

где выражение под радикалом представляет собой длину витка пружины;

2) для пружины растяжения (по рис. 377)

$$L \approx \pi(D - d) \cdot (n + 2).$$

На табл. 37 показаны некоторые примеры изображения пружин на сборочных чертежах.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какая разница между эскизом и рабочим чертежом?
2. Что подразумевается под чтением чертежа?
3. Как изображаются на чертежах пружины?
4. В каком месте чертежа детали записывают технические требования?
5. Какие размеры называются справочными?
6. Какие чертежи называются эскизами?
7. Как изображается линия сгиба?

Г Л А В А 4 3

РАЗЪЕМНЫЕ И НЕРАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Все существующие соединения деталей можно разделить на разъемные и неразъемные.

Разборка неразъемных соединений может быть осуществлена только такими средствами, которые приводят к частичному разрушению деталей, входящих в соединении.

К неразъемным соединениям относятся: клепаные, сварные, полученные пайкой, склеиванием, шшиванием, а также соединения, полученные путем запрессовки деталей с натягом. На чертежах используют условные изображения швов сварных соединений по ГОСТ 2.312—72 и соединений, получаемых клепкой, пайкой, склеиванием, шшиванием и т.д., по ГОСТ 2.313—82.

Разъемное соединение позволяет многократно выполнять его разборку и последующую сборку, при этом целостность деталей, входящих в соединение, не нарушается.

К неразъемным соединениям относятся: резьбовые соединения с помощью штифтов, клиньев и

шпонок, а также зубчатые (шлицевые) соединения.

§ 1. РЕЗЬБОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Помимо резьбовых соединений, осуществляемых с помощью стандартных крепежных деталей (болтов, шпилек и винтов), находят широкое применение резьбовые соединения, в которых резьба выполняется непосредственно на деталях, входящих в соединении. Это соединение осуществляется навинчиванием одной детали на другую.

На рис. 379 представлено соединение трубы 1 со штуцером 2, осуществляемое с помощью накидной гайки 3 и втулки 4, прижимающей коническую развальцованную часть трубы к штуцеру.

§ 2. СОЕДИНЕНИЕ КЛИНОМ

Соединение клином применяется в случаях необходимости быстрой разборки и сборки сое-

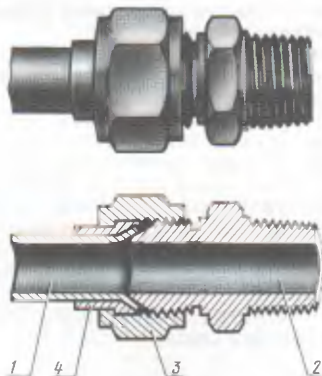


РИС. 379

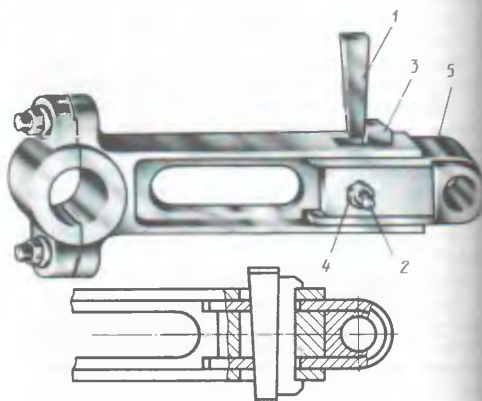


РИС. 380

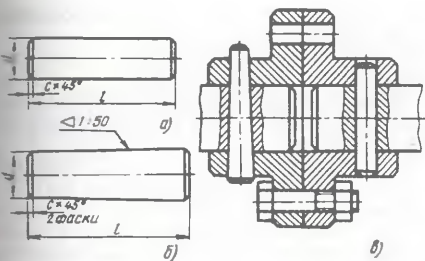


РИС. 381

звляемых деталей машин, а также для стягивания деталей с регулированием соответствующих зазоров между ними.

Изображенное на рис. 380 соединение клином служит для стягивания и регулирования зазоров вкладыша головки шатуна в его корпусе. Клин 1 совместно с пластиной 3 плотно вставляется в пазы корпуса и стяжного хомута 5 и затем закрепляется там с помощью упорного винта 2 с квадратной головкой. Для предупреждения самоотвинчивания винта ставится контргайка 4.

Клин 1, выполненный из стали, представляет собой брусок, имеющий с одной стороны скос с определенным уклоном. По краям и торцам клин скругляется.

§ 3. СОЕДИНЕНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ШТИФТОВ

Одним из видов разъемного соединения деталей является соединение их с помощью штифтов. По форме штифты разделяются на цилиндрические и конические (рис. 381), имеются штифты и другой формы. Применяются штифты для взаимной установки деталей (установочные штифты), а также в качестве соединительных и предохранительных деталей.

Цилиндрические штифты выполняются по ГОСТ 3128—70.

Размеры и параметры конических штифтов устанавливает ГОСТ 3129—70.

Конические штифты выполняются с конусностью 1:50.

§ 4. ШПОНОЧНОЕ СОЕДИНЕНИЕ

В машиностроении широко применяется соединение шпонками валов с насаженными на них деталями, например, маховиками, шкивами, зубчатыми колесами, муфтами, звездочками цепных передач, кулачками. Эти соединения просты по

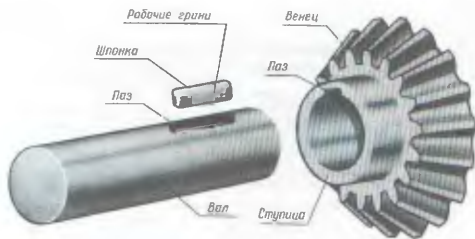
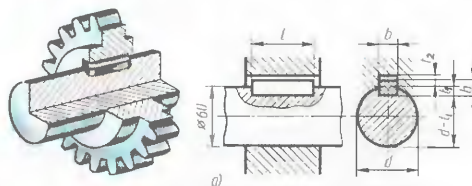


РИС. 382

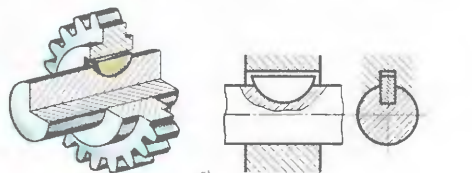
выполнению, компактны, легко разбираются и собираются.

В таком соединении часть шпонки входит в паз вала, а часть — в паз ступицы колеса (рис. 382).

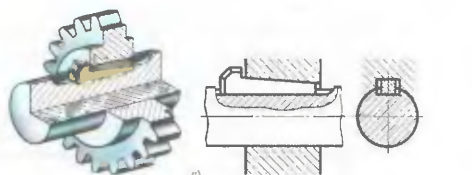
Форма и размеры шпонок стандартизованы и зависят от диаметра вала и условий эксплуатации соединяемых деталей. Большинство стандартных шпонок представляют собой деталь призматической, сегментной или клиновидной формы с прямоугольным поперечным сечением. Шпонки в продольном



Шпонка призматическая обыкновенная ГОСТ 23360—78



Шпонка сегментная ГОСТ 24071—80



Шпонка клиновидная ГОСТ 24068—80

РИС. 383

Размеры призматических шпонок и пазов, мм
(выдержка из ГОСТ 23360-78)

Диаметр вала d	Сечение шпонки		Глубина паза		Фаска α	Длина шпонки l
	b	h	вал втулки			
			t_1	t_2		
Св. 12 до 17	5	5	3	2,3	0,25—	10—65
Св. 17 до 22	6	6	3,5	2,8	0,40	14—70
Св. 22 до 30	8	7	4	2,8		18—90
Св. 30 до 38	10	8	5	3,3		22—110
Св. 38 до 44	12	8	5	3,3	0,40—	28—140
Св. 44 до 50	14	9	5,5	3,8	0,60	36—160
Св. 50 до 58	16	10	6	4,3		45—180

льном разрезе показываются нерассеченными независимо от их формы и размеров.

