

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

## **«ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА»**

Методические указания для подготовки к экзаменам и выполнению  
курсового проекта по дисциплине «Детали машин и основы  
проектирования» для студентов III курса, обучающихся по направлению  
150700 «Машиностроение»

*Составители Э.Б. Цхай, Д.В. Беляев*

Издательство  
Томского политехнического университета  
2015

УДК 621.81.(07)

ББК

М80

М8  
0

**«Прикладная механика»:** методические указания при подготовке к экзаменам и выполнению курсового проекта по дисциплине «Детали машин и основы проектирования» для студентов III курса, обучающихся по направлению 150700 «Машиностроение» / сост.: Э.Б. Цхай, Д.В. Беляев; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 20 с.

**УДК 621.81.(07)**

**ББК**

*Рецензент*

Доктор технических наук, профессор НИ ТПУ

*Ан И-Кан*

© Составление. ФГАОУ ВПО ТПУ, 2015

© Цхай Э.Б., Беляев Д.В., составление, 2015

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящее пособие ставит перед собой задачу закрепить полученные знания по курсу лекций «Детали машин» и может быть полезно при подготовке к экзамену, а также при выполнении курсового проекта. Пособие позволяет напомнить отдельные понятия из объемного курса «Детали машин», кроме того, краткие формулировки из пособия будут полезны начинающим конструкторам при выполнении проекта. В отдельных случаях пособие обращает внимание на моменты, которые не привлекли должного внимания на лекциях. Например, отличие болта от винта, или чем отличается ось от вала и т.д.

### Этапы разработки конструкторской документации

Техническое задание – документ, в котором освещаются назначение объекта, его особенности и такие показатели, как производительность, надежность и долговечность, массогабаритные, энергетические, стоимостные и др.

Техническое предложение – документ, в котором на основании анализа технического задания и патентов, сравнения различных вариантов определяются техническое и технико-экономическое обоснование целесообразности разработки конструкторской документации.

Эскизный проект. На этом этапе разрабатывают варианты общих видов объектов и основных узлов для выбора оптимального варианта, например, передаточное отношение редуктора и выбор зубчатых передач.

Технический проект. Разработка общих видов и узлов изделия, уточняется конструкция деталей.

Разработка рабочей документации. На этом этапе происходит изготовление чертежей общих видов и узлов после технического проекта, чертежей деталей, спецификации, технологической документации на изготовление и сборку, испытания и др.

### Что должно быть на рабочих чертежах?

На чертежах общего вида должны быть:

Все данные, определяющие форму, размеры, предельные отклонения размеров, шероховатость поверхностей, марку материала, предельные значения твердости, т.е. все данные, необходимые для

изготовления и контроля детали до сборки. Не допускаются излишние проекции, виды, разрезы и сечения, технологические указания. Чертеж выполняют в положении, в котором наиболее удобно его читать, т.е. в положении, в котором деталь устанавливается на станке.

### Материалы в машиностроении

Стали - основной металл машиностроения. Состав железо и углерод. Применяют стали обыкновенного качества, например, Ст.0; Ст.3; Ст.7 и углеродистые качественные стали (Сталь 45, Сталь 65, Сталь 65 Г), легированные конструкционные стали (20 Х, 40 Х, 30 ХГСА).

#### Что означают цифры и буквы в марках сталей?

Цифры в марках означают содержание углерода в сотых долях процента, буквы: Г – марганец, Х – хром, С – кремний, Н – никель, Ю – алюминий, К – кобальт, (все элементы содержат до 1 процента).

#### Что означают буквы и цифры в марках чугуна?

Чугуны подразделяют на серые - (СЧ- 12-28), высокопрочные - (ВЧ 60-2) и ковкие - (КЧ 30-6). Цифры означают предел прочности при растяжении и предел прочности при изгибе для первых и для ковкого чугуна - предел прочности при изгибе и условный предел текучести.

