

Министерство сельского хозяйства РФ
Мичуринский филиал
ФГБОУ ВО “ Брянский государственный аграрный университет ”

Ивашкина Л.М.

ДЕТАЛИ МАШИН

Учебное пособие

Брянск, 2018

УДК 621.8(07)
ББК 34.44
И 24

Ивашкина, Л. М. **Детали машин**: учебное пособие / Л. М. Ивашкина – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2018 . – 43 с.

Учебное пособие составлено в соответствии с рабочей программой дисциплины Детали машин для обучающихся среднего профессионального образования по специальности 15.02.03 Монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям) с целью оказания помощи при выполнении внеаудиторной самостоятельной работы. В учебном пособии в систематическом виде представлены конспекты лекций с планами и контрольными вопросами и заданиями.

Рецензент: преподаватель общепрофессиональных дисциплин Мичуринского филиала Брянского ГАУ Демьянов А. В.

Печатается по решению методического совета Мичуринского филиала Брянского ГАУ протокол № 5 от 10.04.2017 г.

© Мичуринский филиал
ФГБОУ ВО «Брянский
государственный аграрный
университет», 2018
© Ивашкина Л.М., 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Раздел 1. Соединения деталей	7
Тема 1.1. Неразъемные соединения деталей	7
Тема 1.2. Разъемные соединения деталей	8
Раздел 2. Механические передачи	12
Тема 2.1 Общие сведения о механических передачах	12
Тема 2.2. Зубчатые передачи	13
Тема 2.3. Червячные передачи	19
Тема 2.4. Ременные передачи	22
Тема 2.5. Цепные передачи	27
Тема 2.6. Фрикционные передачи	29
Раздел 3. Детали и узлы, обслуживающие механические передачи	31
Тема 3.1. Валы и оси	31
Тема 3.2. Подшипники	33
Тема 3.3. Муфты	36
Тема 3.4. Редукторы	38
Вопросы для промежуточной аттестации по дисциплине	41
Список используемой литературы	42
Интернет - ресурсы	42

ВВЕДЕНИЕ

Развитие машиностроения характеризуется широким внедрением гибких автоматических производств, позволяющих оперативно перестраиваться на выпуск новой продукции и дающих наибольший экономический эффект, повсеместным внедрением автоматических линий, систем автоматического управления и проектирования, промышленных роботов, роторных и роторно-конвейерных комплексов, машин и оборудования со встроенными средствами микропроцессорной техники, а также многооперационных станков с числовым программным управлением (ЧПУ).

Создание новых машин и оборудования необходимо осуществлять только на основе унифицированных блочно-модульных и базовых конструкций (например, унифицированный станочный модульный блок — станок с числовым программным управлением в сочетании с промышленным роботом и автоматическим транспортным накопительным устройством с обязательным наличием микропроцессора).

В технике широко применяют механические системы, разделяемые на машины, механизмы и механические приспособления (домкраты, динамометры, рычажные и винтовые прессы, весы и др.).

Машиной называют устройство, выполняющее механические движения для преобразования энергии, материалов, движения или для накопления и переработки информации с целью повышения производительности, замены или облегчения физического и умственного труда человека.

Машины делят в основном на две большие группы: машины-двигатели и рабочие машины. Машины-двигатели — энергетические машины, предназначенные для преобразования энергии любого вида в энергию движения исполнительных органов рабочих машин. К таким машинам относят электродвигатели, двигатели внутреннего сгорания, паровые машины и т.п. Рабочие машины предназначены для облегчения и замены физического труда человека по изменению формы, свойств, состояния, размера и положения обрабатываемых материалов, для перемещения различных грузов, а также для облегчения и замены его логической деятельности при выполнении расчетных операций и операций контроля и управления производственными процессами. К таким машинам относят всевозможные станки для обработки материалов, дорожные, сельскохозяйственные и транспортные машины, подъемные краны, транспортеры, вычислительные машины, устройства робототехники: манипуляторы, автооператоры, промышленные роботы и др.

В зависимости от способа управления движением машин различают: машины ручного управления, полуавтоматического и автоматического действия. К машинам с ручным управлением относят те их разновидности, в которых оператор (рабочий) находится на соответствующем встроенном в машину рабочем месте (автомобили, тракторы и т. п.) или в непосредственной близости от машины (металлорежущие станки и др.). В машинах полуавтоматического действия часть операций имеет ручное управление, а часть — с помощью устройств автоматического действия. В машинах автоматического действия

(машины-автоматы) все операции осуществляются по заданной программе без непосредственного участия человека с помощью специальных устройств или современных электронных машин (металлорежущие станки с числовым программным управлением, а также промышленные роботы, оснащенные ЭВМ, системой датчиков для сбора и устройств для переработки информации).

Манипулятор (от лат. manus — рука) — управляемое устройство или машина для выполнения двигательных функций, аналогичных функциям руки человека при перемещении объектов в пространстве, оснащенное рабочим органом.

Автооператор — автоматическая машина, состоящая из исполнительного устройства в виде манипулятора или совокупности манипулятора и устройства передвижения и неперепрограммируемого устройства управления.

Промышленный робот — автоматическая машина, стационарная или подвижная, состоящая из исполнительного устройства в виде манипулятора, имеющего несколько степеней подвижности, и перепрограммируемого устройства программного управления для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций.

Перепрограммируемость — свойство промышленного робота заменять управляемую программу автоматически или при помощи человека-оператора.

Многочисленные разновидности машин отличаются осуществляемыми с их помощью производственными процессами. Их сходство определяется наличием в машинах механизмов, предназначенных для передачи и преобразования движения.

Механизмом называют совокупность взаимосвязанных звеньев, допускающую их относительное движение и предназначенную для преобразования движения одного или нескольких звеньев в требуемые движения остальных звеньев. Звено механизма — одна или несколько жестко соединенных деталей. Различают входные и выходные звенья механизма. Входное звено — звено, которому сообщается движение, преобразуемое механизмом в требуемые движения других звеньев. Выходное звено — звено, совершающее движение, для выполнения которого предназначен механизм. В каждой паре совместно работающих звеньев в направлении силового потока различают ведущие и ведомые звенья.

Все машины и механизмы состоят из деталей и узлов. Деталь—изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций. Детали могут быть простыми (шпонка, болт, гайка и т.п.) или сложными (корпус редуктора, станина станка, коленчатый вал и т.п.). Детали (частично или полностью) объединяют в узлы. Узел — представляет собой законченную сборочную единицу, состоящую из ряда деталей, имеющих общее функциональное назначение (подшипник качения, муфта, редуктор и т.п.).

Многие детали и узлы различных машин похожи, имеют одинаковые функциональные назначения и широко применяются, например, крепежные и соединительные детали, валы и оси, зубчатые колеса, подшипники, муфты, смазочные и уплотнительные устройства и т.д. Такие детали и узлы машин называют деталями (и узлами) общего назначения. Детали, характерные только

для некоторых типов машин (например, пропеллеры самолетов, гребные винты судов, лопадки турбин, шатуны, коленчатые валы и поршни двигателей и т.п.), называются деталями специального назначения.

Все детали и узлы общего назначения делят на три основные группы: соединительные детали и соединения (сварные, резьбовые, шпоночные и др.); передачи вращательного движения (ременные, зубчатые, червячные и др.); детали и узлы, обслуживающие передачи (валы, подшипники, муфты и др.).

Основными критериями работоспособности машин являются прочность, жесткость и износостойкость, теплостойкость и виброустойчивость.

Прочностью называется способность материала детали в определенных условиях воспринимать нагрузки не разрушаясь и без значительных остаточных деформаций. Наиболее распространенным методом оценки прочности деталей машин является расчет по допускаемым напряжениям по условиям прочности.

Жесткостью называется способность материала деталей сопротивляться изменению формы и размеров при нагружении. Нормы жесткости деталей устанавливаются на основе опыта эксплуатации деталей машин.

Изнашиванием называется процесс разрушения и отделения материала с поверхности твердого тела. Результат изнашивания называется износом. Свойство материала оказывать сопротивление изнашиванию в определенных условиях трения называется износостойкостью.

Теплостойкостью называется способность конструкции работать в пределах заданных температур в течение заданного времени. Для обеспечения нормального температурного режима проводят тепловые расчеты конструкций.

Виброустойчивостью называется способность конструкции работать в заданном диапазоне режимов без недопустимых колебаний.

РАЗДЕЛ 1. СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Тема 1.1. Неразъемные соединения деталей

План темы.

1. Классификация соединений деталей машин
2. Клепанные соединения
3. Сварные соединения
4. Клееные соединения

➤ 1.

Соединения деталей машин классифицируют по следующим признакам:

- 1) по возможности относительного перемещения деталей: подвижные (шпоночное, шлицевое) и неподвижные (клепаное, сварное, паяное, клееное);
- 2) по сохранению целостности деталей при разборке: разъемные (резьбовые, шпоночные, шлицевые) и неразъемные (клепанные, сварные, паяные, клееные)

Соединения, при разборке которых нарушается целостность составных частей изделия, называют неразъемными. Разъемными называют соединения, разборка которых происходит без нарушения целостности составных частей изделия.

➤ 2.

Клепанным называется соединение деталей с применением заклепок - крепежных деталей из высокопластичного материала, состоящих чаще всего из стержня и закладной головки. Конец стержня расклепывается для образования замыкающей головки либо вручную с помощью молотка и поддержки, либо клепальными пневматическими молотками ударного действия, либо клепальными машинами.

Заклепки изготовляют из низкоуглеродистых сталей, цветных металлов или их сплавов. Клепка стальных заклепок диаметром до 10 мм, заклепок пустотелых и из цветных или легких металлов и сплавов выполняется в холодном состоянии. Стальные заклепки большего диаметра клепают в горячем состоянии.

Клепанные соединения применяют для изделий из листового, полосового материала или профильного проката в конструкциях, работающих в условиях ударных или вибрационных нагрузок (авиация, металлоконструкции мостов, и т. д.) при небольших толщинах соединяемых деталей, для скрепления деталей из разных материалов или несвариваемых.

➤ 3.

Сварные соединения являются наиболее распространенными из неразъемных соединений. Трудоемкость сварных конструкций значительно меньше клепанных, а возможности механизации и автоматизации технологического процесса значительно больше. Сварка позволяет соединять детали сложной формы, обеспечивает сравнительно бесшумный технологический процесс и герметичность соединений.

Отрицательные качества сварных соединений: недостаточная надежность при ударных и вибрационных нагрузках, коробление деталей в процессе сварки, концентрация напряжений и сложность проверки качества соединений.

Существуют следующие виды сварных соединений: *стыковое, нахлесточное, угловое, тавровое*. Шов стыкового сварного соединения называется *стыковым*, а швы нахлесточного, углового и таврового соединений называют *угловыми*. Сварные швы по форме поперечного сечения могут быть *нормальными, выпуклыми и вогнутыми*. Выпуклый угловой шов, является менее прочным, так как образует более резкое изменение сечения детали в месте соединения. Поэтому при действии на конструкцию переменных нагрузок рекомендуется применять вогнутые угловые швы.



Достоинства клееных конструкций заключаются в возможности соединения практически всех конструкционных материалов в любых сочетаниях, любой толщины и конфигурации, причем обеспечивается герметичность и коррозионная стойкость соединений. Клееные соединения не вызывают коробления деталей и надежно работают при вибрационных нагрузках. По сравнению с другими клееные соединения дешевле и легче других при прочих равных условиях.

