

**ДЕТАЛИ МАШИН И  
ОСНОВЫ  
КОНСТРУИРОВАНИ  
Я**

Процесс разработки машин имеет сложную, разветвлённую неоднозначную структуру и обычно называется широким термином проектирование - создание прообраза объекта, представляющего в общих чертах его основные параметры.

Под конструированием некоторые авторы понимают весь процесс от идеи до изготовления машин, некоторые - лишь завершающую стадию его подготовки. Но в любом случае цель и конечный результат конструирования - создание рабочей документации (проекта), по которой можно без участия разработчика изготавливать, эксплуатировать, контролировать и ремонтировать изделие.

Основным критерием качества машин является *надежность* - способность выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования. Проблема повышения надежности - одна из важнейших в машиностроении. Обеспечение надёжности в технике регламентировано системой ГОСТов.

*Надёжность* - комплексное свойство, которое может включать *безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость*. Безотказность и долговечность машины, прежде всего, связаны с ее работоспособностью, т.е. способностью выполнять заданные функции, сохраняя значение заданных параметров в пределах, установленных нормативно-технической документацией. Нарушение работоспособности машины называется *отказом*.

Основными критериями работоспособности машин являются *прочность, жёсткость и износостойкость*, а в некоторых случаях *теплостойкость и виброустойчивость*.

# Основные понятия и определения курса ДМиОК

- ▣ Машины состоят из *деталей* - изделий из однородного материала, полученных без сборочных операций (болт, шпонка, вал, зубчатое колесо и т.д.), и *сборочных единиц* - изделий, собранных из деталей на предприятии-изготовителе (муфта, шарикоподшипник, редуктор и т.п.). Сборочная единица, которая может собираться отдельно от других составных частей изделия, называется *узлом*. Укрупненный, обладающий полной взаимозаменяемостью узел, выполняющий определённую функцию, называется машинным агрегатом (например, электродвигатель, силовая головка, насос), а метод компоновки промышленных изделий их отдельных агрегатов называется *агрегатированием*. Агрегатирование значительно упрощает проектирование сборки, эксплуатацию, ремонт и модернизацию изделий.

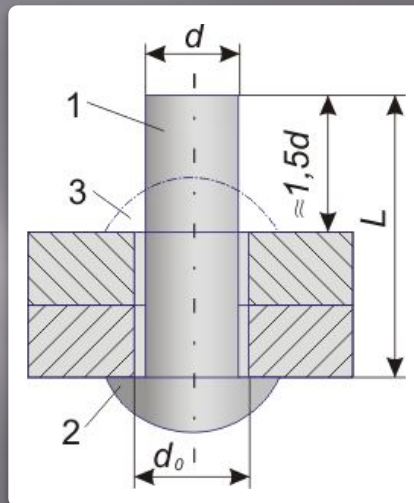
# СОЕДИНЕНИЯ

Часть производственного процесса, заключающаяся в соединении готовых деталей, сборочных единиц, узлов и агрегатов в изделия, называется *сборкой*. Применяемая в дальнейшем терминология соответствует ГОСТ 23887-79 «Сборка. Термины и определения».

**Классификация соединений.** Все многообразие сопряжений деталей машин при сборке можно подразделить на следующие виды соединений: - *по возможности относительного перемещения деталей* (подвижное, неподвижное); - *по сохранению целостности деталей при разборке* (разъёмное, неразъёмное); - *по форме сопрягаемых поверхностей* (плоское, цилиндрическое, коническое, сферическое, винтовое, профильное); - *по методу образования*, определяемого процессом получения соединения или конструкцией соединяющей детали (клёпаное, сварное, паяное, клеевое, прессовое, резьбовое, шпоночное, шлицевое, шрифтовое, клиновое и др.)

Соединения, при разборке которых нарушается целостность составных частей изделия, называют *неразъёмными*.

# Клёпаные соединения



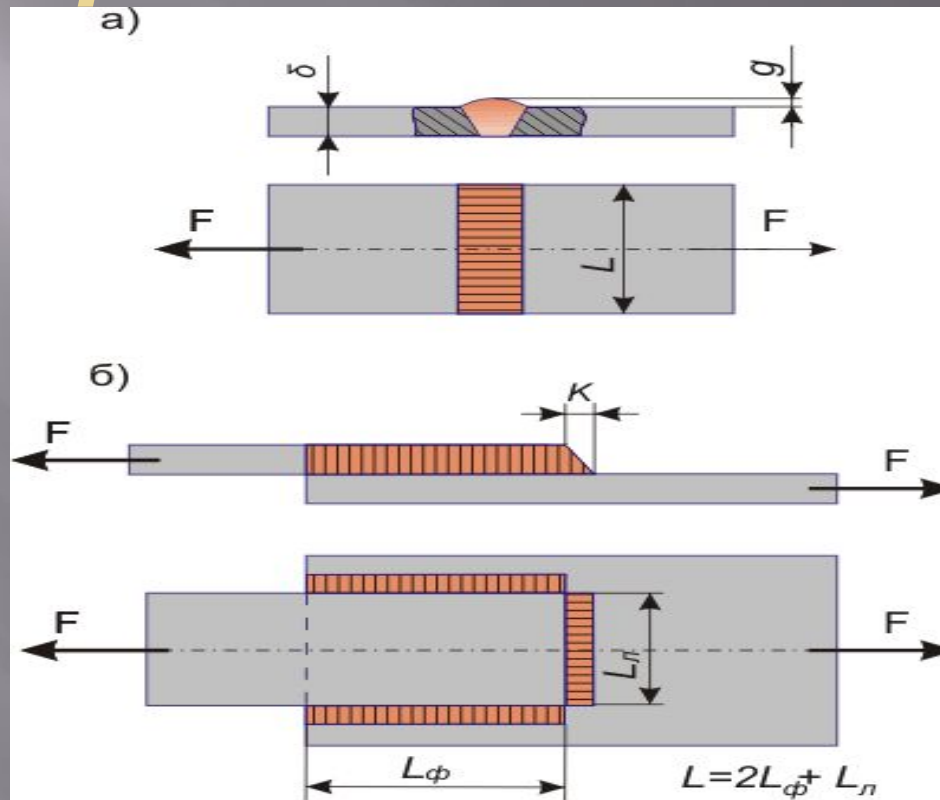
*Клепаным* называется соединение деталей с применением деталей из высокопластичного материала, состоящих чаще всего из стержня 1 и закладной головки 2; конец стержня расклепывается для образования замыкающей головки 3.

Клепаное соединение является неразъемным и неподвижным, так как в нем отсутствует возможность относительного движения составных частей.

Клепаные соединения применяют для изделий из листового, полосового материала или профильного проката в конструкциях, работающих в условиях ударных или вибрационных нагрузок (авиация водный транспорт, металлоконструкции мостов, подкрановых балок и т.д.)



# Сварные соединения

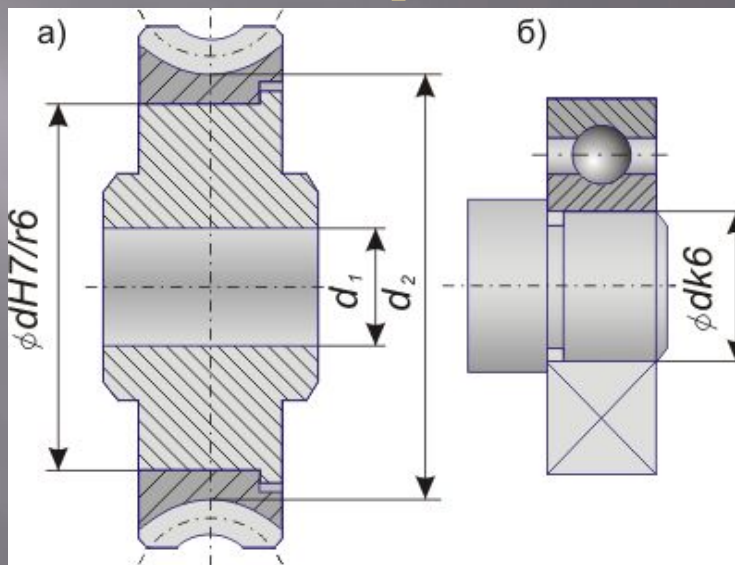


Сварным - называется неразъемное соединение, выполненное сваркой, т. е. путём установления межатомных связей между свариваемыми частями при их нагревании или пластическом деформировании.

Сварные соединения являются наиболее распространенными и совершенными из неразъемных соединений, так как лучше других обеспечивают условия равнопрочности, снижения массы и стоимости конструкции. Замена клепаных конструкций сварными уменьшает их массу до 25% а замена литых конструкций сварными уменьшает расход металла до 30% и более. Трудоемкость сварных конструкций значительно меньше клепаных, а возможности механизации и автоматизации технологического процесса значительно больше. Сварка позволяет соединять детали сложной формы, обеспечивает сравнительно бесшумный технологический процесс и герметичность соединений. В настоящее время сваривают детали, изготовленные из черных, многих цветных металлов, а также из пластмасс. *Свариваемость* материалов характеризуется их склонностью к образованию трещин при сварке и механическими свойствами соединения. Хорошей свариваемостью обладают низкоуглеродистые стали, плохой - высокоуглеродистые стали и чугуны.



