость.
- Сложная технология изготовления гибких зубчатых колес.

Применение волновых передач

Волновые передачи применяются в различных отраслях техники: в приводах грузоподъемных машин, конвейеров, различных станков, в авиационной и космической технике, в точных приборах, исполнительных механизмах систем с дистанционным и автоматическим управлением, в приводах остронаправленных радарных антенн систем наблюдения за космическими объектами и т.п.

Герметические волновые передачи передают вращение в герметизированные полости с химической агрессивной и радиоактивной средой, в полости с высоким давлением и глубоким вакуумом, а также являются приводами герметических вентилях. Например, в американской космической ракете «Кентавр» (60-е гг. 20 в.) герметическая Волновая передача использована в механизме вентиля системы жидкого кислорода, что исключило утечку кислорода и повысило взрыво- и пожаробезопасность.

Червячные передачи

Червячная передача – это зубчато-винтовая передача, движение в которой осуществляется по принципу винтовой пары. Червячные передачи применяют для передачи вращательного движения между валами, у которых угол скрещивания осей обычно составляет 90° .

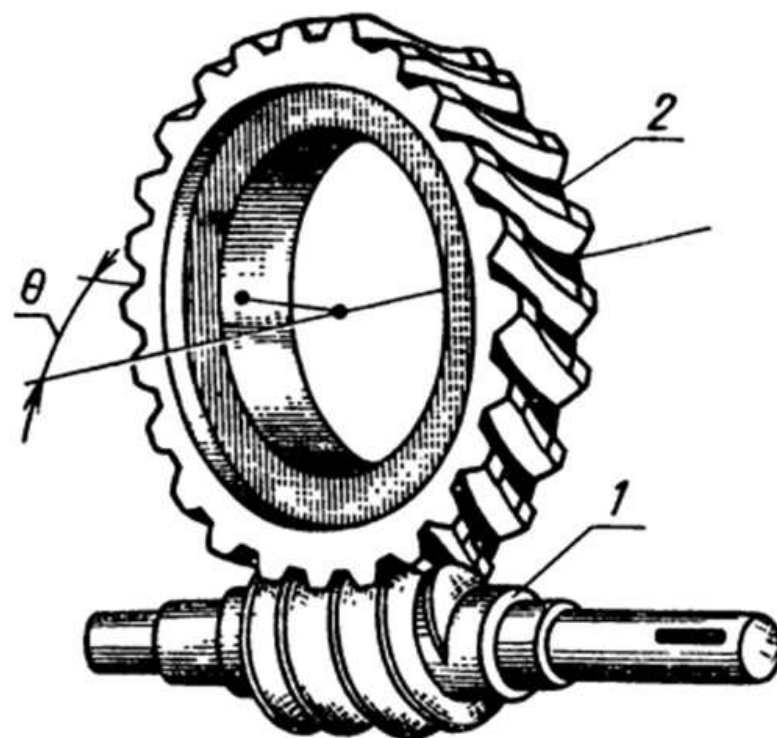


Рис. 15.1. Червячная передача:
1 — червяк; 2 — венец червячного
колеса

Геометрические параметры червячных передач такие же, как и в цилиндрических передачах. В большинстве случаев ведущим звеном является червяк, т.е. короткий винт с трапецеидальной или близкой к ней резьбой.

Для облегания тела червяка венец червячного колеса имеет зубья дугообразной формы, что увеличивает длину контактных линий в зоне зацепления.

Достоинства и недостатки червячных передач

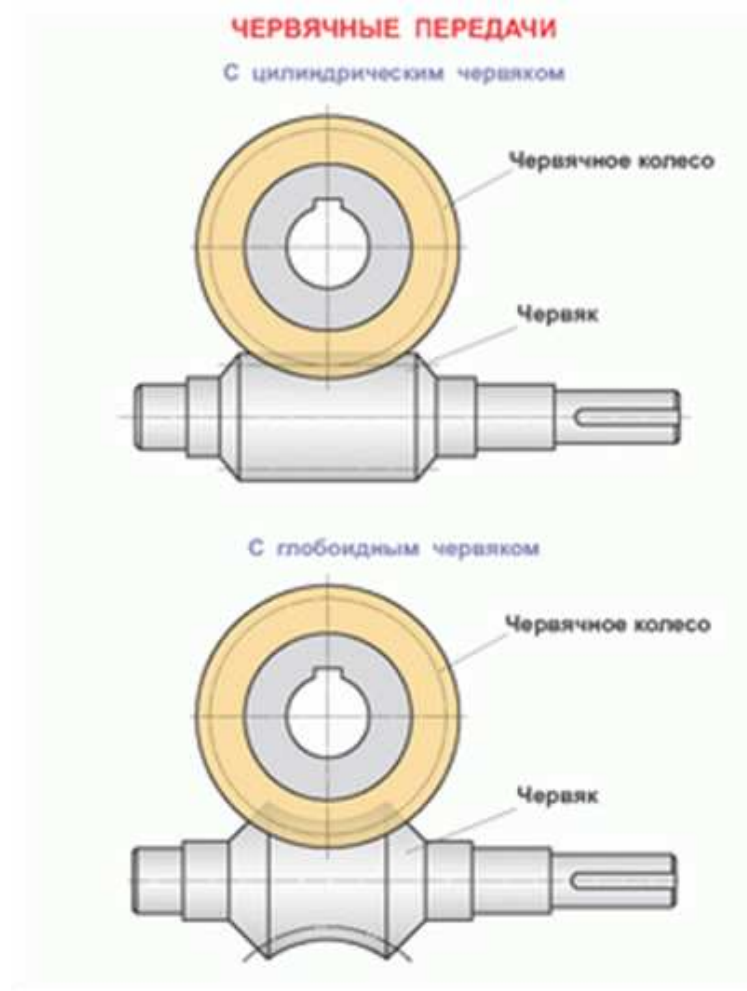
Достоинства червячных передач:

- Плавность и бесшумность работы.
- Компактность и сравнительно небольшая масса конструкции.
- Возможность большого редуцирования, т.е. получения больших передаточных чисел (в отдельных случаях в несиловых передачах 1000).
- Возможность получения самотормозящей передачи, т.е. допускающей передачу движения только от червяка к колесу. Самоторможение червячной передачи позволяет выполнить механизм без тормозного устройства, препятствующего обратному вращению колеса.
- Высокая кинематическая точность.

Недостатки червячных передач:

- Сравнительно низкий КПД вследствие скольжения витков червяка по зубьям колеса.
- Значительное выделение теплоты в зоне зацепления червяка с колесом.
- Необходимость применения для венцов червячных колес дефицитных антифрикционных материалов.
- Повышенное изнашивание и склонность к заеданию.

Применение червячных передач



Червячные передачи применяют при небольших и средних мощностях, обычно не превышающих 100 кВт. Применение передач при больших мощностях неэкономично из-за сравнительно низкого КПД и требует специальных мер для охлаждения передачи во избежание сильного нагрева.

Червячные передачи широко применяют в подъемно-транспортных машинах, троллейбусах и особенно там, где требуется высокая кинематическая точность (делительные устройства станков, механизмы наводки и т. д.) Червячные передачи во избежание их перегрева предпочтительно использовать в приводах периодического (а не непрерывного) действия.

Классификация червячных передач

В зависимости от формы внешней поверхности червяка передачи бывают с цилиндрическим (а) или с глобоидным (б) червяком. Глобоидная передача имеет повышенный КПД, более высокую несущую способность, но сложна в изготовлении и очень чувствительна к осевому смещению червяка, вызванному изнашиванием подшипников.

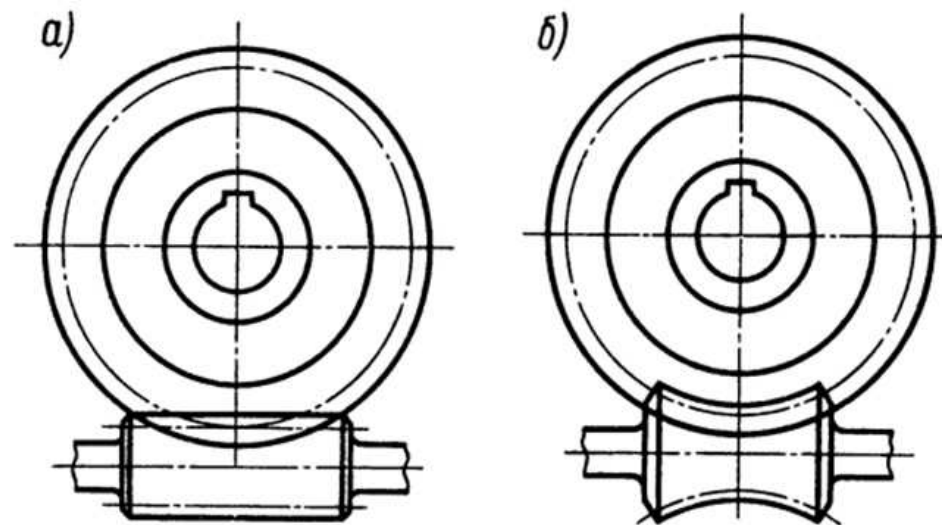


Рис. 15 2. Схемы червячных передач

Ниже рассматриваются передачи с цилиндрическими червяками. В зависимости от направления линии витка червяка передачи бывают с правым и левым направлением линии витка. В зависимости от числа витков (заходов резьбы) червяка передачи бывают с одновитковым или многовитковым червяком. В зависимости от расположения червяка относительно колеса передачи бывают с нижним (а), боковым (б), верхним (в) червяками. Чаще всего расположение червяка диктуется условием компоновки изделия.

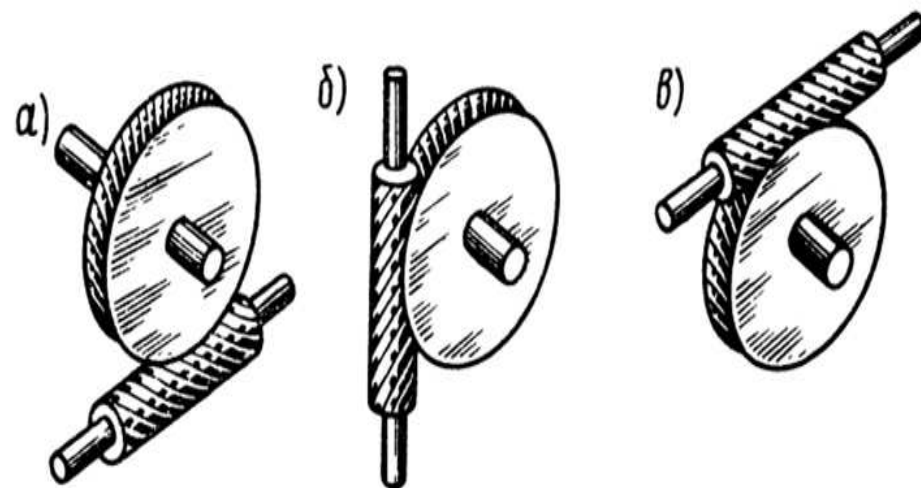


Рис. 15.3. Схемы расположения червяка относительно колеса

Формы винтовой поверхности резьбы червяка

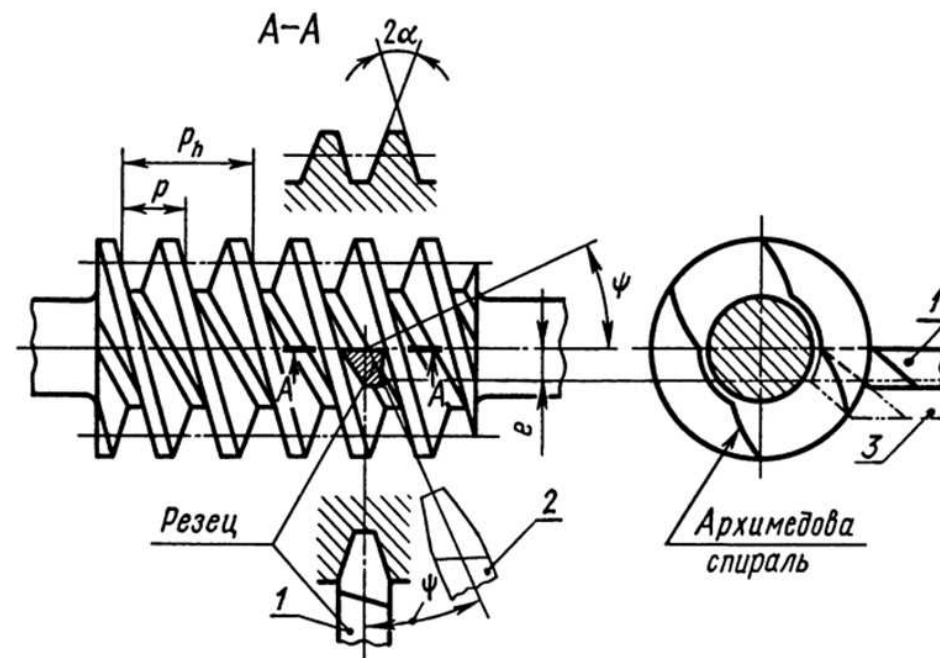


Рис. 15.4. Схема установки инструмента при нарезании архимедова червяка

Если резец, имеющий в сечении форму трапеции, установить на станке так, чтобы верхняя плоскость А-А проходила через ось червяка (положение 1), то при нарезании получится винтовая поверхность, которая в сечении, перпендикулярном оси червяка, даст кривую – архимедову спираль. Червя с такой винтовой поверхностью называют архимедовым. Архимедов червяк в осевом сечении имеет прямолинейный профиль витка, аналогичный инструментальной рейке. Угол между боковыми сторонами профиля витка у стандартных червяков $2\alpha=40^\circ$.

Если то же резец повернуть на угол подъема винтовой линии червяка ψ (положение 2) так, чтобы верхняя плоскость резца А-А была перпендикулярна винтовой линии, то при нарезании получится

винтовая поверхность, которая в сечении, перпендикулярном оси червяка, даст кривую – конволюту (удлиненная или укороченная эвольвента окружности), а червяк соответственно будет называться конволютным.

Если резец установить так, чтобы верхняя плоскость резца А-А (положение 3), смещенная на некоторую величину e , была параллельна оси червяка, то при нарезании получится винтовая поверхность, которая в сечении, перпендикулярном оси червяка, даст кривую – эвольвенту окружности, а червяк будет называться эвольвентным. Эвольвентный червяк представляет собой цилиндрическое косозубое колесо с эвольвентным профилем и с числом зубьев, равным числу витков червяка.

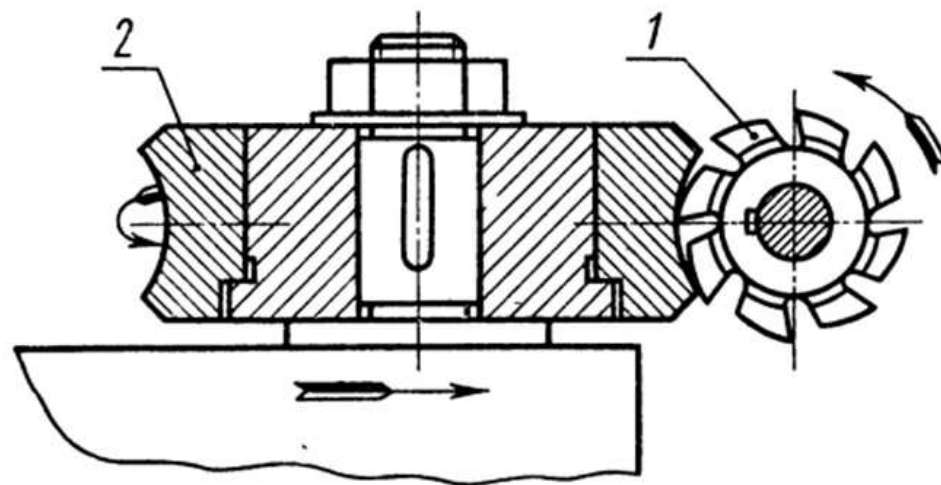


Рис. 15.5. Схема нарезания червячного колеса:
1 — фреза; 2 — заготовка колеса

Материалы червячных передач

Червяки современных передач изготавливают из углеродистых или легированных сталей. Наибольшей нагрузочной способностью обладают пары, у которых витки червяка подвергают термообработке до высокой твёрдости (закалка, цементация) с последующим шлифованием.

Материалы для изготовления зубчатых венцов червячных колёс в зависимости от их антифрикционных свойств условно делят на три группы:

- Оловянные бронзы (Бр 010 Ф1) – применяются при больших скоростях скольжения ($VS = 5-25$ м/с). Эти бронзы дороги и дефицитны.
- Без оловянные бронзы (БрА 9 ЖЗЛ) и латуни – применяются при скорости скольжения $VS \leq 5$ м/с.
- Серый чугун (СЧ15, СЧ20) – применяются при скорости скольжения $VS \leq 2$ м/с.

Передача Винт-Гайка



Шариковинтовая передача, с разобранным
возвратным каналом

Винтовая передача — механическая передача, преобразующая вращающее движение в осевое. В общем случае она состоит из винта и гайки. Винтовые передачи делятся:

- передачи скольжения;
- передачи качения;
- шарико-винтовые передачи качения (ШВП);
- ролико-винтовые передачи качения.

Передача винт-гайка служит для преобразования вращательного движения в поступательное, при этом гайка и винт могут иметь либо одно из названных движений, либо оба движения сразу.

Достоинства и недостатки передач винт-гайка

Достоинства передач винт-гайка:

- Простота конструкции и изготовления.
- Компактность при высокой нагрузочной способности.
- Высокая надежность.
- Плавность и бесшумность.
- Большой выигрыш в силе.
- Возможность обеспечения медленных перемещений с большой точностью.

Недостатки передач винт-гайка:

- Повышенный износ резьбы вследствие большого трения.
- Низкий КПД передачи

Применение передач винт-гайка

Передача винт-гайка широко применяется:

- для создания больших сил (прессы, домкраты, тиски и т.п.);
- для точных перемещений (механизмы подачи станков, измерительные приборы, установочные и регулировочные устройства).

Разновидности винтов в передаче винт-гайка

В зависимости от назначения передачи винты делят на грузовые, ходовые и установочные.

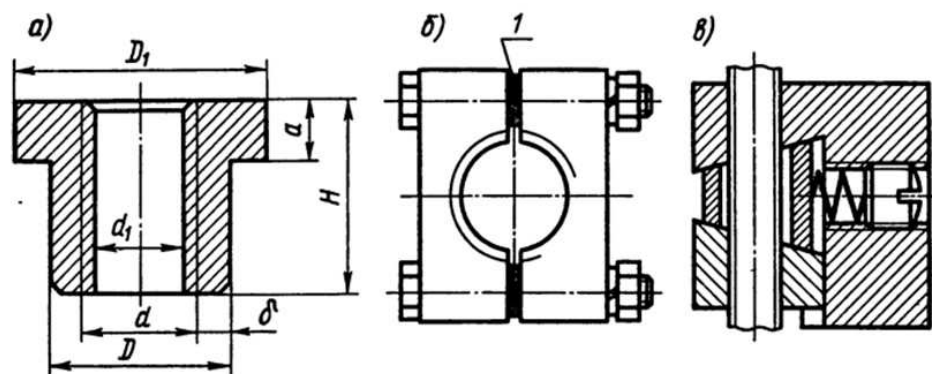
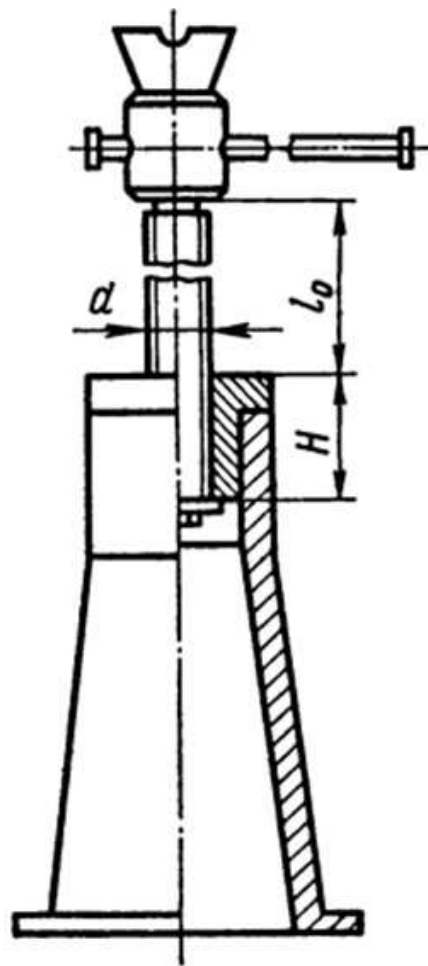


Рис. 14.1. Гайки передачи винт — гайка:
1 — набор металлических прокладок

Грузовые винты в передаче винт-гайка применяются для создания больших осевых сил. При знакопеременной нагрузке имеют трапецеидальную резьбу, при большой односторонней нагрузке — упорную. Гайки грузовых винтов цельные (рисунки «Гайки передач винт-гайка», а). В домкратах для большого выигрыша в силе и обеспечения самоторможения применяют однозаходную резьбу с малым углом подъема.

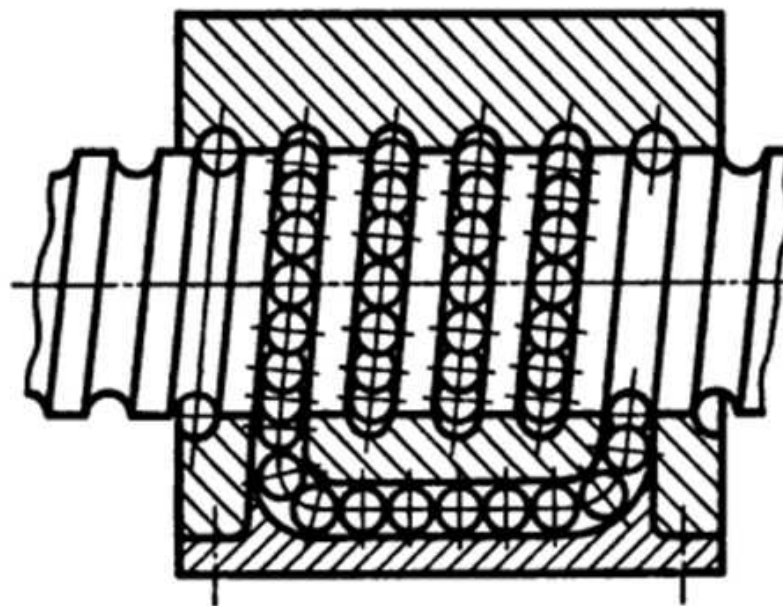


Ходовые винты в передаче винт-гайка применяются для перемещений в механизмах подачи. Для уменьшения трения имеют преимущественно трапецидальную резьбу. Для устранения «мертвого» хода

из-за износа резьбы гайки ходовых винтов выполняют разъемными (рисунок «Гайки передач винт-гайка», б).