Недостатки клееных соединений: сравнительно невысокая прочность, относительно невысокая долговечность некоторых клеев («старение»), низкая теплостойкость, необходимость соблюдения специальных мер по технике безопасности (установка приточно-вытяжной вентиляции); для большинства соединений требуется нагрев, сжатие и длительная выдержка соединяемых деталей.

Для склеивания деталей требуется механическая и химическая подготовка их поверхностей. Механическую подготовку и пригонку металлических деталей производят на металлорежущих станках или вручную напильником, сложные поверхности подвергают пескоструйной обработке; пластмассовые детали обрабатывают резанием или зачищают наждачной шкуркой. Химическая подготовка заключается в очищении и обезжиривании склеиваемых поверхностей ацетоном, спиртом, бензином или бензолом.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как классифицируют соединения деталей машин?
2. Где применяют клепаные соединения?
3. Каковы недостатки сварных соединений?
4. Каковы достоинства клееных соединений?

Тема 1.2. Разъемные соединения деталей

План темы.

1. Общие сведения о резьбовых соединениях
2. Классификация резьб
3. Шпоночные соединения
4. Шлицевые соединения

➤ 1.

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. Большинство резьб стандартизовано. Резьбовые соединения являются самым распространенным видом.

Их достоинства: универсальность, высокая надежность, малые габариты и вес крепежных резьбовых деталей, способность создавать и воспринимать большие осевые усилия, технологичность и возможность точного изготовления.

Недостатки резьбовых деталей: значительная концентрация напряжений в местах резкого изменения поперечного сечения и низкий к.п.д. подвижных резьбовых соединений.

Резьбы изготовляют либо пластической деформацией (накатка на резьбонакатных станках, выдавливание на тонкостенных металлических изделиях), либо резанием (на токарно-винторезных, резьбонарезных, резьбофрезерных, резьбошлифовальных станках или вручную метчиками и плашками); на деталях из стекла, пластмассы, металлокерамики, иногда на деталях из чугуна резьбу изготовляют отливкой или прессованием. Накатанная резьба прочнее нарезанной.

➤ 2.

Резьбы классифицируют: 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).

Крепежные резьбы (метрическая, дюймовая) предназначены для скрепления деталей; крепежно-уплотнительные (трубные, конические) применяют в соединениях, требующих не только точности, но и герметичности; ходовые резьбы (трапецеидальная, упорная, прямоугольная) служат для передачи движения и применяются в передачах винт — гайка.

По стандарту метрические резьбы делятся на резьбы с крупным и мелким шагом. При одном и том же номинальном диаметре метрическая резьба может иметь один крупный и пять мелких шагов. Резьбы с мелким шагом имеют меньшую высоту профиля и меньше ослабляют сечение детали; кроме того, эти резьбы имеют меньшие углы подъема резьбы и обладают повышенным самооторможением. Поэтому резьбы с мелким шагом применяют для соединения мелких тонкостенных деталей и при действии динамических нагрузок.

В машиностроении основное применение находит метрическая резьба с крупным шагом как более прочная и менее чувствительная к ошибкам изготовления и износу. Крепежные резьбовые детали имеют обычно правую однозаходную резьбу, левая резьба применяется редко.

Дюймовая крепежная резьба имеет треугольный профиль с углом $\alpha = 55^\circ$, номинальный диаметр ее задается в дюймах ($1'' = 25,4$ мм), а шаг — числом витков, приходящихся на один дюйм длины резьбы. Дюймовая резьба, приме-

няемая в Англии, США и некоторых других странах используется у нас лишь при ремонте импортных машин. Из дюймовых резьб в нашей стране стандартизованы и находят применение: трубная цилиндрическая, трубная коническая и коническая дюймовая. Эти резьбы применяют в трубопроводах, и являются крепежно-уплотнительными. Профиль трапецеидальной резьбы представляет собой равнобокую трапецию с углом между боковыми сторонами $\alpha = 30^\circ$. Профиль упорной резьбы представляет собой неравнобокую трапецию с углами наклона боковых сторон к прямой, перпендикулярной оси резьбы, равными 3 и 30° .

Трапецеидальная и упорная резьбы являются ходовыми применяются в передачах винт — гайка. Так, например, трапецеидальная резьба применяется для ходовых винтов токарно-винторезных станков, где возникают реверсивные нагрузки; упорная резьба применяется при односторонних нагрузках, например для грузовых винтов домкратов и прессов, причем усилие воспринимается стороной, имеющей угол наклона 3° .

Прямоугольная резьба не стандартизована и имеет ограниченное применение в неответственных передачах винт — гайка.



3.

Шпоночными называют разъемные соединения составных частей изделия с применением шпонок. Шпонка закладывается в паз вала и паз ступицы зубчатого колеса, звездочки и т.п., надеваемой на вал. Шпоночные соединения могут быть неподвижными и подвижными и служат обычно для предотвращения относительного поворота ступицы и вала при передаче вращающего момента.

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

Шпоночные пазы на валах и осях обычно получают фрезерованием концевыми или дисковыми фрезами. Форма и размеры большинства типов шпонок стандартизованы. Основные виды шпонок делят на клиновые и призматические. Клиновые шпонки образуют напряженные соединения, а призматические — ненапряженные.

Клиновые шпонки (ГОСТ24068-80) представляют собой самотормозящийся клин с уклоном $1:100$, который забивают в паз, ширина которого больше ширины шпонки. Согласно стандарту клиновые шпонки могут быть четырех исполнений: с головкой, без головки и без закруглений по концам, с закругленным одним или двумя концами. Соединения клиновыми шпонками применяют в тихоходных передачах, подверженных динамическим нагрузкам, однако их применение в современных машинах резко ограничено, так как они деформируют соединяемые детали, вызывают расцентровку, дисбаланс и неуравновешенность деталей, а при коротких ступицах — перекосят их осей.

Ненапряженные шпоночные соединения осуществляются стандартными призматическими шпонками. Разновидностями призматических шпонок явля-

ются сегментные и цилиндрические шпонки. Сегментные шпоночные соединения технологичны, удобны при сборочных работах, но глубокий шпоночный паз значительно ослабляет вал, поэтому такие соединения применяют при передаче небольших вращающих моментов или для фиксации деталей на осях.

➤ 4.

Шлицевым называется разъемное соединение составных частей изделия с применением пазов (шлицев) и выступов. Шлицевые соединения бывают подвижные и неподвижные. Шлицевое соединение можно представлять как многошпоночное, у которого шпонки выполнены за одно целое с валом. Шлицевые соединения по сравнению со шпоночными обладают значительными преимуществами, 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. Эти преимущества обеспечили широкое распространение шлицевых соединений в автомобильной, тракторной, станкостроительной и других отраслях промышленности.

Недостаток шлицевых соединений — высокая трудоемкость и стоимость их изготовления.

Основные типы шлицевых соединений (рисунок 1): прямоугольное (а), эвольвентное (б), треугольное (в). Первые два типа шлицевых соединений стандартизованы. Наиболее часто применяют соединения шлицевые прямоугольные, например, для посадки подвижных и неподвижных зубчатых колес на валы в коробках передач металлорежущих станков.

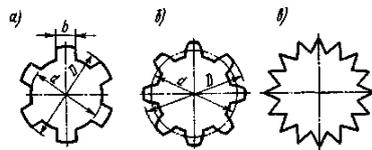


Рисунок 1

Более совершенны, но пока менее распространены, шлицевые эвольвентные соединения. Они по сравнению с прямоугольными более технологичны, обладают большей нагрузочной способностью.

Соединения шлицевые треугольные не стандартизованы и применяются как неподвижные при тонкостенных ступицах, пустотелых валах, стесненных габаритах деталей при сравнительно небольших вращающих моментах. Треугольные шлицевые соединения бывают цилиндрическими и коническими.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как классифицируют резьбовые соединения?
2. Где применяют шпоночные соединения?
3. Каковы недостатки резьбовых соединений?
4. Каковы достоинства шлицевых соединений?

РАЗДЕЛ 2. МЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ

Тема 2.1. Общие сведения о механических передачах

План темы

1. Назначение механических передач
2. Классификация механических передач
3. Основные характеристики передач

➤ 1.

Большинство современных машин создается по схеме двигатель — передача — исполнительный орган машины. Все двигатели для уменьшения массы, габаритов и стоимости выполняют быстроходными с узким диапазоном регулирования скоростей. Непосредственное соединение двигателя с рабочим органом машины хотя и возможно, но применяется крайне редко (например, гидравлические насосы, вентиляторы). Как правило, между двигателем и исполнительным органом машины устанавливают промежуточный механизм — передачу.

Механические передачи предназначены:

- 1) для уменьшения или увеличения передаваемой частоты вращения вала электродвигателя;
- 2) для передачи движения на значительные расстояния (ременные, цепные);
- 3) для преобразования вращательного движения в поступательное и наоборот (реечные, винт-гайка);
- 4) для плавного бесступенчатого регулирования частоты вращения ведомого вала, а также для реверсирования движения и остановки технологической машины без отключения электродвигателя (фрикционные передачи).

➤ 2.

Механические передачи классифицируют по следующим признакам:

- 1) по способу передачи движения: - передачи трением (фрикционные, ременные); - передачи зацеплением (зубчатые, червячные, цепные и др.);
- 2) по способу соединения звеньев: передачи с непосредственным контактом (фрикционные, зубчатые, червячные); передачи с гибкой связью (ременные, цепные).

➤ 3.

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

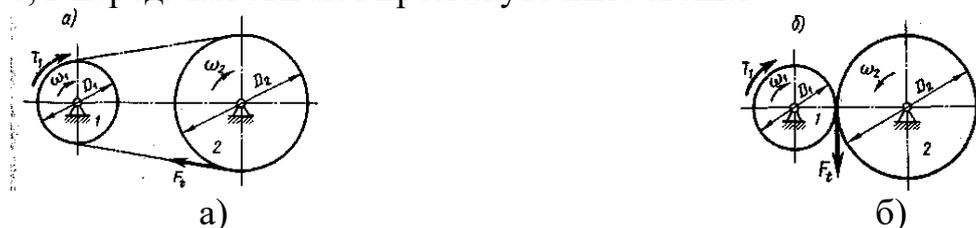


Рисунок 2. Схемы механических передач: а) передача гибкой связью; б) передача с непосредственным контактом

Основные характеристики передачи: кинематические (передаточное число, угловая скорость, частота вращения, окружная скорость) и силовые (передаваемая мощность, окружная сила, вращающий момент и механический КПД).

Передаточным отношением называется отношение угловой скорости ведущего звена к угловой скорости ведомого звена. Передаточное отношение может быть больше, меньше или равно единице. *Передаточным числом* передачи называется отношение большей угловой скорости к меньшей. Передаточное число не может быть меньше единицы.

Передачи, у которых угловая скорость ведомого звена меньше угловой скорости ведущего, называются понижающими; в противном случае передачи называются повышающими. Закрытая передача, предназначенная для изменения угловых скоростей и вращающих моментов, называется редуктором.

Механические передачи бывают одноступенчатыми и многоступенчатыми. Передаточное отношение ряда последовательно соединенных передач равно произведению их передаточных отношений. Например, для двухступенчатого редуктора

$$u_{14} = u_{12} \cdot u_{34}.$$

Отношение мощности P_2 на ведомом валу передачи к мощности P_1 на ведущем валу называется механическим коэффициентом полезного действия (КПД). Механический КПД характеризует механические потери в передаче.

В многоступенчатых передачах (при последовательном соединении ступеней) общий КПД определяется как произведение КПД каждой ступени в отдельности.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для чего предназначены механические передачи?
2. Как классифицируют механические передачи?
3. Что такое передаточное число?
4. Чем характеризуются механические передачи?