# Соединения с гарантированным натягом (прессовые)



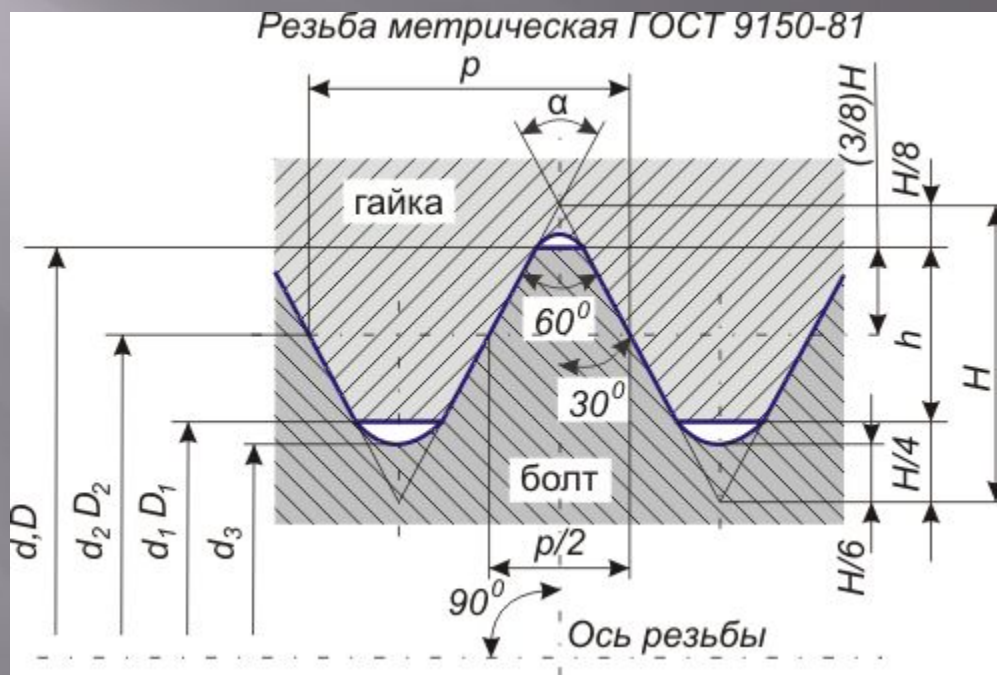
*Прессовым* называется соединение составных частей изделий с гарантированным натягом вследствие того, что размер охватываемой детали больше соответствующего размера охватывающей детали.

Прессовые соединения передают рабочие нагрузки за счет сил трения покоя между сопряженными поверхностями, которые могут быть цилиндрическими и коническими. Следует отметить, что прессовые соединения занимают промежуточное положение между неразъемными и разъемными соединениями, так как допускают нечастую разборку без нарушения целостности составных частей изделия.

# РАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

*Разъемными называют соединения, разборка которых происходит без нарушения целостности составных частей изделия. Разъемные соединения могут быть как подвижными, так и неподвижными. Наиболее распространенными в машиностроении видами разъемных соединений являются резьбовые, шпоночные, шлицевые, клиновые, штифтовые и профильные.*

# Резьбовые соединения



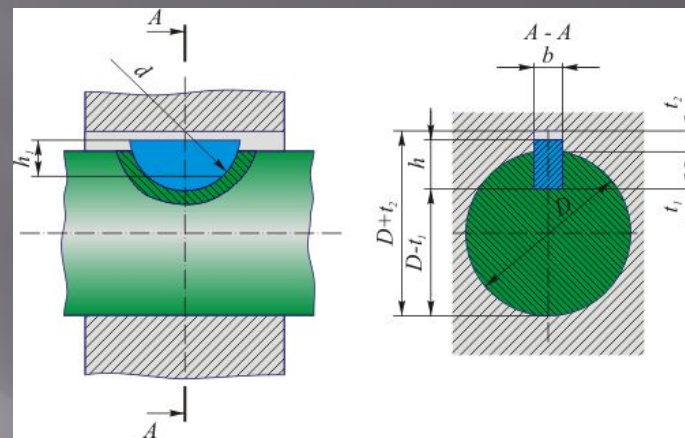
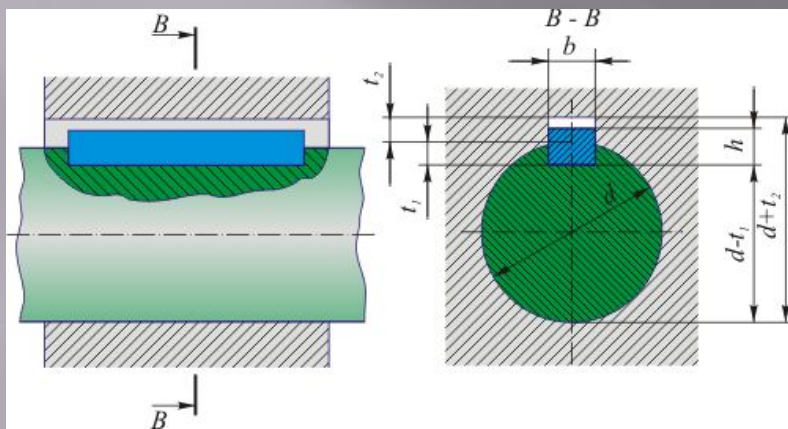
*Резьбовым* называют соединение составных частей изделия с применением детали, имеющей резьбу.

*Резьба* представляет собой чередующиеся выступы и впадины на поверхности тела вращения, расположенные по винтовой линии.

# Классификация резьб

Классифицировать резьбы можно по многим признакам: *по форме профиля* (треугольная, трапецеидальная, упорная прямоугольная, круглая и др.); *по форме поверхности* (цилиндрическая, коническая); *по расположению* (наружная, внутренняя); *по числу заходов* (однозаходная, многозаходная); *по направлению заходов* (правая, левая); *по величине шага* (с крупным, с мелким); *по эксплуатационному назначению* (крепежная, крепежно-уплотнительная, ходовая, специальная).

# Шпоночные соединения

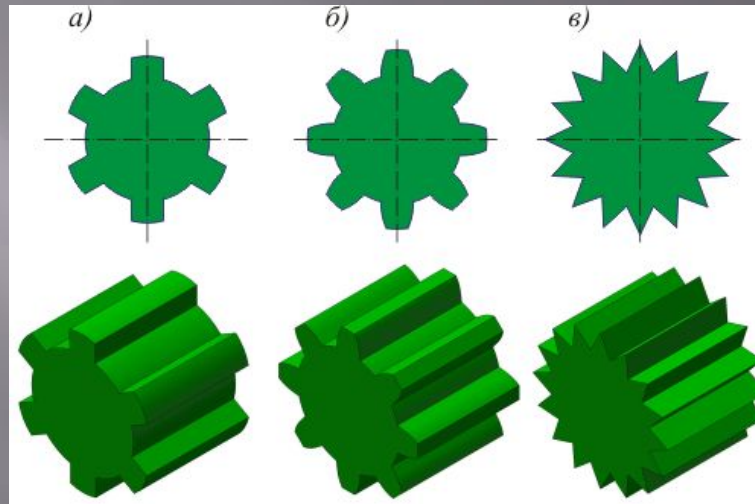


Шпоночными называют разъемные соединения составных частей изделия с применением шпонок. Шпоночные соединения могут быть неподвижными и подвижными и служат обычно для предотвращения относительного поворота ступицы и вала при передаче вращающего момента. Шпоночные соединения широко применяют во всех отраслях машиностроения.

*Достоинства* шпоночных соединений: простота и надежность конструкции, легкость сборки и разборки соединения, невысокая стоимость. Основной *недостаток* шпоночных соединений - снижение нагрузочной способности сопрягаемых деталей из-за ослабления их поперечных сечений шпоночными пазами и значительной концентрации напряжений в зоне этих пазов.



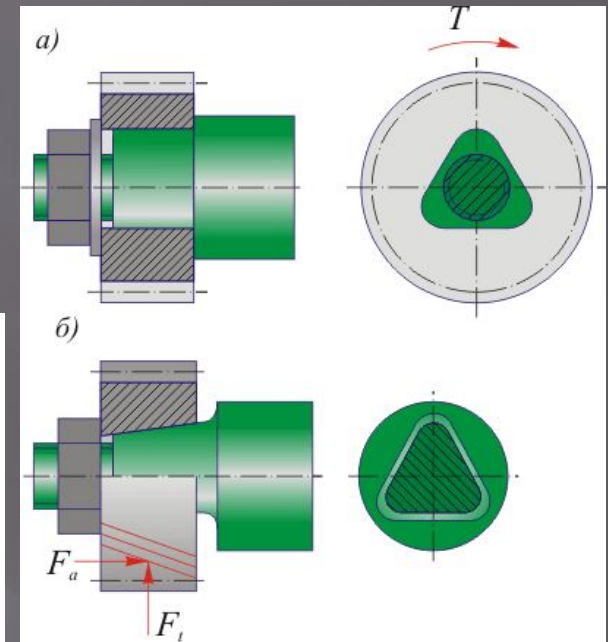
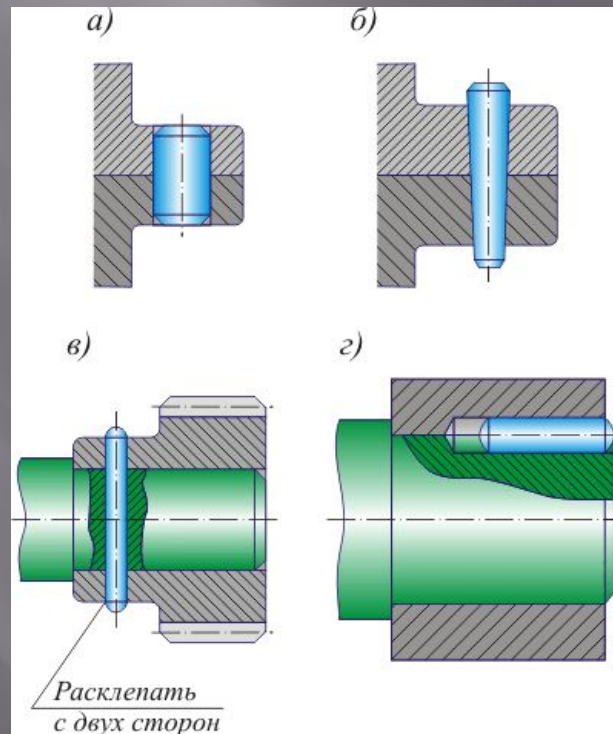
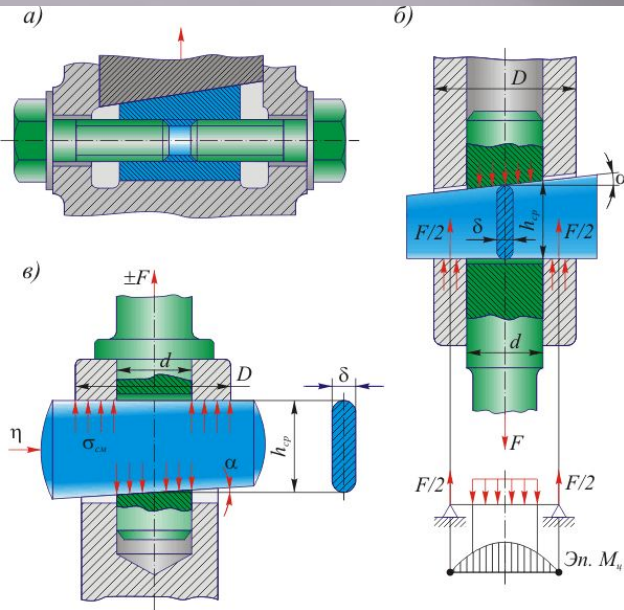
# Шлицевые соединения