#### Какие стали можно закалить, а какие цементировать?

Калить можно стали с содержанием углерода свыше 0,40 % . Цементации подвергаются поверхности низкоуглеродистых сталей, когда требуется повысить их твердость при сохранении мягкой сердцевины.

### Испытания металлов на твердость

Измерение твердости по Бринелю (НВ) производится вдавливанием в испытуемый образец стальных шариков. Измерение твердости по Роквеллу (НR) производится вдавливанием стального шарика диаметром 1,59 мм или алмазного конуса в испытуемый образец. Измерение твердости по Викерсу (НV) производится

вдавливанием четырехгранной алмазной пирамиды под действием одной из следующих нагрузок: 5, 10, 20, 30, 50, 100 кг.

### Способы определения твердости царапаньем и по отскоку шарика

Царапанье производят алмазным конусом с углом при вершине на специальном приборе. Твердость определяется по ширине царапины. Второй способ определения твердости – по отскоку бойка при его падении с определенной высоты. Это метод называют по Шору.

### Как обозначается термическая обработка?

На чертеже детали приводят показатели твердости, глубины термической обработки, участка термической обработки. Например: h 0,5...0,8; HRC 56...63.

### Чем можно объяснить широкое применение чугуна?

Чугун дешевле стали, подвергается литью, т.е. более технологичен, легче обрабатывается.

### Термическая обработка стали и чугуна

Отжиг – нагрев изделия выше критических температур и медленное охлаждение для образования наиболее равновесной структуры. Нормализация – применяется для снятия внутренних напряжений, улучшения обрабатываемости деталей. Закалка – нагрев и быстрое охлаждение в различных средах (вода, раствор поваренной соли, раствор каустической соды, минеральные масла, растворы солей и щелочей). Отпуск применяют для уменьшения или полного снятия напряжения, уменьшения твердости закаленной стали и увеличения пластичности. Нагрев при отпуске производят в масляных, соляных и щелочных ваннах. Улучшение – закалка стали с последующим высоким отпуском при 500°C и выше.

### Цветные металлы и сплавы

В машиностроении применяются следующие цветные металлы и сплавы: медь, латунь, бронзы, никель, магний, алюминий, титан, цинк и др.

Медь – металл красного цвета, обладает высокой пластичностью, электропроводностью и теплопроводностью, что и определяет ее применение. Различают сплавы меди с цинком – латуни и бронзы – сплавы меди с другими элементами.

Латуни (медноцинковые сплавы). Буквенные обозначения в марке латуни указывают, какие элементы входят в латунь, а цифры определяют процентное содержание этих элементов. Например: Л 62 – латунь, меди - 62%, цинка 38%, ЛЖМц 59-1-1 – латунь, меди - 59%, железа - 1%, марганца - 1% и цинка - 39%.

Бронзы. Сплавы меди с оловом. Например: Бр.ОФ 6,5-0,4 , БР.ОЦ 4-3 , бериллиевая, Бр. Мц5, где Ф – фосфор, Ц – цинк, Мц – марганец. Обратите внимание на пружинистую бронзу – бериллиевую.

Никель. Препятствует окислению. Если в сплаве преобладает никель, то первой буквой в марке будет Н, если М, то основным элементом будет медь. Например: МН 19 (мельхиор) содержит медь и 19% никеля – применяется для разменной монеты, медицинских инструментов, деталей точной механики. МНЦС 17-18-1,8 для часовых механизмов. Содержит медь, никель, цинк и свинец.

Титан – металл серебристо-белого цвета. Труднообрабатываемый. Титан и его сплавы используют там, где главную роль играют высокая удельная прочность и хорошая сопротивляемость коррозии. Титановые сплавы применяют в авиации и ракетной технике, в химическом машиностроении и др. отраслях (марки ВТ5, ВТ8. Для тяжело нагруженных деталей работающих при температурах 400-450 градусов рекомендуется марка ВТ14.