Наибольшее распространение имеют призматические шпонки (рис. 383, а), которые, располагаясь в пазу вала, несколько выступают из него и входят в паз, выполненный во втулке (ступице) детали, соединяемой с валом. Передача вращения от вала к втулке

(или наоборот) производится рабочими боковыми гранями шпонки.

После сборки шпоночного соединения (рис. 383, а) между пазом втулки и верхней гранью шпонки должен быть небольшой зазор; размеры пазов на валу и во втулке выбирают по ГОСТ 23360—78.

Призматические шпонки по ГОСТ 23360—78 изготавливают в трех исполнениях (рис. 384).

Размеры сечений призматических шпонок и соответствующих им пазов определяются диаметром вала, на котором устанавливается шпонка (табл. 38). Например, шпонка для вала диаметром $d = 45$ мм должна иметь ширину сечения $b = 14$ мм и высоту $h = 9$ мм. Размеры пазов для выбранной шпонки (см. табл. 38) характеризуются величинами $t_1 = 5,5$ мм — для вала и $t_2 = 3,8$ мм — для втулки (см. рис. 384).

На чертеже вала обычно наносят размер t_1 , а на чертеже втулки колеса всегда $d + t_2$ (см. рис. 384). Необходимая длина шпонки в зависимости от условий работы и действующих на шпоночное соединение сил выбирается по ГОСТ 23360—78.

Условное обозначение шпонки исполнения 1 с размерами ($b = 18$, $h = 11$ и $l = 65$ мм) имеет вид:

Шпонка 18×11×65 ГОСТ 23360—78.

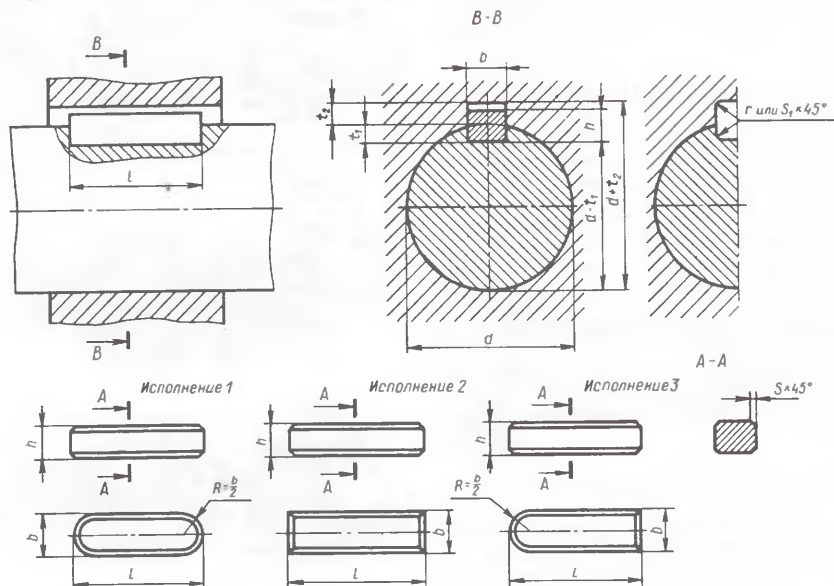


РИС. 384

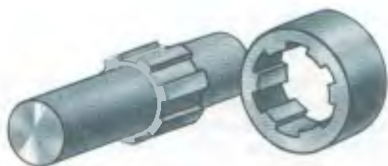


РИС. 385

Условное обозначение шпонки исполнения 2 с размерами ($b = 8$, $h = 7$, $l = 45$ мм):

Шпонка 2-8×7×45 ГОСТ 23360-78.

Сегментные шпонки применяются для соединения с валом деталей, имеющих сравнительно короткие втулки (рис. 383, б). Размеры сегментных шпонок и пазов устанавливает ГОСТ 24071-80.

Условное обозначение сегментной шпонки исполнения 1 толщиной $b = 6$ мм и высотой $h = 10$ мм:

Шпонка 6×10 ГОСТ 24071-80.

Значительно реже применяются клиновые шпонки, ГОСТ 24068-80 (см. рис. 383, в).

§ 5. ЗУБЧАТОЕ (ШЛИЦЕВОЕ) СОЕДИНЕНИЕ

Зубчатое, или шлицевое соединение какой-либо детали с валом образуется выступами, имеющимися на валу, и впадинами такого же профиля во втулке или ступице (рис. 385). Это соединение аналогично шпоночному, но так как выступов несколько, то это соединение по сравнению со шпоночным имеет значительное преимущество. Оно способно передавать крутящие моменты значительной величины, легко осуществлять общее центрирование втулки и вала и их осевое перемещение. Поэтому его применяют в ответственных конструкциях машиностроения.

По форме поперечного сечения выступов зубчатые соединения делятся на соединения прямобочного профиля — ГОСТ 1139-80 (рис. 386, а) и эвольвентного профиля — ГОСТ 6033-80 (рис. 386, б).

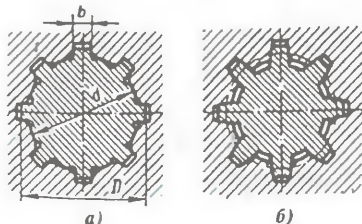


РИС. 386

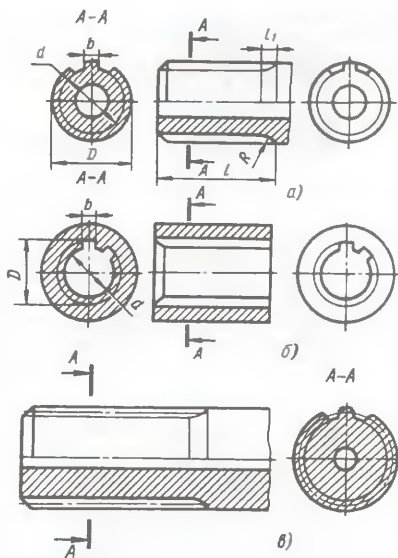


РИС. 387

На рис. 387 представлены примеры условных изображений шлицевых соединений на чертежах. Эти условности позволяют сделать чертеж более простым, наглядным и легко выполнимым.

В машиностроении широко применяются зубчатые соединения прямобочного профиля, выполняемые по ГОСТ 1139-80, который устанавливает размеры элементов соединения, их предельные отклонения и условные обозначения.

Соединения прямобочного профиля характеризуются числом зубьев z , диаметрами d и D , шириной зуба b . ГОСТ 1139-80 предусматривает различные сочетания z , d и D , каждому из которых соответствует определенное значение b . Эти сочетания образуют три серии: легкую, среднюю и тяжелую.