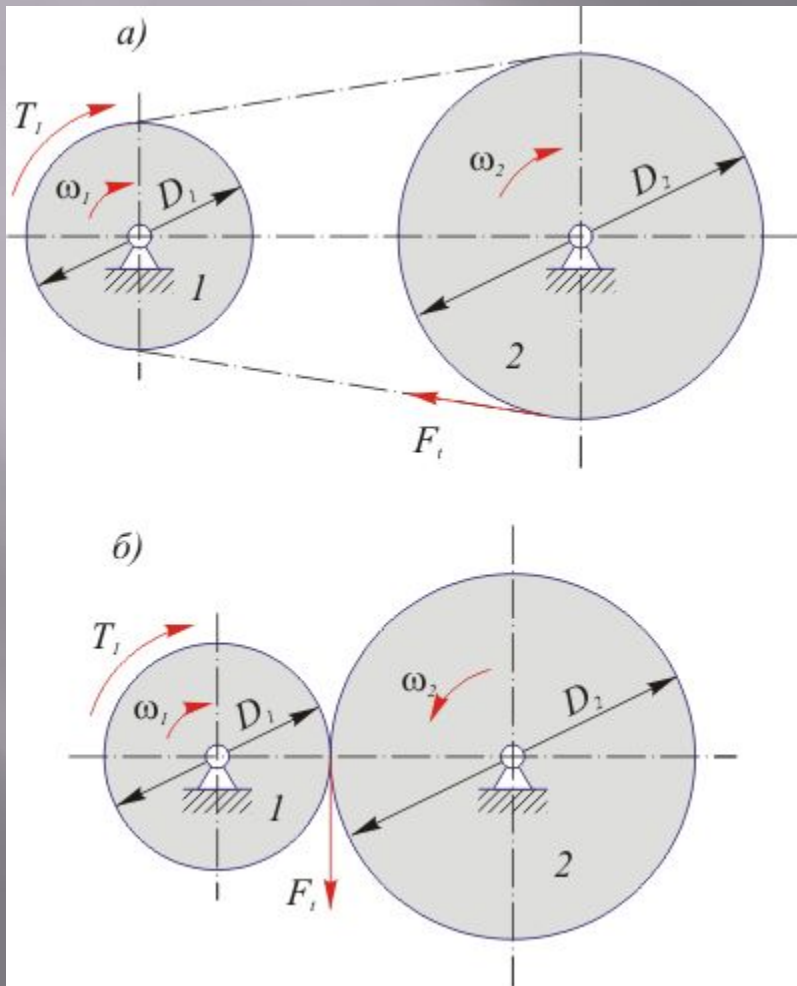
Шлицевое соединение можно представлять как многошпоночное, у которого шпонки выполнены за одно целое с валом. Шлицевые соединения по сравнению со шпоночными обладают значительными преимуществами, а именно: меньшее число деталей в соединении, значительно большая нагрузочная способность за счет большей площади контакта рабочих поверхностей вала и ступицы, меньшая концентрация напряжений в материале вала и ступицы, лучшее центрирование соединяемых деталей и более точное направление при осевом перемещении, высокая надежность при динамических и реверсивных нагрузках.



# Клиновые, штифтовые и профильные соединения



# ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧАХ



В самом общем виде передачи можно классифицировать *по способу передачи движения*: передачи трением (фрикционные, ременные); передачи зацеплением (зубчатые, червячные, цепные, винт-гайка); *по способу соединения звеньев*: передачи с непосредственным контактом (фрикционные, зубчатые, червячные, винт-гайка); передачи гибкой связью (ременные, цепные).

Звено передачи, которое получает движение от машины-двигателя, называется *ведущим*; звено, которому передается движение, называется *ведомым*, кроме того, в передачах бывают *промежуточные звенья*.

# ФРИКЦИОННЫЕ ПЕРЕДАЧИ

Фрикционной передачей называется механизм, служащий для передачи вращательного движения от одного вала к другому с помощью сил трения, возникающих между насаженными на валы и прижатыми друг к другу дисками, цилиндрами или конусами.

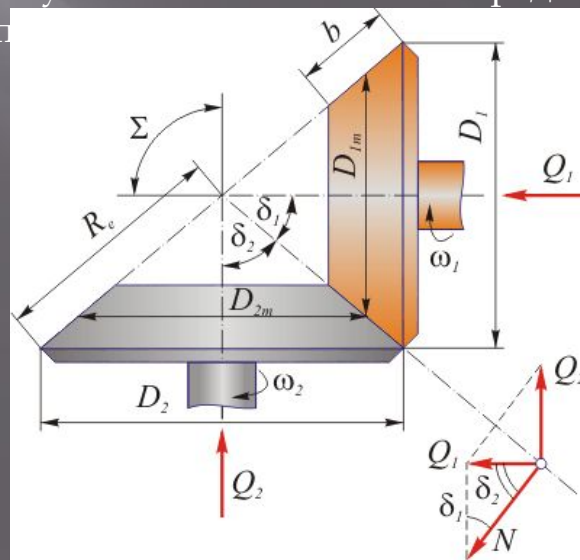
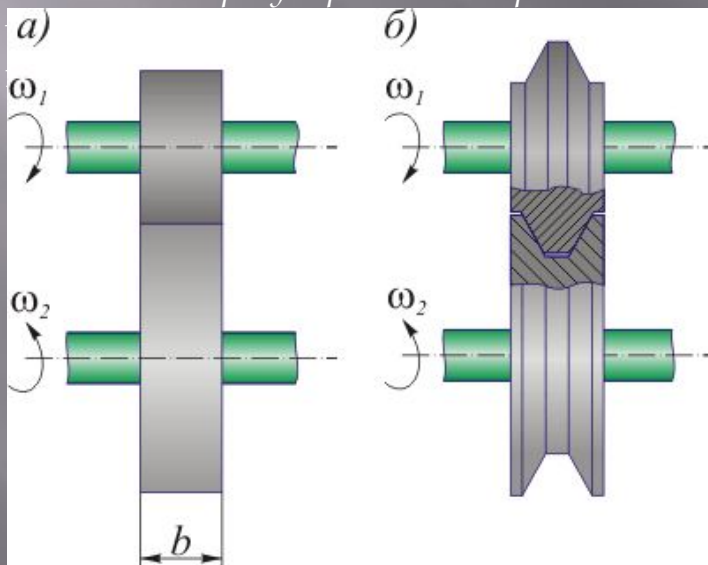
Фрикционные передачи можно классифицировать по нескольким признакам:

По расположению осей валов (с параллельными осями, с пересекающимися осями и соосные);

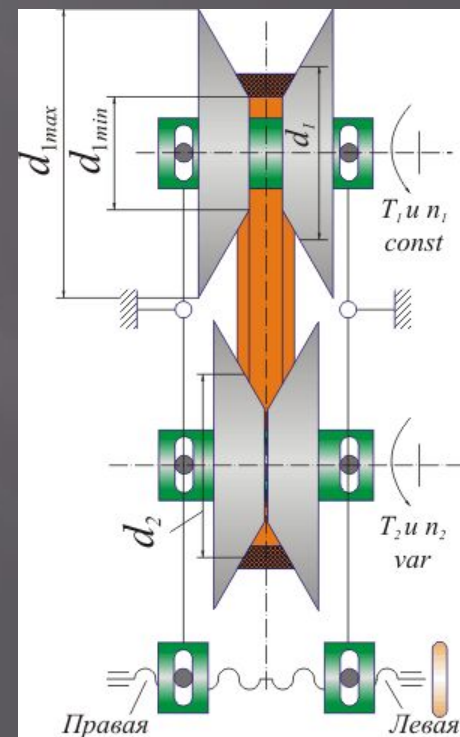
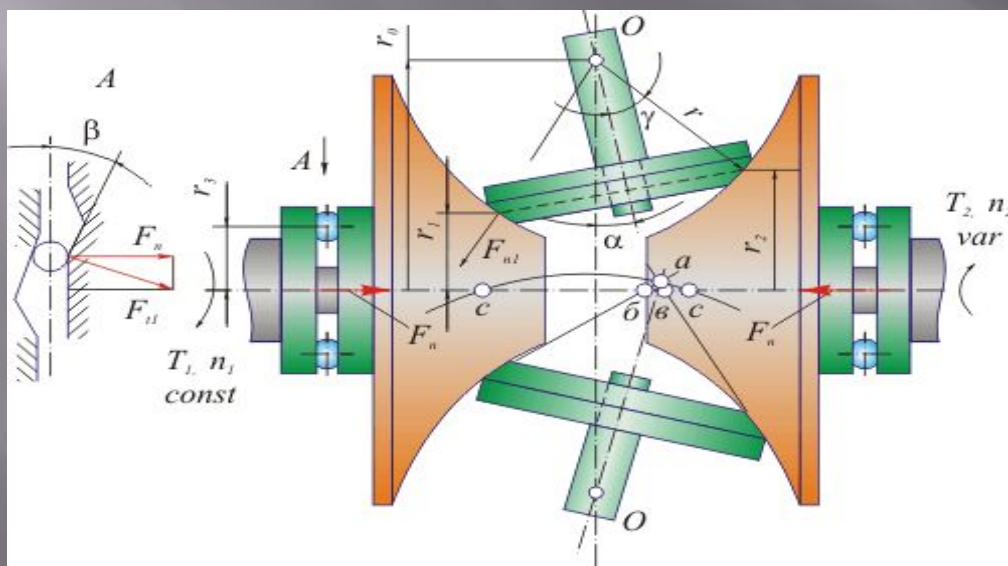
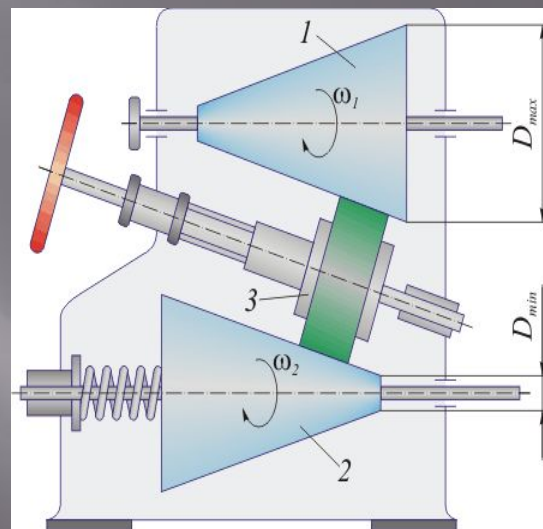
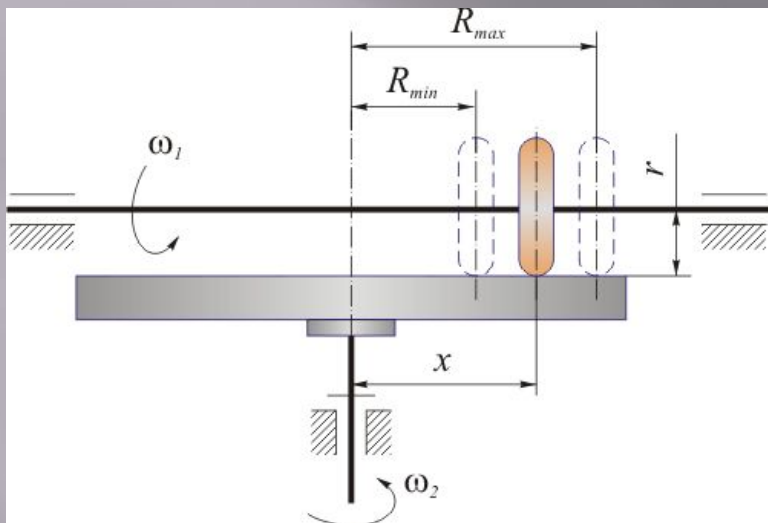
по форме тел качения (с гладкими цилиндрическими катками, рис. 5.1,а; катками с клинчатым ободом, рис. 5.1,б; с коническими катками, рис. 5.4; торовые, рис. 5.8; сферические и др.);