Алюминий и его сплавы. Легкий металл серебристо-белого цвета. Особенностью алюминия является его низкая плотность и высокая электропроводность. Обладает высокой коррозионной стойкостью. Наибольшее распространение получили сплавы систем Al-Cu, Al-Si, Al-Mn, Al-Cu-Mg, и др. Дуралюмины, сплавы Al-Cu-Mg, в которые дополнительно введён марганец. Например, сплав Д16 обладает высокой прочностью и долговечностью при переменных нагрузках.

Различают деформируемые и литейные сплавы. Например, литейный сплав системы Al-Si (силумин) – АЛ4, АЛ9 – хорошо сопротивляются коррозии при влажной атмосфере и морской воде, удовлетворительно обрабатываются резанием.

Магний – самый легкий металл светло-серого цвета. Плотность низкая (1,74 г/см<sup>3</sup>). Применяется в фотографии, пиротехнике и химической промышленности. Марки магниевых литейных сплавов

обозначают МЛ2, МЛ5. Деформируемые магниевые сплавы – МА1, МА2...МА5.

Олово. Металл, применяемый в полупроводниковой технике, для лужения консервной жести, для изготовления припоя ПОС-90, ПОС-40, баббитов, фольги. Это марки ОВЧ – 000, 01, 02, 03 и 04. Температура плавления - 230°C.

## Проектирование редуктора

Проектирование, разумеется, начинается с изучения технического задания и технического предложения. После чего приступают к выбору вариантов редуктора, схемы зубчатых зацеплений, передаточных отношений, расчету межцентровых расстояний, габаритных размеров корпуса редуктора.

### Факторы, которые учитываются при выборе способа изготовления корпуса редуктора

Корпус может быть сварным или литым. Основным фактором при выборе является программа выпуска. Естественно, для изготовления десятка корпусов редукторов экономически нецелесообразно применение литья.

Далее, с учетом ширины зубчатых колес и по конструктивным соображениям, принимается ширина корпуса редуктора. Зная расчетные силы в зацеплении, строятся эпюры поперечных сил, изгибающих и крутящих моментов. Следующий этап – определение размеров валов и подшипников качения.

### Что необходимо знать для выбора подшипников качения?

Для выбора подшипников качения необходимо знать долговечность подшипника в часах, скорость вращения в об/мин., приведенную нагрузку на подшипник в Ньютонах (Н).

### Коэффициент работоспособности? Где его найти?

Коэффициент работоспособности  $S$  определяется по формуле  $S=Q$ . Коэффициент  $S$  приводится для каждого подшипника в каталогах.

## Что скрыто в обозначениях подшипника?

Если рассматривать обозначения слева направо, то 1 и 2 цифры указывают на внутренний диаметр подшипника (00-12-15-17-20,25,30,35 и т.д., т.е.100-й подшипник имеет диаметр – 10 мм, подшипник 101 – диаметр 12 мм, подшипник 102 – диаметр 15 мм, подшипник 103 – 17 мм, но подшипники 104, 105, 106 и 107 – имеют диаметры, кратные 5 – 20, 25, 30 и 35 мм.

Третья цифра слева указывает на серию подшипника (2- легкая, 3-средняя, 4 – тяжелая и т.д.)

Четвертая цифра слева определяет тип подшипника (шариковые, цилиндрические, конические роликовые, радиально-упорные и т.д.).

Пятая и шестая цифры указывает на конструктивные разновидности подшипника.

Седьмая цифра указывает на серию ширины подшипника.

Кстати, долговечность роликовых подшипников превышает долговечность шариковых подшипников легкой серии в 4 раза, средней – в 6 раз и тяжелой - в 10 раз. Долговечность роликового подшипника тяжелой серии в 150 раз больше долговечности шарикового подшипника легкой серии.