Центрирование втулки (ступицы) на валу может осуществляться:

а) по окружности диаметра D (наиболее технологичное) (рис. 388, а), зазор по диаметру d ;

б) по окружности диаметра d (рис. 388, б), зазор по диаметру D ;

в) по размеру b (по боковым сторонам зубьев) (рис. 388, в), зазоры по диаметру d и D .

В общем случае условное обозначение шлицевых валов, отверстий и их соединений содержит: поверхность центрирования (d , D или b), число

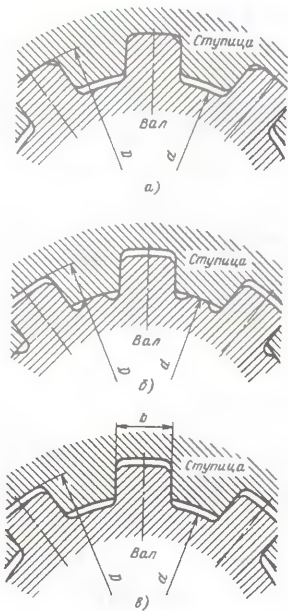


РИС. 388

зубьев, внутренний диаметр, наружный диаметр, ширину зуба, посадки.

Пример условного обозначения втулки с числом зубьев $z = 8$, внутренним диаметром $d = 36$ мм, наружным диаметром $D = 40$ мм, шириной зубьев $b = 7$ мм с центрированием по внутреннему диаметру, с посадками по диаметру центрирования —

H7, по диаметру $D — H12$:

$$d — 8 \times 36H7 \times 40H12 \times 7$$

В курсе "Инженерная графика" обычно применяется условное обозначение в упрощенном виде (без предельных отклонений размеров), например, $d — 8 \times 36 \times 40 \times 8$ (рис. 389).

ГОСТ 2.409—74 устанавливает условные изображения зубчатых (шлицевых) валов, отверстий и их соединений, а также правила выполнения элементов соединений на чертежах зубчатых валов и отверстий.

Окружности и образующие поверхностей впадин на изображениях зубчатого вала и отверстия показывают сплошными тонкими линиями (см. рис. 387, а, б), при этом сплошная тонкая линия поверхности впадин на проекции вала на плоскость, параллельную его оси, должна пересекать линию границы фаски. На разрезах образующие поверхности впадин и отверстия показывают сплошными основными линиями (см. рис. 387).

На продольных разрезах и сечениях зубья валов и впадины отверстия ступиц совмещают с плоскостью чертежа, при этом зубья показывают нерассеченными, а образующие, соответствующие диаметрам d и D , показывают сплошными толстыми линиями (см. рис. 387, а и б).

На проекциях вала, перпендикулярных его оси, а также в поперечных разрезах и сечениях окружности впадин показывают сплошными тонкими линиями.

Делительные окружности и образующие делительных поверхностей показывают штрихпунктирной линией (рис. 387, а).

На изображениях, перпендикулярных оси вала или отверстия, изображают профиль одного зуба и двух впадин. Сплошной толстой основной линией проводятся окружности, соответствующие диаметру D (для вала) и диаметру d (для отвер-

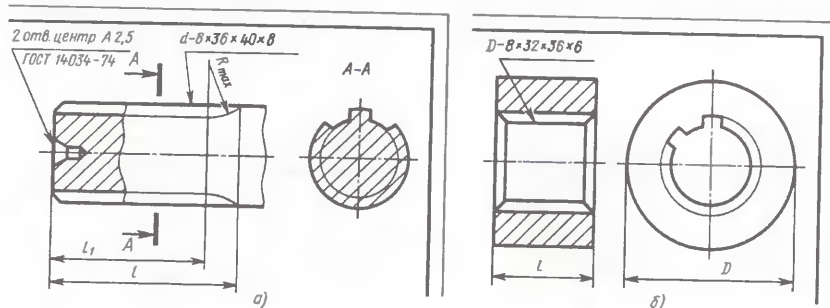


РИС. 389

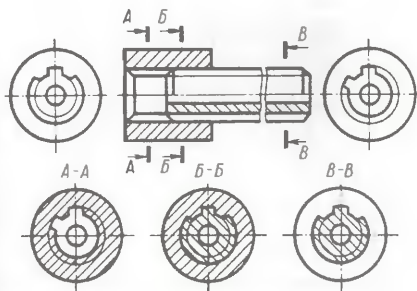


РИС. 390

стия ступицы). Сплошной тонкой линией проводится окружности, соответствующие диаметру d (для вала) и диаметру D (для отверстия).

На рабочих чертежах зубчатых валов указывают длину зубьев полного профиля l_1 до сбега (рис. 389, а), а на полке линии-выноски, заканчивающейся стрелкой, условное обозначение соединения.

Допускается указывать полную длину зубьев l_1 , наибольший радиус инструмента (фрезы) R_{\max} и длину сбега l_2 . Остальные размеры назначаются конструктивно.

На рис. 390 показаны примеры условного изображения шлицевых соединений прямого профиля.

§ 6. СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Сварные соединения широко применяются в технике, особенно в машиностроении.

С помощью сварки соединяются детали машин, металлоконструкции мостов и т.п.

На рис. 391 показано соединение деталей, выполненное с помощью сварки. На чертеже при изображении разреза сварной конструкции сварив-

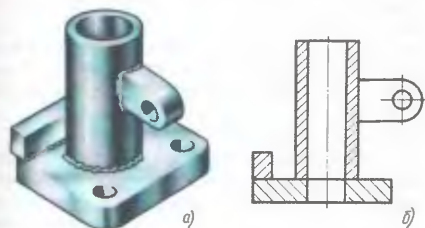


РИС. 391

ваемой детали должны быть заштрихованы тонкими линиями в разных направлениях (рис. 391, б).

Более подробные сведения о соединении деталей сваркой см. гл. 54.

§ 7. СОЕДИНЕНИЯ КЛЕПАНЫЕ

Клепанные соединения применяются в соединениях деталей из металлов, в основном плохо поддающихся сварке, при соединении металлических изделий с неметаллическими. Эти соединения применяются в конструкциях, работающих под действием ударных и вибрационных нагрузок. Например, при изготовлении металлоконструкций мостов кроме сварного соединения в некоторых случаях применяют клепанные соединения (рис. 392).

Заклепка представляет собой стержень круглого сечения, имеющий с одного конца головку, форма головки бывает различной.

На рис. 393, а показано соединение двух деталей с помощью заклепок с полукруглой (сферической) головкой. В соединяемых деталях выполняются отверстия, диаметр которых несколько больше диаметра непоставленной заклепки. Заклепка вставляется в отверстия в деталях, и ее свободный конец расклепывается обжимками клепального молотка или машины. Длина стержня заклепки L выбирается так, чтобы выступающая из детали часть была достаточной для придания



РИС. 392

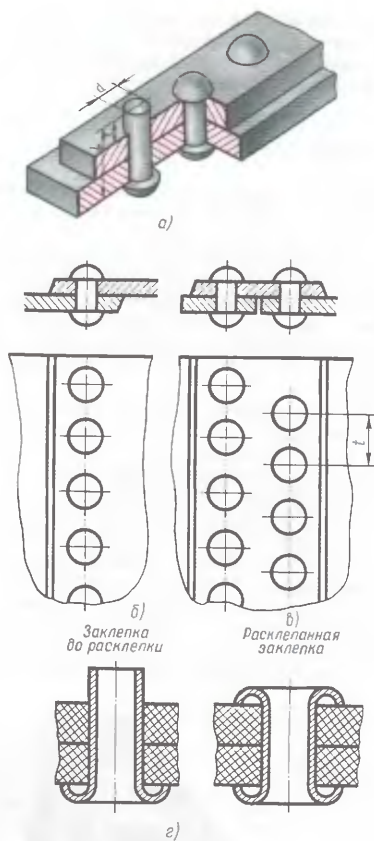


РИС. 393

ей в процессе клепки необходимой формы. При клепке происходит осаживание стержня, который заполняет отверстия, выполненные в соединяемых деталях. В зависимости от диаметра заклепки она расклепывается в холодном или предварительно нагретом состоянии. Заклепки со сплошным стержнем в продольном разрезе изображаются нерассеченными (рис. 393, б и в). Заклепочные швы выполняются внахлестку (рис. 393, б) или встык с накладками (рис. 393, в).