по условиям работы (открытые - работающие всухую и закрытые - работающие в масляной ванне);

по возможности регулирования передаточного числа (с условно постоянным передаточным числом и с регулируемым передаточным числом).

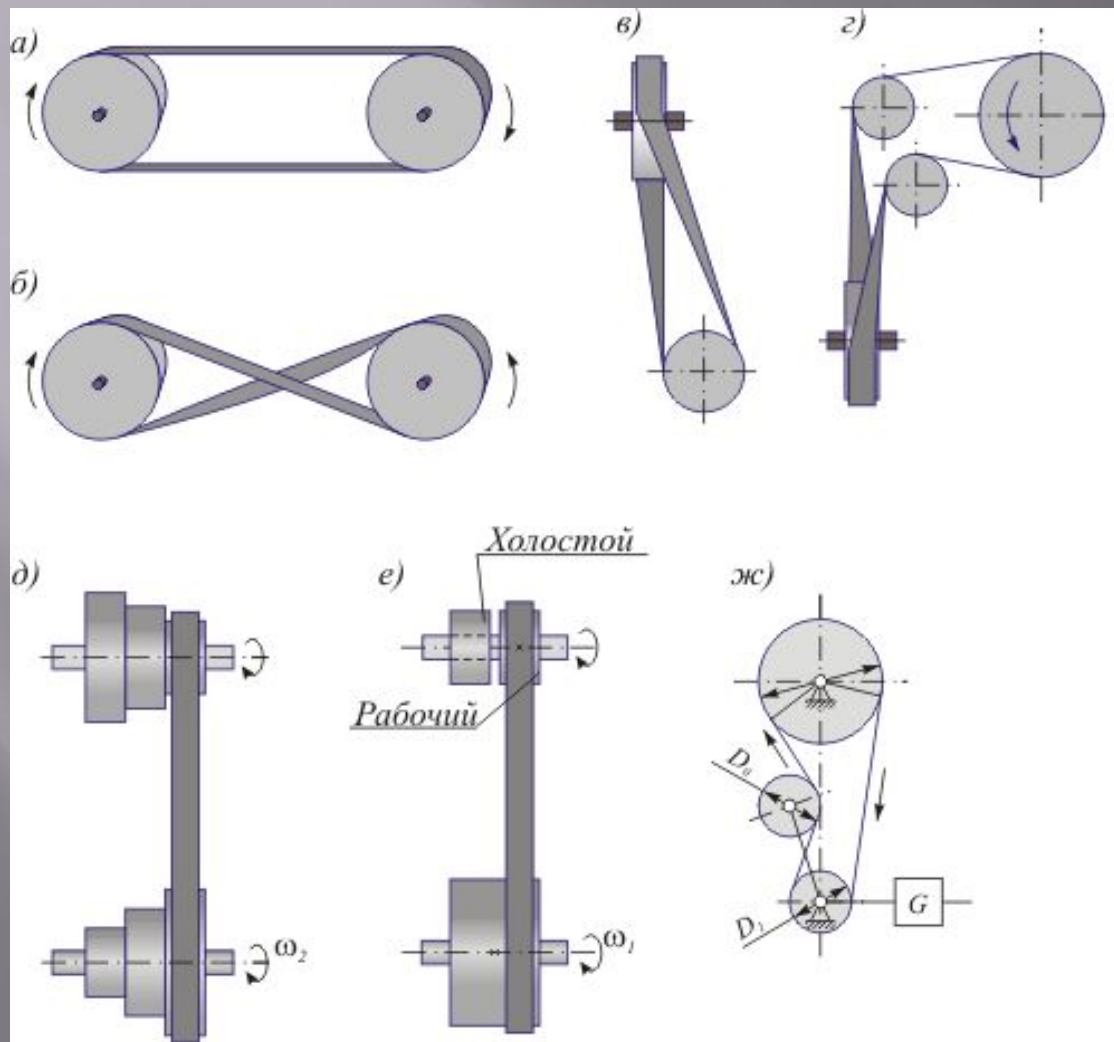


# Фрикционные вариаторы





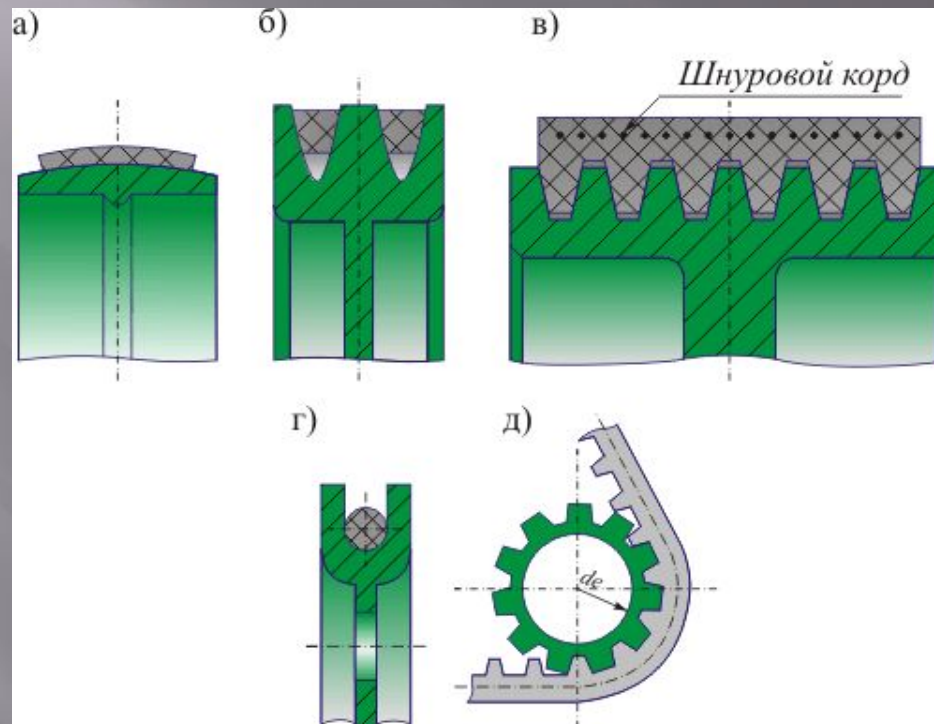
# РЕМЕННЫЕ ПЕРЕДАЧИ



*Ременной передачей* называется механизм, служащий для преобразования вращательного движения при помощи шкивов, закрепленных на валах, и бесконечной гибкой связи - приводного ремня, охватывающего шкивы.

*Достоинства* ременных передач: простота конструкции и эксплуатации; плавность и бесшумность работы, обусловленные значительной податливостью приводного ремня; возможность передачи вращения валам, удаленным на большие расстояния (до 15м и более); невысокая стоимость. *Недостатки*: малая долговечность приводных ремней; сравнительно большие габариты; высокие нагрузки на валы и их опоры; непостоянство передаточного числа большинства ременных передач.