Тема 2.2. Зубчатые передачи

План темы.

1. Назначение и принцип работы зубчатых передач
2. Классификация зубчатых передач
3. Достоинства и недостатки зубчатых передач
4. Сравнительная характеристика зубчатых передач
5. Материалы цилиндрических колес
6. Виды разрушений зубчатых колес



1.

Зубчатая передача относится к передачам зацеплением с непосредственным контактом пары зубчатых колес. Меньшее из колес принято называть ше-

стерней, а большее – колесом зубчатым. Зубчатые передачи служат для передачи вращательного движения, а в некоторых случаях для преобразования вращательного движения в поступательное или наоборот (реечная передача).

Зубчатые передачи — это самый распространенный вид механических передач в машиностроении и приборостроении. Их применяют для передачи мощностей от долей до десятков тысяч киловатт при окружных скоростях до 150 м/с и передаточных числах до нескольких сотен и даже тысяч, с диаметром колес от долей миллиметра до 6 м и более.

Основная кинематическая характеристика всякой зубчатой передачи — передаточное число, определяемое по стандарту как *отношение числа зубьев колеса к числу зубьев шестерни* и обозначаемое u , следовательно, $u = z_2 / z_1$.

➤ 2.

Зубчатые передачи классифицируют по следующим признакам. По взаимному расположению геометрических осей валов различают передачи: с параллельными осями — цилиндрические (a — $г$); с пересекающимися осями — конические ($д$, $е$); со скрещивающимися осями — цилиндрические винтовые ($ж$), конические гипоидные ($з$) и червячные.

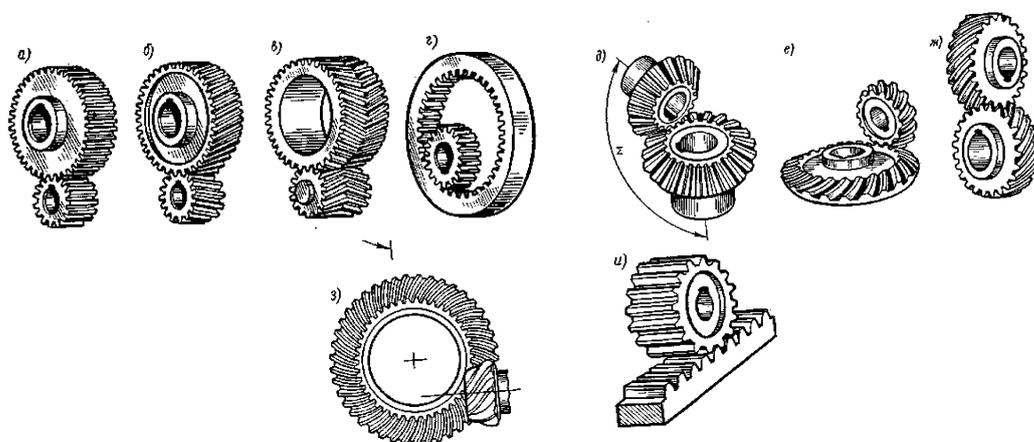


Рисунок 3. Механические передачи

Винтовые передачи применяют в кинематических цепях приборов. В силовых передачах их заменяют червячными. Гипоидные передачи применяют главным образом в автотракторном и текстильном машиностроении. В некоторых механизмах для преобразования вращательного движения в поступательное (или наоборот) применяется реечная передача (u). Она является частным случаем цилиндрической зубчатой передачи. Рейку рассматривают как одно из колес с бесконечно большим числом зубьев.

В зависимости от взаимного расположения зубчатых колес различают зубчатые передачи с внешним (a , $б$, $в$) и внутренним ($г$) зацеплением. В первом случае колеса передачи вращаются в противоположных направлениях, во втором — направления вращения колес совпадают. Наиболее распространены передачи внешнего зацепления.

По расположению зубьев на поверхности колес различают передачи (рисунок 3): прямозубые (a , $г$, $д$), косозубые ($б$), шевронные ($в$) и с круговым зубом ($е$).

По форме профиля зуба различают передачи эвольвентные, с зацеплением М.Л.Новикова, циклоидальные. В машиностроении преимущественное распространение получил эвольвентный профиль зуба, предложенный Л. Эйлером в 1760 г. М. Л. Новиков в 1954 г. предложил принципиально новый профиль зуба — *круговой*.

По окружной скорости различают передачи: тихоходные ($v = 3$ м/с), среднескоростные ($v = 3 \dots 15$ м/с), скоростные ($v = 15 \dots 40$ м/с), быстроходные ($v > 40$ м/с).

По конструктивному исполнению передачи могут быть открытые (не защищены от влияния внешней среды) и закрытые (изолированные от внешней среды).



3.

Достоинства зубчатых передач: высокая нагрузочная способность; *компактность* по сравнению с другими видами передач; высокий КПД - до 0,99 в одной ступени); постоянство передаточного числа; относительно небольшая нагрузка на опоры валов; большая долговечность и надежность работы в широких диапазонах мощностей (до десятков тысяч киловатт); возможность применения различных материалов в одной паре; простота обслуживания и ухода.

Недостатки зубчатых передач: сложность изготовления точных передач; возможность возникновения шума и вибраций при недостаточной точности изготовления и сборки; невозможность бесступенчатого регулирования частоты вращения ведомого вала; при перегрузках возможна поломка зубьев; плохие амортизирующие свойства.



4.

В отличие от прямых косые зубья входят в зацепление не сразу по всей длине, а постепенно, что обеспечивает плавность зацепления и значительное снижение динамических нагрузок и шума при работе передачи. Поэтому косозубые передачи по сравнению с прямозубыми допускают значительно большие предельные окружные скорости колес.

Косозубые колеса обрабатывают теми же зуборезными инструментами, что и прямозубые. Наличие осевой силы — существенный недостаток косозубых передач. В современных передачах косозубые колеса имеют преимущественное распространение.

В отличие от косозубой в винтовой зубчатой передаче между зубьями возникает не линейный, а точечный контакт, что значительно снижает нагрузочную способность передачи. Кроме того, в винтовой зубчатой передаче значительной величины достигает относительное скольжение зубьев, что существенно снижает ее к.п.д., создает склонность к заеданию и вызывает быстрый износ зубьев. Учитывая эти недостатки, винтовые зубчатые передачи *не следует применять в качестве силовых передач*.

Цилиндрическое зубчатое колесо, венец которого по ширине состоит из участков с правыми и левыми зубьями, называется шевронным. Из технологических соображений шевронные колеса изготавливают двух типов: с дорожкой посередине колеса и без дорожки. В шевронном колесе осевые силы на полу-

шевронах, направленные в противоположные стороны, *взаимно уравниваются внутри колеса и на валы и опоры валов не передаются*. у шевронных колес повышается прочность зубьев, плавность работы передачи и ее нагрузочная способность. Поэтому шевронные колеса применяют в мощных быстроходных закрытых передачах. Недостатком шевронных колес является высокая трудоемкость и себестоимость изготовления.

➤ 5.

Выбор материала определяется назначением передачи, условиями ее работы, габаритами колес и даже типом производства (единичное, серийное или массовое) и технологическими соображениями. *Материалы* для изготовления зубчатых колес в машиностроении — стали, чугуны и пластмассы; в приборостроении зубчатые колеса изготавливают также из латуни, алюминиевых сплавов и др.

Основные материалы для изготовления зубчатых колес — термообработанные углеродистые и легированные стали, обеспечивающие высокую объемную прочность зубьев, а также высокую твердость и износостойкость их активных поверхностей. В зависимости от твердости стальные зубчатые колеса разделяют на две группы. Первая группа—колеса с твердостью >350 НВ. Термообработка — нормализация или улучшение— производится до нарезания зубьев. При этом можно получить высокую точность без применения дорогих отделочных операций. Колеса хорошо прирабатываются и не подвержены хрупкому разрушению при динамических нагрузках. Для лучшей приработки зубьев и равномерного их изнашивания для прямозубых передач рекомендуется твердость рабочих поверхностей зубьев шестерни назначать больше твердости зубьев колеса на $20...30$ единиц НВ, т.е. $HV_1 = HV_2 + 20...30$. Вторая группа — колеса с твердостью >350 НВ (>35 HRC₃). Высокая твердость рабочих поверхностей зубьев (до $50...60$ HRC₃) достигается объемной и поверхностной закалкой, цементацией, нитроцементацией, азотированием. Нарезание зубьев при высокой твердости затруднено. Поэтому *колеса нарезают до термообработки, а отделку зубьев производят после термообработки*.

Стальное литье обладает пониженной прочностью и используется обычно для колес крупных размеров, работающих в паре с кованой шестерней. Применяют стали 35Л, 40Л, 45Л, 40ГЛ. Литые колеса подвергают нормализации или улучшению.

Тихоходные и малонагруженные открытые и реже закрытые передачи зубчатого колеса изготавливают из серого чугуна марок СЧ 25 и выше и высокопрочного чугуна. Зубья чугунных колес хорошо прирабатываются и хорошо противостоят усталостному разрушению и заеданию в условиях бедной смазки.

Нагрузочная способность зубчатых колес из *неметаллических* материалов значительно ниже, чем стальных, поэтому их используют в слабонагруженных передачах, к габаритам которых не предъявляется жестких условий, но требуется снижение шума и вибраций, самосмазываемость или химическая стойкость. Зубчатые колеса из неметаллических материалов чаще всего используют в паре с металлическими. Для изготовления неметаллических колес применяют текстолит, древеснослоистые пластики, капрон, нейлон и др.

При неточном расчете, больших перегрузках, небрежности монтажа или нарушении правил эксплуатации передачи возможны следующие виды разрушений.

Излом зубьев. Различают два вида излома зубьев. Излом от больших перегрузок, а иногда от перекоса валов и неравномерной нагрузки по ширине зубчатого венца (рисунок 4, а) и усталостный излом 1, происходящий от длительного действия переменных напряжений изгиба, которые вызывают усталость материала зубьев (рисунок 4, б).

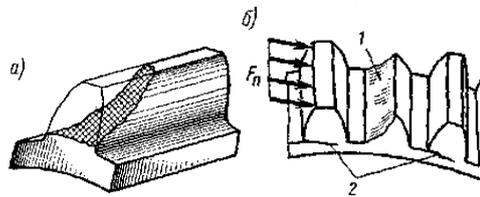


Рисунок 4

Усталостные трещины 2 (рисунок 4, б) образуются чаще всего у основания зуба. Для предупреждения усталостного излома применяют: колеса с положительным смещением при нарезании зубьев; термообработку; дробеструйный наклеп; жесткие валы, увеличивают модуль и др.

Переменные напряжения являются причиной усталостного разрушения зубьев: излома зубьев от напряжений изгиба и выкрашивания рабочих поверхностей зубьев от контактных напряжений. С контактными напряжениями и трением в зацеплении связаны также износ, заедание и другие виды повреждения поверхностей зубьев.

Усталостное выкрашивание рабочих поверхностей зубьев.

Усталостное выкрашивание (рисунок 5) является основным видом разрушения поверхности зубьев при хорошей смазке передачи (чаще всего это бывают закрытые, сравнительно быстроходные передачи, защищенные от пыли и грязи). Передача работает длительное время до появления усталости в поверхностных слоях зубьев.