## Как осуществляется выбор посадки для колец подшипника качения?

Для условно неподвижного кольца подшипника выбирается переходная посадка. Это делается для того, чтобы оно имело возможность периодически проворачиваться для равномерного износа дорожки качения. Посадка другого кольца должна быть с натягом.

## Основные виды подшипников качения

К основным видам подшипников качения относятся: однорядные и двухрядные радиальные шариковые, шариковые двухрядные сферические, шариковые радиально-упорные, радиальные роликовые, игольчатые, конические роликовые, цилиндро-сферические, сферические с бочкообразными роликами.

Кроме перечисленных различают упорные подшипники (однорядные и двухрядные шариковые подшипники, упорно-радиальные шариковые подшипники, упорные подшипники с



цилиндрическими роликами, упорные подшипники с коническими роликами, сфероконические подшипники.

Различают подшипники с разъемными обоймами и со встроенными уплотнениями.

#### Классы точности изготовления подшипников

Подшипники качения разделяются на следующие классы:

Нормальный .....	Н	Особо высокий .....	АВ
Повышенный .....	П	Прецизионный .....	А
Особо повышенный .....	ВП	Особо прецизионный ...	СА
Высокий .....	В	Сверхпрецизионный ....	С

Почему до проектирования корпуса редуктора необходимо выбрать подшипники?

Без знания габаритных размеров подшипников нельзя выбрать способ крепления подшипника и крышки, осевые размеры отверстия под подшипник и крышку с уплотнением, т.е. предусмотреть размеры на эти цели. Особенно это необходимо знать при выборе изготовления корпуса литым.

Что Вам известно о нормальных линейных размерах?

Стандартом предусмотрены четыре ряда нормальных линейных размеров для применения в машиностроении (Ra5, Ra10, Ra20 и Ra40), члены которых являются округленными значениями членов геометрических прогрессий со знаменателями прогрессий 1,6 - 1,12 - 1,25 - 1,06. Например, для размеров от 1 до 500 мм для ряда Ra5 ряд состоит из чисел: 1,0 - 1,6 - 2,5 - 4,0 - 6,3 - 10 - 16 - 25 - 40 - 63 - 100 и т.д. Ряд Ra10 состоит из чисел: 1,0 - 1,2 - 1,6 - 2,0 - 2,5 - 3,2 - 4,0 - 5,0 - 6,3 - 8,0 - 10 и т.д. Ряд Ra20 состоит из чисел: 1,0 - 1,1 - 1,2 - 1,4 - 1,6 - 1,8 - 2,0 - 2,2 - 2,5 и т.д. Для ряда Ra20 коэффициент геометрической прогрессии  $q = 1,12$ .

Существуют нормальные углы, конусности и углы конусов.

## Чем отличается вал от оси?

Ось не передает крутящего момента, а испытывает напряжение изгиба. Вал всегда передает крутящий момент.

Помимо крутящих моментов валы загружены поперечными силами и изгибающими моментами от усилий в зацеплениях, опорах, муфтах и рабочих органов.

## Что необходимо знать при расчете вала?

Прежде всего, нужно знать циклы изменения напряжений, которые могут быть симметричными и пульсирующими. Экспериментально установлено, что для большинства металлов существует наибольшее максимальное напряжение, при котором материал не разрушается при любом числе циклов. Такое напряжение называется пределом усталости или пределом выносливости. Ему соответствует число циклов нагружения. Программу нагружения (продолжительность включения, число часов работы, частоту вращения вала, допускающие напряжения на кручение и выносливость). Эпюры изгибающих и крутящих моментов, а значит и допускаемые напряжения.

## Предварительный расчет диаметра вала

Диаметр вала принимают исходя из условий прочности по формулам:

$$\tau_{кр} = T / (0,2d^3) \leq [\tau_{кр}],$$

Из этой формулы следует

$$d \geq \sqrt[3]{T / 0,2[\tau_{кр}]}$$

где:  $d$  – диаметр вала в мм;  $T$  – момент крутящий в кНм;  $[\tau_{кр}]$  – допускаемое напряжение в МПа.