По расположению заклепок в соединениях различают однорядные (рис. 393, б) и многорядные (рис. 393, в) швы. Расположение заклепок в рядах может быть шахматное и параллельное.

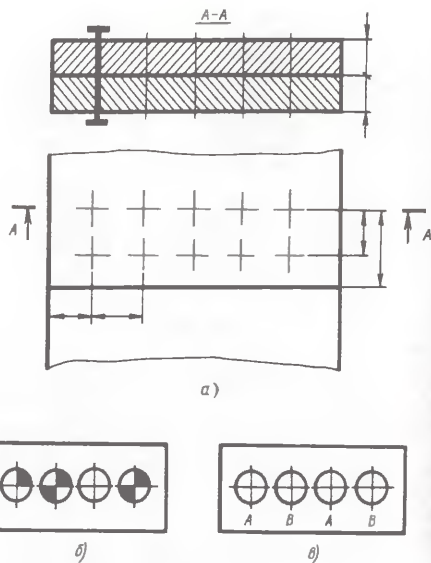


РИС. 394

Шагом размещения заклепок называется расстояние между осями двух соседних заклепок, измеренное параллельно кромке шва (рис. 393, в).

Заклепки с полукруглой головкой классов точности В и С, получающие широкое распространение, выполняются по ГОСТ 10299—80.

Условное обозначение заклепки диаметра стержня $d = 6$ мм и длины $L = 24$ мм:

Заклепка 6×24 ГОСТ 10299—80.

Помимо заклепок с полукруглой головкой находят применение заклепки с потайной (ГОСТ 10300—80), полупотайной (ГОСТ 10301—80) и с плоской головкой (ГОСТ 10303—80) классов точности В и С.

Соединения деталей из мягких материалов (кожи, картона, полимеров — пластмасс и т.п.), не требующие повышенной точности, могут выполняться с помощью пустотелых (трубчатых) заклепок, изображенных на рис. 393, г. Размеры и параметры таких заклепок приведены в ГОСТ 12638—80 — ГОСТ 12644—80.

При выполнении рабочих чертежей клапанного соединения ГОСТ 2.313—82 допускает применять упрощения. Размещение заклепок указывают на чертеже условным знаком "+". Все конструктивные элементы и размеры шва клепаного соедине-

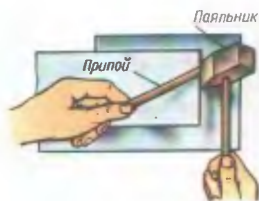


РИС. 395

ния указывают на чертеже, как показано на рис. 394, а.

Если изделие, изображенное на сборочном чертеже, имеет многорядное клепаное соединение, то одну или две заклепки в сечении или на виде надо показывать условным символом, остальные — центровыми или осевыми линиями (рис. 394, а).

Когда на чертеже имеется несколько групп заклепок, различных по типам и размерам, рекомендуется одинаковые заклепки обозначать услов-

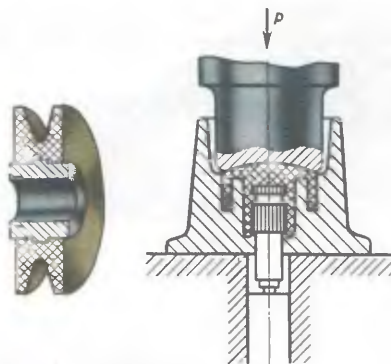


РИС. 397

ными знаками (рис. 394, б) или одинаковыми буквами (рис. 394, в).

§ 8. СОЕДИНЕНИЯ ПАЙКОЙ И СКЛЕИВАНИЕМ

При соединении пайкой в отличие от сварки место спайки нагревается лишь до температуры плавления припоя, которая намного ниже температуры плавления материала соединяемых деталей. Соединение деталей получается благодаря заполнению зазора между ними расплавленным припоем (рис. 395).

Швы неразъемных соединений, получаемые пайкой и склеиванием, изображают условно по ГОСТ 2.313—82.

Припой или клей в разрезах и на видах изображают условно в два раза толще основной сплошной линией (рис. 396). Для обозначения пайки (рис. 396, а—в) или склеивания (рис. 396, г—е) применяют условные знаки, которые наносят на линии-выноске от сплошной основной линии. Швы, выполненные пайкой или склеиванием по периметру, обозначаются линией-выноской, заканчивающейся окружностью диаметром 3...5 мм (рис. 396, б, в).

Швы, ограниченные определенным участком, следует обозначать, как показано на рис. 396, д, е.

На изображении паяного соединения при необходимости указывают требования к качеству шва в технических требованиях.

Ссылку на номер пункта помещают на полке линии-выноски, проведенной от изображенного шва.

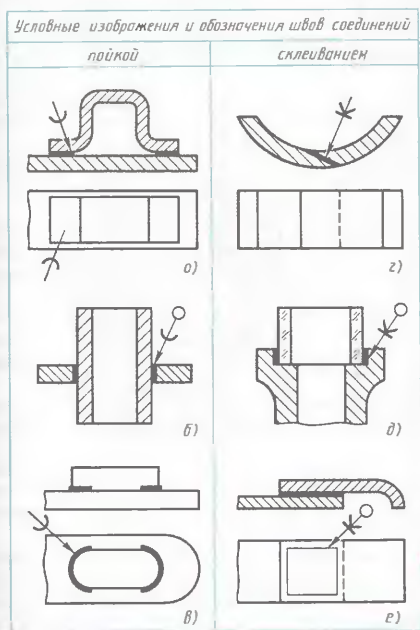


РИС. 396

На полке линии-выноски ставится номер пункта технических требований, где указана марка припоя или клея.

§ 9. СОЕДИНЕНИЕ ЗАФОРМОВКОЙ И ОПРЕССОВКОЙ

Изделия, изготавливаемые путем опрессовки и заформовки (рис. 397), широко применяются в машиностроении и приборостроении. Армирован-

ные изделия повышают качество изделия. Методом прессования из пластмасс можно получить в массовом производстве изделия с весьма высокими параметрами шероховатости.

При изготовлении деталей применяют наплавки и заливки металлом, полимером (пластмассой), резиной и т.п. Это защищает соединяемые элементы от коррозии и химического воздействия, а иногда является изоляцией одних токонесущих деталей от других.

Г Л А В А 4 4

ПЕРЕДАЧИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ

§ 1. ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

1. Механизм — система подвижно соединенных между собой тел (звеньев), совершающих под действием приложенных сил определенные целеобразные движения.