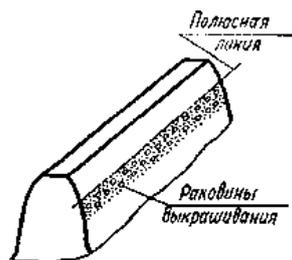


Рисунок 5

На поверхности появляются небольшие углубления, напоминающие оспинки, которые растут и превращаются в раковины. Масло запрессовывается в

трещины и способствует выкрашиванию частиц металла. При выкрашивании нарушаются условия образования сплошной масляной пленки, появляется металлический контакт с последующим быстрым износом или задиром поверхности. В передачах, работающих со значительным износом (открытые передачи), выкрашивания не наблюдаются, так как изнашивание поверхностных слоев зубьев происходит раньше, чем появляются усталостные трещины.

Основные меры предупреждения выкрашивания: повышение твердости материала путем термообработки; правильный выбор масла; создание более гладкой поверхности и др.

Изнашивание зубьев. *Основной вид разрушения зубьев открытых передач, а также закрытых, но недостаточно защищенных от загрязнения абразивными частицами (пыль, песчинки, продукты износа и т.п.).* Такие передачи встречаются в сельскохозяйственных, транспортных, грузоподъемных машинах и т.п. По мере изнашивания первоначальный эвольвентный профиль зубьев искажается (рисунок 6, а), увеличиваются зазоры в зацеплении, возникают динамические нагрузки и повышенный шум.

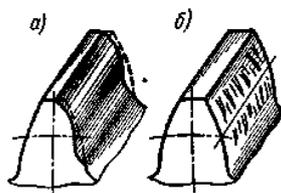


Рисунок 6

Прочность изношенного зуба понижается вследствие уменьшения площади поперечного сечения, что может привести к излому зуба. Основные меры предупреждения износа — повышение твердости поверхности зубьев, защита от загрязнения, применение специальных масел.

Заедание зубьев происходит преимущественно в высоконагруженных быстроходных передачах. В месте контакта зубьев развиваются высокие давления и температура, масляная пленка разрывается и появляется металлический контакт. Здесь происходит как бы сваривание частиц металла с последующим отрывом их от менее прочной поверхности. Образовавшиеся наросты на зубьях задирают поверхности других зубьев, оставляя на них широкие и глубокие борозды в направлении скольжения (рисунок 6, б). Для предупреждения заедания повышают твердость рабочих поверхностей зубьев, применяют противозадирные масла и другие меры, что и против изнашивания. Желательно интенсивное охлаждение смазки, применение противозадирных масел с повышенной вязкостью и химически активными добавками.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как классифицируют зубчатые передачи?
2. Каковы достоинства и недостатки зубчатых передач?
3. Чем определяется выбор материала для зубчатых колес?
4. Каковы меры предупреждения износа поверхностей зубьев зубчатых колес?

Тема 2.3. Червячные передачи

План темы.

1. Устройство и принцип работы червячной передачи
2. Достоинства и недостатки червячных передач
3. Тепловой расчет червячных передач
4. Материалы червячных передач
5. Виды разрушений червячных передач

➤ 1.

Червячной передачей называется механизм, служащий для преобразования вращательного движения между валами со скрещивающимися осями. Угол скрещивания осей обычно равен 90° . Червячная передача состоит из червяка и сопряженного с ним червячного колеса. Обычно ведущее звено червячной передачи — червяк, но существуют механизмы, в которых ведущим звеном является червячное колесо.

Червячные передачи чаще всего делают в закрытом исполнении с нижним расположением червяка (рисунок 7, а), с верхним расположением червяка (рисунок 7, б) и с боковым расположением червяка (рисунок 7, в). Конструктивно червяки чаще всего изготавливают заодно целое с валом и лишь в редких случаях — насадными.

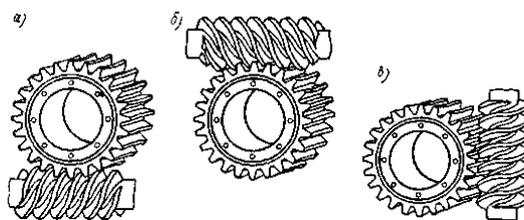


Рисунок 7

Червячные передачи относятся к передачам зацеплением, в которых движение осуществляется по принципу винтовой пары: винтом является червяк, а червячное колесо представляет собой узкую часть длинной гайки, изогнутой по окружности резьбой наружу. Зубья колеса имеют вогнутую форму, что увеличивает длину контактных линий, а следовательно, улучшает качество работы передачи. *Передаточное число червячной передачи равно отношению числа зубьев червячного колеса к числу витков червяка.*

Червячные передачи находят широкое применение, например, в металлорежущих станках, подъемно-транспортном оборудовании, транспортных машинах, а также в приборостроении.

➤ 2.

Достоинства червячных передач: компактность конструкции и возможность получения больших передаточных чисел в одноступенчатой передаче (до $u = 300$ и более); высокая кинематическая точность и повышенная плавность

работы; малая интенсивность шума и виброактивности; возможность обеспечения самоторможения. Самотормозящие передачи — это передачи, которые передают движение только в одном направлении, Например от червяка к колесу.

Недостатки червячных передач: значительные силы трения в зацеплении и связанные с этим, повышенный износ, склонность к заеданию, нагрев передачи и сравнительно низкий к.п.д. (от 0,5 до 0,85); необходимость применения для ответственных передач дорогостоящих и дефицитных антифрикционных цветных металлов. Указанные недостатки ограничивают мощность червячных передач (обычно до 60 кВт).

➤ 3.

В червячных передачах из-за повышенного трения скольжения в зацеплении происходит выделение большого количества теплоты, которая нагревает масло, а оно через стенки корпуса передает эту теплоту окружающей среде. Если отвод теплоты недостаточен, передача перегревается. При перегреве смазочные свойства масла резко ухудшаются (уменьшается вязкость), увеличиваются изнашивание червячного колеса и опасность заедания, что может привести к выходу передачи из строя. Поэтому температура масла в картере передачи не должна превышать допускаемую $[t_m] = 70...90^\circ \text{C}$ в зависимости от сорта масла; в противном случае надо увеличить поверхность охлаждения, сделав стенки корпуса ребристыми.

Если естественного охлаждения недостаточно, то применяется искусственное охлаждение (рисунок 8).

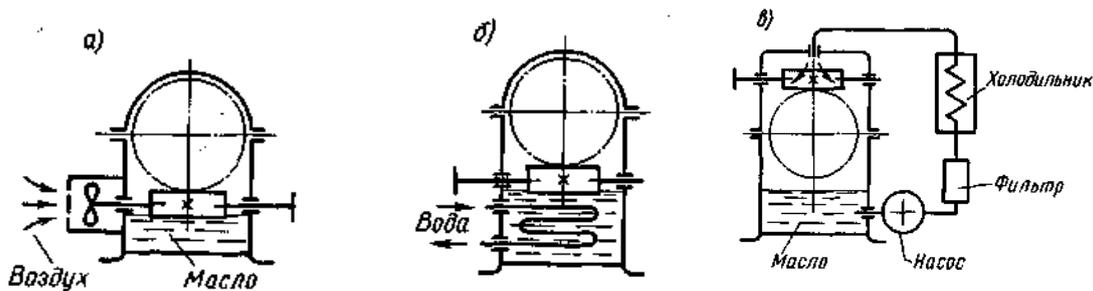


Рисунок 8. Основные способы искусственного охлаждения (рисунок 8):
а — воздушное охлаждение с помощью вентилятора, встроенного в корпус редуктора; б — водяное охлаждение с помощью змеевика с проточной водой, встроенного в корпус редуктора; в — циркуляционное охлаждение масла с применением специальных холодильников

➤ 4.

При выборе материалов червячной пары необходимо обеспечить хорошие антифрикционные и противозадирные свойства. Наилучшие результаты достигаются при сочетании высокотвердой стальной поверхности червяка с антифрикционным материалом зубчатого венца червячного колеса, например, бронзой.

Наилучшее качество работы передачи обеспечивают червяки, изготовленные как из цементованных сталей (20Х, 12ХНЗА, 18ХГТ) с твердостью по-

сле закалки 57 ...64 HRC₃ так и из сталей 45, 40X, 40XH с поверхностной или объемной закалкой до твердости 46...56 HRC₃. При этом необходима шлифовка и полировка рабочих поверхностей витков червяка.

Высокая твердость и гладкость витков обеспечивают наибольшую стойкость зубьев червячных колес против изнашивания и усталостного разрушения, а также способствуют повышению КПД передачи.

Червячные колеса для экономии бронзы изготавливают составными: венец из бронзы, а колесный центр — из стали и реже из чугуна. Марку бронзы выбирают в зависимости от скорости скольжения. При $v_s = 5 \dots 25$ м/с применяют оловянные бронзы марок БрО10Н1Ф1, БрОЮФ1 и др. Они обладают высокими антифрикционными и противозадирными свойствами, но дороги и дефицитны. При $v_s = 2 \dots 5$ м/с применяют безоловянные бронзы марок БрА9ЖЗЛ, БрА10Ж4Н4Л и др., а также латуни марок ЛЦ 23А6ЖЗМц2 и др. Они значительно прочнее и дешевле оловянных бронз, но имеют пониженные антифрикционные свойства и большую склонность к заеданию. Поэтому во избежание заедания их применяют в паре с закаленными до твердости более 46 HRC, шлифованными и полированными червяками. При малых скоростях скольжения ($v_s < 2$ м/с) червячные колеса изготавливают цельными из серого чугуна марок СЧ15 до СЧ25.

Опыт эксплуатации показал, что срок службы бронзовых венцов червячных колес сильно зависит от способа отливки заготовок. Наиболее высокой износостойкостью обладают зубья венцов, отлитых центробежным способом.

В малоответственных передачах червяк делают из среднеуглеродистых сталей (например, марок 45, 40X и др.), подвергнутых нормализации или улучшению. Более высокая нагрузочная способность передачи получается, если червяк из среднеуглеродистой стали (например, марок 45X, 40XH, 35XГСА и др.) подвергнуть поверхностной или объемной закалке. Наилучшие результаты достигаются, если червяк изготовить из низкоуглеродистой стали (например, марок 20X, 18XГТ, 12ХНЗА и др.) с последующей цементацией и закалкой, шлифованием и полированием витков.

Для неотчетственных, слабонагруженных и тихоходных передач возможно изготовление червячного колеса из чугуна или пластмасс (текстолит, полиамиды).

➤ 5.

Наиболее характерные виды разрушения: заедание и изнашивание зубьев червячного колеса, как менее прочного элемента передачи.

Заедание зубьев более опасно, чем усталостное разрушение в передачах с колесами из твердых безоловянных бронз и чугунов. В этом случае заедание переходит в задир поверхности частицами бронзы, приварившимися к виткам червяка, с последующим быстрым разрушением зубьев колеса. В передачах с колесами из оловянных бронз (мягкие материалы) наиболее опасно усталостное выкрашивание рабочих поверхностей зубьев колес, но возможно и заедание, которое проявляется в постепенном намазывании бронзы на червяк, при этом передача еще может работать продолжительное время. Для предупреждения за-

едания ограничивают значение контактных напряжений a_n , применяют антифрикционные материалы и др.

Изнашивание зубьев зависит от шероховатости поверхности червяка, точности монтажа, степени загрязненности масла, частоты пусков и остановок передачи, а также от значения контактных напряжений. После износа происходит излом зубьев.

Так как заедание и изнашивание зубьев зависят от контактных напряжений, то *основным критерием работоспособности и расчета червячных передач является контактная прочность рабочих поверхностей зубьев колеса*. При этом расчет зубьев на изгиб производится как проверочный.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Из чего состоит червячная передача?
2. Из каких материалов изготавливают детали червячных передач?
3. Каковы достоинства и недостатки червячных передач?
4. Назовите способы охлаждения червячных передач

Тема 2.4. Ременные передачи

План темы.