Установочные винты в винтовой передаче применяются для точных перемещений и регулировок. Имеют метрическую резьбу. Для обеспечения безлюфтовой передачи гайки делают сдвоенными (рисунок «Гайки передач винт-гайка», в). В механизмах точных перемещений, где важно малое трение и отсутствие зазора в резьбе, применяют шариковые пары, в которых трение скольжения заменено трением качения. КПД такой винтовой передачи достигает 0,95.

Рис. 14.3. Шариковая винтовая пара



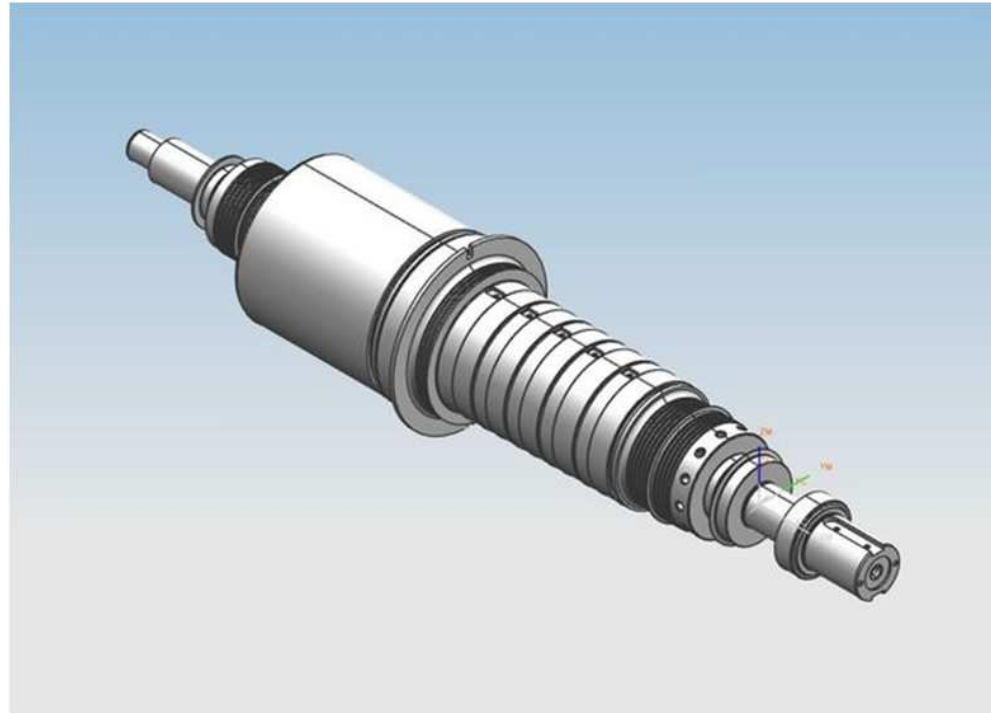
Материалы, используемые в винтовых передачах

Материалы винта и гайки должны представлять антифрикционную пару, т.е. быть износостойкими и иметь невысокий коэффициент трения. Выбор марки материала зависит от назначения передачи, условий работы и способа обработки резьбы.

Для винтов рекомендуются стали Ст5, 45, 50, 40ХГ и другие. В ответственных передачах для повышения износостойкости применяют закалку винтов с последующей шлифовкой резьб. Гайки ответственных передач изготавливают из оловянных бронз, а в тихоходных передачах из антифрикционных чугунов.

Валы и оси

Зубчатые колеса, шкивы, звездочки и другие вращающиеся детали машин устанавливают на валах или осях.



Деталь, на которую насаживают неподвижно или подвижно вращающееся устройство называется осью или валом. Вал – вращающаяся деталь машины, предназначенная для поддержания установленных на нём деталей или для передачи вращающегося момента. При работе вал испытывает изгиб и кручение, в отдельных случаях растяжение и сжатие.

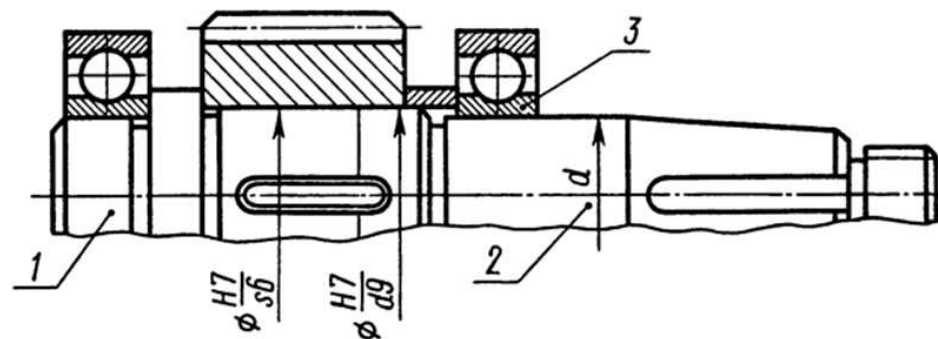


Рис. 22.2. Прямой ступенчатый вал:
1 — шип; 2 — шейка; 3 — подшипник

Ось – деталь машины, предназначенная только для поддержания установленных на ней деталей. Ось не передаёт вращающегося момента и следовательно не испытывает кручения. Оси могут быть подвижными и неподвижными.

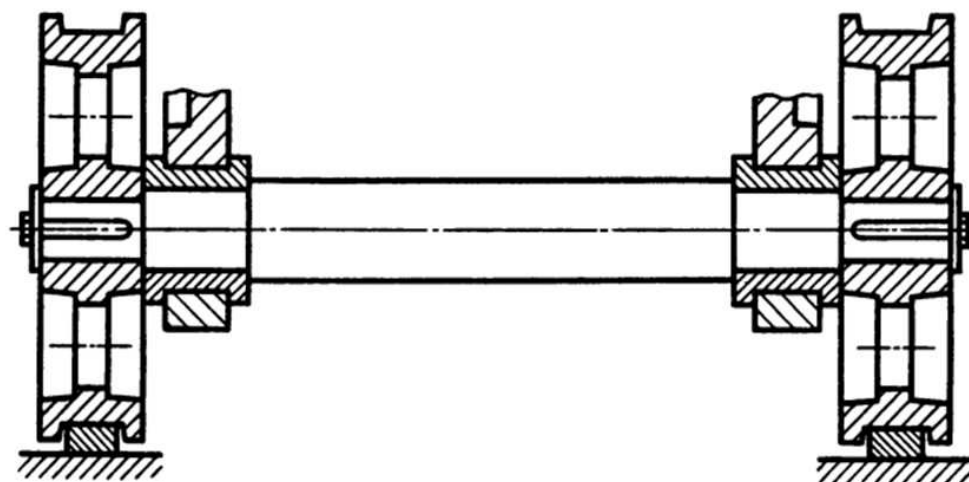


Рис. 22.1. Ось тележки

По геометрической форме валы делятся на прямые, коленчатые и гибкие. Оси, как правило, изготавливают прямыми.

КОНСТРУКЦИИ ВАЛОВ

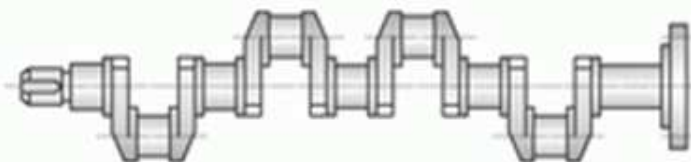
Гладкий



Ступенчатый



Коленчатый



Гибкий



Прямые валы и оси могут быть гладкими или ступенчатыми. Образование ступеней связано с различной напряженностью отдельных сечений, а также условиями изготовления и сборки. По типу сечения валы и

оси бывают сплошные и полые. Полое сечение применяется для уменьшения массы и для размещения внутри другой детали.

Цапфы валов

Цапфы – участки вала или оси, лежащие в опорах. Они подразделяются на шипы, шейки и пяты.

КОНСТРУКЦИИ ЦАПФ

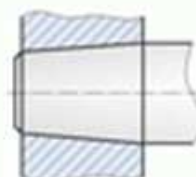
Цапфа - опорная часть оси или вала

Шип - концевая опора

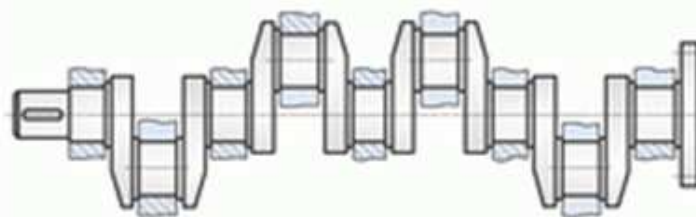
Шип цилиндрический



Шип конический

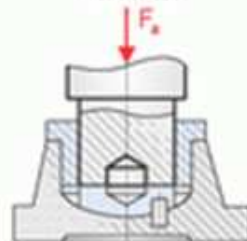


Шейка - промежуточная опора

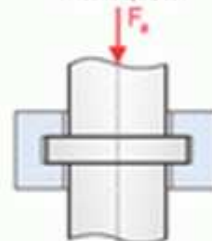


Пята - опора, воспринимающая осевую нагрузку

Плоская



Кольцевая



Шипом называется цапфа, расположенная на конце вала или оси и передающая преимущественно радиальную нагрузку.

Шейкой называется цапфа, расположенная в средней части вала или оси. Опорами для шипов и шеек служат подшипники. Шипы и шейки по форме могут быть цилиндрическими, коническими и сферическими. В большинстве случаев применяются цилиндрические цапфы. Пятой называют цапфу, передающую осевую нагрузку. Опорами для пят служат подпятники. Пяты по форме могут быть сплошными (а), кольцевыми (б), гребенчатыми (в).

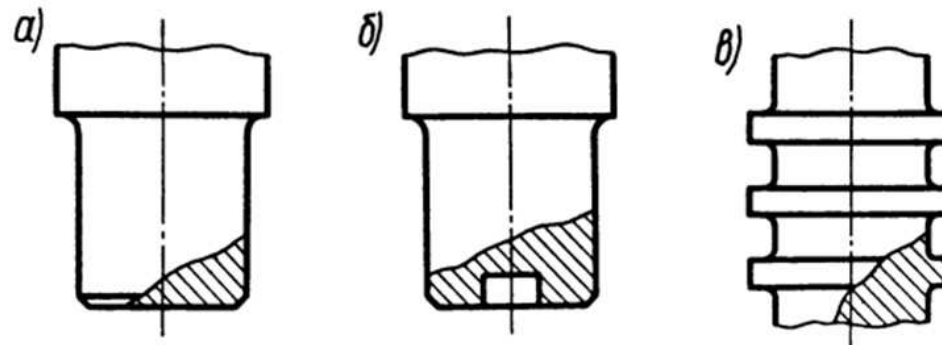


Рис. 22.3. Пяты

Посадочные поверхности валов

Посадочные поверхности валов и осей под ступицы насаживаемых деталей выполняют цилиндрическими и коническими.

При посадках с натягом диаметр этих поверхностей принимают больше диаметра соседних участков для удобства напрессовки. Диаметры посадочных поверхностей выбирают из ряда нормальных линейных размеров, а диаметры под подшипники качения – в соответствии с ГОСТами на подшипники.

Переходные участки валов



Переходные участки между двумя ступенями валов или осей выполняют:

- С канавкой со скруглением для выхода шлифовального круга (а). Эти канавки повышают концентрацию напряжений.
- С галтелью (поверхностью плавного перехода от меньшего сечения вала к большему) постоянного радиуса (б).
- С галтелью переменного радиуса (в), которая способствует снижению концентрации напряжений, а поэтому применяется на сильно нагруженных участках валов или осей.

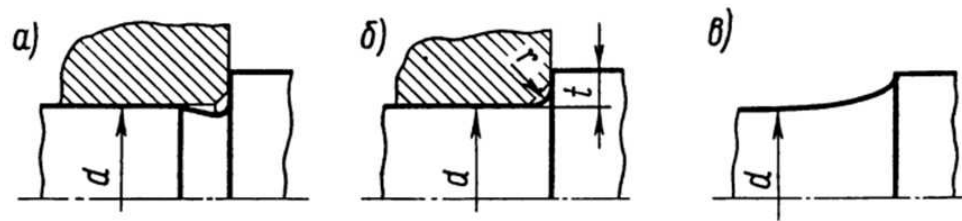
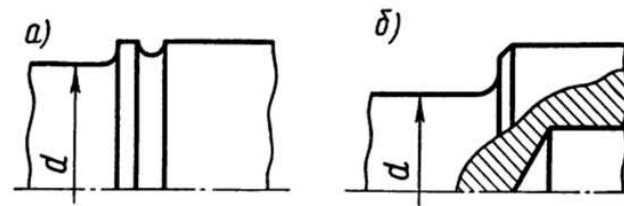


Рис. 22.4. Переходные участки вала

Эффективным средством для снижения концентрации напряжений в переходных участках являются выполнение разгрузки канавок (а), увеличение радиусов галтелей, высверливание отверстий в ступенях большого диаметра (б). Деформационное упрочнение (наклеп) галтелей обкаткой роликами повышает несущую способность валов и осей.

Рис. 22.5. Способы
повышения усталост-
ной прочности валов



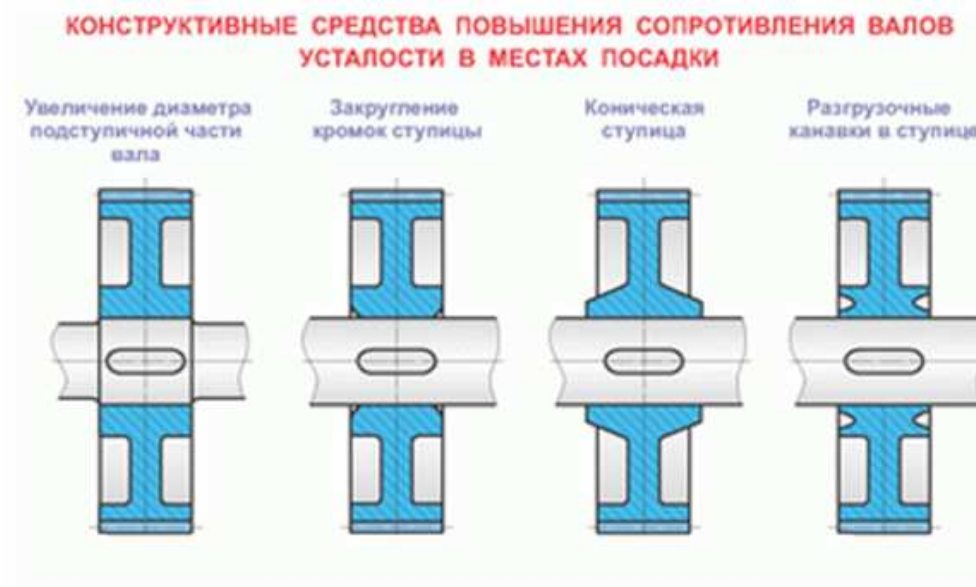
Материалы валов и осей

Материалы валов и осей должны быть прочными, хорошо обрабатываться и иметь высокий модуль упругости. Валы и оси изготавливают преимущественно из углеродистых и легированных сталей. Для валов и осей без термообработки применяют стали Ст5, Ст6, а для валов с термообработкой – 45, 40Х. Цапфа на валах, работающих в подшипниках скольжения, цементируется для повышения износостойкости. Валы и оси обрабатываются на токарных станках с последующим шлифованием цапф и посадочных поверхностей.

МАТЕРИАЛЫ И ТЕРМООБРАБОТКА ВАЛОВ И ОСЕЙ

Марки сталей	Вид термообработки	Область применения
Стали обыкновенного качества Ст 5, Ст 6 по ГОСТ 380-94	В состоянии поставки	Малонагруженные валы и оси без термообработки
Малоуглеродистые конструкционные стали: - качественные 15, 20 по ГОСТ 1050-88; - легированные 15X, 20X, 18XГТ, 12XНЗА и др. по ГОСТ 4543-71.	Химико-термическое упрочнение с закалкой до твердости H = 58...63 HRC	Валы и оси при требовании высокой износостойкости: - опоры скольжения; - вал-шестерни.
Среднеуглеродистые конструкционные стали: - качественные 40, 45 и др. по ГОСТ 1050-88; - легированные 35X, 40X, 40XH и др. по ГОСТ 4543-71.	Улучшение до твердости H = 250...320 HB	Высоконагруженные валы и оси

Критерии работоспособности валов и осей



Валы и вращающиеся оси при работе испытывают циклически изменяющиеся напряжения. Основными критериями работоспособности являются сопротивление усталости и жесткость. Сопротивление усталости валов и осей оценивается коэффициентом запаса прочности, а жесткость – прогибом в местах посадок деталей и углами наклона или закручивания сечений. Основными силовыми факторами являются крутящие и изгибающие моменты. Влияние растягивающих и сжимающих сил невелико и в большинстве случаев не учитывается.

Подшипники

Подшипник — техническое устройство, являющееся частью опоры, которое поддерживает вал, ось или иную конструкцию, фиксирует положение в пространстве, обеспечивает вращение, качение или линейное перемещение (для линейных подшипников) с наименьшим сопротивлением, воспринимает и передаёт нагрузку на другие части конструкции. Опора с упорным подшипником называется подпятником.



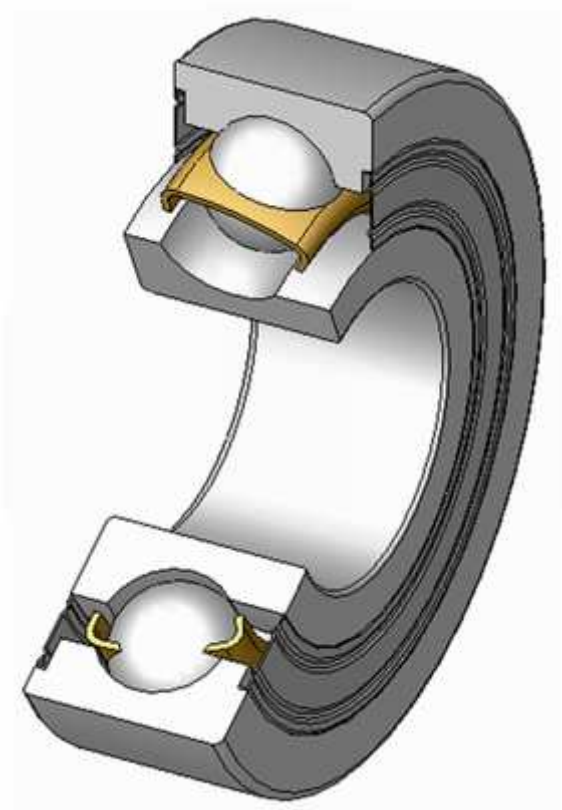
Основные типы подшипников:

- подшипники качения
- подшипники скольжения
- газостатические подшипники
- газодинамические подшипники
- гидростатические подшипники
- гидродинамические подшипники
- магнитные подшипники

Основные типы подшипников, которые применяются в машиностроении — это подшипники качения и подшипники скольжения.



Подшипники качения



Подшипники качения состоят из двух колец, тел качения (различной формы) и сепаратора (некоторые типы подшипников могут быть без сепаратора), отделяющего тела качения друг от друга, удерживающего на равном расстоянии и направляющего их движение. По наружной поверхности внутреннего кольца и внутренней поверхности наружного кольца (на торцевых поверхностях колец упорных подшипников качения) выполняют желоба — дорожки качения, по которым при работе подшипника катятся тела качения.

В некоторых узлах машин в целях уменьшения габаритов, а также повышения точности и жесткости применяют так называемые совмещенные опоры: дорожки качения при этом выполняют непосредственно на валу или на поверхности корпусной детали.

Имеются подшипники качения, изготовленные без сепаратора. Такие подшипники имеют большое число тел качения и большую грузоподъемность. Однако предельные частоты вращения безсепараторных подшипников значительно ниже вследствие повышенных моментов сопротивления вращению.

Подшипники качения работают преимущественно на трение качения (имеются только небольшие потери на трение скольжения между сепаратором и телами качения) поэтому по сравнению с подшипниками скольжения снижаются потери энергии на трение и уменьшается износ. Закрытые подшипники качения (имеющие защитные крышки) практически не требуют обслуживания (замены смазки), открытые — чувствительны к попаданию инородных тел, что может привести к быстрому разрушению подшипника.

Нагружающие подшипник силы подразделяют на: радиальную, действующую в направлении, перпендикулярном оси подшипника и осевую, действующую в направлении, параллельном оси подшипника.

Подшипники скольжения



Подшипник скольжения, опора или направляющая механизма или машины, в которой трение происходит при скольжении сопряжённых поверхностей. Подшипник скольжения представляет собой корпус, имеющий цилиндрическое отверстие, в которое вставляется вкладыш, или втулка из антифрикционного материала и смазывающее устройство. Между валом и отверстием втулки подшипника имеется зазор заполненный смазочным материалом, который позволяет свободно вращаться валу. Расчёт зазора, подшипника работающего в режиме разделения поверхностей трения смазочным слоем, производится на основе гидродинамической теории смазки. При расчёте определяются минимальная толщина смазочного слоя (измеряемая в мкм), давления в смазочном слое, температура и расход смазочных материалов. В зависимости от конструкции, окружной скорости цапфы, условий эксплуатации трение скольжение бывает сухим, граничным, жидкостным и газодинамическим. Однако даже подшипники с жидкостным трением при пуске проходят этап с граничным трением.

Смазка является одним из основных условий надёжной работы подшипника обеспечивает; низкое трение, разделение подвижных частей, теплоотвод, защиту от вредного воздействия окружающей среды и может быть; жидкой (минеральные и синтетические масла, вода для не металлических подшипников), пластичной (на основе литиевого мыла и кальция сульфоната и др.), твёрдой (графит, дисульфид молибдена и др.) и газообразной (различные инертные газы, азот и др.). Наилучшие эксплуатационные свойства демонстрируют пористые самосмазывающиеся подшипники, изготовленные методом порошковой металлургии. При работе пористый самосмазывающийся подшипник, пропитанный маслом, нагревается и выделяет смазку из пор на рабочую скользящую поверхность, а в состоянии покоя остывает и впитывает смазку обратно в поры. По направлению восприятия нагрузки различают радиальные и осевые (упорные).

Внутренний зазор в подшипниках

Внутренний зазор подшипника определяется, как общее расстояние, на которое может переместиться одно из колец подшипника относительно другого кольца в радиальном направлении (радиальный внутренний зазор) или в осевом направлении (осевой внутренний зазор). Необходимо различать внутренний зазор подшипника в демонтированном состоянии и внутренний зазор смонтированного подшипника, достигшего своей рабочей температуры (рабочего зазора). Радиальный зазор имеет большое значение для правильной работы подшипника. Например, шарикоподшипник, как правило, всегда устанавливается с зазором, фактически равным нулю, или устанавливается с небольшим преднатягом. С другой стороны — цилиндрические, сферические и тороидальные роликоподшипники в процессе работы всегда должны иметь некоторый минимальный зазор. Это относится и к коническим роликовым подшипникам, за исключением тех узлов, где требуется повышенная жесткость, например опоры конических шестерен, где подшипники устанавливаются с преднатягом.