2. Машина — механизм с согласованно работающими частями, осуществляющий определенные движения для преобразования энергии, материалов или информации.

3. Вращательное движение — движение, при котором все точки тела, двигаясь в параллельных плоскостях, описывают окружности с центрами на одной прямой, перпендикулярной к плоскости, называемой осью вращения.

4. Передаточное отношение (передаточное число) — отношение числа зубьев колеса z_2 к числу зубьев шестерни z_1 .

5. Вал — деталь машины, вращающаяся в опорах (подшипниках), предназначенная для передачи крутящих моментов от одной детали к другой.

6. Ось — деталь машины, поддерживающая вращающиеся части машины (колеса). Отличается от вала тем, что не передает крутящего момента.

7. Цапфа — часть вала или оси, опирающаяся на подшипник.

8. Зубчатое зацепление — кинематическая пара, образованная зубчатыми колесами, зубья которых при последовательном соприкосновении между собой передают заданное движение от одного колеса к другому.

9. Зубчатое колесо — деталь зубчатой передачи в виде диска с зубьями, входящими в зацепление с зубьями другого колеса. В зацеплении двух зубчатых колес одно из колес называется шестерней (с меньшим числом зубьев), другое — зубчатым колесом (с большим числом зубьев).

10. Ведущее зубчатое колесо — зубчатое колесо передачи, которое сообщает движение парному колесу.

11. Ведомое зубчатое колесо — колесо, которое сообщает движение парное зубчатое колесо.

§ 2. ПЕРЕДАЧИ

Вращательное движение от одного вала к другому передается с помощью различных деталей, совокупность которых называется передачей.

Передачи по своим действиям разделяются на передачи трением (фрикционные, ременные) и передачи зацеплением.

Фрикционная передача между параллельными валами (рис. 398, а) состоит из двух цилиндрических катков, прижимаемых друг к другу с некоторой силой. Если оси валов пересекаются, то применяют конические фрикционные катки (рис. 398, б). Вращение от ведущего катка к ведомому передается с помощью сил трения между ними.

Ременная передача состоит из ведущего и ведомого шкивов, соединенных гибкой связью — ремнем.

На шкивы с натяжением надет один или несколько ремней, которые передают вращение от одного шкива другому с помощью сил трения (рис. 398, в).

Цепная передача состоит из ведущей и ведомой звездочек и охватывающей их цепи (рис. 398, г).

Зубчатая передача между параллельными валами осуществляется цилиндрическими зубчатыми колесами с внешним (рис. 398, д) или с внутренним (рис. 398, е) зацеплением зубьев. При пересекающихся геометрических осях ва-

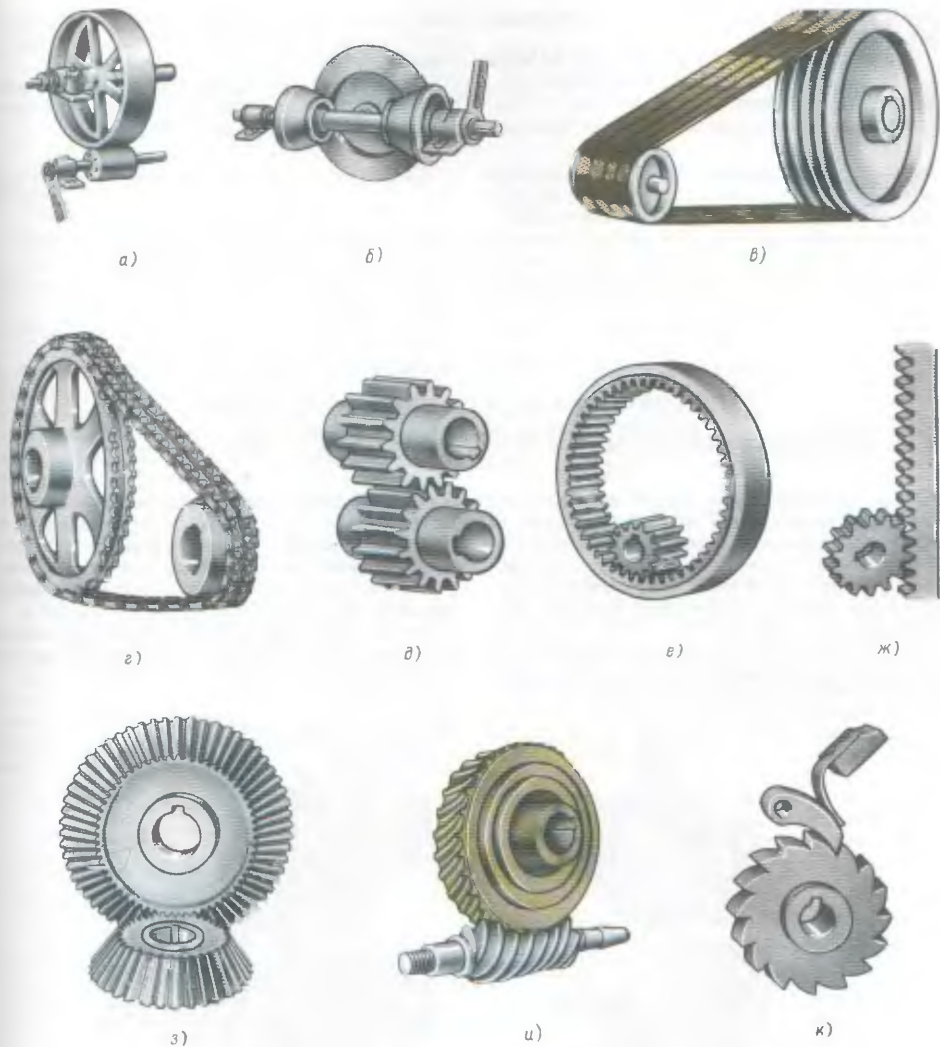


РИС. 398

лов применяют конические зубчатые колеса (рис. 398, з).

Реечная передача служит для преобразования вращательного движения (или наоборот) и состоит

из цилиндрических зубчатых колес и зубчатой рейки (рис. 398, ж).

Червячная передача применяется в тех случаях, когда оси валов скрещиваются. Передача состоит из червяка (винта с трапецеидальной или

зубчатого колеса и зубчатой рейки (рис. 398, ж).

другой резьбой) и червячного зубчатого колеса (рис. 398, и).

Храповой механизм состоит из зубчатого колеса (храповика) и специальной детали (собачки), входящей своим концом во впадину между зубьями храповика. Этот механизм допускает вращение

вала, на котором закреплен храповик, только в одном направлении, обратному вращению препятствует собачка.

Храповой механизм применяется также для сообщения валу периодического (с небольшими перерывами) вращения (рис. 398, к).

Г Л А В А 4 5

НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Зубья зубчатых колес при их нарезании на металлорежущих станках изготавливают одним из следующих методов: методом копирования или методом обкатки (огибания). При методе копирования впадины между зубьями выполняются специальными фрезами: пальцевыми (рис. 399, а) и дисковыми (рис. 399, б).

Большую точность изготовления обеспечивает метод обкатки. При этом методе медленно враща-

ющаяся заготовка зубчатого колеса входит в зацепление с выступами зуборезной рейки (гребенки), совершая возвратно-поступательное движение, в результате чего на заготовке образуются зубья определенного профиля (рис. 399, в).