1. *Достоинства и недостатки*
2. *Классификация ременных передач*
3. *Характеристика ременных передач*
4. *Натяжные устройства*
5. *Материалы ремней*
6. *Характеристика шкивов*



1.

Ременной передачей называется механизм, служащий для преобразования вращательного движения при помощи шкивов, закрепленных на валах, и бесконечной гибкой связи — приводного ремня с предварительным натяжением, охватывающего шкивы, т.е. ременная передача относится к передачам трением с гибкой связью.

Достоинства ременных передач: простота конструкции и эксплуатации; плавность и бесшумность работы; способность смягчать удары и предохранять механизмы от поломок при перегрузках, благодаря эластичности ремня; возможность передачи вращения валам, удаленным на большие расстояния (до 15 м и более); невысокая стоимость.

Недостатки: малая долговечность приводных ремней, из-за постепенного их вытягивания; сравнительно большие габариты; высокие нагрузки на валы и их опоры; непостоянство передаточного числа большинства ременных передач; неприменимость во взрывоопасных помещениях; необходимость в дополнительных устройствах для создания натяжения ремня

Целесообразно применение ременной передачи на быстроходных ступе-

нях сложных передач; наиболее характерной является установка ведущего шкива на валу электродвигателя, так как в этом случае их важнейший недостаток — большие габариты — оказывает наименьшее влияние на габариты и массу привода в целом.

➤ 2.

В зависимости от профиля сечения ремня передачи можно классифицировать следующим образом: плоскоременная; клиноременная; поликлиноременная; круглоременная; зубчато-ремennая; первые четыре являются *передачами трением*, последняя — *передача зацеплением*.

В современном машиностроении наибольшее применение имеют клиноремennые передачи; увеличивается применение поликлиновых и зубчатых ремней, а также плоских ремней из синтетических материалов, обладающих высокой статической прочностью и долговечностью.

Круглоремennые передачи применяют только при малых мощностях (швейные машины, настольные станки, приборы). В этих передачах ставят один прорезиненный, капроновый или кожаный ремень диаметром от 2 до 20 мм.

➤ 3.

Наибольшее распространение имеют открытые плоскоремennые передачи. По сравнению с другими они обеспечивают высокую плавность работы, обладают более высокой нагрузочной способностью, большим КПД и долговечностью ремней; кроме того, они сравнительно дешевы, ремни их обладают большой гибкостью и повышенной долговечностью, шкивы просты по конструкции. Плоскоремennые передачи применяют при весьма высоких скоростях ремня (до 100 м/с). При вращении валов в противоположных направлениях применяют перекрестную плоскоремennую передачу (рисунок 9, а).

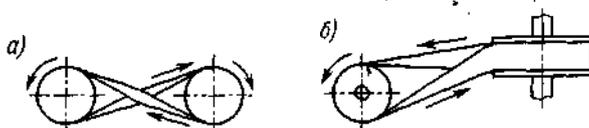


Рисунок 9

На рисунке 9, б показана схема угловой (полуперекрестной) передачи, в которой шкивы расположены на скрещивающихся (обычно под прямым углом) валах. Так как в перекрестных, угловых и прочих видах плоскоремennых передач ремни быстро изнашиваются по кромке, то их применяют редко. По сравнению с плоскоремennыми клиноремennые передачи обладают большей тяговой способностью, имеют меньшее межосевое расстояние и большие передаточные числа. Однако стандартные клиновые ремни не допускают скорость более 30 м/с, а конструкция шкивов сложнее.

Клиноремennые передачи рекомендуются при малых межосевых расстояниях, больших передаточных числах, вертикальном расположении осей валов. В современных приводах эти передачи имеют преимущественное распространение.

Поликлиновые ременные передачи не имеют большинства недостатков, присущих клиноременным, но сохраняют достоинства последних. Поликлиновые ремни имеют гибкость, сравнимую с гибкостью резинотканевых плоских ремней, поэтому они работают более плавно. Передача обладает большой демпфирующей способностью.

➤ 4.

Необходимым условием работы ременных передач трением является предварительное натяжение ремней, которое должно сохраняться во время эксплуатации. Для создания их предварительного натяжения в передачах предусматривается регулировка межосевого расстояния и установка натяжных устройств.

Натяжные устройства можно классифицировать следующим образом (рисунок 10):

1) *устройства периодического действия*, в которых натяжение ремня регулируется винтами (регулировка межосевого расстояния осуществляется перемещением электродвигателя по салазкам с помощью винта, регулировка осуществляется перемещением электродвигателя, установленного на качающейся платформе, регулируемой винтом);

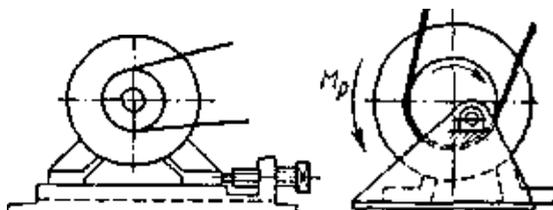


Рисунок 10

2) *устройства постоянного действия*, в которых натяжение поддерживается постоянным за счет силы тяжести или усилия упругого элемента; электродвигатель, устанавливающий на качающейся плите (натяжение создается силой тяжести качающейся части).

3) *устройства автоматические*, обеспечивающие регулирование натяжения ремня в зависимости от нагрузки, улучшают условия эксплуатации ремня и передачи, однако сложны, дороги и поэтому широкого применения не имеют.

В неревверсивных плоскоремённых передачах с большими передаточными числами и малыми межосевыми расстояниями применяют в основном натяжные ролики.

➤ 5.

Приводные ремни должны обладать достаточными прочностью, долговечностью, гибкостью, износостойкостью, невысокой стоимостью и определенной тяговой способностью, т. е. надежностью сцепления ремня со шкивами, что обуславливается высоким коэффициентом трения между ними. Основные типы приводных ремней — плоские, клиновые и поликлиновые.

Плоские ремни. В машиностроении применяют различные типы плоских ремней. Плоские ремни бывают кожаные, шерстяные, хлопчатобумажные, резиноканевые и синтетические. Наиболее распространены резиноканевые ремни (ГОСТ 23831—79) и ремни из синтетических материалов (ТУ 17—1245—74).

Резиноканевые ремни. Их изготавливают трех типов: А, Б и В. Ремни типа А применяют наиболее часто, скорость ремня до 30 м/с. Состоят из нескольких слоев (прокладок) прочной технической ткани *бельтинга* (бельтинг — от англ. *belting* — ремень) с резиновыми прослойками между всеми прокладками и обкладками (ремни могут быть и без обкладок), вулканизированными в одно целое. Резиновые прослойки повышают гибкость ремней. Ткань обеспечивает достаточную прочность и долговечность. Она передает основную часть нагрузки. Резиновые обкладки защищают ткань от повреждения и повышают коэффициент трения между ремнем и шкивами. Ремни изготавливают нарезной конструкции и конечной длины (из рулона отрезают ремни требуемой ширины и длины). Концы ремней соединяют путем склеивания, сшивания, скрепления. Место сшивания тяжелее и обладает меньшей гибкостью, чем сам ремень. Это вызывает удары при прохождении по шкивам, вибрацию и резко сокращает срок службы.

В послойно завернутых ремнях типа Б центральная прокладка из бельтинга охватывается отдельными кольцевыми прокладками с взаимно смещенными стыками. Эти ремни изготавливают как с резиновыми прослойками, так и без них. Применяют для тяжелых условий работы при скоростях до 20 м/с. Спирально завернутые ремни типа В изготавливают из одного куска бельтинговой ткани без прослоек между прокладками. Применяют при малых нагрузках и скоростях до 15 м/с.

Резиноканевые ремни обладают хорошей тяговой способностью, прочностью, эластичностью, малочувствительны к влаге и колебаниям температуры, однако их нельзя применять в средах, содержащих нефтепродукты. Для работы в сырых помещениях или при возможном воздействии кислот или щелочей применяют ремни с наружными резиновыми обкладками (одной или двумя).

Перспективны плоские ремни из синтетических материалов, обладающие высокой статической прочностью, эластичностью и долговечностью. Тяговую способность синтетических ремней повышают за счет специальных фрикционных покрытий.

Ремни из синтетических материалов — пленочные ремни применяют при скорости ремня v до 100 м/с и передаваемой мощности P до 15 кВт. Их изготавливают бесконечными (бесшовными). Ремни—тканые из мешковых капроновых или лавсановых тканей просвечивающего переплетения со специальным пленочным фрикционным покрытием, обеспечивают высокий коэффициент трения со шкивами. Пленочные ремни весьма перспективны. Они обладают высокой прочностью и долговечностью. Надежно работают при малых диаметрах шкивов. Применяют их во всех отраслях машиностроения и особенно широко в станкостроительной и подшипниковой промышленности, где повышены требования к точности обработки изделия.

Кожаные ремни среди плоских ремней обладают наибольшей тяговой

способностью и эластичностью. Кожаные ремни хорошо работают при переменных и ударных нагрузках на шкивах малых диаметров. Кожаные ремни не рекомендуется применять в промышленных установках при едком паре и газах. Из-за дефицитности и высокой стоимости применение кожаных ремней весьма ограничено.

Шерстяные ремни состоят из слоев шерстяной тканой основы, прошитых хлопчатобумажными нитями и пропитанных специальным составом, состоящим из железного сурика на олифе. Эти ремни дороги, но хорошо противостоят сырости и воздействию химически активных сред, поэтому применяются главным образом в химической промышленности. Шерстяные ремни хорошо работают при неравномерных и ударных нагрузках.

Хлопчатобумажные цельнотканые ремни состоят из нескольких слоев хлопчатобумажной пряжи, пропитанных специальным составом. Такие ремни применяются при небольших мощностях; удовлетворительно работают на шкивах малых диаметров, непригодны при работе на открытом воздухе, в сырых помещениях, при опасности воздействия кислот и температуры выше 45° С.

Клиновые ремни — это бесконечные ремни трапецеидального сечения с рабочими боковыми гранями. Благодаря клиновому действию ремни обладают повышенной силой сцепления со шкивами и, следовательно, повышенной тяговой способностью, которая при равном натяжении примерно в 3 раза выше, чем у плоских ремней. Это позволяет при одинаковой передаваемой мощности получить передачу с меньшим натяжением ремня и меньшими габаритами. Состоит клиновый ремень из корда 1, завулканизированного в резину 2, и обертки 3 из двух-трех слоев прорезиненной ткани. Корд—тяговый элемент ремня. Он расположен в зоне нейтральной линии ремня. В зависимости от устройства корда существуют два типа ремней: *кордотканевые* и *кордошнуровые*. В первых корд состоит из нескольких рядов вискозной, капроновой или лавсановой ткани. В кордошнуровых ремнях корд состоит из одного ряда крученых анидных шнуров толщиной 1,6...1,7 мм. Такие ремни имеют большую гибкость и используются при меньших диаметрах шкивов и больших скоростях по сравнению с кордотканевыми ремнями, однако последние более долговечны.

В клиноремненной передаче может быть один ремень или комплект ремней. Комплектом считают два (или более) ремня, предназначенных для одновременной работы в многоручьевой передаче.