## Как определяют коэффициент запаса прочности?

Один из методов выбора коэффициента запаса прочности, который зависит от методики расчета, неточности в экспериментальном или расчетном определении величин напряжений и нагрузок, неточности изготовления деталей, степени однородности материала, его качество и степени ответственности и т.д. Так, например, коэффициенты запаса

прочности для ножки стула и оси шасси самолета, каната пассажирского лифта могут отличаться в 8-9 раз.

В обычных случаях коэффициенты запаса прочности принимают следующие: 1)  $k =$  от 1,25 до 1,5 для исключительно надежных материалов; 2)  $k =$  от 1,5 до 2 для хорошо известных материалов при постоянных нагрузках; 3)  $k =$  от 2 до 2,5 для материалов средней прочности, находящихся в обычных условиях; 4)  $k = 2,5 - 3$  для материалов менее надежных и для хрупких материалов при средних условиях работы, средних нагрузках; 5)  $k = 3 - 4$  для надежных материалов при средних нагрузках и т.д.

## Неразъемные соединения

### Сварное соединение

Сварные конструкции в большинстве случаев гораздо дешевле клепанных и литых, поскольку обеспечивают существенную экономию металла.

Недостатки: появление остаточных напряжений в свариваемых элементах после окончания процесса сварки, коробление, плохое восприятие переменных и особенно вибрационных нагрузок, сложность и трудоемкость контроля качества сварных швов.

Виды сварки: ручная или автоматическая дуговая сварка плавящимся электродом в т.ч. под флюсом, электрошлаковая сварка, контактная сварка (стыковая, шовная, точечная).

### Заклепочные соединения

Вследствие того что заклепочные соединения являются более стабильными и контроль их качества осуществляется проще и надежней, то их применяют в особо ответственных конструкциях, воспринимающих интенсивные вибрационные или большие повторные ударные нагрузки (оболочки судов, летательных аппаратов, некоторых мостов и т.п.). Заклепочные соединения применяют также в конструкциях, не допускающих сварку. Ряд недостатков: большой расход металла, большая трудоемкость их изготовления и высокая стоимость.

Заклепки принимают из того же материала, что и соединяемые детали.

Заклепочные швы рассчитывают по напряжениям среза и смятия.

## Разъемные соединения

### Метрическая резьба. Основные параметры.

Угол профиля  $60^{\circ}$ , наружный, средний и внутренний диаметры, шаг резьбы в мм, профиль – эвольвентный, направление резьбы - левая или правая.

### Метрическая коническая. Основные параметры.

Угол профиля  $60^{\circ}$ , конусность 1:16, наружной, взаимодействует с цилиндрической внутренней резьбой.

### Трапецеидальная резьба. Основные параметры.

Угол профиля  $30^{\circ}$ , диаметры и шаг в мм. Используется как ходовая.

Трубная цилиндрическая и трубная коническая резьбы. Основные параметры.

Угол профиля  $55^{\circ}$ , создана на основе дюймовой системы мер (номинальный диаметр), шаг резьбы определяется числом ниток на 1 дюйм (25,4 мм), верхушка профиля - закругленная. Применяется для уплотнения трубных соединений. Конусность для трубных конических резьб 1 : 16.

### Упорная резьба. Основные параметры.

Угол профиля  $30^{\circ}$ , резьба ходовая. Диаметры и шаг в мм. Используется в домкратах, прессах.

Что Вам известно о классах прочности резьбовых соединений?

Класс прочности обозначается двумя числами. Первая цифра означает 1/100 предела прочности на разрыв, измеренную в МПа. Например, 8.8 – первая цифра  $8 \times 100 = 800$  МПа или 80 кгс/ - отношение предела текучести к пределу прочности, умноженному на 10. Из пары цифр можно узнать предел текучести материала  $8 \times 8 \times 10 = 640$  Н/. Это и есть максимальная рабочая нагрузка болта.