Предварительный натяг подшипников

В зависимости от технических требований может возникнуть необходимость создания положительного или отрицательного рабочего зазора в подшипниковом узле. В большинстве случаев рабочий зазор должен быть положительным, то есть при работе подшипник должен иметь остаточный зазор, пусть даже очень небольшой. Однако, существует много примеров (подшипники шпиндельных узлов станков, опор шестерен мостов автомобилей, подшипниковые узлы малых электрических двигателей или подшипниковые узлы для колебательных движений), где отрицательный рабочий зазор, то есть предварительный натяг (далее — преднатяг) требуется для увеличения жесткости подшипникового узла или повышения точности его вращения. В зависимости от типа подшипника преднатяг может быть радиальным или осевым. Например, цилиндрические роликоподшипники, в силу своей конструкции, могут иметь только радиальный преднатяг, а упорные шарикоподшипники и цилиндрические упорные роликоподшипники — только осевой преднатяг. Однорядные радиально-упорные шарикоподшипники и конические роликоподшипники, которые обычно подвергаются осевому преднатягу, как правило, монтируются совместно со вторым однотипным подшипником по О-образной или Х-образной схеме. Радиальные шарикоподшипники также, как правило, монтируются с осевым преднатягом, для чего радиальный внутренний зазор этих подшипников должен превышать нормальный радиальный внутренний зазор (например, С3) для того, чтобы, как и в случае радиально-упорных шарикоподшипников, угол контакта был несколько больше нуля.

Основные причины применения преднатяга подшипников состоят в следующем:

- увеличивается жесткость узла;
- уменьшается уровень шума при работе;
- увеличивается точность вращения вала;
- компенсируются износ и смятия деталей в процессе эксплуатации;
- увеличивается ресурс подшипника.

Подшипники скольжения

Подшипник скольжения, опора или направляющая механизма или машины, в которой трение происходит при скольжении сопряжённых поверхностей. В большинстве случаев подшипники скольжения состоят из корпуса, вкладышей и смазывающих устройств. Конструкции подшипников разнообразны и определяются конструкцией машины. В простейшем случае подшипник представляет собой втулку (вкладыш), встроенную в станину машины.

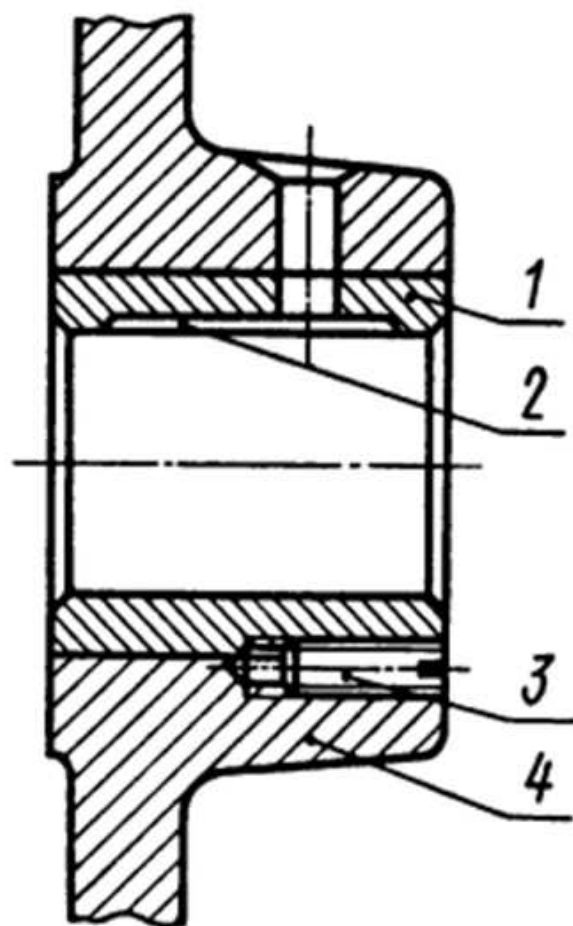


Рис. 23.1. Неразъемный подшипник, встроенный в станину машины:

1 — втулка; 2 — смазочная канавка; 3 — стопорный винт; 4 — стани-

Основным элементом подшипника скольжения является вкладыш, который устанавливается в корпусе подшипника или непосредственно в станине или раме машины. В процессе работы трущиеся поверхности цапфы и вкладыша находятся в состоянии относительного скольжения.

Классификация подшипников скольжения

Неразъемные (глухие) подшипники применяют при малой скорости скольжения с перерывами в работе (механизмы управления и другие).

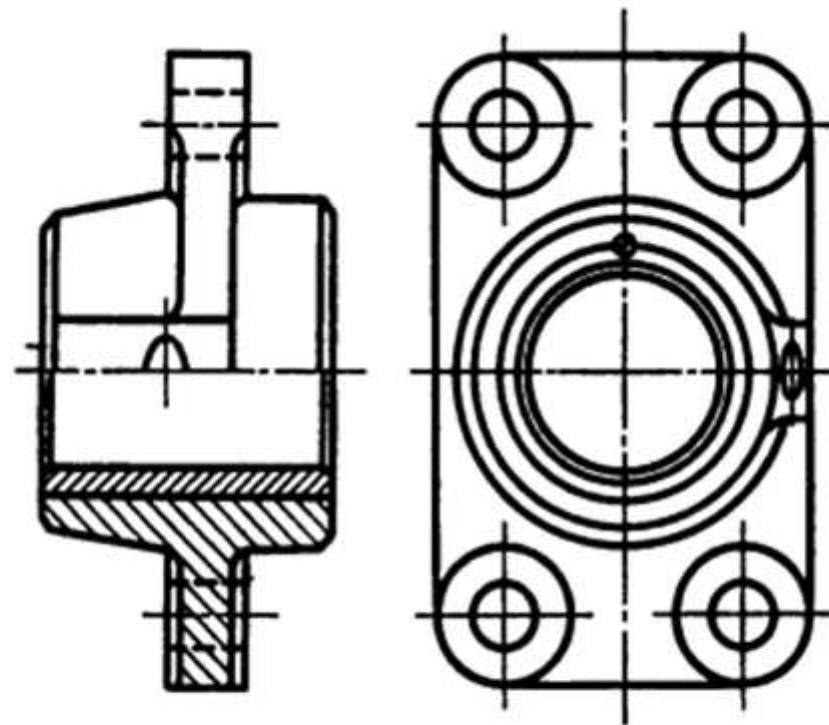


Рис. 23.2. Фланцевый (неразъемный) подшипник

Разъемные подшипники имеют основное применение в общем и особенно в тяжелом машиностроении. Они облегчают монтаж валов.

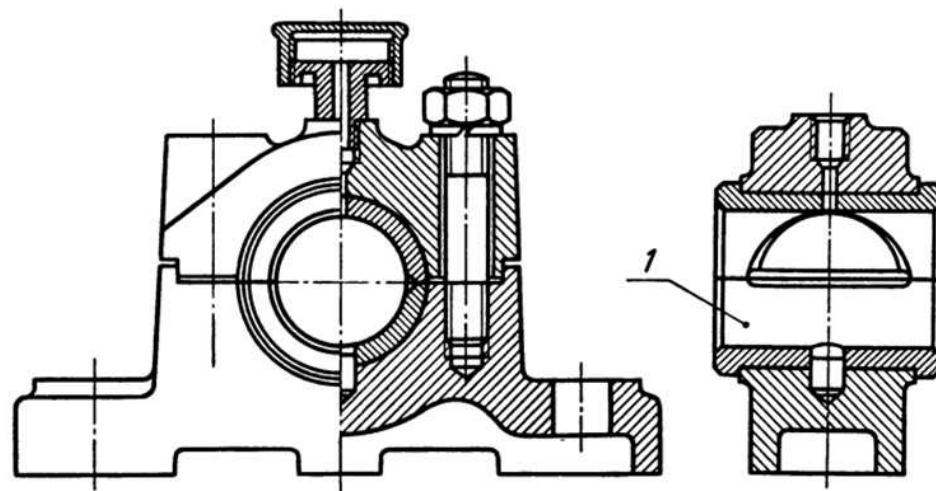


Рис. 23.3. Подшипник с разъемным корпусом и вкладышем

При большой длине цапф применяют самоустанавливающиеся подшипники. Сферические выступы вкладышей позволяют им самоустанавливаться, устраняя тем самым перекосы цапф от деформации вала и неточностей монтажа, обеспечивая равномерное распределение нагрузки по длине вкладыша.

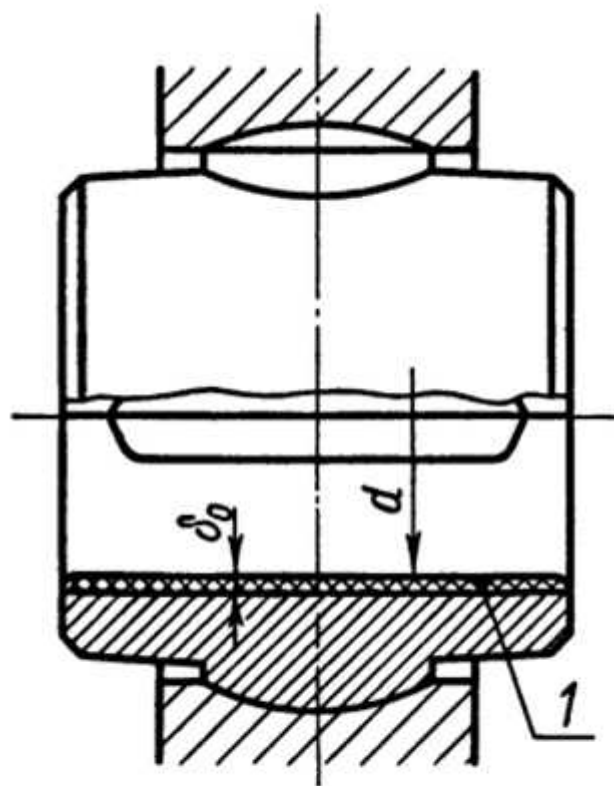


Рис. 23.4. Самоустанавливающийся подшипник:
1 — баббитовая заливка

Опора с упорным подшипником называется подпятником.

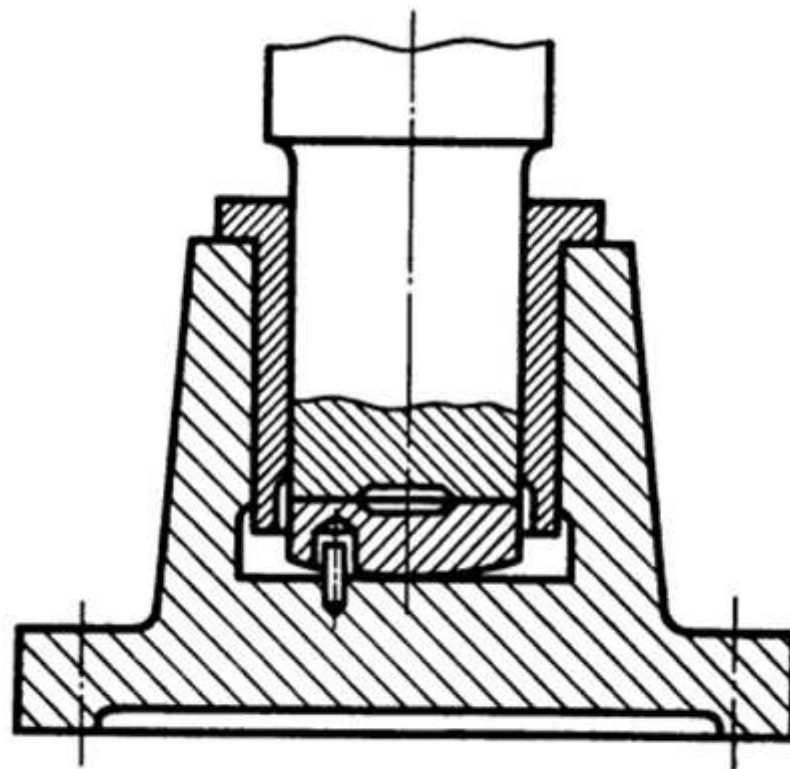


Рис. 23.5. Подпятник

Достоинства и недостатки подшипников скольжения

Достоинства подшипников скольжения:

- Надежно работают в высокоскоростных приводах (подшипники качения в этих условиях имеют низкую долговечность).
- Способны воспринимать большие ударные и вибрационные нагрузки вследствие демпфирующего действия масляного слоя.
- Работают бесшумно.
- Имеют сравнительно малые радиальные размеры.
- Разъемные подшипники допускают установку их на шейки коленчатых валов; при ремонте не требуют демонтажа муфт, шкивов и т.д.
- Для тихоходных машин могут иметь весьма простую конструкцию.

Недостатки подшипников скольжения:

- В процессе работы требуют постоянного надзора из-за высоких требований к смазыванию и опасности перегрева.
- Перерыв в подаче смазочного материала ведет к выходу из строя подшипника.
- Имеют сравнительно большие осевые размеры.
- Значительные потери на трение в период пуска и при несовершенной смазке.
- Большой расход смазочного материала.

Применение подшипников скольжения

Подшипники скольжения применяют для:

- Валов с ударными и вибрационными нагрузками.
- Коленчатых валов, когда по условиям сборки требуются разъемные подшипники.
- Валов больших диаметров, для которых отсутствуют подшипники качения.
- Тихоходных машин.

Виды смазок в подшипниках скольжения

В подшипниках скольжения может быть полужидкостная и жидкостная смазка, переходящая последовательно одна в другую по мере возрастания угловой скорости вала от нуля до определенного значения.

Вращающийся вал увлекает смазочный материал в клиновой зазор между цапфой и вкладышем и создает гидродинамическую подъемную силу, вследствие которой цапфа всплывает по мере увеличения скорости.

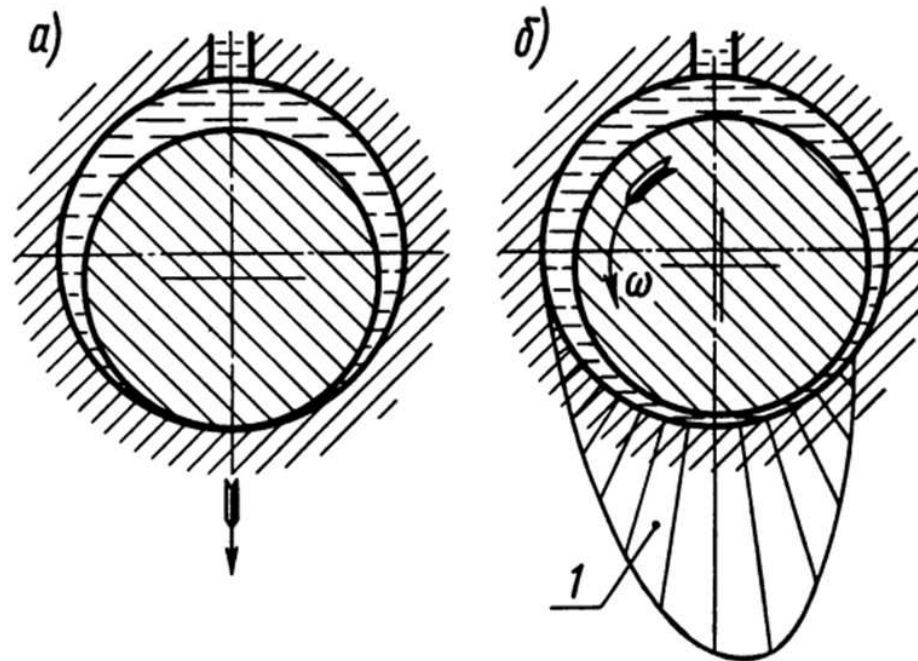


Рис. 23.6. Положение цапфы в подшипнике в состоянии покоя (а) и при вращении (б):
1 — эпюра давлений в масляном слое

В период пуска, когда скорость скольжения мала, большая часть поверхности трения разделена тонкой масляной пленкой. При увеличении скорости цапфа всплывает, и толщина смазывающего слоя увеличивается, но отдельные выступы трущихся поверхностей остаются не разделенными смазочным материалом. Смазка в этом случае будет полужидкостная.

При дальнейшем возрастании угловой скорости и соблюдении определенных условий появляется

сплошной устойчивый слой масла, полностью разделяющий шероховатости поверхностей трения. Возникает жидкостная смазка, при которой изнашивание и заедание отсутствуют.

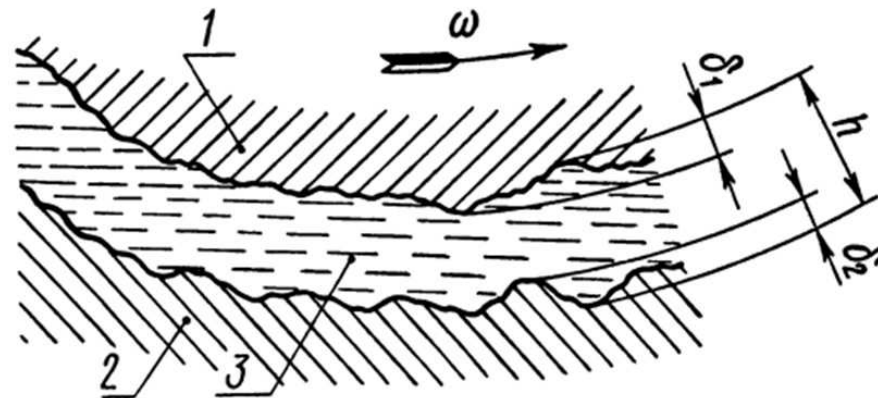
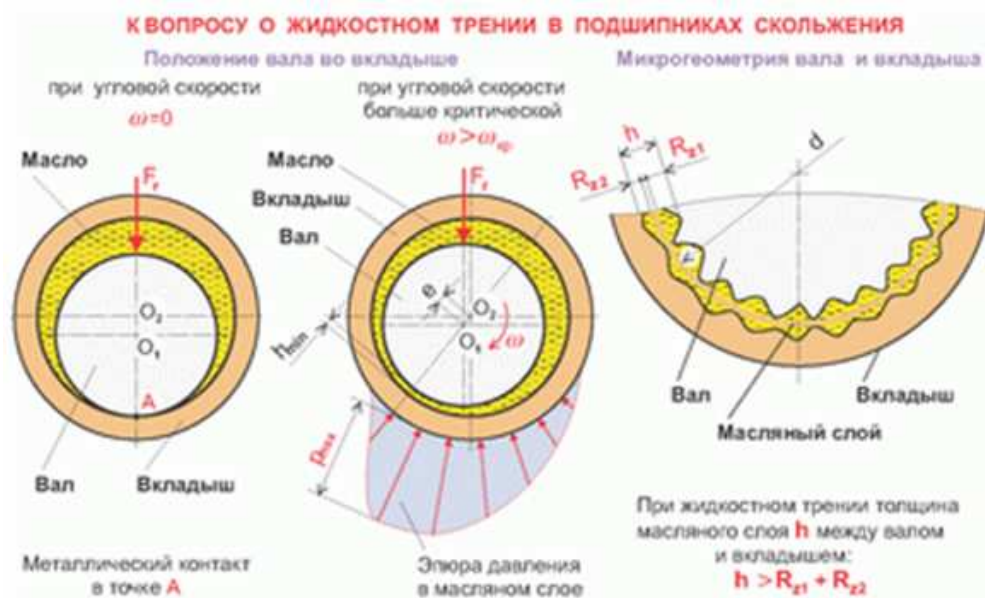


Рис. 23.7. Расположение поверхностей трения при жидкостной смазке:
1 — цапфа; 2 — вкладыш; 3 — слой масла

При малой угловой скорости вала создается граничная смазка, когда трущиеся поверхности не разделены слоем смазывающего материала, но на поверхностях цапфы и вкладыша имеется тонкая адсорбированная масляная пленка толщиной порядка 0,1 мм. Граничная и полужидкостная смазки объединяются одним термином – несовершенная смазка.



По характеру подачи смазочного материала различают устройства для периодического и непрерывного смазывания, а в зависимости от вида смазочного материала – для пластичного и жидкого.

Подшипники качения

Подшипники качения представляют собой готовый узел, основным элементом которого являются тела качения – шарики 3 или ролики, установленные между кольцами 1 и 2 и удерживаемые на определенном расстоянии друг от друга обоймой, называемой сепаратором 4.

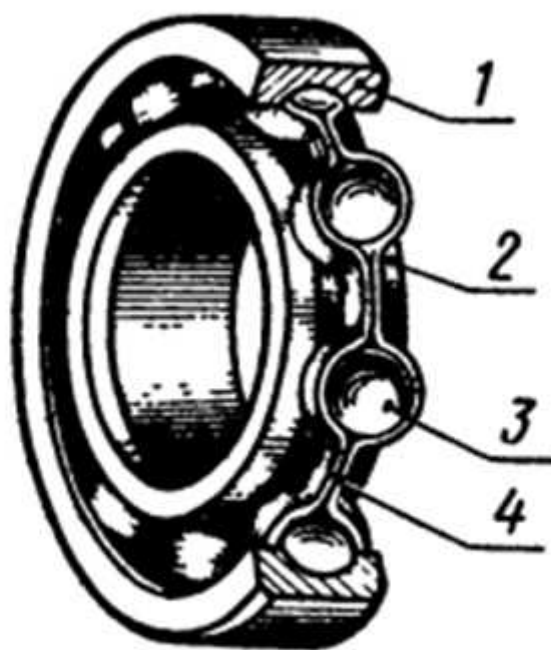


Рис. 24.1. Шариковый радиальный подшипник

В процессе работы тела качения катятся по дорожкам качения колец, одно из которых в большинстве

случаев неподвижно. Распределение нагрузки между несущими телами качения неравномерно и зависит от величины радиального зазора в подшипнике и от точности геометрической формы его деталей.

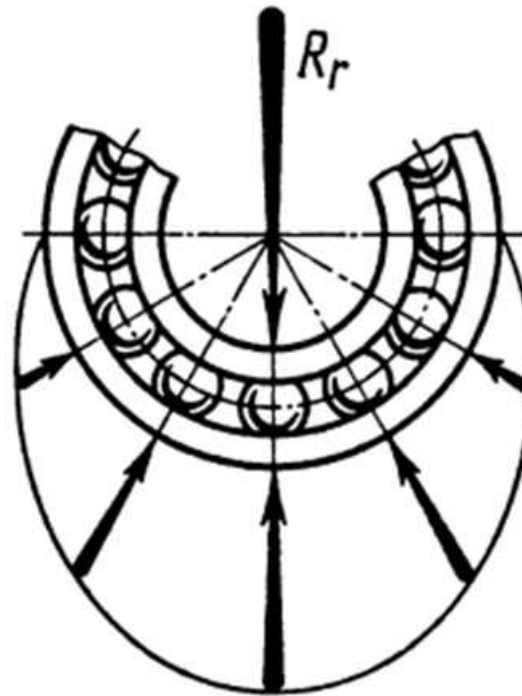


Рис. 24.2. Схема распределения нагрузки между телами качения в подшипнике

В отдельных случаях для уменьшения радиальных размеров подшипника кольца отсутствуют и тела качения катятся непосредственно по цапфе или корпусу.