С увеличением числа ремней трудно получить их равномерную загрузку. Неизбежные погрешности размеров ремней и канавок шкивов приводят к тому, что ремни натягиваются различно, появляются дополнительные скольжения, изнашивание и потери мощности. Поэтому рекомендуют число ремней $z < 6$ (допускают $z = 8$). При выходе из строя одного ремня снимают весь комплект. Использование новых ремней с ремнями, бывшими в употреблении, недопустимо.



6.

Основные конструктивные элементы шкива ременной передачи: обод, несущий ремень; ступица, насаживаемая на вал; диск или спицы, соединяющие обод со ступицей.

Материалами для шкивов ременных передач могут быть: чугун, сталь, легкие сплавы, пластмассы и дерево. Чугунные шкивы наиболее распространены; они изготавливаются из серого чугуна методом отливки и применяются при окружных скоростях до 30 м/с. Стальные шкивы могут быть литыми, сварными или точеными и могут применяться при окружных скоростях до 60 м/с.

Шкивы из алюминиевых сплавов имеют среди металлических шкивов минимальную массу и могут использоваться при скоростях до 100 м/с.

Неметаллические шкивы имеют малую массу, высокий коэффициент трения ремня о шкив, но теплопроводность и износостойкость их ниже, чем у металлических шкивов.

Для предупреждения сползания плоского ремня со шкивов один из них (обычно ведомый) делают выпуклым. Допускается изготавливать шкивы с буртиками на ободе и конусностью посадочного отверстия 1:5.

Основные размеры шкивов для клиноременных передач и технические требования к этим шкивам стандартизованы.

Расчетные диаметры d шкивов передач плоским, клиновым и поликлиновым ремнями выбирают из следующего ряда стандартных чисел: 40, 45, 50, 56, 63, 71, 80, 90, 100, 112, 125, 140, 160, 180, 200, 224, 250, 280, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800, 900, 1000 мм

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как классифицируют ременные передачи?
2. Где применяют ременные передачи?
3. Каковы недостатки ременных передач?
4. Каковы достоинства ременных передач?

Тема 2.5. Цепные передачи

План темы.

1. Устройство и принцип работы цепных передач
2. Достоинства и недостатки цепных передач



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 — многозвенная гибкая связь, которая может использоваться для перемещения грузов (тяговые цепи), подвески или подъема и опускания грузов (грузовые цепи), для передачи движения (приводные цепи). Приводные цепи бывают роликовые, втулочные, зубчатые и фасоннозвенные; первые три вида цепей стандартизованы.

Втулочная цепь отличается от роликовой тем, что у первой нет роликов, а диаметр валиков и длина втулок несколько больше. Втулочные цепи дешевле роликовых, но износостойкость их ниже. Роликовые и втулочные цепи могут

быть однорядными и многорядными.

Зубчатые цепи по сравнению с роликовыми работают более плавно и с меньшим шумом, обеспечивают высокую кинематическую точность, обладают большей надежностью и нагрузочной способностью. Такие цепи имеют высокий КПД (до 0,98), менее подвержены вытягиванию, но их масса и стоимость значительно больше, чем у роликовых цепей.

Пример обозначения приводной роликовой цепи:

Цепь ЗПР —25,4—170,1 ГОСТ 13568—75 —трехрядная приводная роликовая цепь нормальной серии с шагом 25,4 мм и разрушающей нагрузкой 170,1 кН. (ПВ — втулочная цепь, ПЗ —зубчатая цепь).

Фасонно-звенные цепи применяют при малых скоростях в условиях плохой смазки и защиты, при отсутствии жестких требований к габаритам передачи, например, в сельскохозяйственных машинах.

Звездочки роликовых и втулочных, а также зубчатых цепей профилируют и изготавливают в соответствии с государственными стандартами. Материалами для изготовления звездочек служит чугуны (серый, ковкий, антифрикционный, высокопрочный) — для звездочек с большим числом зубьев и для цепей сельхозмашин; стали цементуемые — при динамических нагрузках; стали закаливаемые— при работе без резких толчков и ударов. Кроме того, для изготовления звездочек применяют пластмассы и композиционные материалы.

Цепные передачи выполняют как понижающими, так и повышающими (например, повышающая передача к заднему колесу велосипеда). В приводах с быстроходными двигателями цепную передачу устанавливают как понижающую, после редуктора. Ответственные цепные передачи выполняют *закрытыми*, заключенными в жесткий корпус, который служит масляной ванной.

Наибольшее распространение получили цепные передачи в транспортных средствах (мотопеды, мотоциклы), в транспортирующих машинах (конвейеры, транспортеры и др.), в сельскохозяйственном и химическом машиностроении, а также в подъемно-транспортных устройствах.



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

Недостатки: сравнительно быстрый износ шарниров и, как следствие, удлинение цепи, что требует натяжных устройств; необходимость тщательного монтажа и ухода; неравномерность хода; повышенный шум вследствие удара звена цепи при входе в зацепление, особенно при малых числах зубьев звездочек, высокой скорости цепи v и большом шаге p (шаг p — расстояние между осями двух смежных роликов цепи).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Из чего состоит цепная передача?
2. Из каких материалов изготавливают детали цепных передач?
3. Каковы достоинства и недостатки цепных передач?
4. Где применяются цепные передачи?

Тема 2.6. Фрикционные передачи

План темы

1. Классификация фрикционных передач
2. Достоинства и недостатки фрикционных передач
3. Материалы фрикционных передач
4. Применение фрикционных передач
5. Фрикционные вариаторы



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 (рисунок 11).

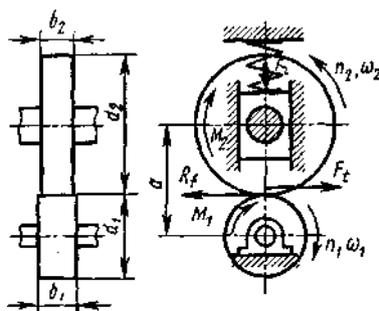


Рисунок 11

На практике применяют два способа прижатия катков: постоянной силой (например, пружины, собственный вес элементов передачи и т.п.) и переменной силой, которая автоматически изменяется пропорционально изменению передаваемой силы.

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; катками с клинчатым ободом; с коническими катками; торовые; сферические и др.);
- по *условиям работы* (открытые — работающие всухую и закрытые — работающие в масляной ванне);
- по *возможности регулирования* передаточного числа (с условно посто-

янным передаточным числом, с бесступенчатым регулированием передаточного числа — фрикционные вариаторы).

➤ 2.

Достоинства: плавность и бесшумность работы; простота конструкций и эксплуатации; возможность бесступенчатого регулирования передаточного числа; предохраняют механизмы от поломок при перегрузках вследствие скольжения ведущего катка по ведомому, возможность плавного изменения передаточного числа на ходу машины.

Недостатки фрикционных передач — незначительная передаваемая мощность (до 20кВт), большая нагрузка на валы и их опоры, непостоянство передаточного числа при изменении нагрузки, повышенный износ катков и низкий КПД.

➤ 3.

Материалы тел качения фрикционных передач должны обладать высокой износостойкостью и прочностью рабочих поверхностей, возможно большим коэффициентом трения скольжения. Максимальную нагрузочную способность имеют катки из закаленной стали типа ШХ15, которые могут работать в масляной ванне и всухую. Применяются в силовых передачах также чугунные катки и сочетания текстолитовых и стальных или чугунных катков. Кроме того, для изготовления катков или их облицовки (для повышения коэффициента трения) применяют кожу, резину, прорезиненную ткань, дерево, фибру и другие материалы. Катки из неметаллических материалов работают всухую. При разных материалах тел качения *ведущий каток делают из менее прочного материала* во избежание образования задиров и лысок в случае буксования передачи. Основным критерием работоспособности и расчета фрикционных передач с металлическими катками является их контактная прочность.

➤ 4.

Фрикционные передачи находят применение в кузнечно-прессовом оборудовании (фрикционные прессы, фрикционные молоты), металлорежущих станках, транспортирующих машинах (например, лебедки с фрикционным приводом); в приборах, счетно-решающих машинах и т. д. Наибольшее применение в машиностроении имеют фрикционные вариаторы.

➤ 5.

В большинстве современных рабочих машин необходимо регулировать скорость исполнительных органов в зависимости от изменяющихся свойств обрабатываемого объекта, условий технологического процесса, загрузки машины и т.п. Для этого машины снабжают ступенчатыми коробками скоростей или механически регулируемые передачи — вариаторами, которые обеспечивают плавное (бесступенчатое) изменение частоты вращения ведомого вала при постоянной частоте вращения ведущего вала.

Вариаторы позволяют установить оптимальный скоростной режим и регулировать скорость на ходу. Применение их способствует повышению произ-

водительности машины, качеству продукции, уменьшению шума и вибраций. Основной кинематической характеристикой любого вариатора является диапазон регулирования D , равный максимальному передаточному отношению, деленному на минимальное.

Для одноступенчатых вариаторов преимущественные значения $D=3...6$. С увеличением диапазона регулирования снижается КПД вариатора.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как классифицируют зубчатые передачи?
2. Где применяют зубчатые передачи?
3. Каковы недостатки зубчатых передач?
4. Каковы достоинства зубчатых передач?

РАЗДЕЛ 3. ДЕТАЛИ И УЗЛЫ, ОБСЛУЖИВАЮЩИЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ

Тема 3.1. Валы и оси

План темы

1. *Общие сведения*
2. *Конструктивные элементы валов и осей*
3. *Материалы валов и осей*



1.

Вал — деталь машины, предназначенная для передачи крутящего момента вдоль своей осевой линии. В большинстве случаев валы поддерживают вращающиеся вместе с ними детали (зубчатые колеса, шкивы, 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. Вал, распределяющий механическую энергию по отдельным рабочим машинам, называется трансмиссионным. При работе вал испытывает изгиб и кручение, а в отдельных случаях — дополнительно растяжение и сжатие. В отдельных случаях валы изготавливают как одно целое с цилиндрической или конической шестерней (вал — шестерня) или с червяком (вал — червяк).

По форме геометрической оси валы бывают *прямые, коленчатые и гибкие* (с изменяемой формой оси). Прямые валы бывают *гладкими и ступенчатыми*. Ступенчатые валы являются наиболее распространенными. Для уменьшения массы или для размещения внутри других деталей валы иногда делают с каналом по оси; их называют *полыми*.

Ось — деталь машин и механизмов, служащая для поддержания вращающихся частей, но *не передающая полезный крутящий момент*. Оси бывают *вращающиеся и неподвижные*.

Примером вращающихся осей могут служить оси железнодорожного подвижного состава, примером невращающихся — оси передних колес автомобиля. При работе оси испытывают только деформацию изгиба.

➤ 2.

Опорная часть вала или оси называется *цапфой*. Концевая цапфа называется *шипом*, а промежуточная — *шейкой*. Концевая цапфа, предназначенная нести преимущественную осевую нагрузку, называется *пятой*. Шипы и шейки вала опираются на подшипники, опорной частью для пяты является *подпятник*. Кольцевое утолщение вала, составляющее с ним одно целое, называется *буртиком*. Переходная поверхность от одного сечения к другому, служащая для упора насаживаемых на вал деталей, называется *заплетником*. Криволинейную поверхность плавного перехода от меньшего сечения к большему называют *галтелью*.