Назовите поверхности, по которым осуществляются посадки резьбового соединения?

Резьба должна сопрягаться только по винтовым поверхностям резьбового профиля, поэтому основным параметром, определяющим характер посадки резьбовой пары, является средний диаметр.

## Как обозначаются допуски в зависимости от класса точности резьбы?

Допуски для диаметров болта и гайки в зависимости от класса точности обозначаются цифрами и буквами латинского алфавита. Например: для болта М10 – 6g, гайки – М12 – 6Н. Поля допусков установлены в трех классах точности:

Класс точности	Точный	Средний	Грубый
Поля допусков:			
болтов	4h	6h – 6g – 6e – 6d	8 h – 8g
гаек	4Н; 5Н	5Н; 6Н; 6Н; 6G	7Н; 7G

## Как распределяется осевая нагрузка по виткам резьбового соединения?

Задачу о распределении осевой нагрузки по виткам резьбы первым решил в 1902 г. Н.Е.Жуковский. В гайке с 10 витками на виток у опорного торца приходится 34%, а на виток у свободного торца – 0,9%. Это происходит по причине алгебраической разности осевых деформаций болта и гайки, которые должны компенсироваться разностью прогибов витков.

## Как влияют размеры гайки на распределение нагрузки по виткам?

Поперечные и осевые размеры гайки влияют на поперечную и осевую деформацию гайки, что влияет на распределение нагрузки по виткам.

## Чем отличается болт от винта?

Обнаружить различие можно в спецификации, хотя визуально на сборочных чертежах эти детали могут быть идентичными. Все дело в том, что болт имеет гайку, а винт вворачивается в деталь. Габаритные размеры гайки влияют на распределение осевой нагрузки по виткам, а корпусная деталь отличается от гайки. Поэтому в винтовом соединении распределение нагрузки по виткам будет отличным от распределения нагрузки в болтовом соединении.

## Виды стопорения резьбовых соединений

Там, где резьбовое соединение испытывает переменную осевую нагрузку, необходимо предусматривать их стопорение. Известны более сотни способов стопорения резьбы. Самый простой способ стопорения – применение контргайки. Далее, использование шплинтов, шайб стопорных с носком и лапкой, шайб контрольных с упором в гнездо, шайб пружинных, разрезных гаек, концевых шайб, штифтов и т.д.

Что является основным для предохранения от самоотвинчивания?

Основным условием для резьбового соединения от самоотвинчивания является соблюдение усилия предварительной затяжки. Общепринято, что это усилие должно соответствовать (0,6–0,8), т.е. (60-80) процентов от предела текучести. Многочисленные экспериментальные исследования показали, что коэффициенты трения в резьбе и на торце гайки нестабильны, а это не позволяет надежно рассчитать момент самоотвинчивания.

### Основные параметры шпоночных соединений. Типы шпонок

Шпоночные соединения предназначены для окружной фиксации деталей на валах и передачи крутящих моментов. Бывают напряженные и ненапряженными. Ненапряженными шпоночными соединениями являются призматические и сегментные шпонки, которые при сборке не вызывают деформации вала и ступицы. Напряженные соединения создаются клиновыми и тангенциальными шпонками, имеющие уклон стороны 1/100.

По форме стандартные шпонки разделяются на призматические, клиновые, сегментные и тангенциальные с прямоугольным поперечным сечением. В свою очередь призматические шпонки разделяются на три типа: обыкновенные и высокие для неподвижных соединений, направляющие с креплением на валу с возможностью перемещения вдоль вала, скользящие сборные, соединяющиеся со ступицей при помощи выступа и перемещающиеся вдоль вала вместе со ступицей. Сегментные шпонки применяют при коротких ступицах колес. Соединения с клиновыми шпонками применяются реже, так как при сборке они создают небольшой перекосяк.