Помимо зуборезной гребенки может применяться долбяк, напоминающий по своей форме зубчатое колесо (рис. 399, г).

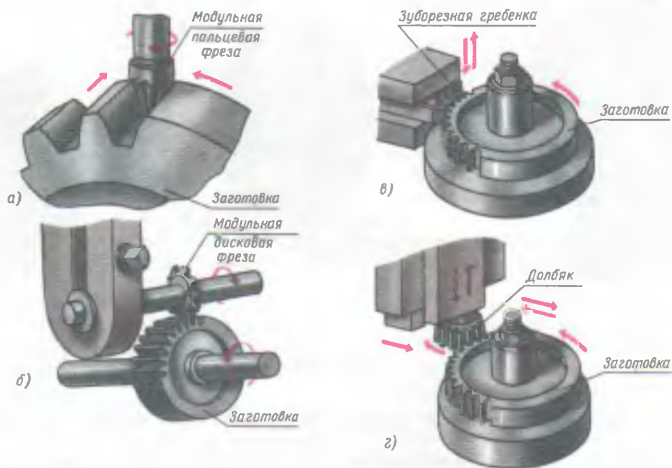


РИС. 399

РАЗНОВИДНОСТИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС
И ИХ ПАРАМЕТРЫ

§ 1. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Основным параметром зубчатого колеса является делительная окружность. Диаметр делительной окружности обозначается буквой d и называется делительным. По делительной окружности откладывается окружной шаг зубьев, обозначаемый p_t и представляющий собой расстояние по дуге делительной окружности между соседними (смежными) зубьями колеса (рис. 400). Таких шагов можно отложить столько, сколько зубьев имеет колесо, иначе говоря, отрезки, равные шагу p_t , делят делительную окружность на z частей, отсюда ее название — делительная.

Делительный диаметр для зубчатого колеса всегда один.

Делительная окружность делит высоту зуба h на две неравные части — головку высотой h_q и ножку высотой h_f (рис. 400).

Зубчатый венец ограничивается окружностью вершин зубьев диаметром d_a и окружностью впадин диаметром d_f .

На чертежах поверхность и образующую вершин зубьев показывают сплошными основными линиями, поверхность и образующую впадин показывают сплошными тонкими линиями. Делительные окружности показывают

штрихпунктирными линиями (см. нижнюю часть рис. 400).

По делительной окружности откладывают окружную толщину зуба s_t и окружную ширину впадин e_t . Эти параметры могут иметь различную величину в зависимости от диаметра делительной окружности, по дуге которой они измеряются. Здесь имеет место равенство

$$s_t = \widehat{e}_t = 0,5\widehat{p}_t.$$

Одним из основных параметров зубчатых колес является модуль

$$m = \frac{p_t}{\pi}.$$

ГОСТ 9563—60 устанавливает модули зубчатых колес цилиндрических, конических и червячных с цилиндрическим червяком (табл. 39). При выборе модуля следует отдавать предпочтение первому ряду.

В целях повышения прочности и износостойкости зубьев зубчатых колес, особенно при малых числах зубьев, применяют корригирование (исправление) зубьев эвольвентного зубчатого зацепления.

При нарезании зубчатых колес с малым числом зубьев (6, 8, 12) методом обкатки профиль зуба у его основания (ножки) получается неэвольвент-

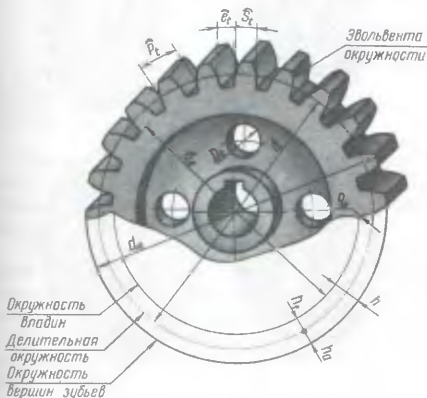


РИС. 400

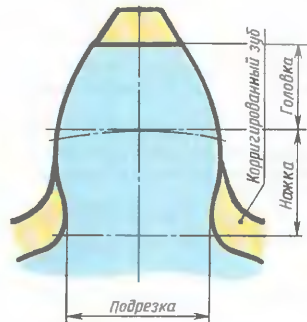


РИС. 401

Модули зубчатых колес, мм
(выдержка из ГОСТ 9563—60)

1-й ряд	1	1,25	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16	20
2-й ряд	1,125	1,375	1,75	2,25	2,75	3,5	4,5	5,5	7	8	11	14	18	22

тным с небольшим радиусом кривизны, что приводит к быстрому изнашиванию зуба. Толщина ножки зуба такой шестерни меньше нормальной, т.е. зуб в этом месте получается как бы подрезанным (рис. 401).

Таблица 40

Параметры цилиндрических зубчатых колес

Параметр	Обозначение	Расчетная формула
Высота головки зуба	h_a	$h_a = m$
Высота ножки зуба	h_f	$h_f = 1,25m$
Высота зуба	h	$h = h_a + h_f = 2,25m$
Делительный диаметр	d	$d = mz$
Диаметр вершины зубьев	d_a	$d_a = d + 2h_a = m(z + 2)$
Диаметр впадин	d_f	$d_f = d - 2h_f = m(z - 2,5)$
Шаг окружной	p_t	$p_t = \pi m$
Окружная толщина зуба	s_t	$s_t = 0,5p_t = 0,5\pi m$
Окружная ширина впадины	e_t	$e_t = 0,5p_t = 0,5\pi m$
Радиус кривизны переходной кривой зуба	ρ_f	$\rho_f = 0,4m$
Ширина венца зубчатого колеса	b	$b = (6 + 8)m$
Толщина обода зубчатого венца	e	$e = (2,5 + 3)m$
Наружный диаметр ступицы	d_c	$d_c = (1,6 + 1,8)D_B$
Толщина диска	k	$k = (3 + 3,6)m$
Диаметр окружности, определяющий расположение отверстий в диске	D_1	$D_1 = 0,5(D_c + d_c)$
Диаметр отверстий в диске	D_0	$D_0 = \frac{D_c - d_c}{2,5} + 3,0$
Длина ступицы	$l_{ст}$	$l_{ст} = 1,5D_B$
Фаска	c	$c = 0,5m \times 45^\circ$

Подрезание зуба при зубонарезании можно уменьшить. Этот процесс называется корригированием (исправлением) профиля зуба. Высота головки зуба зубчатого колеса получается больше модуля, высота ножки уменьшается.

При выполнении учебных чертежей обычно ориентируются на применение некорригированных колес нормального эвольвентного зацепления, параметры которых (см. рис. 400) находятся в определенной зависимости от модуля m и числа зубьев z (табл. 40).