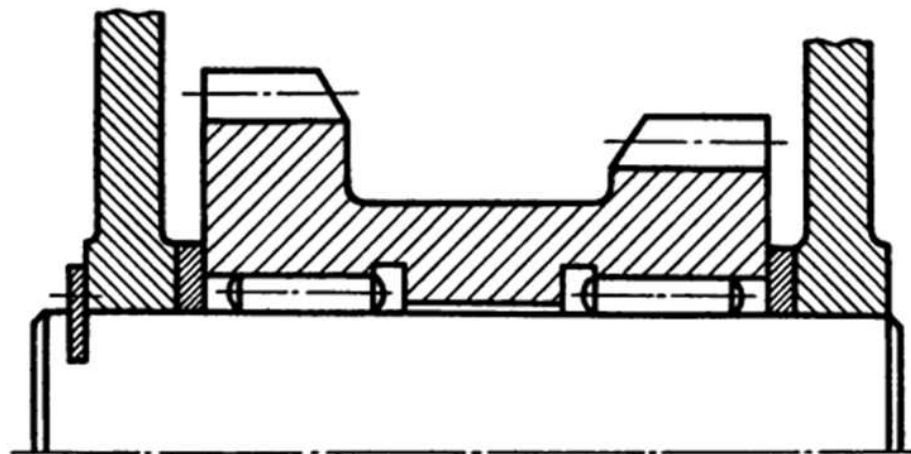


Рис. 24.3. Блок зубчатых колес на подшипниках с игольчатыми роликами

Подшипники качения широко распространены во всех отраслях машиностроения. Они стандартизованы и изготавливаются в массовом производстве на ряде крупных специализированных заводов.

Достоинства и недостатки подшипников качения

Достоинства подшипников качения:

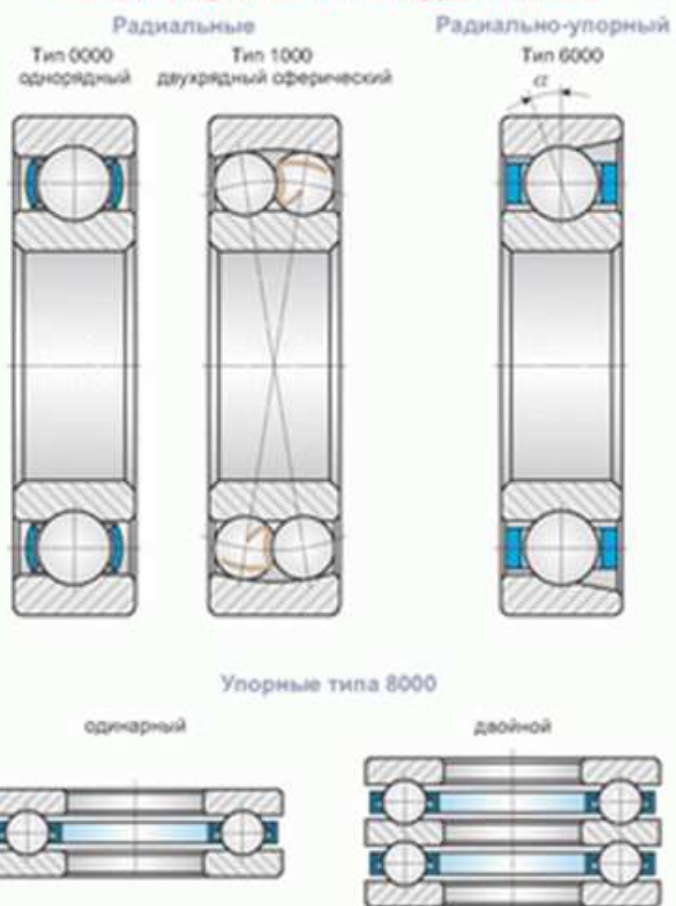
- Сравнительно малая стоимость вследствие массового производства подшипников.
- Малые потери на трение и незначительный нагрев (потери на трение при пуске и установившемся режиме работы практически одинаковы).
- Высокая степень взаимозаменяемости, что облегчает монтаж и ремонт машин.
- Малый расход смазочного материала.
- Не требуют особого внимания и ухода.
- Малые осевые размеры.

Недостатки подшипников качения:

- Высокая чувствительность к ударным и вибрационным нагрузкам вследствие большой жесткости конструкции подшипника.
- Малонадежны в высокоскоростных приводах из-за чрезмерного нагрева и опасности разрушения сепаратора от действия центробежных сил.
- Сравнительно большие радиальные размеры.
- Шум при больших скоростях.

Классификация подшипников качения

КОНСТРУКЦИИ ШАРИКОПОДШИПНИКОВ



КОНСТРУКЦИИ РОЛИКОПОДШИПНИКОВ

Подшипники радиальные с короткими цилиндрическими роликами

Тип 2000
без бортов на
наружном кольце



Тип 32000
без бортов на
внутреннем кольце



Тип 12000
с одним бортом на
наружном кольце



Тип 42000
с одним бортом на
внутреннем кольце



КОНСТРУКЦИИ РОЛИКОПОДШИПНИКОВ

Радиальный
двухрядный
сферический

Тип 3000



Радиальный
с витыми роликами

Тип 5000



Радиально-упорный

Тип 7000



Упорный с коническими роликами

Тип 9000



По форме тел качения подшипники качения классифицируют на:

- шариковые (а);

- роликовые.

Роликовые подшипники качения могут быть с:

- цилиндрическими роликами (б);
- коническими роликами (в);
- бочкообразными роликами (г);
- игольчатыми роликами (д);
- витыми роликами (е).

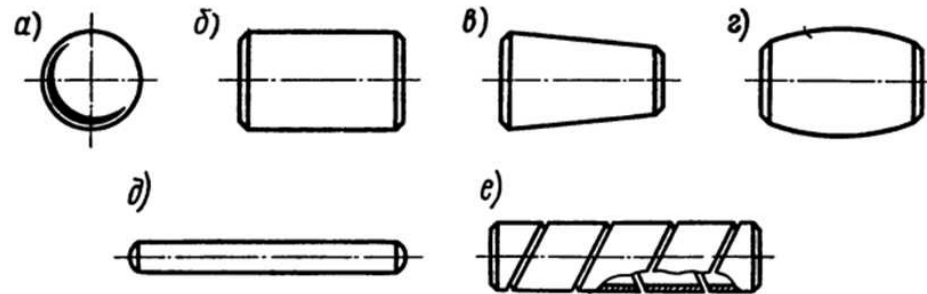


Рис. 24.4. Тела качения подшипников

По направлению воспринимаемой нагрузки подшипники качения классифицируют на:

- радиальные;
- радиально-упорные;
- упорно-радиальные;

- упорные.

По числу рядов тел качения подшипники качения делят на:

- однорядные;
- многорядные.

По способности самоустанавливаться подшипники качения делят на:

- самоустанавливающиеся;
- несамоустанавливающиеся.

По габаритам подшипники качения делят на серии.



Серии подшипников качения и их обозначение

Для каждого типа подшипника при одном и том же внутреннем диаметре имеются различные серии, отличающиеся размерами колец и тел качения. В зависимости от размера наружного диаметра подшипники бывают:

- сверхлегкие;
- особо легкие (1);
- легкие (2);
- средние (3);
- тяжелые (4).

В зависимости от ширины подшипника серии подразделяются на:

- особо узкие;
- узкие;
- нормальные;
- широкие;
- особо широкие.

Подшипники качения маркируют нанесением на торец колец ряда цифр и букв, условно обозначающих внутренний диаметр, серию, тип, конструктивные разновидности, класс точности и др.

Две первые цифры справа обозначают его внутренний диаметр d . Для подшипников с $d=20..495$ мм размер внутреннего диаметра определяется умножением указанных двух цифр на 5. Третья цифра справа обозначает серию диаметров от особо легкой серии (1) до тяжелой (4). Четвертая цифра справа обозначает тип подшипника:

Тип подшипника	Обозначение
Шариковый радиальный	0
Шариковый радиальный сферический	1
Роликовый радиальный с короткими цилиндрическими роликами	2
Роликовый радиальный сферический	3
Роликовый игольчатый или с длинными цилиндрическими роликами	4
Радиальный роликовый с витыми роликами	5
Радиально-упорный шариковый	6
Роликовый конический	7
Упорный или упорно-радиальный шариковый	8
Упорный или упорно-радиальный роликовый	9

Пятая или пятая и шеста цифры справа обозначают отклонение конструкции подшипника от основного типа. Седьмая цифра справа обозначает серию ширин. Цифры 2, 4, 5, 6, стоящие через тире впереди цифр у основного обозначения подшипника, указывают его класс точности. Нормальный класс точности обозначается цифрой 0, которая не проставляется. Сверхвысоким классом точности является 2, а затем в порядке понижения точности следует 4, 5, 6 и 0.

В условном обозначении подшипников могут быть дополнительные знаки, характеризующие изменение металла деталей подшипника, специальные технологические требования и т. д. В качестве примера рассмотрим подшипник 7309. Он имеет диаметр $d=45$ мм, среднюю серию диаметров. Приведенный в качестве примера подшипник является роликовым коническим и имеет нормальный класс точности.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ



Шариковый радиальный подшипник

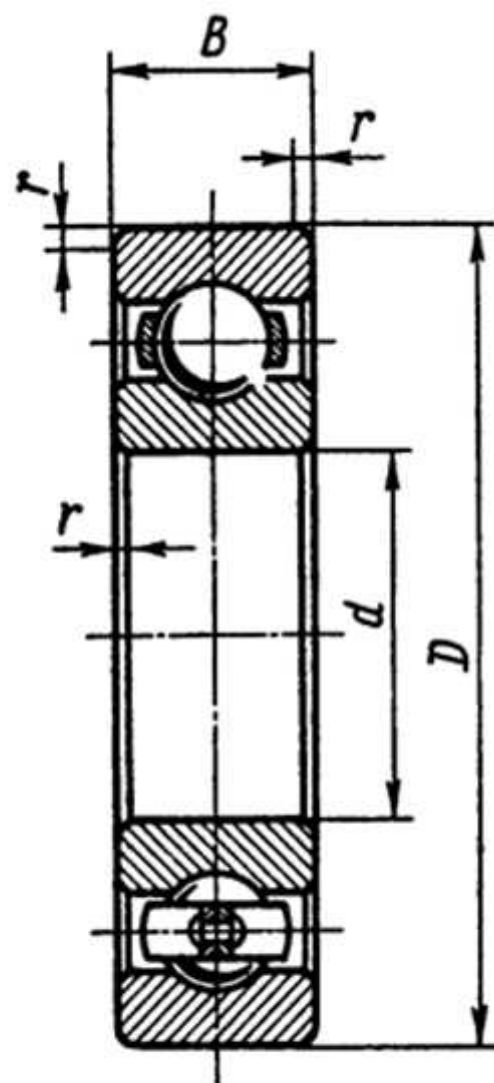
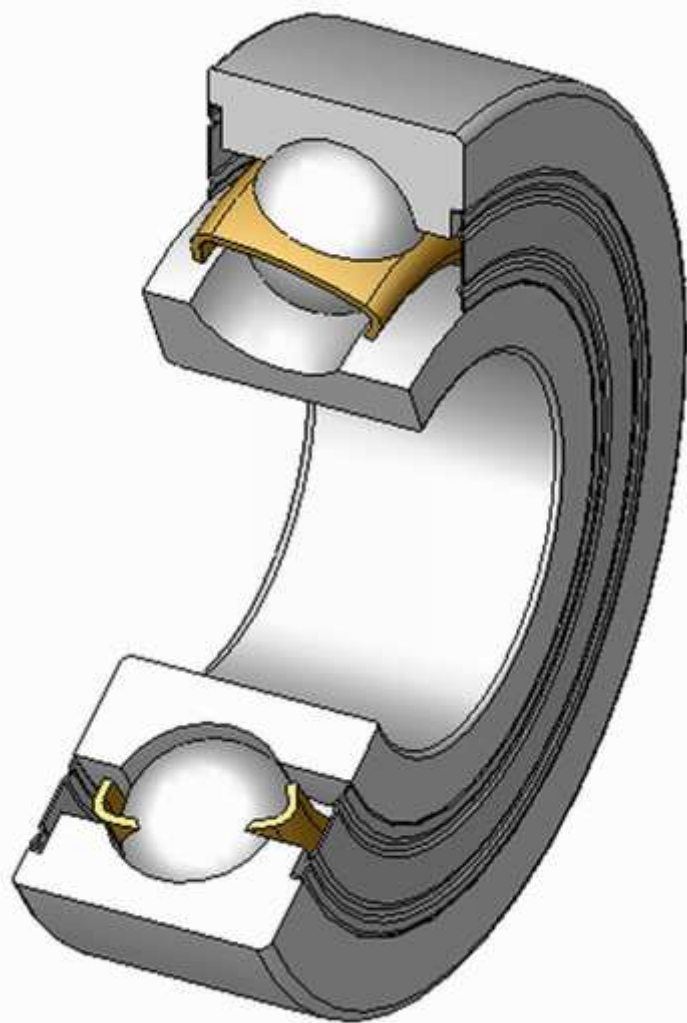


Рис. 24.5. Шариковый радиальный подшипник

Этот тип подшипников качения самый распространенный в машиностроении. Он дешев, допускает перекос внутреннего кольца относительно наружного до $0^{\circ}10'$. Предназначен для радиальной нагрузки. Желобчатые дорожки качения позволяют воспринимать осевую нагрузку. Обеспечивает осевое фиксирование вала в двух направлениях. При одинаковых габаритных размерах работает с меньшими потерями на трение и при большей угловой скорости вала, чем подшипники всех других типов.



Шариковый радиальный сферический подшипник качения

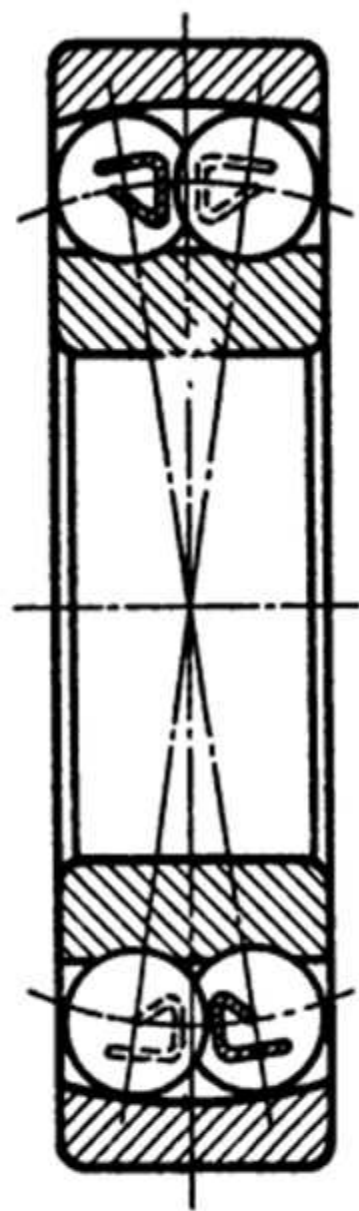
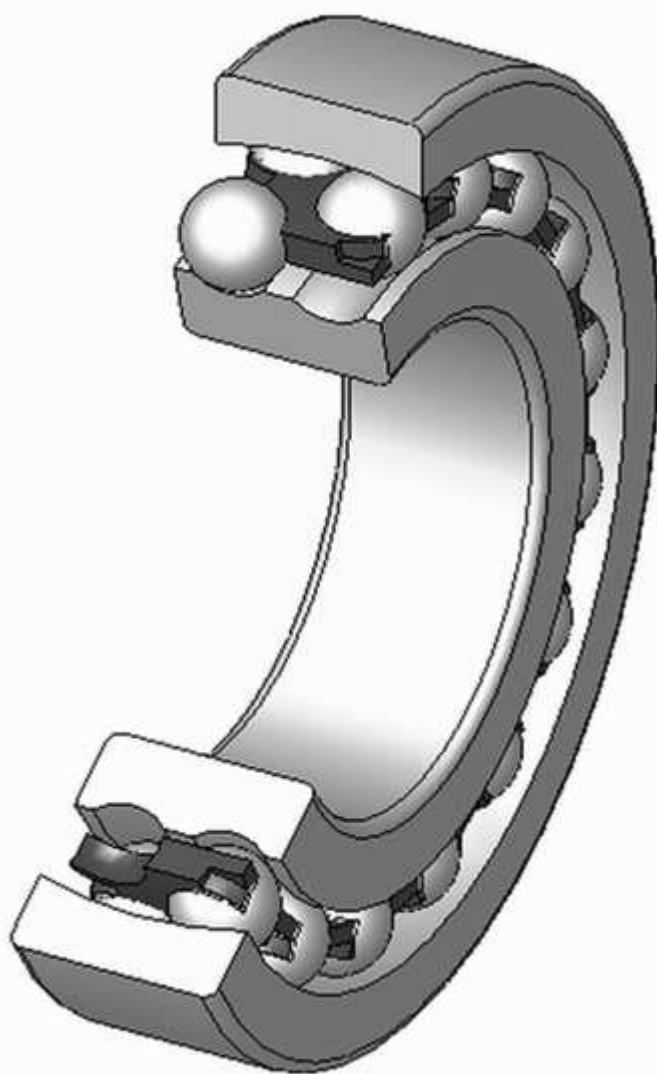


Рис. 24.6. Шарико-
подшипник

Предназначен для радиальной нагрузки. Одновременно с радиальной может воспринимать небольшую осевую нагрузку и работать при значительном (до $2...3^\circ$) перекосе внутреннего кольца относительно наружного. Способность самоустанавливаться определяет область его применения.



Роликовый радиальный сферический подшипник

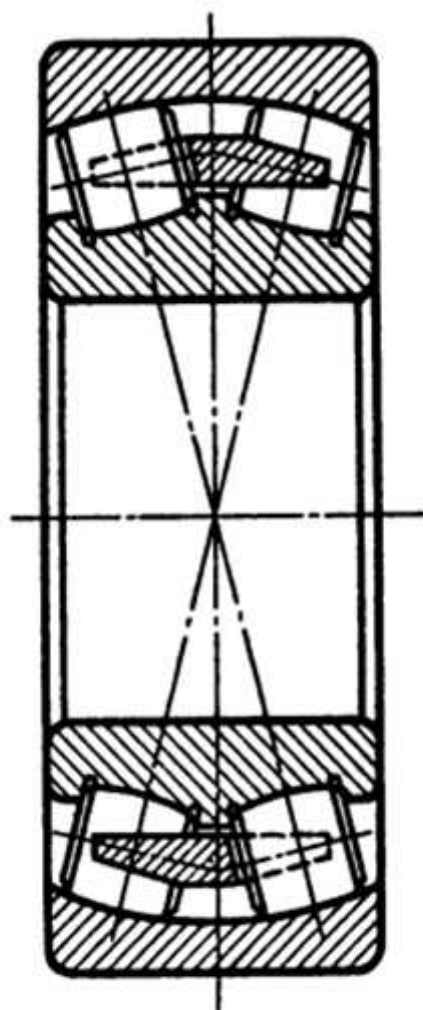
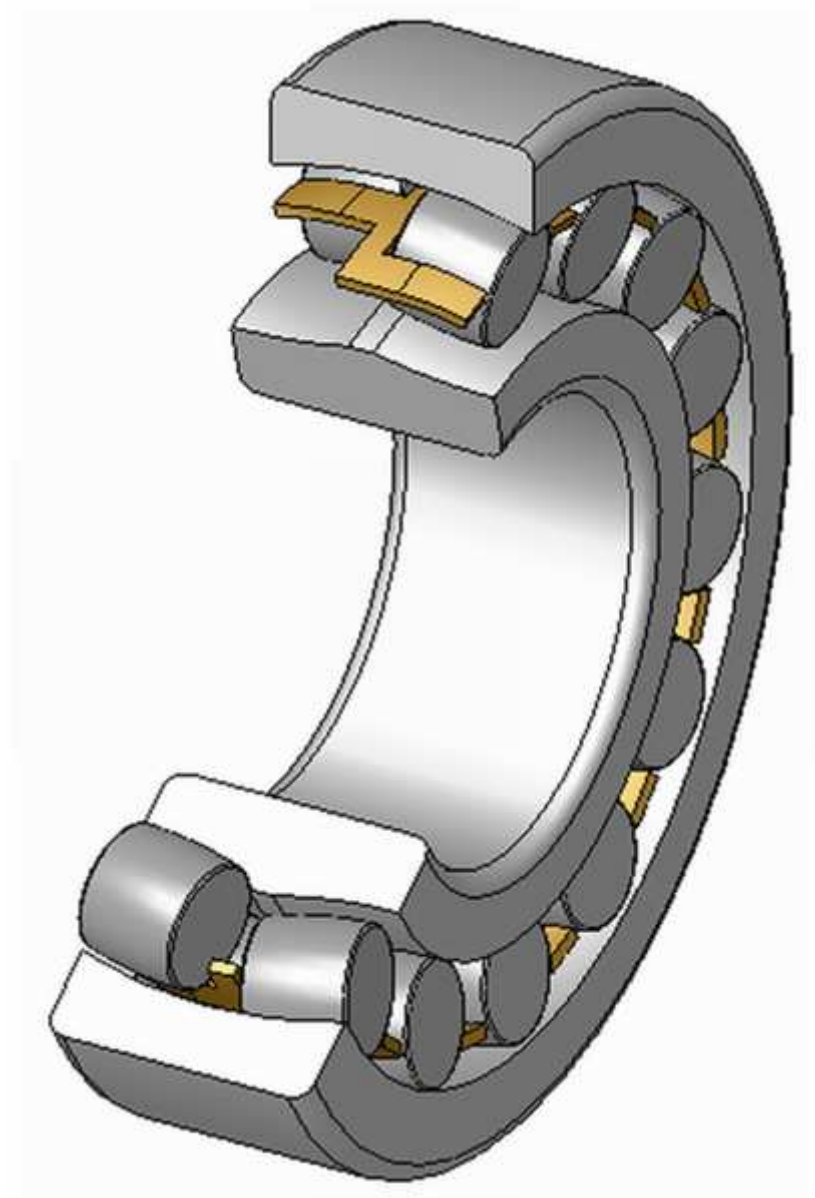


Рис. 24.7. Роликовый
радиальный подшипник
со сферическими роли-
ками

Роликовый радиальный подшипник с короткими цилиндрическими роликами Предназначен для восприятия больших радиальных нагрузок. Допускает осевое взаимное смещение колец. Применяется для коротких жестких валов, а также в качестве «плавающих» опор. При необходимости осевой фиксации валов в одном направлении применяют подшипники с дополнительным буртом (б), а для осевой фиксации в двух направлениях – подшипник с дополнительным буртом и с упорной шайбой (в). Грузоподъемность такого подшипника выше, чем у шарикового. Имеет все те же характеристики, что и шариковый сферический подшипник качения, но обладает наибольшей грузоподъемностью из всех других подшипников таких же габаритов и размеров.