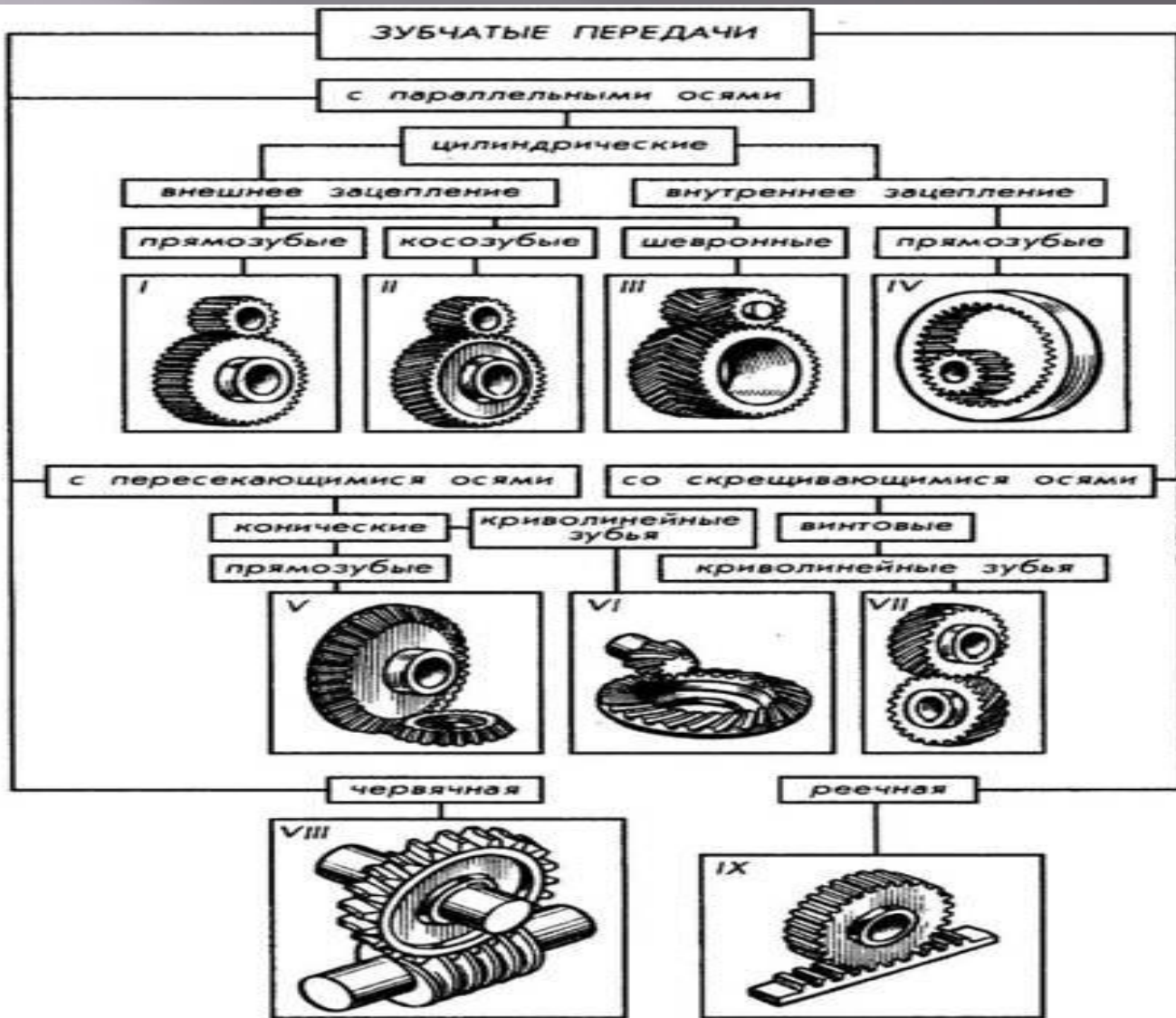
# Классификация ременных передач



В зависимости от профиля сечения ремня передачи можно классифицировать следующим образом: а - плоскоременная; б - клиноременная; в - поликлиноременная; г - круглоременная; д - зубчатая ременная; первые четыре являются передачами трением, последняя - передача зацеплением.



# ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ



*Зубчатой передачей* называется трехзвенный механизм, в котором два подвижных зубчатых звена образуют с неподвижным звеном вращательную или поступательную пару. Зубчатое звено передачи может представлять собой *колесо, сектор или рейку*. Зубчатые передачи служат для преобразования вращательных движений или вращательного движения в поступательное.

Зубчатое зацепление представляет собой высшую кинематическую пару, так как зубья теоретически соприкасаются между собой по линиям или точкам, причем меньшее зубчатое колесо пары обычно называется *шестерней*, а большее - просто *колесом*. Сектор цилиндрического зубчатого колеса бесконечно большого диаметра называется зубчатой рейкой.

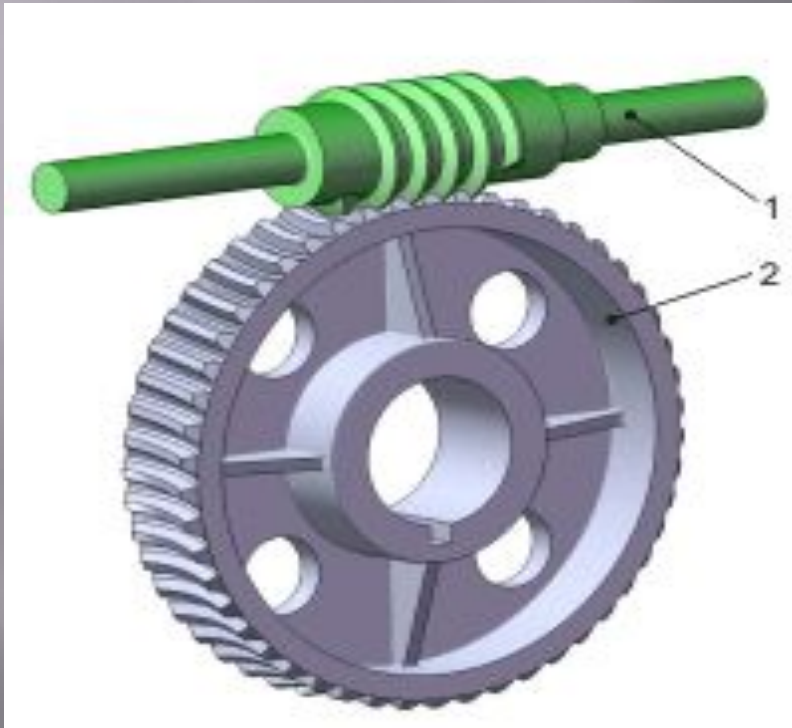
Зубчатые передачи можно классифицировать по многим признакам, а именно: *по расположению осей валов* (с параллельными, пересекающимися; скрещивающимися осями и соосные); *по условиям работы* (закрытые – работающие в масляной ванне и открытые – работающие всухую или смазываемые периодически); *по числу ступеней* (одноступенчатые, многоступенчатые); *по взаимному расположению колес* (с внешним и внутренним зацеплением); *по изменению частоты вращения валов* (понижающие, повышающие); *по форме поверхности, на которой нарезаны зубья* (цилиндрические, конические); *по окружной скорости колёс* (тихоходная при скорости до 3м/с, среднескоростные при скорости до 15м/с, быстроходные при скорости выше 15м/с); *по расположению зубьев относительно образующей колеса* (прямозубые, косозубые, шевронные, с криволинейными зубьями), *по форме профиля зуба* (эвольвентные, круговые, циклоидальные).

Кроме перечисленных существуют передачи с гибкими зубчатыми колёсами, называемые *волновыми*.

*Достоинства* зубчатых передач заключаются, прежде всего, в том, что при одинаковых характеристиках они значительно более компактны по сравнению с другими видами передач. Кроме того, зубчатые передачи имеют более высокий КПД (до 0,99 в одной ступени), сохраняют постоянство передаточного числа, создают относительно небольшую нагрузку на опоры валов, имеют большую долговечность и надежность работы в широких диапазонах мощностей (до десятков тысяч киловатт), окружных скоростей (до 150м/с) и передаточных чисел (до нескольких сотен).

*Недостатки* зубчатых передач: сложность изготовления точных передач, возможность

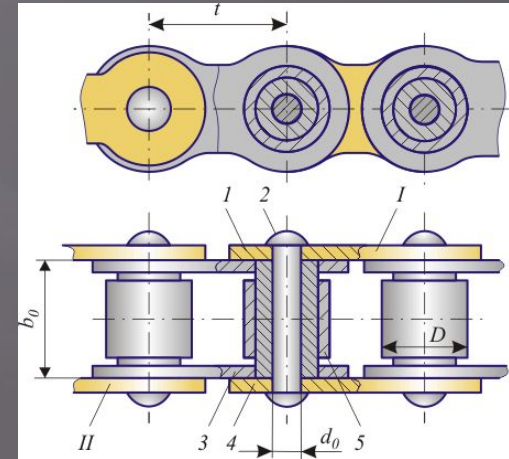
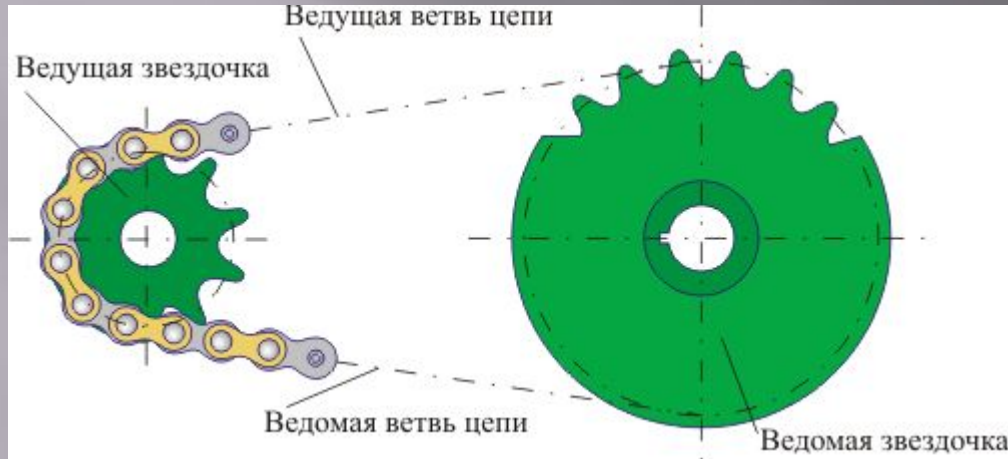
# ЧЕРВЯЧНЫЕ ПЕРЕДАЧИ



*Червячной передачей* называется механизм, служащий для преобразования вращательного движения между валами со скрещивающимися осями. Обычно червячная передача состоит из червяка 1 и сопряженного с ним червячного колеса 2. Угол скрещивания осей обычно равен  $90^\circ$ . Червячные передачи относятся к передачам зацеплением, в которых движение осуществляется по принципу винтовой пары. Червячную передачу можно получить из рассмотренной ранее винтовой зубчатой передачи, если уменьшить число зубьев одного из косозубых колес до  $z_1=1\dots 4$  и увеличить их угол наклона к оси, превратив таким образом косозубое колесо в винт (червяк). Поэтому *червячные передачи относят к категории зубчато-винтовых*.