## Преимущества и недостатки шпоночных соединений

Основным преимуществом шпоночных соединений является простота их изготовления, легкость сборки и разборки, невысокая стоимость. Основной недостаток – снижение нагрузочной способности из-за ослабления их поперечных сечений шпоночными пазами и значительная концентрация напряжений в зоне этих пазов.

### Расчет на прочность ненапряженных шпоночных соединений

Расчет на прочность шпонки производят на срез и смятие. Расчетная формула на срез имеет вид  $\tau_{ср} = 2T/(dl_p b) \leq [\tau_{ср}]$ , где:  $T$  – вращающий в кНм;  $[\tau_{ср}]$  – допускаемое напряжение в МПа;  $d$  – диаметр вала в мм;  $b$  и  $l_p$  – ширина и рабочая длина шпонки. Расчетная формула на смятие  $\sigma_{см} = 2T/(dl_p K) \leq [\sigma_{см}]$ , где:  $[\sigma_{см}]$  – допускаемое напряжение в МПа,  $K$  - справочный размер для расчета на смятие.

### Тангенциальные шпоночные соединения

Данный тип шпонок создает натяг не в радиальном, а в тангенциальном направлении, причем каждая шпонка выполняется из двух односкосных клиньев. Тангенциальные шпонки применяют в тяжелом машиностроении при повышенных ударных нагрузках и частом изменении направления вращения. Напряженное шпоночное соединение обладает большой нагрузочной способностью, не требует высокой точности пригонки, но могут вызвать расцентровку, дисбаланс и неуравновешенность деталей, что ограничивает их применение.

### Сегментные шпонки

Сегментные шпонки технологичны, удобны при сборочных работах, но глубокий шпоночный паз ослабляет вал, поэтому такое шпоночное соединение применяют при небольших крутящих моментах. Все размеры шпонок ГОСТированы.

С какой целью некоторые шпонки имеют резьбовое отверстие или головку?

Наличие резьбового отверстия или головки у клиновых шпонок объясняется только облегчением разборки шпоночного соединения.

## Преимущества шлицевых соединений по сравнению со шпоночными соединениями

Шлицевые соединения могут передавать большие крутящие моменты, не вызывают дисбаланс и имеют высокую точность центрирования, однако проигрывают в технологичности.

### Виды шлицевых соединений

Шлицевые соединения выполняют с прямобочным, эвольвентным или треугольным профилем. Преимуществом шлицевых соединений по сравнению со шпоночным является большая площадь рабочих поверхностей и меньшее число деталей. Концентрация напряжений в пазах шлицевых соединений меньше, чем в пазах шпоночных.

В соединениях с прямобочным профилем соосное положение деталей обеспечивается центрированием по боковым поверхностям зубьев и по одному из диаметров – внутреннему или наружному.

### Преимущества и недостатки шлицевых соединений

Шлицевые соединения передают большой крутящий момент, позволяют осевые перемещения, не вносят угловых деформаций. К недостаткам относятся высокая стоимость изготовления по сравнению со шпоночными соединениями.

### Зубчатые передачи

Зубчатые передачи предназначены для изменения угловой скорости и момента от одного вала к другому. Усилие от одного зубчатого колеса к другому передается посредством зубьев. Различают передачи: цилиндрические (с прямыми, косыми или шевронными зубьями), конические (с прямыми, тангенциальными и круговыми зубьями), винтовые и гипоидные передачи (когда оси скрещиваются).

Контактирование зубьев может осуществляться по линии или точке. Боковые профили зубьев могут быть очерчены различным кривыми, наибольшее распространение получила эвольвента окружности.

Меньшее колесо принято называть шестерней, большее – колесом.



## Силы в прямозубом и косозубом зацеплении цилиндрических передач

В косозубом зацеплении возникает осевая составляющая, что требует использования упорных и радиально-упорных подшипников.