Роликовый радиальный подшипник с короткими цилиндрическими роликами

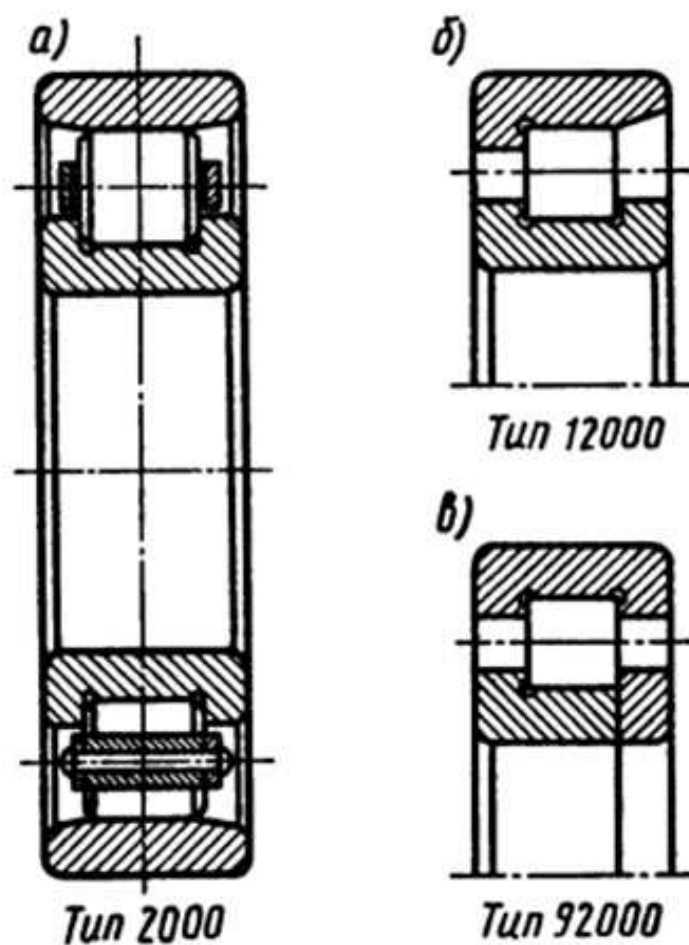
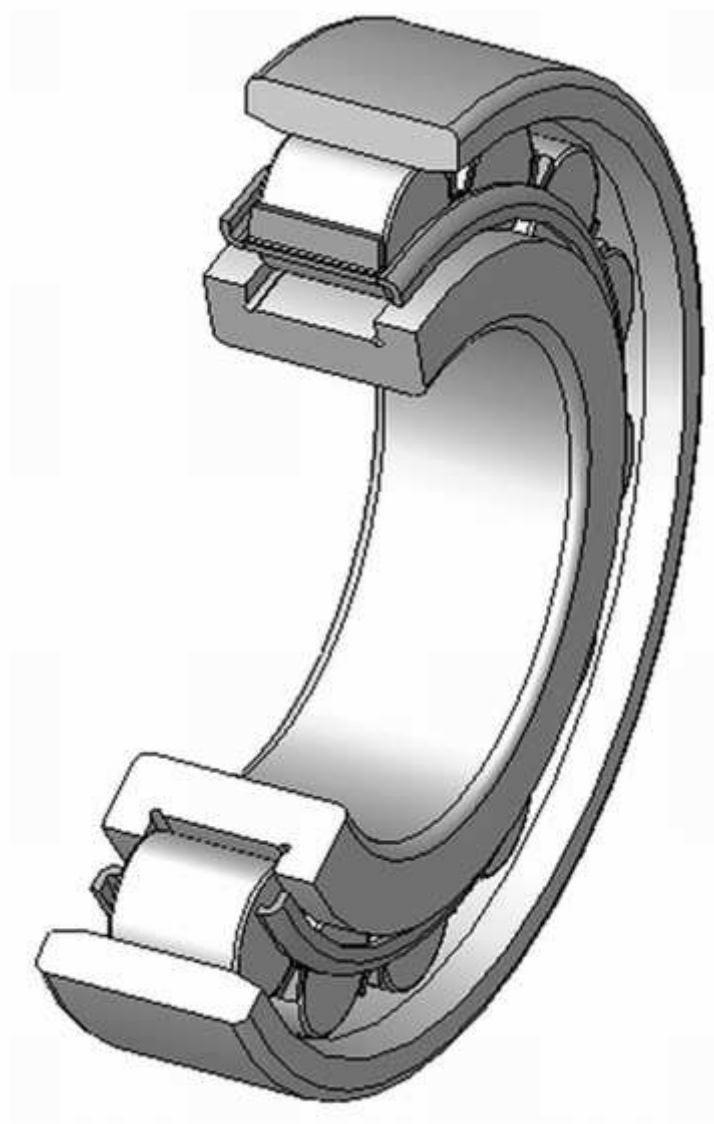


Рис. 24.8. Роликовый радиальный подшипник с короткими цилиндрическими роликами

Предназначен для восприятия больших радиальных нагрузок. Допускает осевое взаимное смещение колец. Применяется для коротких жестких валов, а также в качестве «плавающих» опор.

При необходимости осевой фиксации валов в одном направлении применяют подшипники с дополнительным буртом (б), а для осевой фиксации в двух направлениях – подшипник с дополнительным буртом и с упорной шайбой (в). Грузоподъемность такого подшипника выше, чем у шарикового.



Роликовый радиальный подшипник с игольчатыми роликами

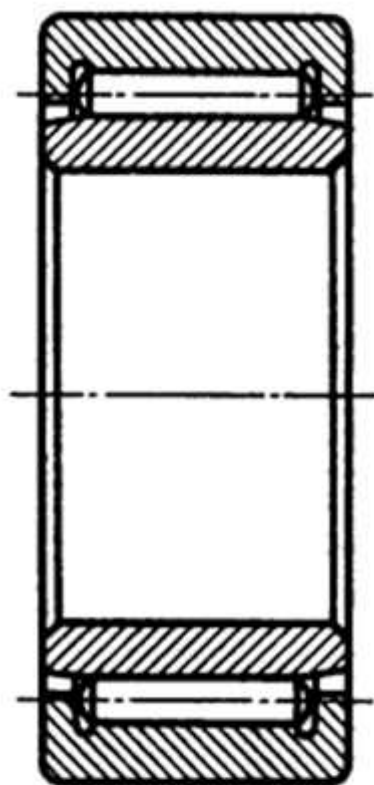


Рис. 24.9. Роли-
ковый радиаль-
ный подшипник с
игольчатыми ро-
ликами

Такой подшипник воспринимает только радиальную нагрузку. При сравнительно небольших габаритных размерах обладает высокой радиальной грузоподъемностью.



Шариковый радиально-упорный подшипник

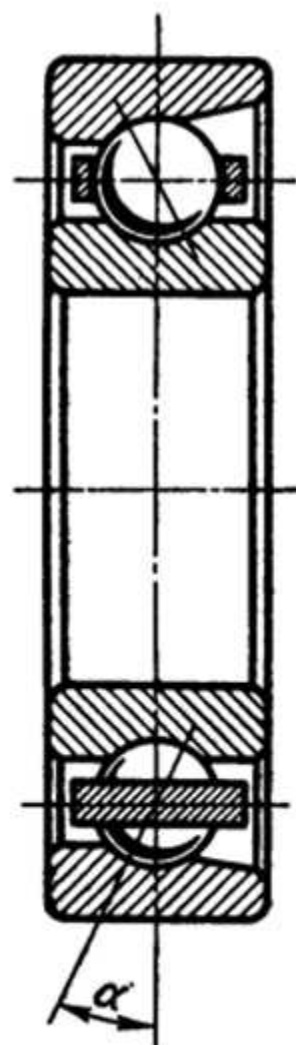


Рис. 24.10. Шариковый радиально-упорный подшипник

Предназначен для комбинированных (радиальных и осевых) или чисто осевых нагрузок. Подшипники, смонтированные попарно, воспринимают осевые силы, действующие в обоих направлениях. Применяется при большой частоте вращения.



Роликовый конический подшипник (радиально-упорный роликоподшипник)

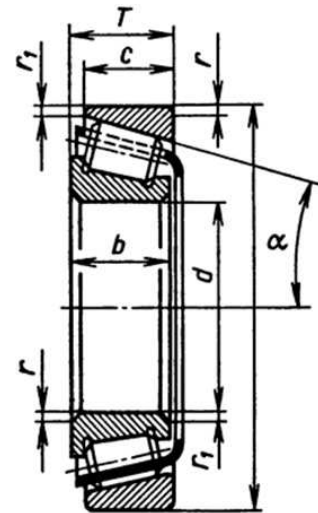


Рис. 24.11. Роликовый конический подшипник

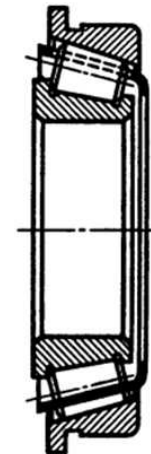
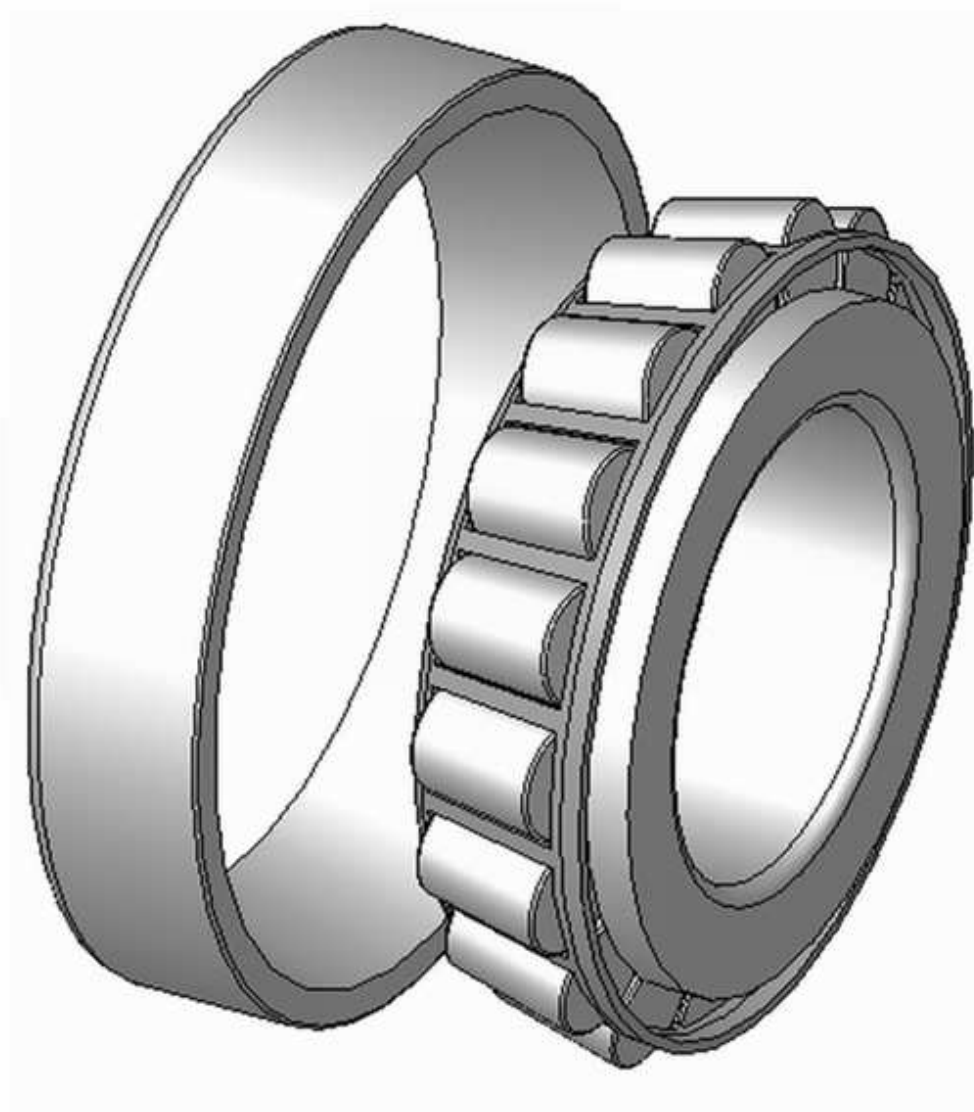


Рис. 24.12. Роликовый конический подшипник с упорным бортом

Воспринимает одновременно радиальную и осевую нагрузки. Применяется при средних и низких скоростях вращения. Обладает большой грузоподъемностью. Удобно регулируется. Подшипники этого типа, как и шариковые радиально-упорные устанавливаются попарно.



Шариковый упорный подшипник

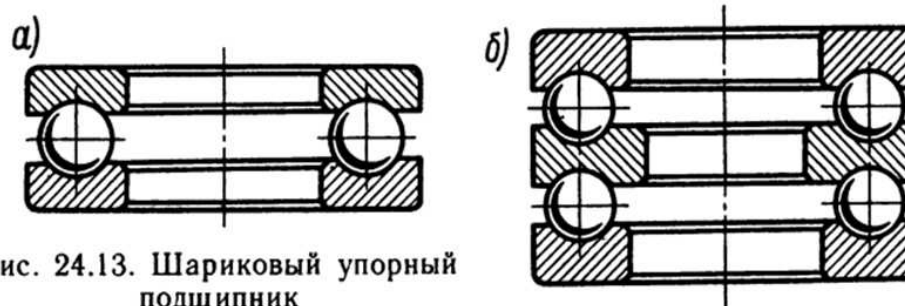
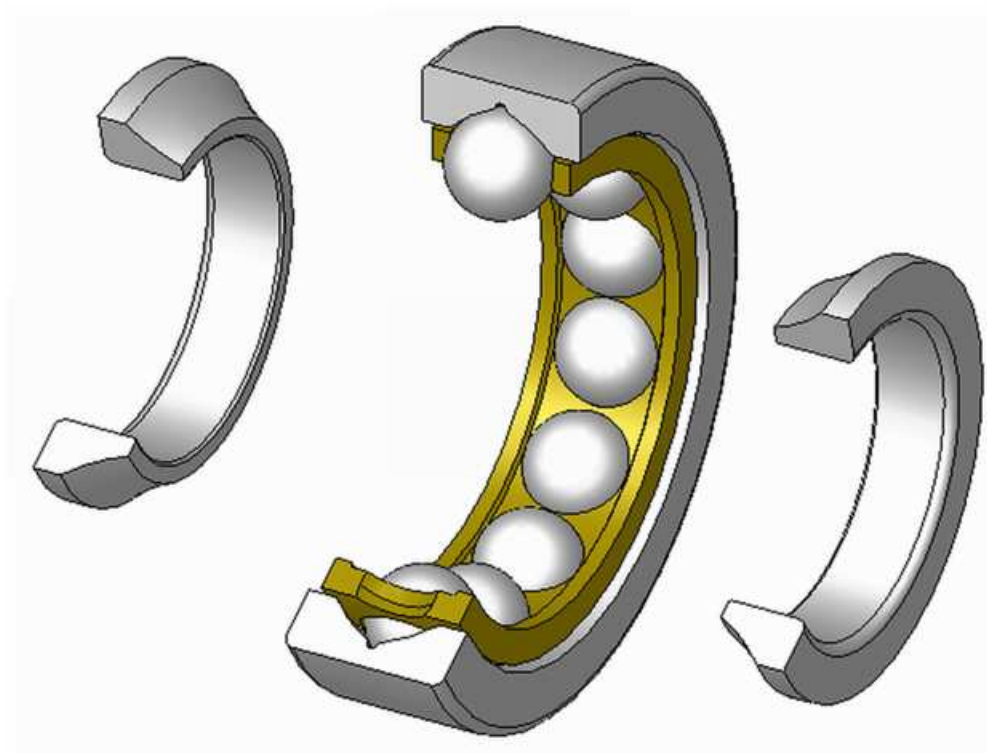


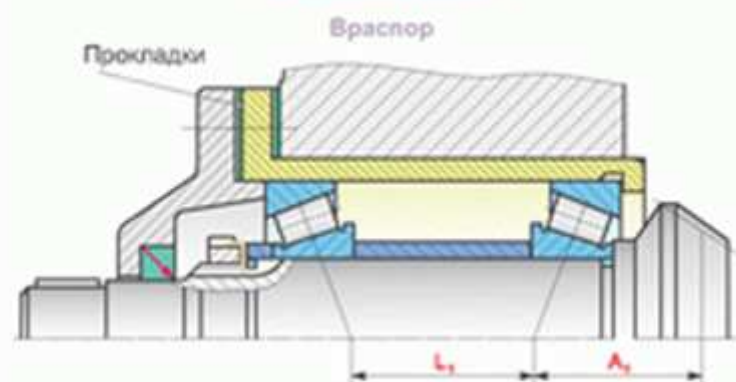
Рис. 24.13. Шариковый упорный подшипник

Воспринимает одностороннюю осевую нагрузку. При действии осевых сил попеременно в обоих направлениях устанавливают двойной упорный подшипник (б). Во избежание заклинивания шариков от действия центробежных сил этот подшипник применяют при средней и низкой частоте вращения.

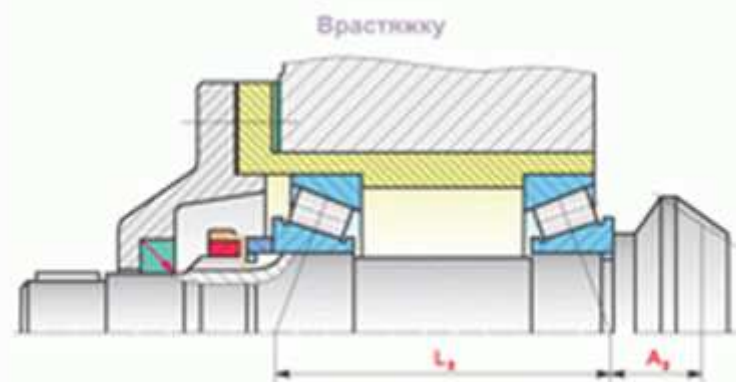


Монтаж и установка подшипников качения

СХЕМЫ УСТАНОВКИ РАДИАЛЬНО-УПОРНЫХ ПОДШИПНИКОВ



Регулировка подшипников осуществляется подбором металлических прокладок между крышкой подшипника и станком



Регулировка подшипников осуществляется перемещением внутреннего кольца одного из подшипников посредством гайки

Перед монтажом подшипникового узла подшипник промывают в горячем минеральном масле или бензине. Посадочные поверхности вала и корпуса чисто протирают и слегка смазывают. Для облегчения посадки подшипника на вал с натягом подшипник предварительно нагревают до 80...90°C в горячем минеральном масле. Сила напрессовки прикладывают к тому кольцу, которое монтируется с натягом. Передача монтажных сил через тела качения недопустима. Во избежание появления вмятин на дорожках качения при демонтаже подшипник захватывают за внутреннее кольцо при удалении с вала и за наружное при удалении из корпуса.



Муфты

В современном машиностроении большинство машин состоит из сборочных единиц (узлов) и механизмов. Для обеспечения кинематической и силовой связи валы узлов соединяют муфтами. Муфта — устройство (деталь машины), предназначенное для соединения друг с другом концов валов, а также валов и свободно сидящих на них деталей.

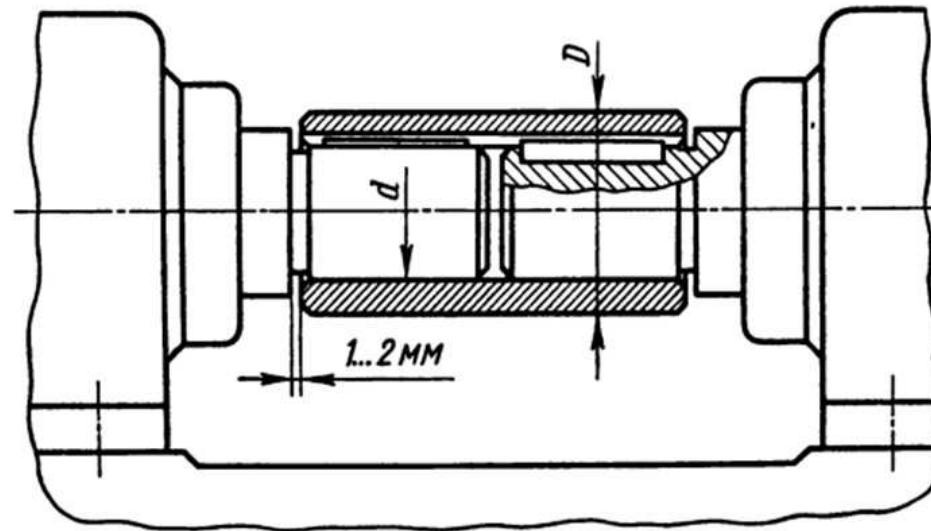


Рис. 25.1. Втулочная муфта

Назначение муфт – передача вращающего момента без изменения его значения и направления. В ряде случаев муфты дополнительно поглощают вибрации и толчки, предохраняют машину от аварий при перегрузках, а также используются для включения и выключения рабочего механизма машины без остановки двигателя.



Существует класс постоянных (нерасцепляемых) муфт, обеспечивающих постоянное в течение всего времени эксплуатации машины соединение валов. Кроме того, в некоторых машинах применяют муфты сцепления для соединения (сцепления) агрегатов или их разъединения во время работы машины. В свою очередь муфты сцепления делятся на управляемые и самоуправляемые (самодействующие).

Управляемые муфты соединяют (разъединяют) агрегаты машин по команде. Самоуправляемые муфты срабатывают автоматически, соединяя или разъединяя валы в зависимости от специфики работы машины.

По характеру работы муфты делят на жесткие и упругие. Жесткие муфты передают вместе с вращающим моментом вибрации, толчки, удары. Упругие муфты амортизируют вибрации, толчки и удары при передаче вращающего момента благодаря наличию упругих элементов – различных пружин, резиновых втулок и так далее.

Фланцевые муфты

Фланцевые муфты состоят из двух полумуфт с фланцами, стянутыми болтами, причем половина болтов установлена с зазором, а другая – без зазора.