# ЦЕПНЫЕ ПЕРЕДАЧИ



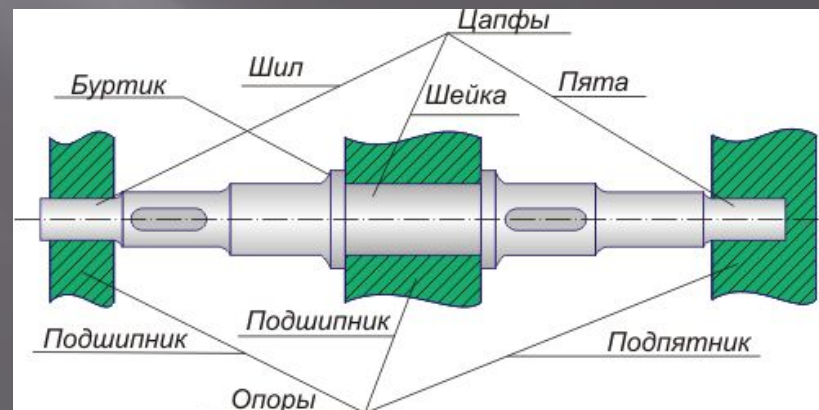
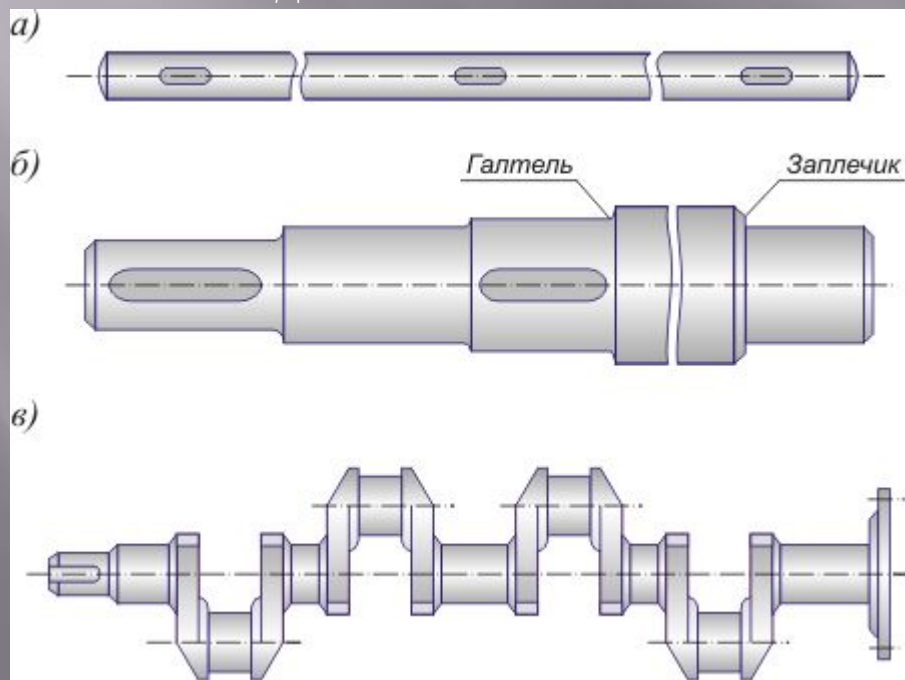
*Цепной передачей* называется механизм, служащий для преобразования вращательного движения между параллельными валами при помощи двух жесткозакрепленных на них зубчатых колес - звездочек и надетой на них бесконечной цепи. Цепь - многосвязная гибкая связь, которая может использоваться для перемещения грузов (тяговые цепи), подвески или подъема и опускания грузов (грузовые цепи), для передачи движения (приводные цепи).

*Достоинства* цепных передач заключаются в том, что они позволяют передавать вращение удаленным (до 8м) валам, а также приводить в движение одной цепью несколько валов; в цепной передаче отсутствует проскальзывание, а радиальная нагрузка на валы в два раза меньше, чем в ременной передаче; цепные передачи имеют высокий КПД (при благоприятных условиях  $\eta=0,97...0,99$ ), могут осуществлять передачу значительных мощностей (до нескольких тысяч киловатт), допускают скорости движения цепи до 35м/с и передаточные числа до  $u=10$ .

*Недостатки* цепных передач: повышенная виброактивность и шум при работе вследствие пульсации скорости цепи и динамических нагрузок; интенсивный износ шарниров вследствие трения и трудностей смазывания, вытягивание цепи вследствие износа шарниров и удлинения пластин.

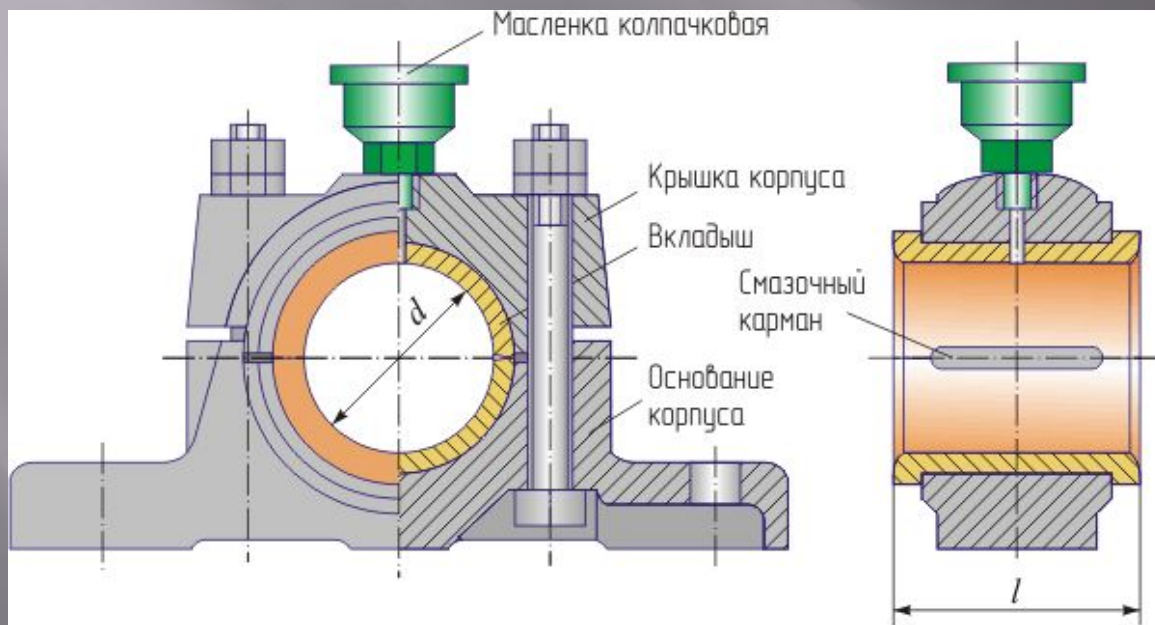
# ВАЛЫ И ОСИ

Вал - деталь машин, предназначенная для передачи крутящего момента вдоль своей осевой линии. В большинстве случаев валы поддерживают вращающиеся вместе с ними детали (зубчатые колеса, шкив, звездочки и др.). Некоторые валы (например, гибкие, карданные, торсионные) не поддерживают вращающиеся детали. Валы машин, которые кроме деталей передач несут рабочие органы машины, называются коренными. Коренной вал станков с вращательным движением инструмента или изделия называется шпинделем.



# ОПОРЫ ВАЛОВ И ОСЕЙ (ПОДШИПНИКИ)

Валы и вращающиеся оси монтируют на опорах, которые определяют положение вала или оси, обеспечивают вращение, воспринимают нагрузки и передают их основанию машины. Основной частью опор являются подшипники, которые могут воспринимать радиальные, радиально-осевые и осевые нагрузки; в последнем случае опора называется *подпятником*, а подшипник носит название упорного.





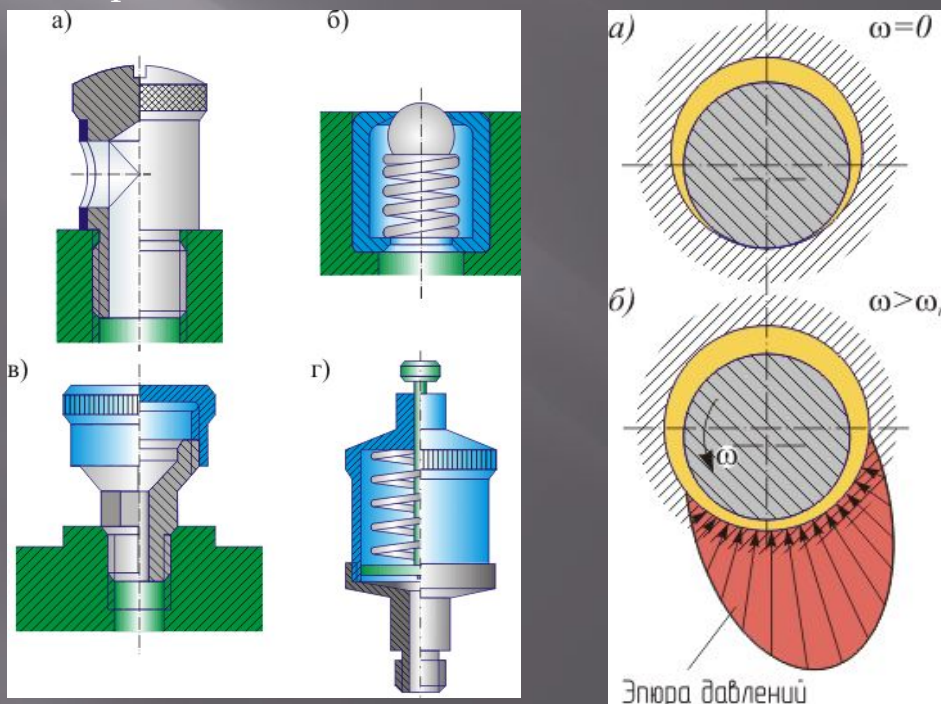
Подшипники, работающие по принципу трения скольжения, называются *подшипниками скольжения*. Простейшим подшипником скольжения является отверстие, расточенное непосредственно в корпусе машины, в которое обычно вставляют втулку (вкладыш) из антифрикционного материала.