### Модуль зацепления

Модуль это геометрическая характеристика величины зуба, определяется как шаг разделить на число  $\pi$ , однако шаг может быть разным. Но мы знаем, что зуб с модулем равным 1 мм в десять раз меньше, чем зуб с модулем 10 мм. Диаметр окружности выступов прямозубой передачи связан с модулем и числом зубьев.

Как ориентировочно определить модуль, имея зубчатое колесо и штангенциркуль?

Измерить штангенциркулем высоту зуба, затем полученную величину поделить на 2,25 и подобрать по ГОСТу ближайшее стандартное значение.

### Планетарные зубчатые передачи

Планетарными называют передачи, имеющие зубчатые колёса с перемещающимися осями. Эти подвижные колёса называемые сателлитами (лат. *satellitum* – спутник), подобно планетам Солнечной системы вращаются вокруг своих осей и одновременно перемещаются вместе с ними. Подвижные колёса находятся в зацеплении с центральным колесом (его иногда называют солнечным), имея с ними внешнее, а с корончатым колесом внутреннее зацепление. Оси сателлитов закреплены на водиле и вращаются вместе с ним вокруг центральной оси.

### Червячная передача

В зависимости от формы профиля боковой поверхности витка червяка различают: архимедовы, конволютные, эвольвентные и с вогнутым профилем витков.

Ведущим звеном червячной передачи в большинстве случаев является червяк, а ведомым – червячное колесо.

В отличие от косозубой в червячной передаче расчетным модулем  $m$  червячного колеса и червяка служит  $\frac{p}{m}$ , где  $p$  – делительный окружной шаг зубьев колеса или делительный осевой шаг витков червяка, называемый расчетным шагом.

Достоинства червячных передач: самоторможение и компактность при возможности осуществления большого передаточного числа при одной ступени. Передаточное число принимают обычно в пределах  $u=8\dots90$ .

По сравнению с обыкновенной зубчатой, червячная передача обладает рядом недостатков: к.п.д. ниже чем у зубчатых, склонность витков резьбы червяка и зубьев колеса к заеданию и необходимость применения для венцов червячных колес дорогих антифрикционных материалов.

### Муфты

Муфты являются соединительными устройствами в основном для валов и предназначены для передачи крутящего момента от одного вала к другому. Применяемые муфты приводов по назначению, принципу действия и конструкции чрезвычайно многочисленны и разнообразны. В курсе «Детали машин» изучают только механические муфты. Некоторые из муфт нормализованы ГОСТами.

Основной характеристикой при подборе муфт является передаваемый момент.

### Шероховатость поверхностей

Под шероховатостью поверхности понимается совокупность микронеровностей с относительно малыми шагами по базовой длине. Шероховатость поверхности оценивается по неровностям профиля получаемого путем сечения реальной поверхности плоскостью (чаще всего в нормальном сечении). В чертежах требования к шероховатости поверхностей устанавливают с помощью условных обозначений по ГОСТ. Предпочтительно, в том числе и для самых грубых поверхностей, нормировать параметр  $Ra$  - среднее арифметическое отклонение профиля, чем  $Rz$  - высота неровностей профиля по десяти точкам.

Учебное издание

## **«ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА»**

Методические указания при подготовке к экзаменам и выполнению курсового проекта по дисциплине «Детали машин и основы проектирования» для студентов III курса, обучающихся по направлению 150700 «Машиностроение»

*Составители*

ЦХАЙ Эдуард Борисович  
БЕЛЯЕВ Дмитрий Владимирович

**Отпечатано в издательстве ТПУ в полном соответствии с качеством представленного оригинал-макета**

Подписано к печати 00.00.2015. Формат . Бумага .

Печать XEROX. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л.

Заказ 000-13. Тираж 100 экз.

---

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Система менеджмента качества

Издательства Томского политехнического университета сертифицирована

NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO 9001:2008

---

ИЗДАТЕЛЬСТВО ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

Тел./факс: 8(3822)56-35-35, [www.tpu.ru](http://www.tpu.ru)