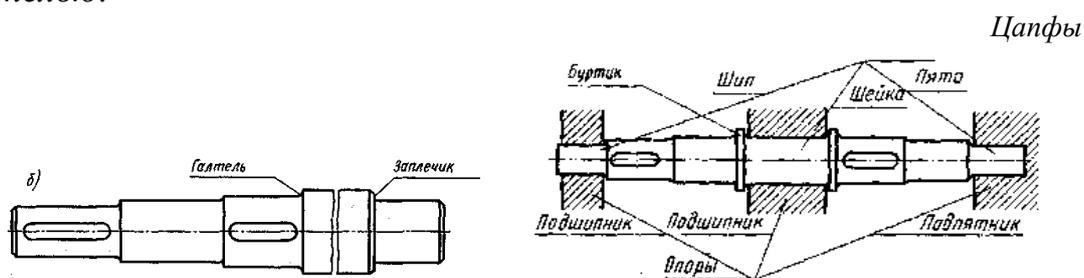


Рисунок 12

Галтель вала, углубленную за плоскую часть заплетника, называют *поднутрением*. Торцы валов и осей для облегчения постановки на них деталей и в цепях безопасности делают с фасками. Заготовки валов и осей — это круглый прокат или специальные поковки. Валы и оси обрабатывают на токарных станках с последующим шлифованием цапф и посадочных поверхностей.

➤ 3.

Выбор материала, термической и химико-термической обработки определяется конструкцией вала и опор, техническими условиями на изделие и условиями его эксплуатации. Для большинства валов применяют термически обработанные стали 45 и 40Х, а для ответственных конструкций — сталь 40ХН, 30ХГТ и др. Валы из этих сталей подвергают улучшению или поверхностной закалке ТВЧ.

Быстроходные валы, вращающиеся в подшипниках скольжения, требуют высокой твердости цапф, поэтому их изготавливают из цементируемых сталей 20Х, 12Х2Н4А, 18ХГТ или азотируемых сталей типа 38Х2МЮА и др. Наибольшую износостойкость имеют хромированные валы.

Обычно валы подвергают токарной обработке с последующим шлифованием посадочных поверхностей и цапф. Иногда посадочные поверхности и галтели полируют или упрочняют поверхностным наклепом (обработка шариками или роликами).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Чем отличается вал от оси?
2. Из каких материалов изготавливают валы механических передач?
3. Назовите конструктивные элементы валов
4. Чем определяется выбор материала вала?

Тема 3.2. Подшипники

План темы

1. Назначение и классификация
2. Устройство подшипников скольжения
3. Достоинства и недостатки подшипников скольжения
4. Устройство подшипников качения
5. Достоинства и недостатки подшипников качения
6. Классификация подшипников качения

➤ 1.

Подшипники служат опорами для валов и вращающихся осей. Они воспринимают радиальные, радиально-осевые и осевые нагрузки и передают их основанию машины, определяют положение вала или оси, обеспечивают их свободное вращение. Подшипники, которые могут воспринимать осевые нагрузки, называются *подпятниками*.

По принципу работы различают подшипники скольжения, в которых цапфа вала скользит по опорной поверхности, и подшипники качения, в которых между поверхностью вращающейся детали и опорной поверхностью расположены тела качения. Для уменьшения трения между поверхностями скольжения вводят смазку.

От качества подшипников в значительной степени зависит работоспособность, долговечность и КПД машин.

➤ 2.

Основным элементом подшипника скольжения является втулка (вкладыш) из антифрикционного материала, которую обычно вставляют в отверстие, расточенное непосредственно в корпусе машины или в специальном корпусе. Подшипники скольжения (рисунок 13) могут быть неразъемными и разъемными. Неразъемный подшипник состоит из корпуса и втулки, которая может быть неподвижно закреплена в корпусе подшипника или свободно заложена в него («плавающая втулка»).

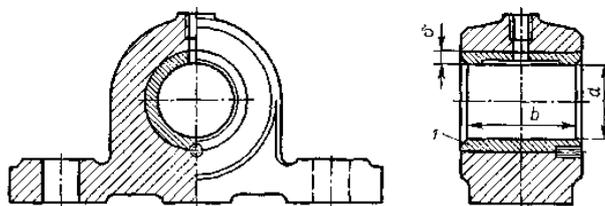


Рисунок 13

Разъемный подшипник состоит из основания и крышки корпуса, разъемного вкладыша, смазочного устройства и болтового или шпилечного соединения основания с крышкой. Износ вкладышей в процессе работы компенсируется поджатием крышки к основанию.

Разъемные подшипники значительно облегчают сборку и являются незаменимыми для конструкций с коленчатыми валами. Для распределения смазочного материала по длине вкладыша и сбора продуктов износа предусматриваются смазочные карманы и канавки.

Применяют подшипники скольжения в высокоскоростных машинах (центрифуги, шлифовальные станки и др.), когда долговечность подшипников качения резко сокращается; для валов, например коленчатых, когда по условиям сборки требуются разъемные подшипники; при работе в химически агрессивных средах и воде, в которых подшипники качения неработоспособны; для валов, воспринимающих ударные и вибрационные нагрузки; при близко расположенных валах, когда требуются малые радиальные размеры подшипников; в тихоходных малоответственных механизмах и машинах.

Для повышения сопротивления усталости, увеличения теплоотдачи подшипников, в особенности при переменных и ударных нагрузках, а также для уменьшения потерь на трение применяют *биметаллические* вкладыши, в которых на стальную, чугунную, в ответственных подшипниках на бронзовую основу нанесен (залит) тонкий слой антифрикционного материала — баббита, бронзы и др.

В массовом производстве вкладыши штампуют из стальной ленты, на которую наносят антифрикционный слой.

➤ 3.

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 смазки, необходимость применения дорогостоящих и дефицитных антифрикционных материалов для вкладышей.

➤ 4.

Подшипник качения (рисунок 14) — это готовый узел. В большинстве случаев подшипник качения состоит из наружного 1 и внутреннего кольца 3 с дорожками качения А, тел качения 2 (шариков или роликов) и сепаратора 4, удерживающего тела качения на определенном расстоянии друг от друга. Внутреннее кольцо устанавливают на валу (оси), а наружное — в корпусе. Таким образом, цапфа вала и корпус разобщены телами качения. Это позволило заменить трение скольжения трением качения и существенно снизить коэффициент трения.

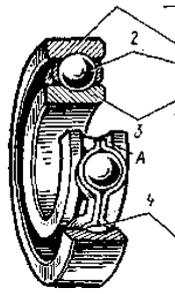


Рисунок 14

В некоторых случаях сепаратор, одно или оба кольца подшипника могут отсутствовать; тогда тела качения перемещаются непосредственно по канавкам вала или корпуса. Тела качения и кольца изготавливают из высокоуглеродистых хромистых подшипниковых сталей ШХ15, ШХ15СГ и других с термообработкой до твердости 61...66 НИС₃ и последующими шлифованием и полированием. Сепараторы чаще всего штампуют из низкоуглеродистой листовой стали. Для быстроходных подшипников (окружная скорость $v > 10 \dots 15$ м/с) изготавливают массивные сепараторы из бронзы, латуни, текстолита, капрона и т.п.

➤ 5.

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, что облегчает монтаж и ремонт машин; высокий КПД (до 0,995).

К недостаткам подшипников качения относятся: пониженная долговечность при ударных и вибрационных нагрузках вследствие большой жесткости подшипника; большое рассеивание долговечности из-за неодинаковых зазоров в собранном подшипнике, неоднородности материала и термической обработки деталей; ограниченная быстроходность из-за чрезмерного нагрева и опасности разрушения сепараторов от действия центробежных сил; ненадежность при работе в агрессивных средах (например, в воде); относительно большие радиальные размеры; неразъемность конструкции; шум при больших оборотах.

➤ 6.

Подшипники качения классифицируют:

- по форме тел качения (шариковые, рисунок 15, а; цилиндрические, рисунок 15, б; конические, рисунок 15, в; роликовые с бочкообразными роликами, рисунок 15, г; игольчатые, рисунок 15, д; с витыми роликами, рисунок 15, е);

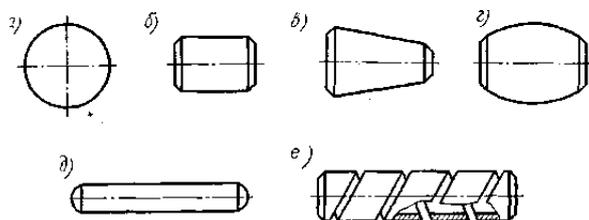


Рисунок 15

- по числу рядов тел качения (однорядные, двухрядные и многорядные);
- по направлению воспринимаемой нагрузки (радиальные, радиально-упорные, упорно-радиальные, упорные, комбинированные);
- по возможности самоустановки (самоустанавливающиеся, несамоустанавливающиеся);
- по конструктивным особенностям (с контактным уплотнением, с защитной шайбой, с фланцем на наружном кольце и т.д.).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для чего предназначены подшипники?
2. Из каких материалов изготавливают детали подшипников?
3. Как классифицируют подшипники скольжения?
4. Каковы достоинства и недостатки подшипников качения?

Тема 3.3. Механические муфты

План темы

1. Общие сведения
2. Классификация муфт
3. Подбор муфт

➤ 1.

Муфтой называется устройство, соединяющее концы двух валов (рисунок 16) и передающее вращающий момент с одного вала на другой без изменения его значения и направления. Потребность в соединении валов связана с тем, что большинство машин komponуют из узлов (сборочных единиц) и механизмов с входными и выходными валами, кинематическая и силовая связь между которыми выполняется с помощью муфт.

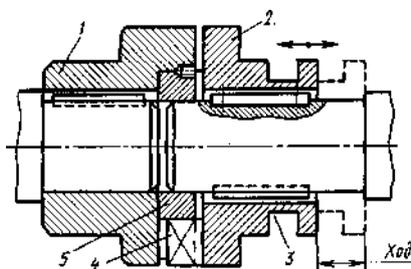


Рисунок 16

Соединение валов — основное назначение муфты, но, кроме того, муфты обычно выполняют одну или несколько дополнительных функций: обеспечивают включение и выключение исполнительного механизма машины при работающем двигателе; предохраняют машину от аварий при перегрузках; уменьшают динамические нагрузки и дополнительно поглощают вибрации и точки соединяемых валов и деталей передачи; соединяют валы со свободно установленными на

них деталями (зубчатые колеса, шкивы ременных передач и др.); компенсируют вредное влияние смещения соединяемых валов (несоосность валов).

В общем случае муфта состоит из ведущей и ведомой полумуфт и соединительных элементов. В механических муфтах в качестве соединительного элемента используют твердые (жесткие или упругие) тела.

➤ 2.

Муфты приводов машин классифицируют по многим признакам. По принципу действия муфты подразделяют на *четыре класса*:

класс 1—*нерасцепляемые* (не допускающие разъединения валов при работе машины);

класс 2—*управляемые* (допускающие возможность управления муфтой);

класс 3 — *самодействующие* (автоматически срабатывающие в результате изменения заданного режима работы);

класс 4—*прочие* (все муфты, не входящие в первые три класса).

Классы муфт (кроме четвертого) подразделяют на *группы* (механические, гидродинамические, электромагнитные), *подгруппы* (жесткие, компенсирующие, упругие, предохранительные, обгонные и др.), *виды* (фрикционные, с разрушаемым элементом и др.) и *конструктивные исполнения* (кулачковые, шариковые, зубчатые, фланцевые, втулочно-пальцевые и многие другие).

➤ 3.

Большинство муфт, применяемых в машиностроении, стандартизовано или нормализовано. Стандартные и нормализованные муфты на практике *подбирают по каталогам в зависимости от диаметра соединяемых валов и расчетного вращающего момента T_p* по условию:

$$T_p = KT \leq T_n$$

где K — коэффициент перегрузки, учитывающий режим работы и ответственность конструкции; T — наибольший длительно действующий вращающий момент; T_n — номинальный вращающий момент, указанный в каталоге.