*Достоинства* подшипников скольжения: малые габариты в радиальном направлении, хорошая восприимчивость ударных и вибрационных нагрузок, возможность применения при очень высоких частотах вращения вала и в прецизионных машинах, большая долговечность в условиях жидкостного трения, возможность использования при работе в воде или агрессивной среде.

*Недостатки* подшипников скольжения: большие габариты в осевом направлении, значительный расход смазочного материала и необходимость систематического наблюдения за процессом смазывания, необходимость применения дорогостоящих и дефицитных антифрикционных материалов для вкладышей.

Для уменьшения потерь энергии на преодоление трения, обеспечения износостойкости, отвода теплоты из зоны контакта, удаления продуктов изнашивания, и предохранении от коррозии применяют смазывание трущихся поверхностей.

Подача смазочного материала в зону смазывания осуществляется самотеком или под давлением с помощью разнообразных смазочных устройств.



# Подшипники качения

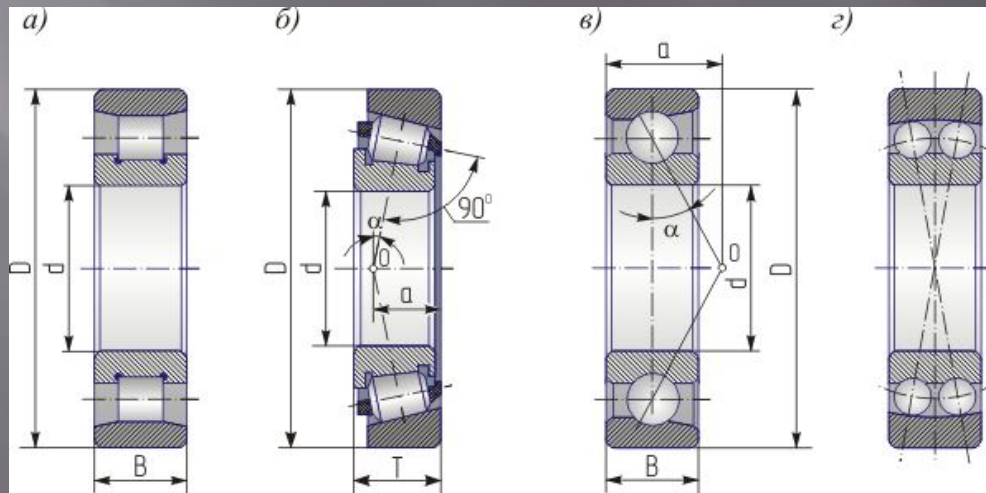
Подшипники работающие по принципу трения качения, называются *подшипниками качения*.

В настоящее время такие подшипники имеют наибольшее распространение.

*Достоинства* подшипников качения: малые потери на трение и незначительный нагрев, малый расход смазки, небольшие габариты в осевом направлении, невысокая стоимость (массовое производство) и высокая степень взаимозаменяемости.

К *недостаткам* подшипников качения относятся: чувствительность к ударным и вибрационным нагрузкам, большие габариты в радиальном направлении, малая надежность в высокоскоростных приводах.

*Классификация* подшипников качения может осуществляться по направлению воспринимаемой нагрузки (радиальные, радиально-упорные, упорно-радиальные, упорные, комбинированные); по возможности самоустановки (самоустанавливающиеся, несамоустанавливающиеся); по габаритным размерам (серии диаметров и ширин); по конструктивным особенностям (с контактным уплотнением, с защитной шайбой, с фланцем на наружном кольце и т.д.); по виду тел качения и по количеству их рядов.

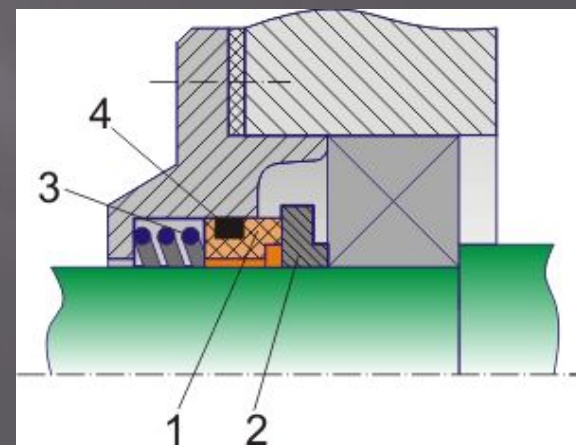
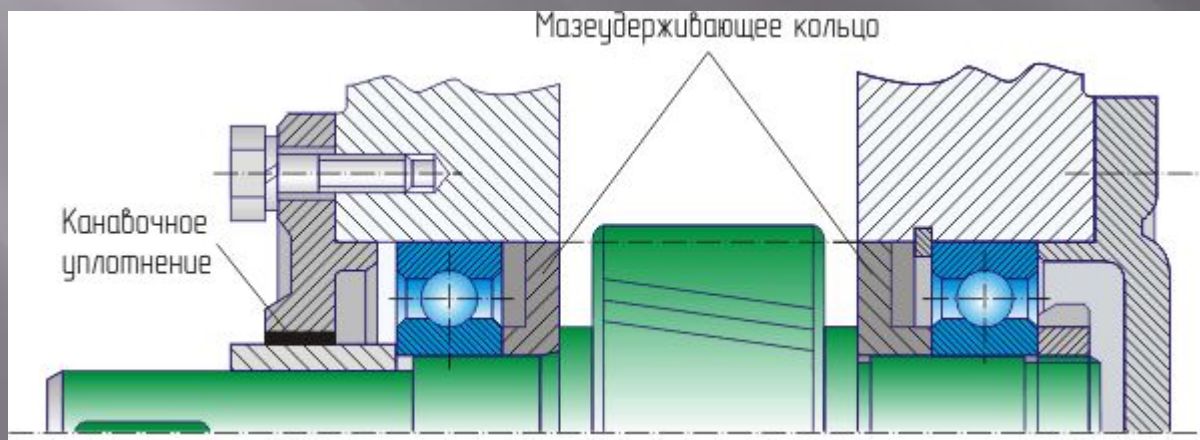


# Конструкции подшипниковых узлов

Работоспособность подшипников качения в значительной степени зависит от рациональности конструкции подшипникового узла, качества его монтажа и регулировки.

Кольцо подшипника, вращающееся относительно вектора нагрузки, устанавливается на вал или в корпус посадкой с небольшим натягом во избежание обкатывания этого кольца по сопряженной поверхности и ее изнашивания; другое кольцо подшипника соединяется посадкой с очень малым зазором, достаточным для возможности осевых перемещений кольца при монтаже и температурных деформациях валов. Для предотвращения вытекания смазочного материала и защиты подшипников от попадания извне пыли, грязи и влаги применяются *уплотнительные устройства*.

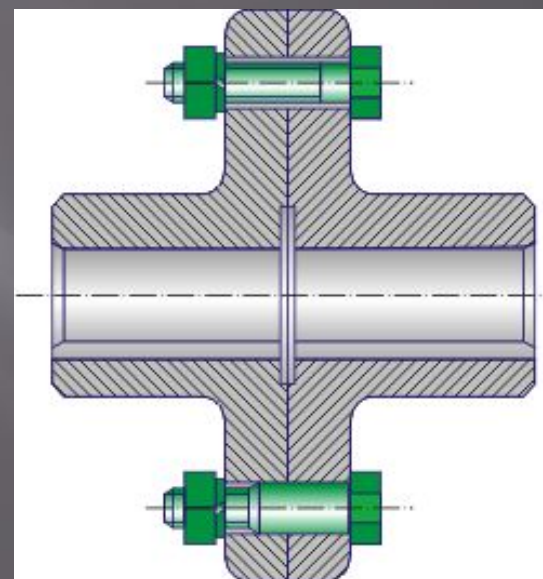
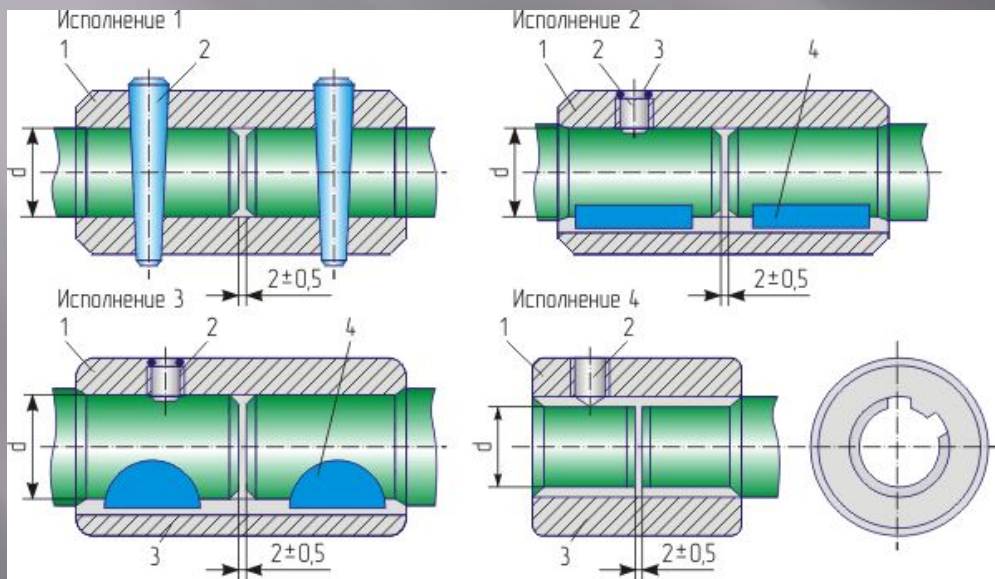
По принципу действия эти устройства подразделяют на *контактные, щелевые, лабиринтные, центробежные и комбинированные*.