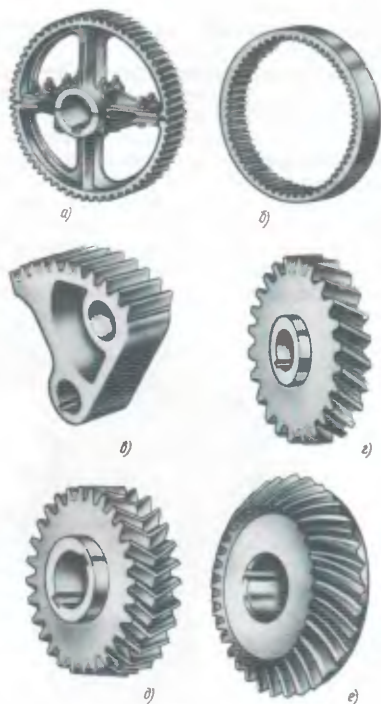


РИС. 402

§ 2. КОНСТРУКТИВНЫЕ РАЗНОВИДНОСТИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Кроме цилиндрических и конических зубчатых колес в отдельных случаях применяются колеса и детали других форм и с иной формой зубьев, отличающиеся друг от друга технологией изготовления, материалом и конструктивными особенностями.

Конструктивные формы и размеры зубчатого колеса зависят от нагрузок, действующих на его зубья, требований технологии их изготовления, удобства монтажа и эксплуатации, уменьшения массы зубчатых колес.

Зубчатые колеса изготавливают штамповкой, прокаткой, отливкой и сваркой. Для изготовления зубчатых колес применяется сталь, чугун, бронза, а также различные полимеры (пластмассы). Находят применение армированные зубчатые колеса, состоящие из полимеров (пластмасс) и металлической арматуры.

Цилиндрическое зубчатое колесо малого диаметра (рис. 402, *г* и *д*) обычно имеет форму сплошного диска с отверстием для установки на вал.

При несколько большем диаметре колеса для облегчения его конструкции выполняются массивными только обод и ступица с отверстием для вала. Остальная часть колеса представляет собой тонкий диск с отверстиями (см. рис. 400) или без отверстий. Диск может выполняться с ребрами жесткости.

Если диаметр колеса достаточно велик, диск заменяется несколькими спицами, соединяющими обод со ступицей. Форма спиц может быть различной. Форма поперечного сечения спиц тоже различна: круглая, овальная, прямоугольная, двутавровая, крестообразная (рис. 402, *а*).

Колеса большого диаметра для удобства монтажа и упрощения технологии изготовления иногда выполняют разъемными из двух половин, скрепляемых болтами (рис. 402, *а*).

Если в конструкции необходимо применить внутреннее зацепление, то большое колесо изготавливают с внутренними зубьями (рис. 402, *б*). Для поворота вала на какой-либо заданный угол применяют зубчатый сектор (рис. 402, *в*).

Зубья колес могут быть прямыми (рис. 402, *а-а*), косыми (рис. 402, *з*), шевронными и криволинейными (рис. 402, *д* и *е*). Общие термины, определения и обозначения элементов зубчатых передач устанавливает ГОСТ 16530—83.

Г Л А В А 4 7

ПОСТРОЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРЯМОЗУБЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ

§ 1. ПОСТРОЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРЯМОЗУБЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Вычерчивание зубчатого колеса сопровождается расчетами размеров основных элементов колеса. Формулы для этих расчетов были приведены выше.

Требуется построить изображение цилиндрического зубчатого колеса с прямыми зубьями (рис. 403, *б*). За исходные данные принимаем: модуль m , число зубьев z , диаметр вала D_B .

Если $m = 8$ мм, $z = 30$, $D_B = 36$ мм, то делительный диаметр $d = mz = 8 \cdot 30 = 240$ мм, диаметр вершин зубьев $d_a = m(z + 2) = 8(30 + 2) = 256$ мм, диаметр впадин $d_f = m(z - 2,5) = 8(30 - 2,5) = 220$ мм.

Для построения вида слева проводят три концентрические окружности: $d_a = 256$ мм, $d = 240$ мм и $d_f = 220$ мм (рис. 403, *а*).

С помощью линий связи, отмеченных стрелками, определяют границы зуба на фронтальном разрезе колеса.

На основании соотношений, приведенных в табл. 39, определяют размеры, по которым выполняются элементы колеса на его изображении (рис. 403):

ширина зубчатого венца $b = 6m = 6 \cdot 8 = 48$ мм, толщина обода зубчатого венца $e = 2,5m = 2,5 \cdot 8 = 20$ мм,

толщина диска $k = 3m = 3 \cdot 8 = 24$ мм, наружный диаметр ступицы колеса $d_c = 1,6D_B = 1,6 \cdot 36 = 52$ мм.

Определяют диаметры:

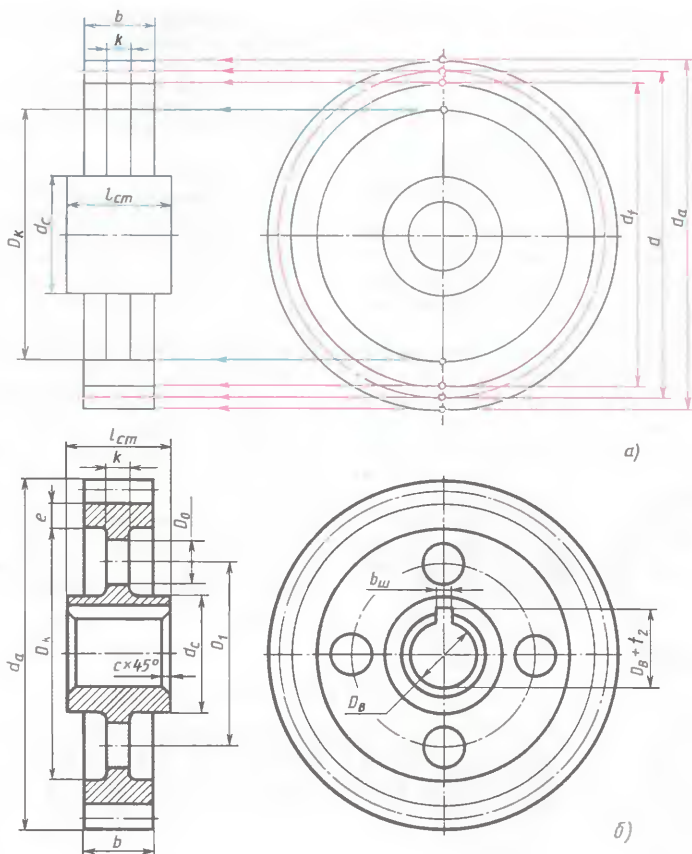


РИС. 403

$$D_K = d_f - 2e = 220 - 2 \cdot 20 = 180 \text{ мм};$$

$$D_1 = 0,5(D_K + d_c) = 0,5(180 + 52) = 116 \text{ мм};$$

$$D_0 = 1/3 D_B = 12 \text{ мм.}$$

Длина ступицы $l_c = 1,5 D_B = 1,5 \cdot 36 = 54 \text{ мм}$.

Размеры шпоночного паза определяют по ГОСТ 23360—78 (см. табл. 38):

$$b_{ш} = 10 \text{ мм}, \quad t_2 = 3,3 \text{ мм.}$$

После удалений линий построения изображения зубчатого колеса обводят соответствующими ли-

ниями (рис. 403, б): окружность вершин зубьев сплошной основной линией, делительную окружность штрихпунктирной тонкой, образующую впадин сплошной тонкой.

На разрезе образующую впадин проводят сплошной основной линией.

§ 2. РАБОЧИЙ ЧЕРТЕЖ ПРЯМОУГОЛОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА

ГОСТ 2.403—75 устанавливает правила выполнения рабочих чертежей цилиндрических зубчатых колес.