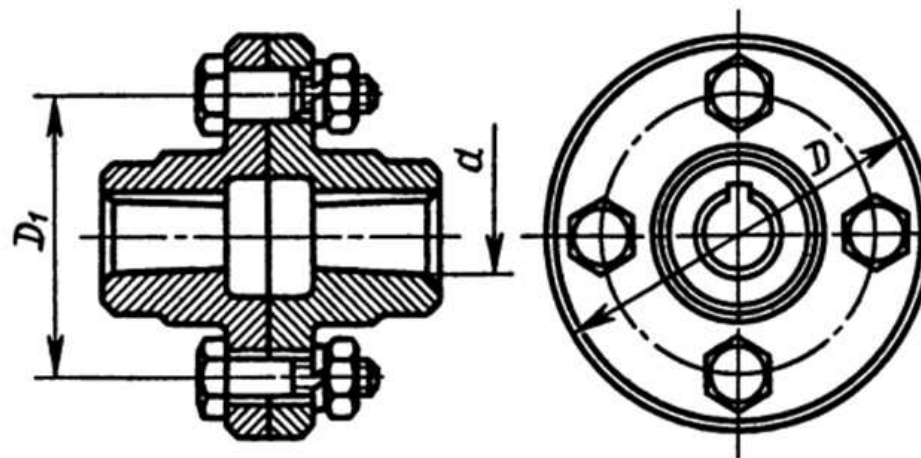


Рис. 25.2. Фланцевая муфта

Фланцевые муфты соединяют отдельные части валопровода в один вал, работающий как целый. Для того чтобы этот составной вал оставался прямолинейным, необходима строгая соосность его частей и пригонка полумуфт, в противном случае неизбежны изгиб вала, его биение и появление дополнительных нагрузок на опоры.

Фланцевые муфты просты по конструкции, надежны в работе, могут передавать большие моменты. Они широко распространены в машиностроении. Материал полумуфт – сталь. Эти муфты выбирают по стандарту.



Компенсирующие муфты

Жесткие компенсирующие муфты относятся к постоянным муфтам и предназначены для соединения валов с компенсацией радиальных (а), осевых (б) и угловых (в) смещений вследствие неточности изготовления и монтажа.

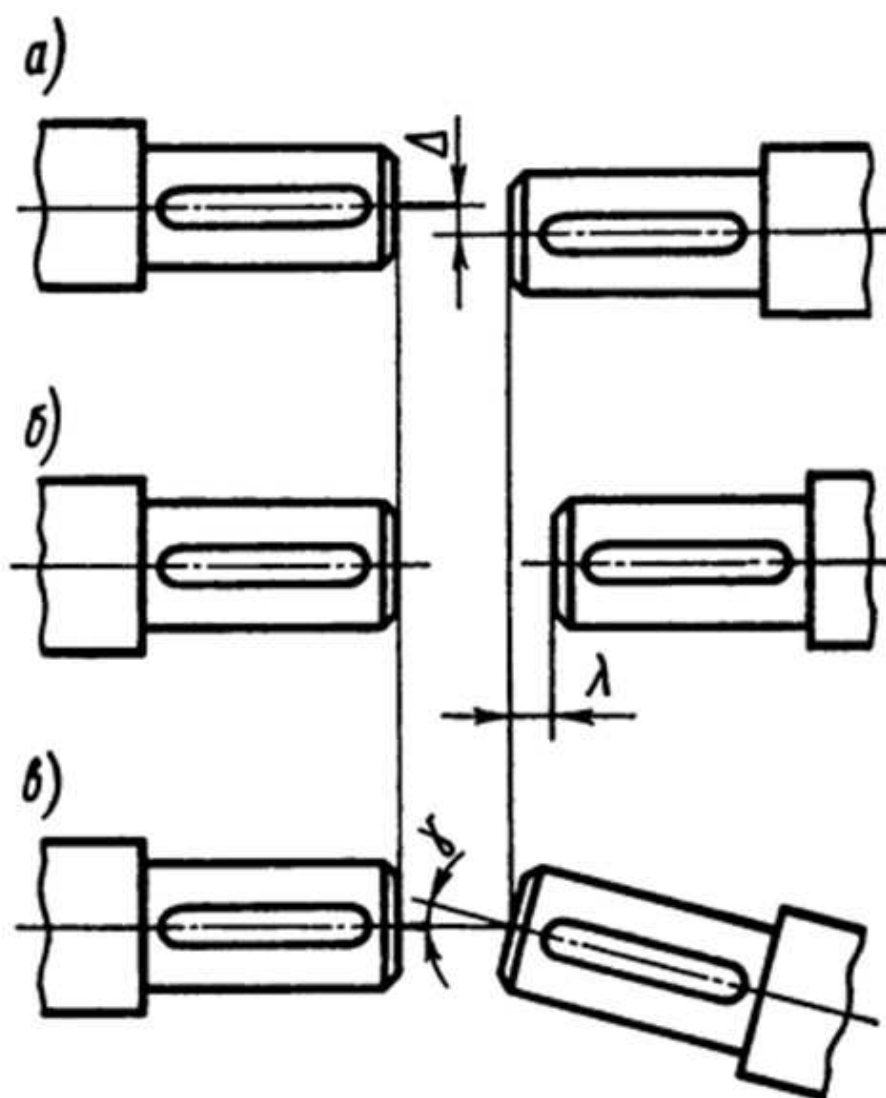


Рис. 25.3. Погрешности монтажа валов:

Δ — радиальное смещение на вели-

Компенсация отклонений от соосности валов достигается за счет подвижности жестких деталей муфты. Эти муфты уменьшают дополнительные нагрузки на валы и подшипники, вызываемые отклонениями от соосности валов. Наибольшее распространение из группы компенсирующих муфт получили зубчатые и цепные.

Зубчатая муфта. Эта муфта стандартизирована. Состоит из двух обойм 1 с внутренними зубьями эвольвентного профиля, которые зацепляются с зубьями втулок 2, насаживаемых на концы валов. Обоймы соединены собой болтами, поставленными в отверстие без зазора. Втулки и обоймы изготавливают из стали.

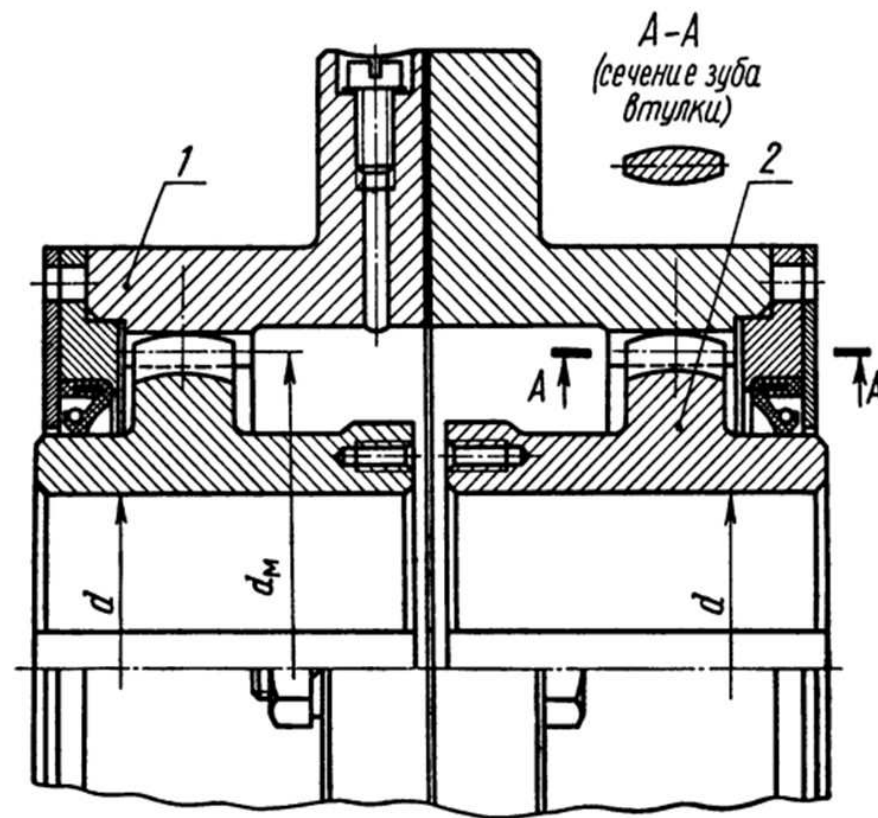


Рис. 25.4. Зубчатая муфта:
1 — обойма; 2 — втулка

Зубчатые муфты компенсируют радиальные, осевые и угловые смещения валов за счет боковых зазоров в зацеплении и обточки зубьев втулок в сфере. Компенсация отклонений от соосности валов

сопровождается скольжением зубьев. Для повышения износостойкости зубья подвергают термообработке, а муфту заливают маслом большой вязкости. Зубчатые муфты широко применяются для соединения горизонтальных тяжело нагруженных валов. Эти муфты надежны в работе, имеют малые габариты. При работе зубья испытывают переменные контактные напряжения и напряжения изгиба, что затрудняет их точный расчет.



Цепные муфты. Состоят из двух полумуфт-звездочек, имеющих одинаковые числа зубьев, охватывающей их общей цепи и защитного кожуха, заполненного пластичным смазочным материалом. Применяются цепи роликовые однорядные и двухрядные, а также зубчатые цепи. Достоинства цепных

муфт – простота конструкции и обслуживания, относительно небольшие габариты. При монтаже и демонтаже не требуется осевого смещения узлов.

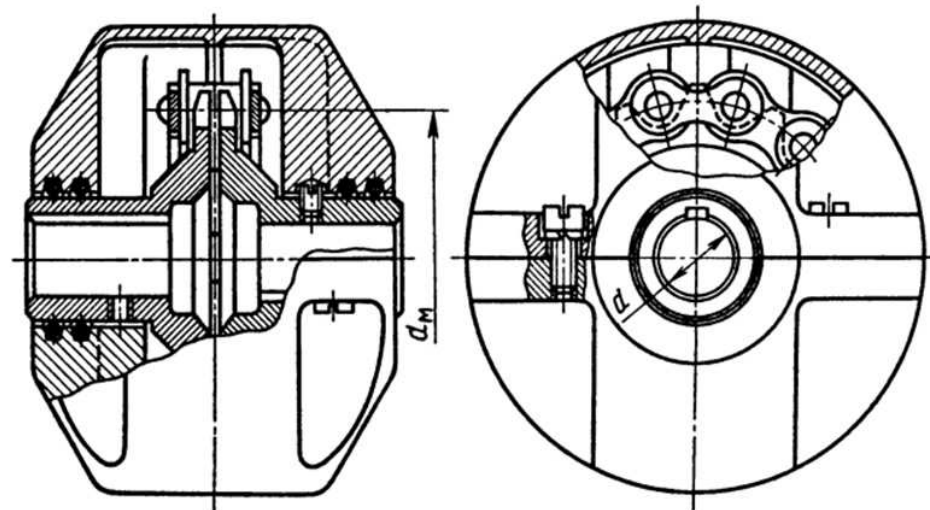
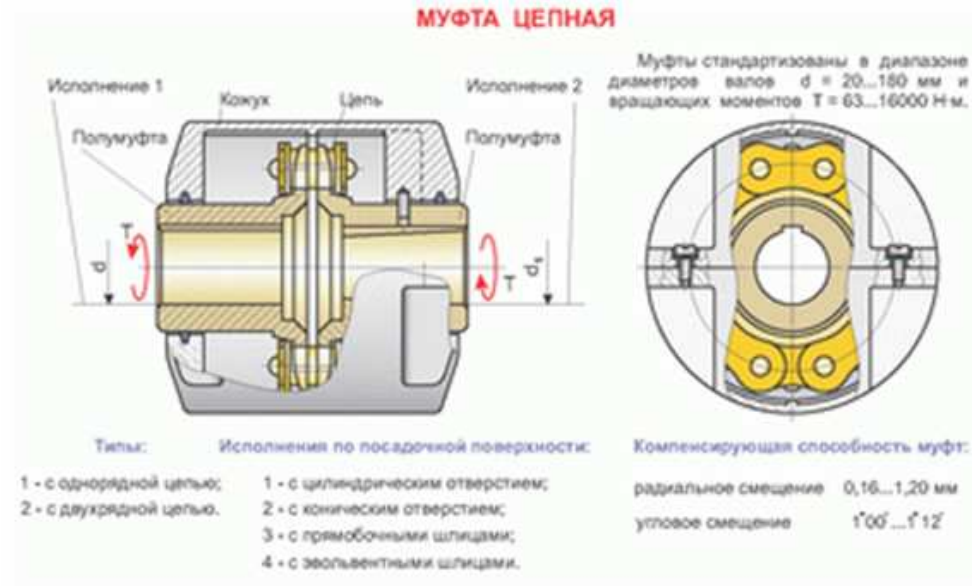


Рис. 25.5. Цепная муфта



Упругие муфты

Упругие муфты относятся к постоянным муфтам. Основная часть этих муфт – упругий элемент, который передает вращающий момент от одной полумуфты к другой. Упругие муфты смягчают толчки и удары, служат средством защиты от резонансных крутильных колебаний, возникающих вследствие неравномерного вращения, допускают сравнительно большие смещения осей соединяемых валов.

Основная характеристика упругих муфт – жесткость или (обратная жесткости величина) податливость и деформирующая способность, т.е. способность превращать в теплоту энергию при деформации упругих элементов муфты. По конструкции упругие муфты разнообразны. По материалу упругих элементов они делятся на две группы: муфты с неметаллическими и муфты (обычно

резиновыми) с металлическими упругими элементами.

Муфта упругая втулочно-пальцевая (МУВП). Муфта состоит из двух дисковых полумуфт, в одной из которых в конических отверстиях закреплены соединительные пальцы с надетыми гофрированными резиновыми втулками. Материал полумуфт – чугун или сталь, а материал пальцев – сталь.

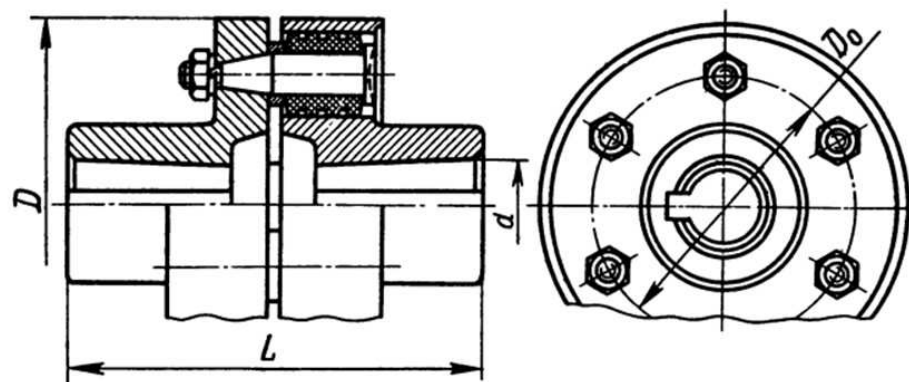
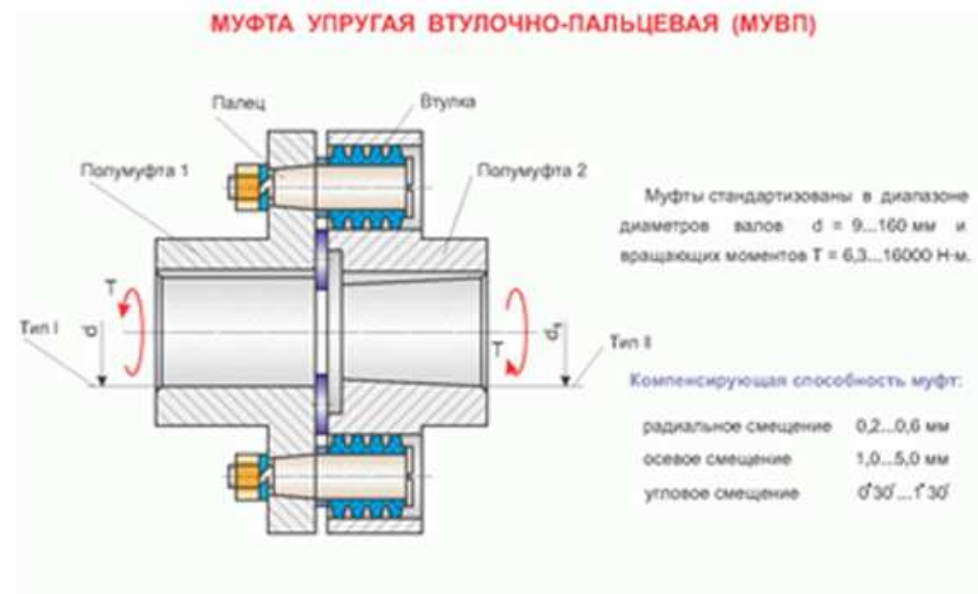


Рис. 25.8. Муфта упругая втулочно-пальцевая

Вследствие небольшой толщины резиновых втулок муфта обладает малой податливостью, компенсируя незначительные смещения валов. Радиальные и угловые смещения валов снижают долговечность резиновых втулок, нагружая валы дополнительной изгибающей силой.



Муфты МУВП широко применяются для соединения машин с электродвигателями при передаче малых и средних вращающих моментов. Она проста в изготовлении.

Муфта упругая со звездочками. Состоит из двух полумуфт 1 с торцовыми кулачками и резиновой звездочки 2, зубья которой расположены между кулачками. При передаче момента в каждую сторону работает половина зубьев. Муфта компактна и надежна, компенсирующая способность ее невелика. Применяется для соединения быстроходных валов.

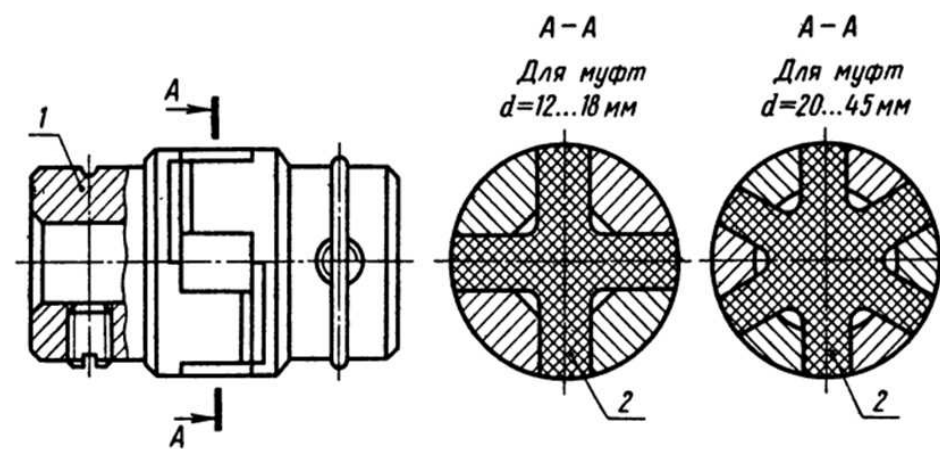


Рис. 25.9. Муфта упругая со звездочкой



Муфта упругая с торообразной оболочкой. Состоит из двух полумуфт, упругой оболочки, по форме напоминающей автомобильную шину, и двух колец, зажимающих с помощью винтов оболочку.

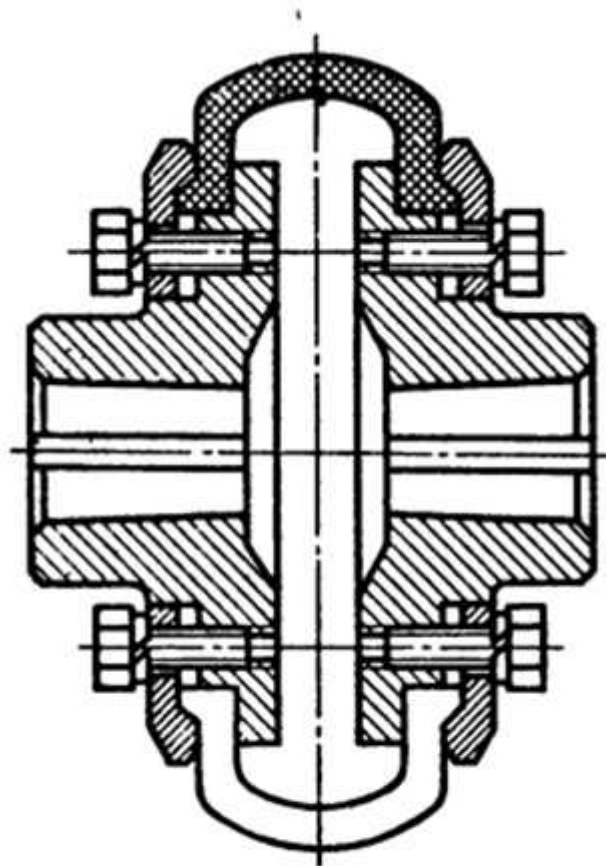


Рис. 25.10. Муфта упругая
с торообразной оболочкой

Эта муфта обладает высокими упругими и демпфирующими свойствами. Обеспечивает шумо- и электроизоляцию узлов привода, удобна и надежна в эксплуатации.



Применяется в конструкциях, где трудно обеспечить соосность валов, при переменных и ударных нагрузках.

Сцепные муфты

Сцепные (управляемые) муфты служат для быстрого соединения и разъединения валов при работающем двигателе. Применяются при строгой соосности валов. По принципу работы делятся на кулачковые и фрикционные. Все сцепные муфты должны легко и быстро включаться при

незначительной силе, а также иметь малый нагрев и небольшую изнашиваемость при частых переключениях.

Фрикционные муфты. Служат для плавного сцепления валов под нагрузкой на ходу при любых скоростях. Передача вращающего момента осуществляется силами трения между трущимися поверхностями деталей муфты. В начале включения за счет проскальзывания рабочих поверхностей муфты разгон ведомого вала происходит плавно, без удара, с постепенным нарастанием передаваемого вращающего момента по мере увеличения нажимной силы F . При установившемся движении проскальзывание отсутствует, муфта замыкается и оба вала вращаются с одной и той же угловой скоростью. В момент перегрузок фрикционные муфты пробуксовывают, предохраняя машину от поломок. По форме поверхностей трения фрикционные муфты делятся на дисковые (а), конусные (б) и цилиндрические (в). В дисковых муфтах рабочими поверхностями служат плоские торцевые поверхности дисков, в конусных – конические, а в цилиндрических – цилиндрические.