Для приводов от электродвигателя можно принимать: при спокойной нагрузке $K=1,0\dots1,5$; при переменной нагрузке $K=1,5\dots2$; при ударной и реверсивной нагрузке $K=2,5\dots3$ и более. Для фрикционных муфт вместо коэффициента перегрузки вводится коэффициент запаса сцепления

$$K = 1,25 \dots 1,5.$$

В ответственных конструкциях выполняют *проверочный расчет* работоспособности отдельных элементов выбранной муфты по расчетному или предельному (для предохранительных муфт) вращающему моменту.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для чего предназначены муфты?

2. На какие классы делят механические муфты?
3. Как подбирают муфты?
4. Какие муфты компенсируют динамические нагрузки?

Тема 3.4. Редукторы

План темы

1. Понятие о механическом приводе
2. Устройство редуктора
3. Классификация редукторов
4. Понятие о мотор-редукторе

➤ 1.

Большинство современных технологических машин как в пищевой промышленности, так и в других отраслях проектируют и создают по схеме: энергетическая машина, передаточный механизм, исполнительный орган машины, система управления. Устройство (рисунок 17), состоящее из двигателя, передаточных механизмов (механических передач) и системы управления для приведения в движение машин и механизмов называется механическим электроприводом. Угловые скорости исполнительного органа технологической машины и двигателя чаще всего не равны. Рабочие органы машин функционируют при очень большом разнообразии угловых скоростей. Для решения этих противоречий и применяют механические приводы. Ключевым звеном привода является механическая передача.

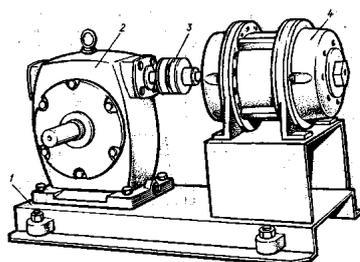


Рисунок 17. Установка привода на сварной раме из листовой стали:

1 - сварная рама; 2 — червячный редуктор; 3 — муфта; 3 — электродвигатель

➤ 2.

Редуктором называют механизм, состоящий из зубчатых или червячных передач, заключенных в отдельный корпус и работающий в масляной ванне. Редуктор выполняется в виде отдельного агрегата и служит для передачи вращения от вала двигателя к валу рабочей машины. Редуктор, как законченный механизм, соединяется с двигателем и рабочей машиной муфтами. Это принципиально отличает его от зубчатой передачи, встраиваемой в исполнительный механизм. Редукторы входят в состав механических приводов технологического оборудования.

Назначение редуктора — понижение угловой скорости и, соответственно, повышение вращающего момента ведомого вала по сравнению с ведущим. Механизмы для повышения угловой скорости, выполненные в виде отдельных аг-

редукторов, называют ускорителями или мультипликаторами.

Редуктор состоит из корпуса (литого чугуна или сварного стального). В корпусе на валах неподвижно закреплены зубчатые или червячные передачи. Валы опираются в основном на подшипники качения. Подшипники скольжения применяют в специальных случаях, когда к редуктору предъявляются повышенные требования по уровню вибраций и шума, при очень высоких частотах вращения, при отсутствии подшипников качения нужного размера или при очень близком расположении параллельных валов редуктора.

В отдельных случаях в корпусе редуктора размещают также устройства для смазывания зацеплений и подшипников (например, внутри корпуса редуктора может быть помещен шестеренный масляный насос) или устройства для охлаждения (например, змеевик с охлаждающей водой в корпусе червячного редуктора).



Редукторы широко применяют в различных отраслях народного хозяйства, в связи с чем число разновидностей редукторов велико. Ориентироваться во всем многообразии редукторов поможет классификация их по типам, типоразмерам и исполнениям.

Редукторы классифицируют по следующим основным признакам:

- по типу передачи (зубчатые, червячные или зубчато-червячные);
- числу ступеней (одноступенчатые, двухступенчатые и т. д.);
- по типу зубчатых колес (цилиндрические, конические, коническо-цилиндрические и т.д.);
- по относительному расположению валов редуктора в пространстве (горизонтальные, вертикальные);
- по особенностям кинематической схемы (развернутая, соосная, с раздвоенной ступенью и т.д.).

Из редукторов наиболее распространены цилиндрические и червячные.

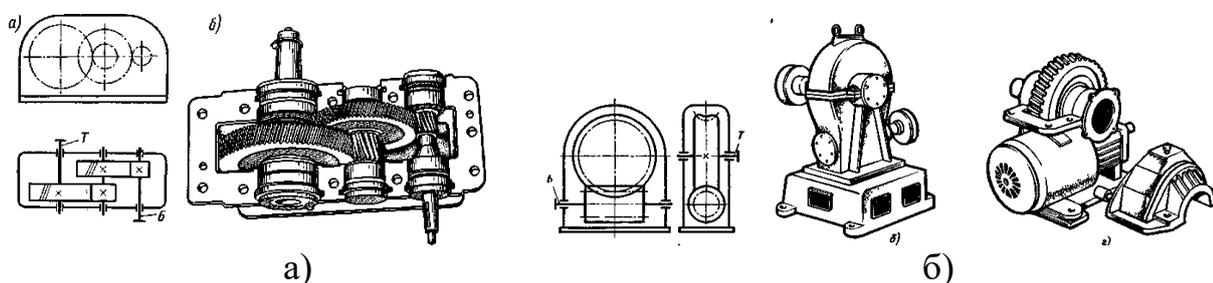


Рисунок 18. Редукторы: а) цилиндрический, б) червячные

Цилиндрические редукторы (рисунок 18, а) благодаря широкому диапазону передаваемых вращательных моментов, долговечности, простоте изготовления и обслуживания имеют широкое распространение в народном хозяйстве. Они комплектуются цилиндрическими зубчатыми передачами и отличаются числом ступеней и положением валов.

Червячные редукторы (рисунок 18, б) применяют для передачи движения между валами, оси которых перекрещиваются.

По относительному положению червяка и червячного колеса различают три основные схемы червячных редукторов: с нижним, верхним и боковым расположением червяка.

Искусственный обдув ребристых корпусов обеспечивает более благоприятный тепловой режим работы редуктора. Червячные редукторы имеют следующие особенности:

- а) передаточное число не может быть выражено отношением диаметров,
- б) начальные окружности не перекатываются, а скользят;
- в) скорость скольжения в передаче весьма значительная.

Большое скольжение в червячных передачах вызывают повышенный износ и склонность к заеданию (основные недостатки червячных передач). Кроме того, долговечность, несущая способность и к.п.ц. червячных передач зависят от величины и равномерности контактной площадки зацепления, которая зависит от правильного взаимного расположения элементов зацепления, обеспечиваемого при монтаже.

Конические редукторы (рисунок 19) применяют для передачи движения между валами, оси которых пересекаются обычно под углом 90° . Передачи с углами, отличными от 90° , встречаются редко.

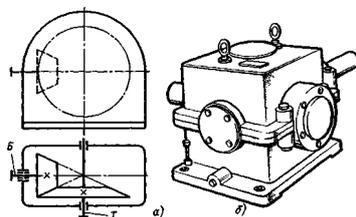


Рисунок 19. Редуктор конический: а) схема кинематическая, б) общий вид

➤ 4.

Мотор-редуктор (рисунок 20) представляет собой устройство, в котором конструктивно объединены любой тип редуктора и электродвигатель. Так, на рисунке 6 показан общий вид мотор-редуктора, включающего редуктор 1 и фланцевый электродвигатель 2, присоединенный винтами к корпусу редуктора.

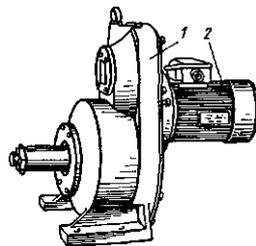


Рисунок 20. Мотор-редуктор: 1 – редуктор, 2- электродвигатель

Такая компоновка приводов получает все более широкое распространение, так как обладает рядом преимуществ: небольшими габаритными размерами и массой; возможностью достижения большей, чем в других схемах привода, точности расположения вала электродвигателя относительно ведущего вала редуктора; уменьшенным общим количеством деталей; удобством при монтаже

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для чего предназначены редукторы?
2. Из каких деталей состоят редукторы?
3. По каким признакам классифицируются червячные редукторы?
4. Каковы особенности червячных передач?
5. Что является показателем точности монтажа червячных передач?
6. Какие устройства предназначены для повышения частоты вращения?

Вопросы для промежуточной аттестации (дифференцированного зачета) обучающихся

1. Машина. Механизм. Классификация машин.
2. Классификация деталей машин общего назначения. Деталь. Сборочная единица
3. Механические передачи: назначение, классификация
4. Кинематические и силовые характеристики передач
5. Червячные передачи: устройство, принцип действия, достоинства и недостатки
6. Зубчатые передачи: устройство, принцип действия, достоинства и недостатки
7. Ременные передачи: устройство, принцип действия, классификация
8. Цепные передачи: устройство, принцип действия, классификация
9. Фрикционные передачи: устройство, принцип действия, достоинства и недостатки
10. Планетарные передачи: устройство, принцип действия, достоинства и недостатки
11. Передача винт-гайка: устройство, принцип действия, достоинства и недостатки
12. Сравнительная характеристика зубчатых передач.
13. Сварные соединения и швы: классификация, достоинства, недостатки
14. Шпоночные соединения: классификация, достоинства, недостатки, подбор шпонок
15. Шлицевые соединения: классификация, достоинства, недостатки, применение
16. Классификация соединений деталей машин
17. Стопорение резьбовых соединений. Способы стопорения
18. Назначение валов и осей. Их конструктивные элементы
19. Подшипники: назначение, классификация по принципу работы
20. Подшипники качения: устройство, маркировка, достоинства, недостатки
21. Подшипники скольжения: устройство, достоинства, недостатки, область применения
22. Муфты: назначение, классификация, устройство
23. Механические приводы: назначение, состав, основные характеристики
24. Редукторы: назначение, состав, основные характеристики

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вереина, Л. И. Техническая механика / Л. И. Вереина, М. М. Краснов. - М.: Академия, 2010. – 312 с.
2. Опарин, И. С. Основы технической механики / И. С. Опарин. - М.: Академия, 2010. – 294 с.
3. Фролов, М. И. Техническая механика: Детали машин: учеб. спец. техникумов.- 2-е изд., доп. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.: ил.
4. Эрдеди А. А. Техническая механика. Детали машин: учеб. / А. А. Эрдеди, Н. А. Эрдеди. - М.: Высш. шк., 2012. – 272 с.: ил.

ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ (ИР)

1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Электронная библиотека [Электронный ресурс]: сайт // Режим доступа: <http://window.edu.ru/window>. - Дата обращения: 10.03.2017.- Заглавие с экрана.
2. Электронные библиотеки России /pdf учебники студентам [Электронный ресурс]: сайт // Режим доступа : http://www.gaudeamus.omskcity.com/my_PDF_library.html. - Дата обращения: 10.03.2017.- Заглавие с экрана.
3. Техническая механика [Электронный ресурс]: сайт // Режим доступа: <http://www.twirpx.com/files/machinery/ptm>- Дата обращения: 10.03.2017.- Заглавие с экрана.

Учебное издание

Ивашкина Л.М.

ДЕТАЛИ МАШИН

Учебное пособие

Редактор Лебедева Е.М.

Подписано к печати 06.03.2018 г. Формат 60x84. 1/16.

Бумага печатная Усл.п.л. 2,49. Тираж 25 экз. Изд. № 5547.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