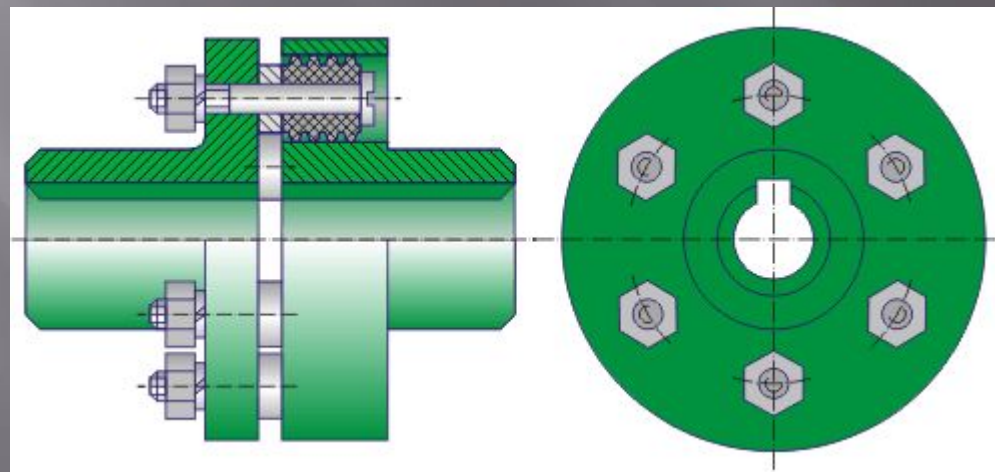
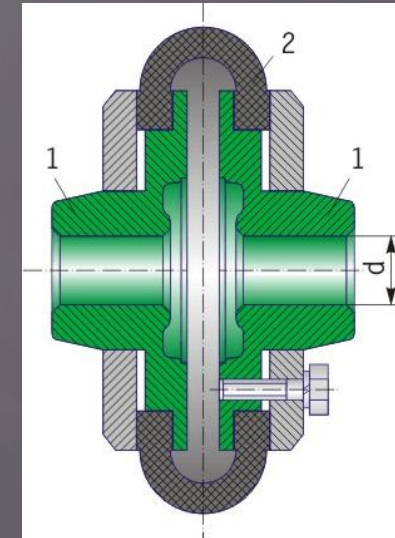
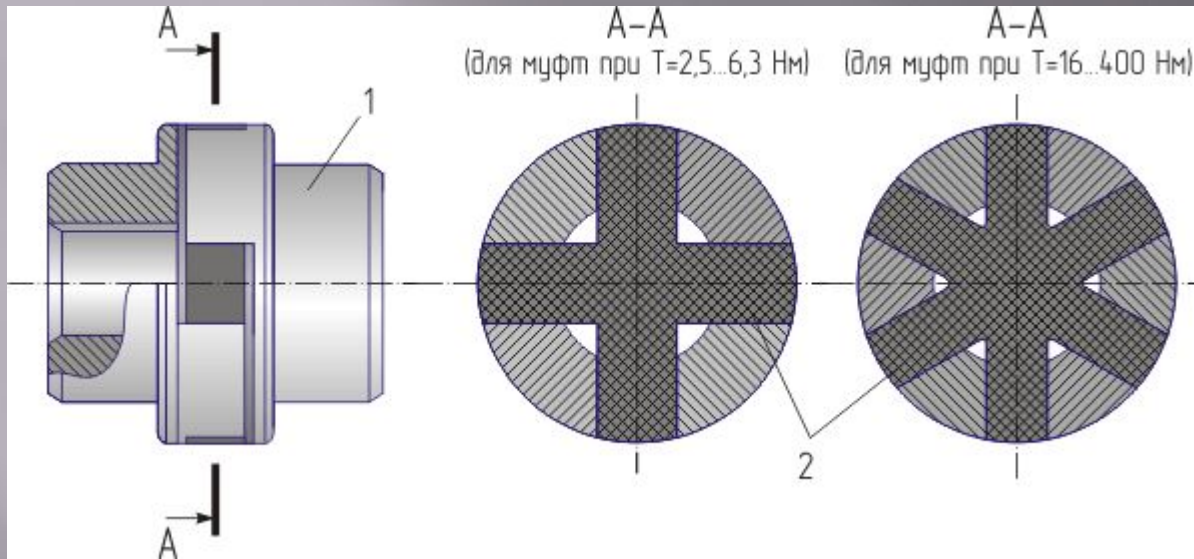


# МУФТЫ

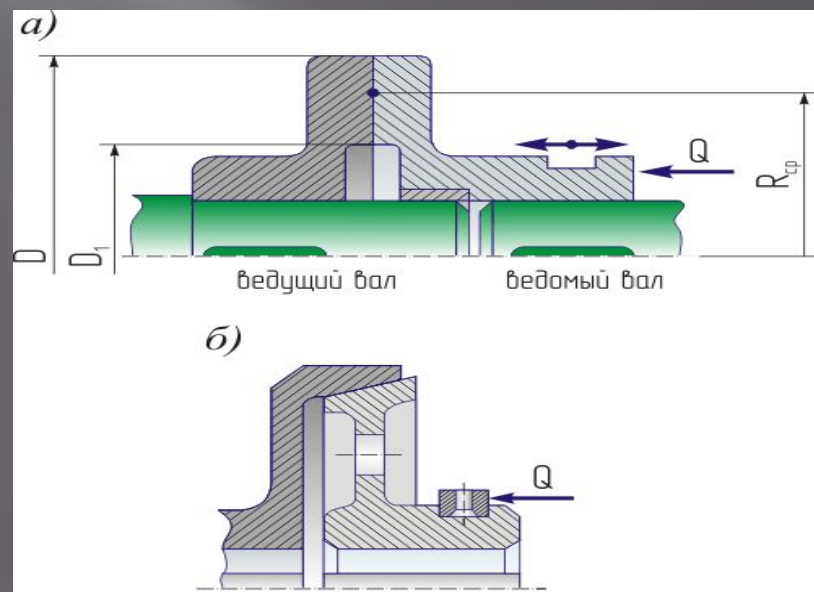
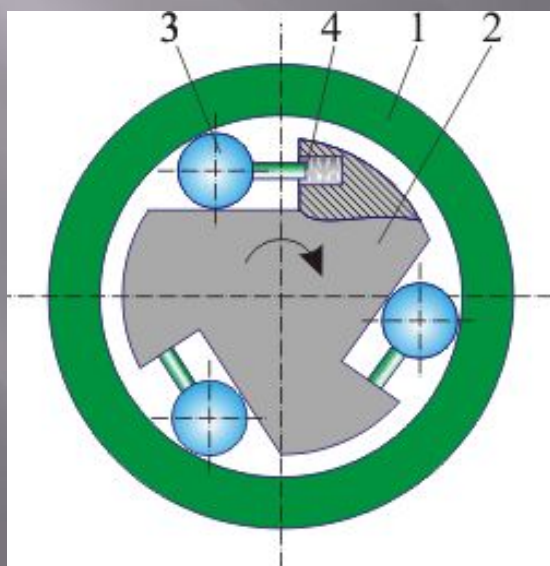
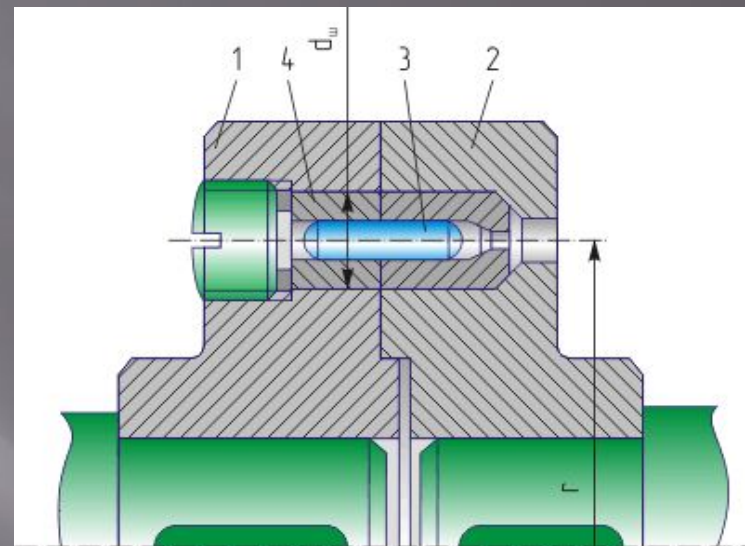
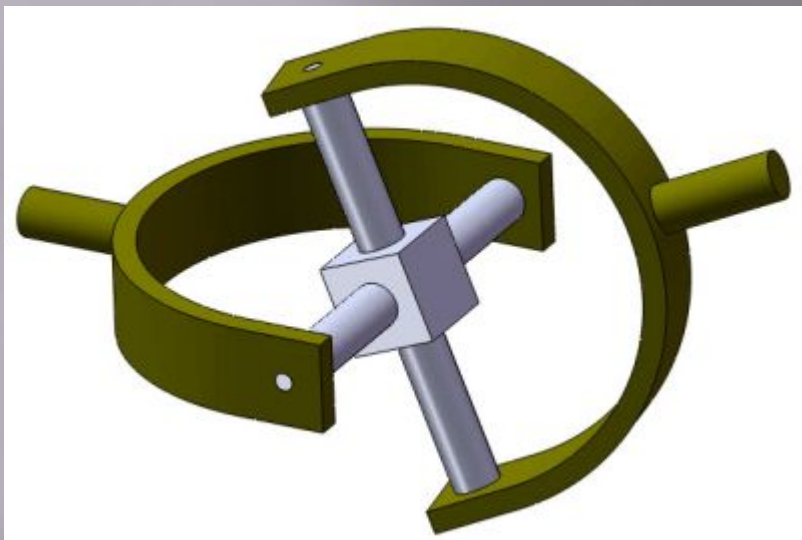
Приводными муфтами (обычно просто муфтами) называются устройства, служащие для кинематической и силовой связи валов в приводах машин и механизмов. Муфты передают с одного вала на другой вращающий момент без изменения его величины и направления, а также компенсируют монтажные неточности и деформации геометрических осей валов, разъединяют и соединяют валы без остановки двигателя, предохраняют машину от поломок аварийных режимах, в некоторых случаях поглощают толчки и вибрации, ограничивают частоту вращения и т.д.



# Упругие муфты



# Специальные муфты





# УПРУГИЕ ЭЛЕМЕНТЫ В МАШИНАХ

Упругие элементы – детали, жёсткость которых намного меньше, чем у остальных, а деформации выше.

Благодаря этому своему свойству упругие элементы первыми воспринимают удары, вибрации, деформации.

Чаще всего упругие элементы легко обнаружить при осмотре машины, как, например, резиновые покрышки колёс, пружины и рессоры, мягкие кресла водителей и машинистов.