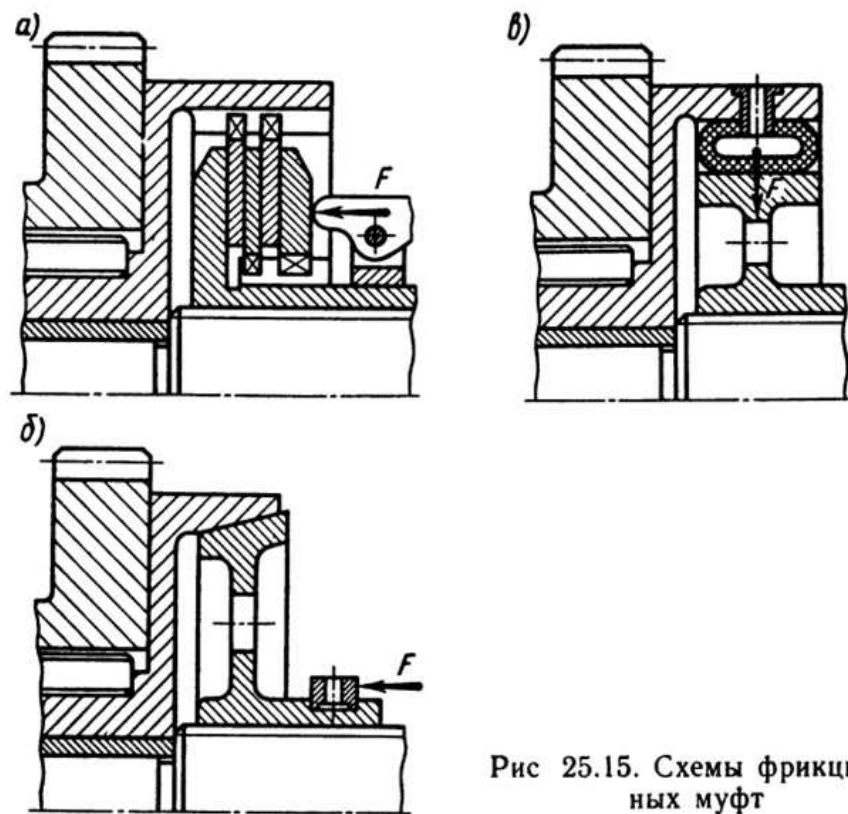


Рис 25.15. Схемы фрикционных муфт

Многодисковая фрикционная муфта состоит из двух полумуфт в виде корпуса 1 и втулки 3, дисков 4 и 5 и нажимного механизма 2. В продольные пазы внутренней поверхности корпуса свободно входят зубья ведущих дисков 4, а в пазы на наружной поверхности втулки – зубья ведомых дисков 5, между которыми возникают силы трения, что обуславливает передачу вращающего момента.

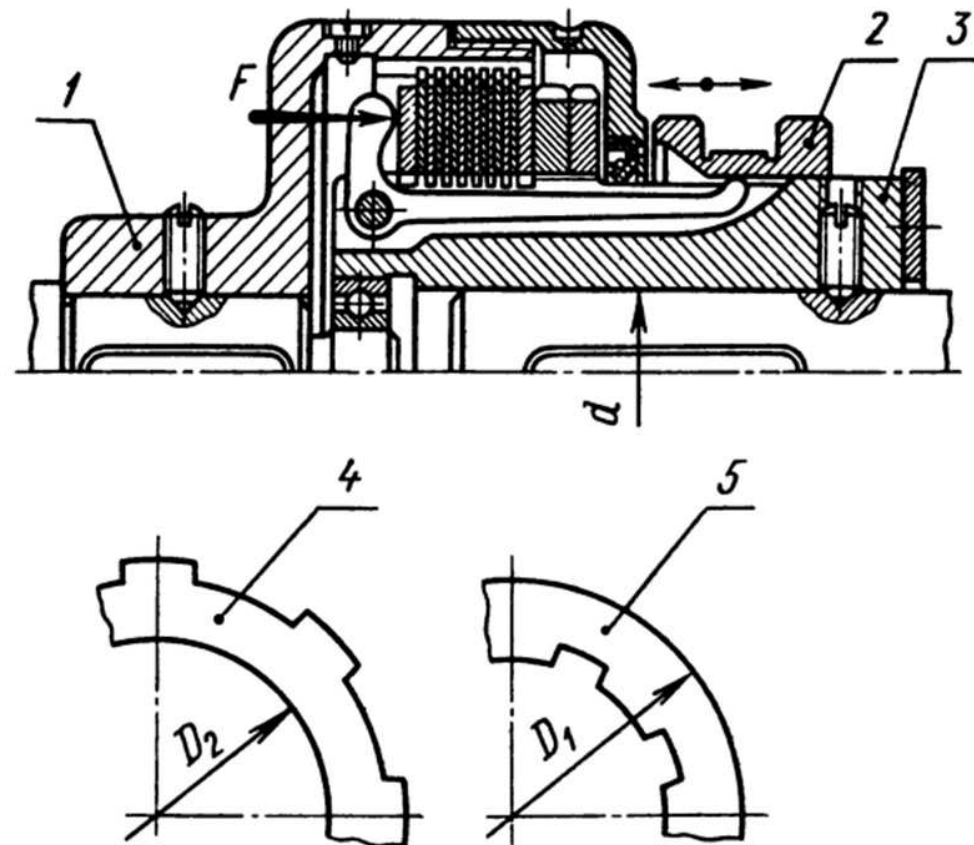


Рис. 25.16. Многодисковая фрикционная муфта

Многодисковые муфты имеют малые габариты, что важно для быстроходных механизмов. Эти муфты с механическим управлением применяют для передачи малых и средних вращающих моментов. При передаче больших моментов многодисковые фрикционные муфты снабжают пневматическим, гидравлическим или электромагнитным дистанционным управлением. Основным критерием работоспособности фрикционных муфт является износостойкость трущихся поверхностей.

Самоуправляемые муфты

Самоуправляемые муфты предназначены для автоматического сцепления и расцепления валов при изменении заданного режима работы машины. Самоуправляемые муфты бывают: по направлению вращения – обгонные; по угловой скорости – центробежные; по моменту – предохранительные.

Обгонные муфты

Обгонные муфты, или муфты свободного хода, служат для передачи вращающего момента в одном направлении. Наибольшее распространение получила роликовая муфта с диапазоном валов $d=10\ldots90$ мм и числом роликов $z=3\ldots5$. Эта муфта состоит из двух полумуфт, одна из которых имеет форму звездочки с вырезами для роликов. Для быстрого включения муфты ролики отжимаются пружинами. При передаче вращающего момента ролики заклиниваются между полумуфтами в сужающейся части выреза, образуя жесткое сцепление. Если по какой-либо причине угловая скорость ведомого вала превысит угловую скорость ведущего, то вследствие обгона ролики расклинятся, выкатятся в расширенную часть выреза и муфта автоматически выключится. При остановке ведущего звена ведомый вал продолжает вращаться.

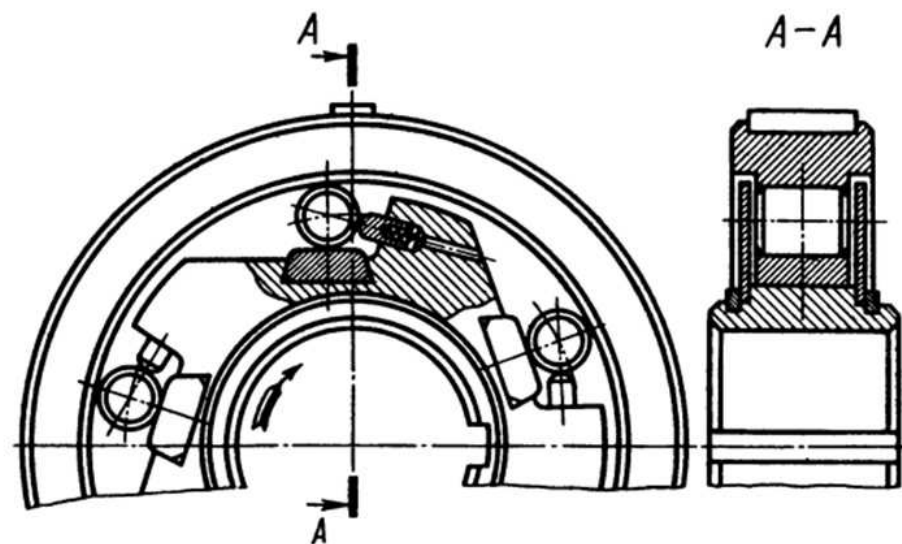


Рис. 25.17. Обгонная роликовая муфта

Материал деталей обгонных муфт – стали, термообработанных до высокой твердости рабочих поверхностей. Ролики должны быть постоянно смазаны маловязким маслом. Обгонные роликовые муфты работают бесшумно, допуская большую частоту включений. Применяются в станках, автомобилях и т.д. Критерием работоспособности роликовых муфт является прочность рабочих поверхностей роликов и полумуфт.

Центробежные муфты

Центробежные муфты предназначены для автоматического включения или выключения ведомого вала при достижении ведущим валом заданной угловой скорости.

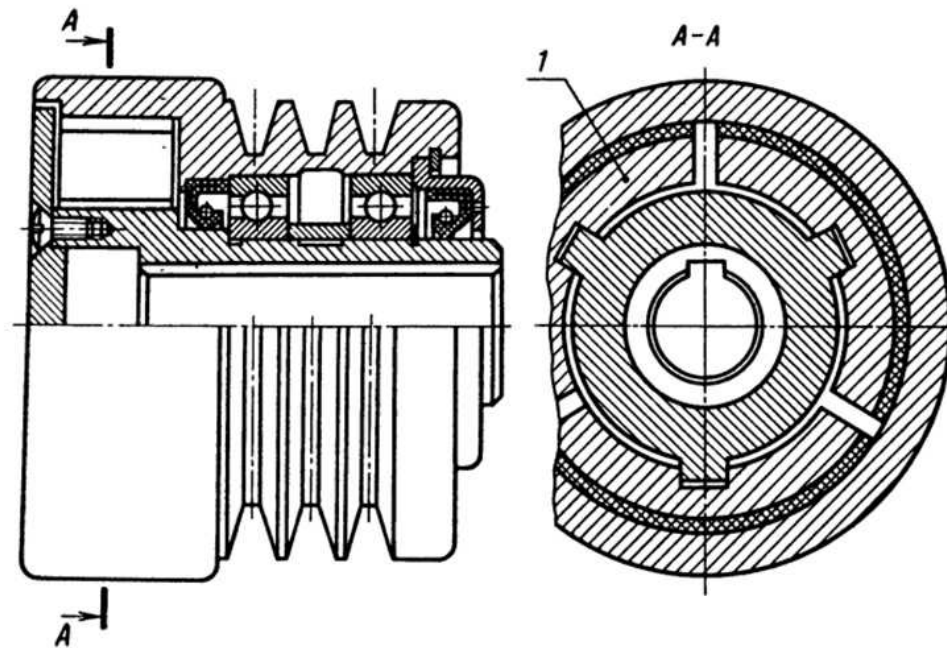


Рис. 25.18. Центробежная колодочная муфта

По устройству центробежные муфты представляют собой фрикционные муфты, у которых механизмом управления служат грузы-колодки 1, находящиеся под действием центробежных сил. При

достижении ведущим валом заданной угловой скорости центробежные силы, действуя на грузы, производят включение муфты. Передача вращающего момента осуществляется силой трения, пропорциональной квадрату угловой скорости.

В современном машиностроении применяются конструкции центробежных муфт, которые служат для разгона механизмов с большими маховыми массами при двигателе с малым пусковым моментом, для повышения плавности пуска, для предотвращения разноса машины. Размеры муфт принимают конструктивно. Рабочие поверхности трения грузов проверяют на износостойкость аналогично фрикционным муфтам.

Предохранительные муфты

Предохранительные муфты предназначены для предохранения машин от перегрузок. Муфты ставят как можно ближе к месту возникновения перегрузки. Они могут работать только при строгой соосности валов.

Пружинно-кулачковая предохранительная муфта. По конструкции эта муфта аналогична сцепной кулачковой, только подвижна в осевом направлении полумуфта прижимается к неподвижной не механизмом управления, а постоянно действующей пружиной с регулируемой силой. Кулачки выполняют трапецеидального профиля небольшой высоты с углом наклона рабочих граней 45...60°. Кулачковые предохранительные муфты надежны в работе, но имеют повышенный износ кулачков. Размеры муфт подбирают по стандарту или принимают конструктивно.

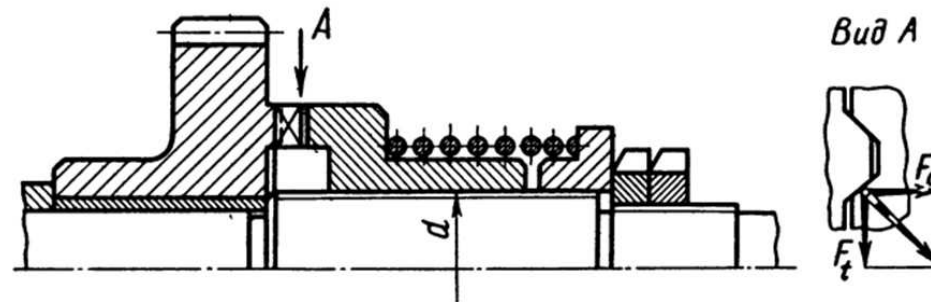


Рис. 25.19. Пружинно-кулачковая предохранительная муфта

Фрикционные предохранительные муфты. Они отличаются большим разнообразием. Применяются при частых кратковременных перегрузках. Конструкция этих муфт аналогична конструкции сцепных фрикционных муфт. Сила нажатия в них создается пружинами, отрегулированными на передачах.

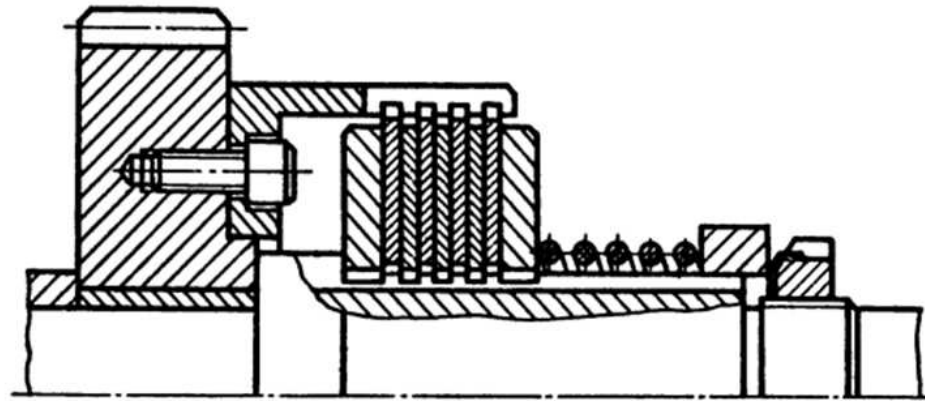


Рис. 25.20. Многодисковая фрикционная предохранительная муфта

Общие сведения о редукторах

Редуктором называют зубчатый, червячный или зубчато-червячный передаточный механизм выполненный в закрытом корпусе и предназначенный для понижения угловой скорости, а следовательно повышения вращающего момента. Подобные механизмы, но используемые для повышения угловой скорости называются мультипликаторами. В случае необходимости регулирования скорости на выходном валу механизма, его передаточное отношение можно сделать изменяющимся путем осевого сдвига и перераспределения некоторых зубчатых колес. При этом отдельные передачи и весь механизм могут работать как в режиме редуктора, так и в режиме мультипликатора, такие конструкции называют коробками скоростей.

Редукторы условно делятся по различным признакам:

I По типу передачи редукторы могут быть зубчатые с простыми передачами (цилиндрическими, коническими, червячными), зубчатые, планетарные, волновые, и комбинированные.

II В зависимости от числа пар звеньев в зацеплении редукторы бывают:

- 1) одноступенчатые
- 2) двухступенчатые
- 3) трехступенчатые

III По расположению осей валов в пространстве различают редукторы:

- 1) с параллельными осями
- 2) с соосными осями
- 3) с пересекающимися осями
- 4) с перекрещивающимися осями

Наибольшее распространение получили простые цилиндрические двухступенчатые редукторы. Их применяют в диапазоне передаточных отношений ($i=8...40$). В трехступенчатых цилиндрических зубчатых редукторах передаточное отношение равно $43...200$. Для понижения угловой скорости с большими значениями передаточных отношений используют волновые зубчатые редукторы ($i=80...315$ на одну скорость) или многоступенчатые планетарные, а так же комбинированные редукторы у которых в зависимости от сочетания передач и числа ступеней значение передаточного отношения практически не ограничено.

Выбор типа редуктора в первую очередь зависит от общей компоновки привода, для которого предназначен редуктор, и таких факторов, как передаточное отношение, взаимное расположение осей входного и выходного валов, ограничения по габаритам и массе, требований монтажа и эксплуатации.

Конструкция редуктора

Редуктор состоит из литого чугунного корпуса в котором смонтированы подшипниковые узлы служащие опорами для валов редуктора. Корпус закрыт крышкой. В верхней части крышки имеется

закрываемое смотровой крышкой отверстие, предназначенное для осмотра внутренней части редуктора и заливки масла. При сборке редуктора крышка прикрепляется к корпусу болтами. Размещение опор валов редуктора в жестком чугунном корпусе обеспечивает высокую точность зацепления зубчатых и червячных передач. Для защиты подшипников от попадания пыли и грязи, а так же для предупреждения утечки смазки из корпуса редуктора применяют уплотнение подшипниковых узлов.

Смазка и смазочные материалы

Смазка редукторов понижает потери мощности на трение в зацеплении и подшипниках, значительно снижает износ трущихся поверхностей и предохраняет от коррозии. Смазку зубчатых и червячных зацеплений редуктора осуществляют погружением зубчатого колеса или червяка в масло, заливаемое в картер редуктора. Достаточен такой уровень масла в редукторе, при котором обеспечено погружение зубчатого колеса на высоту зуба. Объем масляной ванны = 0,4/0,8 литра на один киловатт передаваемой мощности.

В некоторых случаях чтобы избежать чрезмерного погружения колес в масло применяют специальные смазочные шестерни, кольца, брызговики или отдельные смазочные ванны. Подшипники смазывают жидким маслом поступающим из общей масляной ванны путем разбрызгивания или при малых скоростях различными пластичными мазями герметизирующими узлы трения и хорошо заполняющими зазоры.

Мотор-редуктор

Мотор-редуктор представляет собой агрегат, в котором конструктивно объединены любой тип редуктора и электродвигатель. Такая компоновка приводов обладает рядом преимуществ: небольшими габаритными размерами и массой на единицу передаваемого момента; возможностью достижения большей точности расположения вала электродвигателя относительно вала редуктора; уменьшенным общим количеством деталей; удобством при монтаже двигателя и др.

Ременные передачи

Ременная передача — это передача механической энергии при помощи гибкого элемента (ремня) за счёт сил трения или сил зацепления (зубчатые ремни). Состоит из ведущего и ведомого шкивов и ремня (одного или нескольких). Ременная передача относится к передачам трением с гибкой связью.



Клиновые ремни



Плоский ремень



Классификация ременных передач

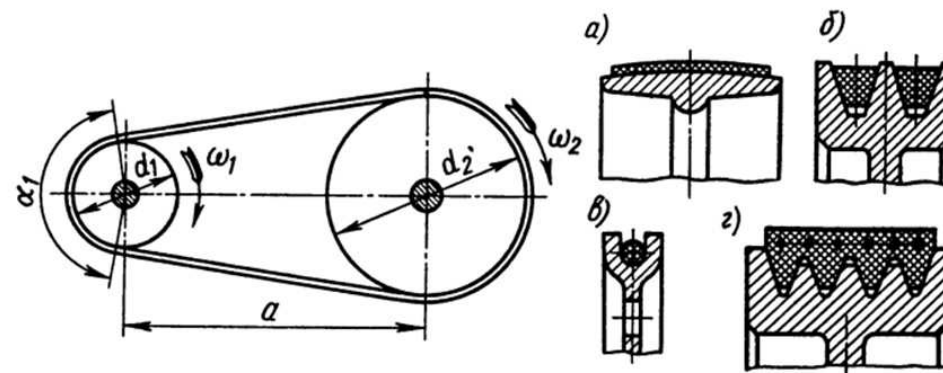


Рис. 17.1. Схема ременной передачи

В зависимости от формы поперечного сечения ремня ременные передачи делят на:

- плоскоременные (а);
- клиноременные (с трапециевидным профилем) (б);
- круглоременные (с круглым профилем) (в);
- поликлиноременные (г);
- передачи с зубчатыми ремнями.

В современном машиностроении наибольшее применение имеют клиновые и поликлиновые ремни. Передачи с круглым ремнем имеет ограниченное применение (швейные машины, настольные станки, приборы).

В зависимости от назначения передачи и взаимного расположения осей:

- открытые с параллельными осями валов и вращением шкива в одном направлении;
- перекрестные с параллельными осями валов и вращением шкивов в противоположных направлениях;
- полуперекрестные со скрещивающимися осями;
- угловые со скрещивающимися и пересекающимися осями валов.

Достоинства и недостатки ременных передач

Достоинства ременных передач:

- Простота конструкции и малая стоимость.
- Возможность передачи мощности на значительные расстояния (до 15 метров).
- Плавность и бесшумность работы.
- Смягчение вибрации и толчков вследствие упругой вытяжки ремня.

Недостатки ременных передач:

- Большие габаритные размеры, в особенности при передаче значительных мощностей.
- Малая долговечность ремня в быстроходных передачах.
- Большие нагрузки на валы и подшипники от натяжения ремня.
- Непостоянное передаточное число из-за неизбежного упругого проскальзывания ремня.
- Неприменимость во взрывоопасных местах вследствие электризации ремня.

Недостатки ременных передач (в сравнении с цепной передачей):

- большие габариты;
- малая несущая способность;
- проскальзывание (не относится к зубчатым ремням);

- малая долговечность.

Достоинства ременных передач (в сравнении с цепной передачей):

- плавность работы;
- бесшумность;
- компенсация перегрузок;
- отсутствие в необходимости смазки;
- малая стоимость;
- легкий монтаж;
- возможность работы на высоких окружных скоростях;
- при выходе из строя, нет повреждений.

Применение ременных передач

Ременные передачи применяют в большинстве случаев для передачи движения от электродвигателя, когда по конструктивным соображениям межосевое расстояние должно быть достаточно большим, а передаточное число не строго постоянным (в приводах станков, транспортеров, дорожных и строительных машин и т.п.) Мощность, передаваемая ременной передачей, обычно до 50 кВт и в редких случаях достигает 1500 кВт. Скорость ремня колеблется в пределах 5...50 м/с, а в сверхскоростных передачах может достигать 100 м/с. Ограничение мощности нижнего предела скорости вызвано большими габаритами передачи.

Шкивы ременных передач

Шкивы выполняют из стали или чугуна. В быстроходных передачах применяют шкивы из алюминиевых сплавов или текстолита. Форма рабочей поверхности обода шкива зависит от вида ремня. Для плоских ремней шкивы имеют гладкую рабочую поверхность. Для центрирования ремня поверхность ведомого шкива делается выпуклой, а ведущего – цилиндрической. Для клиновых ремней конструкция шкивов и размеры обода зависят от числа и размера канавок ремней.

ШКИВЫ ПЛОСКОРЕМЕННЫХ ПЕРЕДАЧ

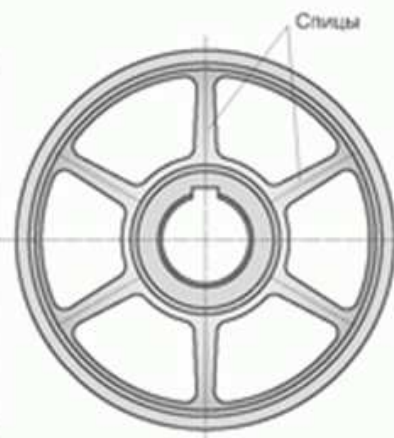
Шкивы диаметром
до 200 мм

Шкивы диаметром
200...300 мм

Шкивы диаметром
свыше 300 мм



Обод
Диск
Ступица



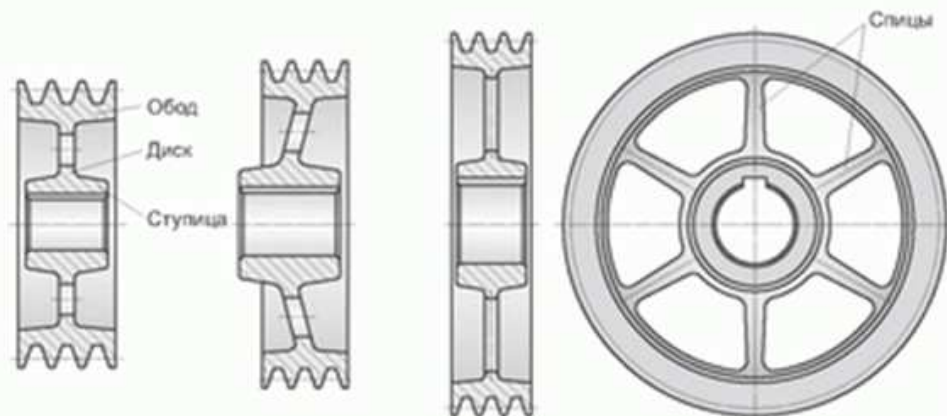
Спицы

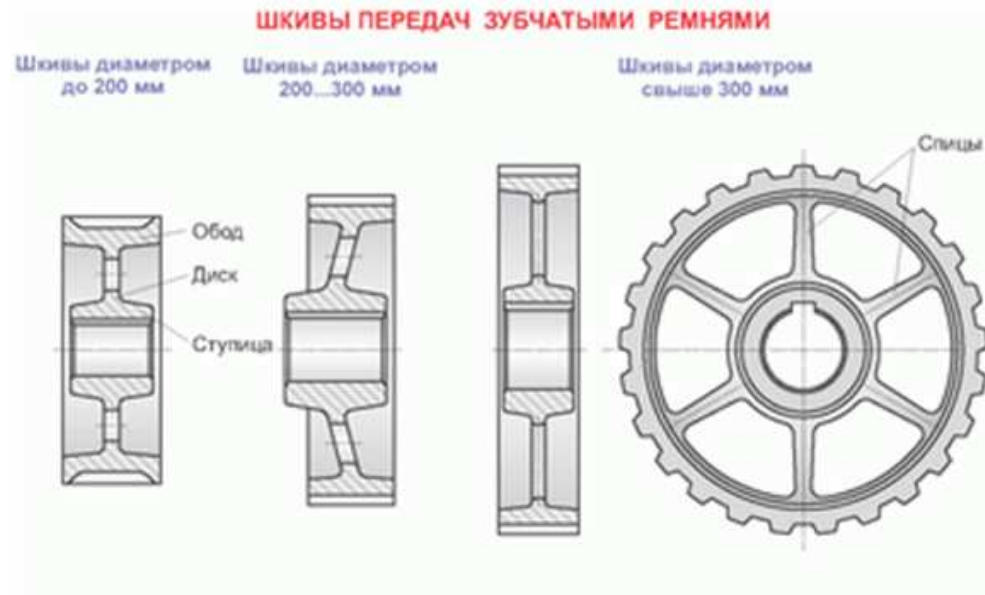
ШКИВЫ КЛИНОРЕМЕННЫХ ПЕРЕДАЧ

Шкивы диаметром
до 200 мм

Шкивы диаметром
200...300 мм

Шкивы диаметром
свыше 300 мм

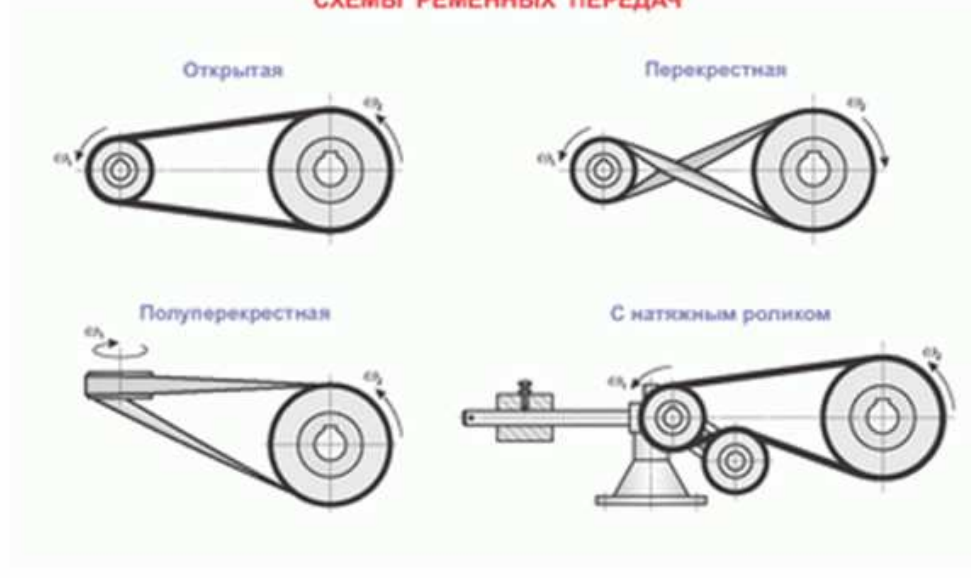




Ремни ременных передач

Материал плоского приводного ремня должен обладать достаточной прочностью, изностойкостью, эластичностью и долговечностью, хорошо сцепляться со шкивами и иметь низкую стоимость.

СХЕМЫ РЕМЕННЫХ ПЕРЕДАЧ



Для плоскоремennых передач применяют следующие типы ремней:

- **Кожаные ремни** - обладают хорошей тяговой способностью, хорошо переносят колебания и нагрузки, но они дороги и дефицитны.
- **Прорезиненные ремни** - состоят из нескольких слоев хлопчатобумажной ткани соединенных собой вулканизированной резиной. Резина обеспечивает работу ремня, как единого целого, защищает ткань от повреждений и повышенного коэффициента трения, но разрушается от попадания масла, бензина и щелочей.
- **Хлопато-бумажные ремни** - изготавливают как цельную ткань с несколькими слоями основы, пропитанных специальным составом (битум, озакериб). Эти ремни легкие и гибкие, могут работать на шкивах малых диаметров с большими скоростями, но обладают меньшей долговечностью и тяговой способностью.

- **Шерстяные ремни** – ткань с многослойной шерстяной основой и хлопчато-бумажным утком, пропитанные специальным составом (сурик на олифе). Обладают значительной упругостью, менее чувствительны к температурной влажности и кислотам, но обладают низкими тяговыми способностями.
- **Пленочные ремни** – новый тип ремней из пластмасс на основе полиамидных смол, армированных кордом из капрона или лавсана. Обладают высокими статической прочностью и сопротивлением усталости. Применяются для передачи с высокой мощностью и быстроходностью.
- Для клиноременной передачи применяют прорезиненные ремни двух конструкций: с несущим элементом из нескольких слоев ткани или слоя шнура навитого по спирали, завулканизированных в резину, с тканевой оберткой или без нее.

Цепные передачи

Цепная передача — это передача механической энергии при помощи гибкого элемента (цепи) за счёт сил зацепления. Может иметь как постоянное, так и переменное передаточное число (напр. цепной вариатор). Состоит из — ведущей и ведомой звездочки и цепи. Цепь состоит из подвижных звеньев.



Цепная передача относится к передачам зацепления с гибкой связью.

Достоинства и недостатки цепных передач

Достоинства цепных передач:

- По сравнению с зубчатыми передачами цепные передачи могут передавать движение между валами при значительных межосевых расстояниях (≤ 5 м).
- По сравнению с ременными передачами более компактны, могут передавать большие мощности (до 3000 кВт), силы действующие на валы, значительно меньше, так как предварительное натяжение цепи мало.
- Могут передавать движение одной цепью нескольким звездочкам.

Недостатки цепных передач:

- Значительный шум вследствие удара звена цепи при входе в зацепление, особенно при малых числах зубьев звездочек и большом шаге (этот недостаток ограничивает возможность применения цепных передач при больших скоростях).
- Сравнительно быстрое изнашивание шарниров цепи вследствие затруднительного подвода смазочного материала.
- Удлинение цепи из-за износа шарниров, что требует натяжных устройств.

Применение цепных передач

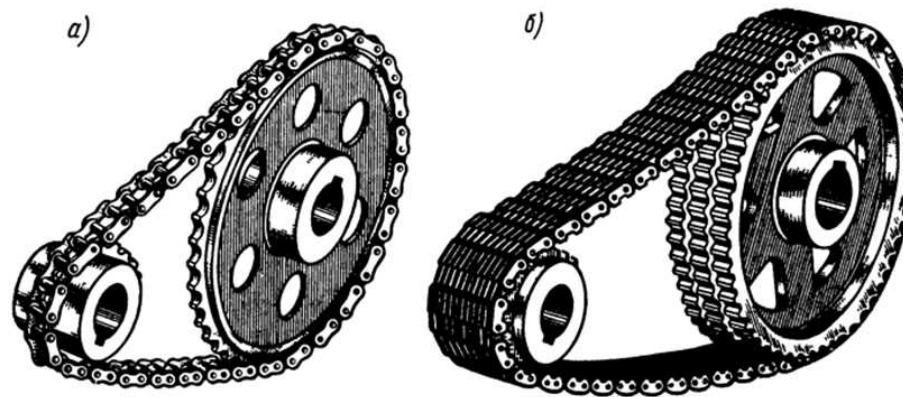


Рис. 21.1. Цепная передача: *а* — роликовой цепью; *б* — зубчатой цепью

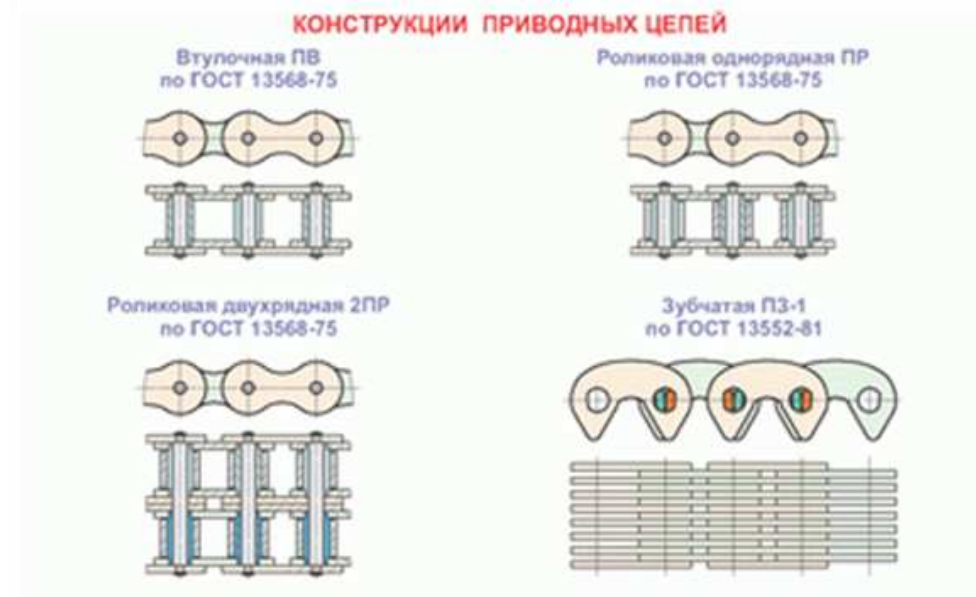
Применяют при значительных межосевых расстояниях (до 8 метров), для передачи одного ведущего вала нескольким ведомым (когда зубчатые передачи неприменимы, а ременные не надежны).

Наибольшее распространение получили в сельскохозяйственном, транспортном, химическом, станкостроительном, горнорудном оборудовании и подъемно-транспортных устройствах. Диапазон работы: Мощность (P) до 3000 кВт Скорость (V) до 35 м/с. Передаточное отношение (i) до 10.

Виды цепей

- **Грузовые** – применяются для подвески, подъема и опускания груза в различных подъемно-транспортных механизмах при скорости до 0,25...0,5 м/с
- **Тяговые** – применяются для транспортировки груза при скорости до 2...4 м/с
- **Приводные** – применяются для передачи энергии в широком диапазоне скоростей.

Приводные цепи



Главный элемент цепной передачи – приводная цепь, которая состоит из соединенных шарнирами звеньев. Основными типами приводных цепей являются втулочные, роликовые и зубчатые, которые стандартизованы и изготавливаются специализированными заводами. Роликовые цепи состоят из двух рядов наружных и внутренних пластин. В наружные пластины запрессованы валики, пропущенные через втулки, на которые запрессованы внутренние пластины. Валики и втулки образуют шарниры. На втулки свободно надеты закаленные ролики. Зацепление цепи со звездочкой происходит через ролик, который перекачивается по зубу и уменьшает его износ. Кроме того, ролик выравнивает давление зуба на втулку и предохраняет ее от изнашивания. Роликовые цепи имеют широкое распространение, рекомендуются при скоростях меньше 15 м/с.

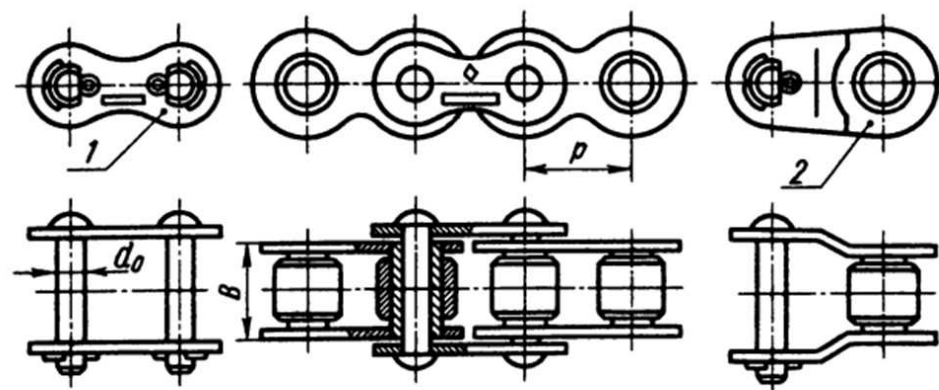


Рис. 21.2. Приводная роликовая однорядная цепь:
1 — соединительное звено, 2 — переходное звено

Втулочные цепи по конструкции аналогичны роликовым цепям, но не имеют роликов, что удешевляет цепь, уменьшает ее массу, но увеличивает износ. Втулочные цепи применяют в неответственных передачах при скоростях менее 1 м/с.

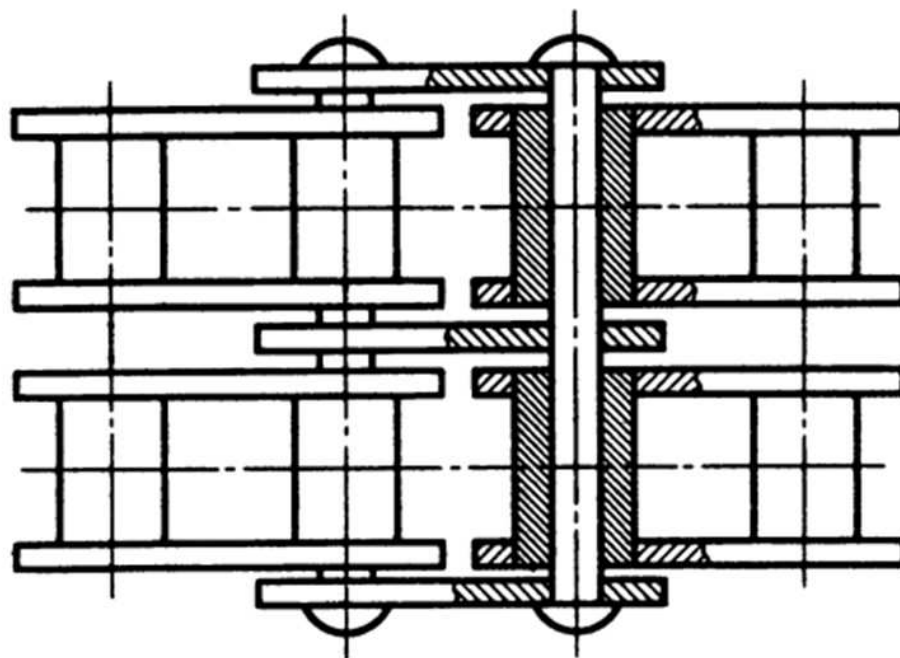


Рис. 21.3. Приводная втулочная двухрядная цепь

Зубчатые цепи состоят из набора пластин зубообразной формы, шарнирно соединенных между собой. Число пластин определяет ширина цепи B , которая зависит от передаваемой мощности. Рабочими гранями пластин являются плоскости зубьев, расположенные под углом 60° , которыми каждое звено цепи садится на два зуба звездочки. Благодаря этой особенности зубчатые цепи обладают минимально возможным шагом и поэтому допускают более высокие скорости. Для устранения бокового спадания цепи со звездочками применяют направляющие пластины 1, расположенные по середине цепи или по ее бокам. Зубчатые цепи по сравнению с другими работают более плавно, с меньшим шумом, лучше воспринимают ударную нагрузку, но тяжелее и дороже. Рекомендуются при скоростях меньше 25 м/с.

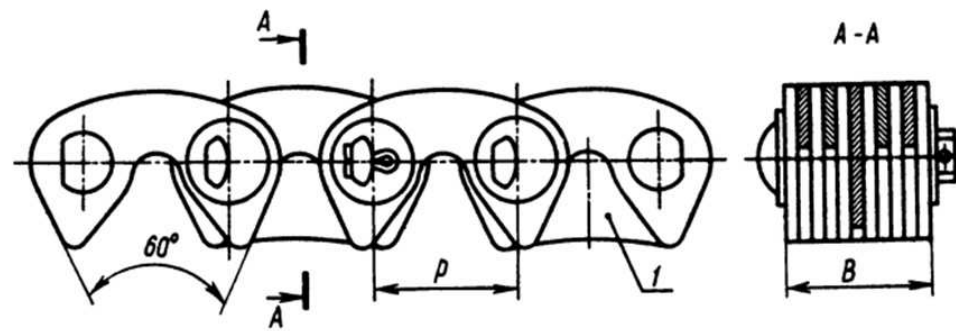


Рис. 21.4. Приводная зубчатая цепь

Материалы цепей и звездочек

КОНСТРУКЦИИ ЗВЕЗДОЧЕК ЦЕПНЫХ ПЕРЕДАЧ

Кованые звездочки

Однорядная



Двухрядная

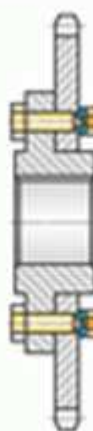


Составные звездочки

Сварная



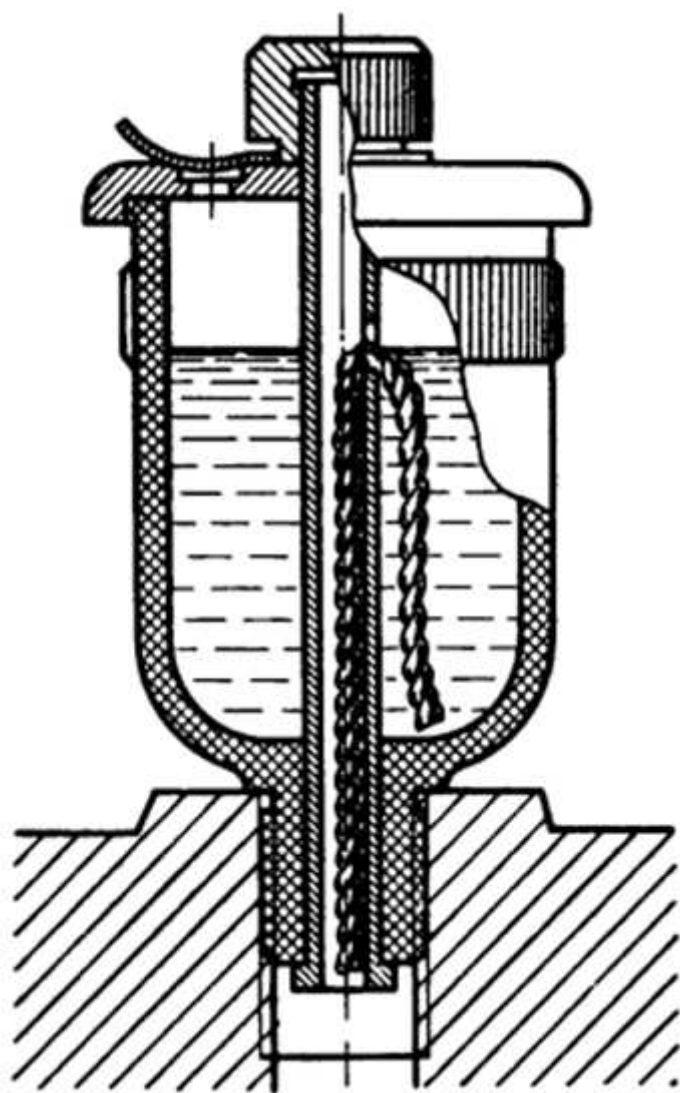
С болтовым соединением



Цепи и звездочки должны быть стойкими против износа и ударных нагрузок. По этим соображениям большинство цепей и звездочек изготавливают из углеродистых и легированных сталей с последующей термической обработкой (улучшение и закалка). Рекомендации по выбору материалов в справочниках. Детали шарниров цепей в большинстве случаев цементируют, что повышает их износостойкость при сохранении ударной прочности. Перспективным является изготовление звездочек из пластмасс, позволяющих уменьшить динамические нагрузки и шум передачи.

Смазывание в цепной передаче

Смазывание оказывает решающее влияние на долговечность цепной передачи. При скоростях цепи менее 4 м/с применяют периодическое смазывание ручной масленкой примерно через каждые 7 часов. При скоростях менее 6 м/с применяют смазывание масленками-капельницами.



Наиболее совершенно непрерывное смазывание погружением в масляную ванну закрытого корпуса: ведомую ветвь цепи погружают в ванну на глубину высоты пластин. В мощных быстроходных передачах применяют циркуляционное струйное смазывание насоса.

КПД цепных передач

КПД цепных передач зависит от потерь на трение в шарнирах цепи, на зубьях звездочек и на перемешивание масла при смазывании погружением. При нормальных условиях работы среднее значение КПД колеблется в районе 92-96%.