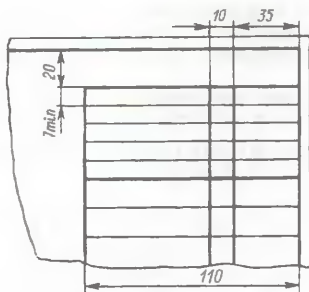


РИС. 404

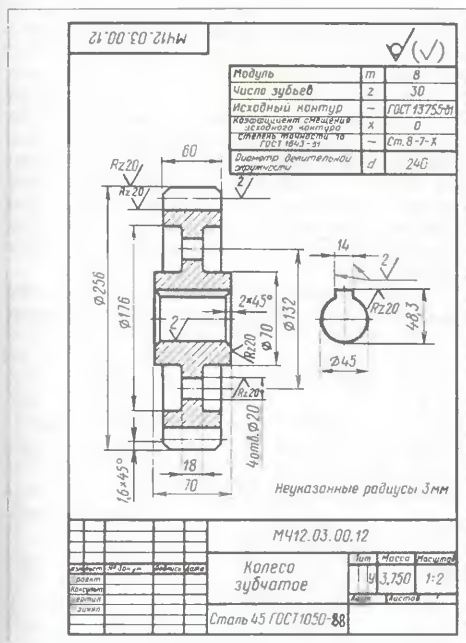


РИС. 405

В соответствии с этими правилами в правом верхнем углу чертежа выполняется таблица параметров, состоящая из трех частей, которые должны быть отделены друг от друга сплошными основными линиями.

Первая часть таблицы содержит основные данные для изготовления зубчатого венца колеса; вторая — данные для контроля размеров зуба; третья — справочные данные.

На учебных чертежах обычно выполняются только первые графы первой части таблицы.

Размеры граф таблицы устанавливает ГОСТ 2.403—75 (рис. 404).

На рис. 405 представлен учебный рабочий чертеж зубчатого колеса. Учитывая, что вид слева не является необходимым для изготовления колеса, на чертеже вместо него приведен только контур отверстия для вала со шпоночным пазом.

Обозначения шероховатости рабочих (боковых) поверхностей зубьев проставляют на штрихпунктирной линии, соответствующей делительной окружности. Обозначения шероховатости впадин и вершин зубьев наносят на линиях, соответствующих окружности впадин и окружности вершин зубьев.

На изображении зубчатого колеса должны быть нанесены размеры: диаметра окружности вершин зубьев d_a , ширины зубчатого венца b , фасок на торцевых кромках цилиндра вершин зубьев. Остальные размеры наносят в зависимости от конструкции зубчатого колеса.

§ 3. ВЫПОЛНЕНИЕ ЧЕРТЕЖА ПРЯМОУГОЛЬНОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА С НАТУРЫ

При выполнении эскиза или чертежа цилиндрического прямоугольного зубчатого колеса с природы для определения его параметров необходимо:

- 1) подсчитать число зубьев z колеса;

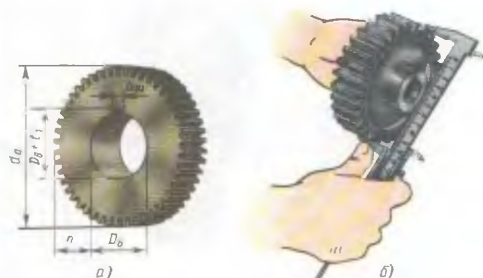


РИС. 406

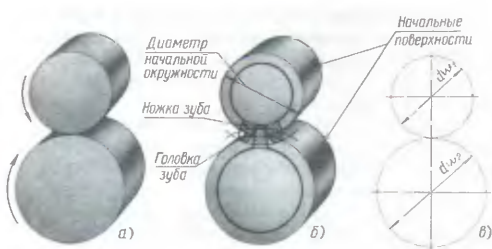


РИС. 407

Размеры всех остальных элементов зубчатого колеса (ширина венца, размеры шпоночного паза и т.п.) определяют путем обмера зубчатого колеса.

Выполнение изображений зубчатого колеса осуществляется аналогично рис. 403 и 405.

§ 4. ИЗОБРАЖЕНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ

При фрикционной цилиндрической передаче колеса (катки) прижаты друг к другу, поэтому при вращении одного колеса в результате возникновения сил трения приводится во вращение и другое (рис. 407, а). Подобное вращение можно передавать и с помощью зубьев (рис. 407, б). При этом цилиндрические поверхности катков соответствуют начальным поверхностям зубчатых колес. Эти поверхности проецируются на чертеже в начальные окружности диаметром d_{w1} и d_{w2} (рис. 407, в).

Рассмотрим пару зубчатых колес, находящихся в зацеплении (рис. 408, б) и представим, что зубья их будут постепенно уменьшаться, изменяясь пропорционально по высоте и ширине (рис. 408, а), а расстояние между их осями a_w остается при этом постоянным. При уменьшении зубьев до бесконечно малой величины зубчатые колеса превратятся в гладкие цилиндры (катки), которые будут перекатываться один по другому без скольжения (рис. 408, в и г). Эти цилиндры будут называться начальными и проецируются на плоскость чертежа в начальные окружности. Начальные окружности двух зацепляющихся зубчатых колес — это воображаемые окружности двух гладких цилиндрических катков, которые при вращении колес перекатываются друг по другу без скольжения (межосевое расстояние начальных окружностей — a).

Так как при монтаже зубчатой передачи точно выдержать межосевое расстояние a_w практически

2) измерить диаметр окружности вершин зубьев d_a (рис. 406).

Если число зубьев четное и размеры зубчатого колеса небольшие, диаметр вершин зубьев измеряют штангенциркулем (рис. 406, б). При значительном диаметре зубчатого колеса или при нечетном числе зубьев определение диаметра вершин зубьев показано на рис. 406 а.

В этом случае штангенциркулем измеряют диаметр отверстия D_n и расстояние n , затем определяют диаметр вершин зубьев:

$$d_a = D_n + 2n.$$

Модуль зубчатого колеса подсчитывают по формуле

$$m = \frac{d_a}{z + 2}$$

и округляют до ближайшего значения по ГОСТ 9563—60 (см. табл. 38). Затем подсчитывают делительный диаметр $d = mz$, диаметр впадин $d_f = m(z - 2,5)$ и уточняют расчетом диаметр вершин зубьев $d_a = m(z + 2)$.

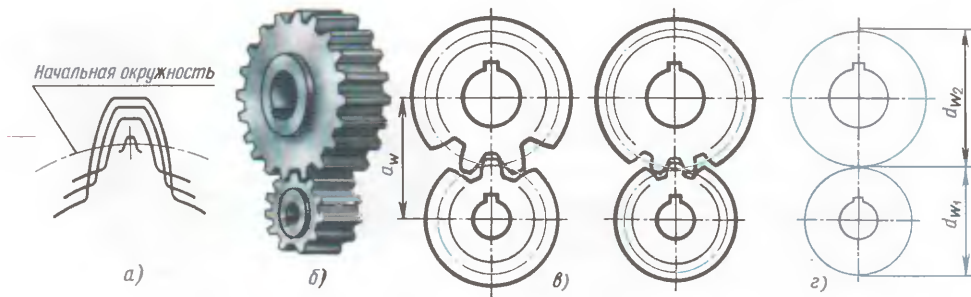


РИС. 408

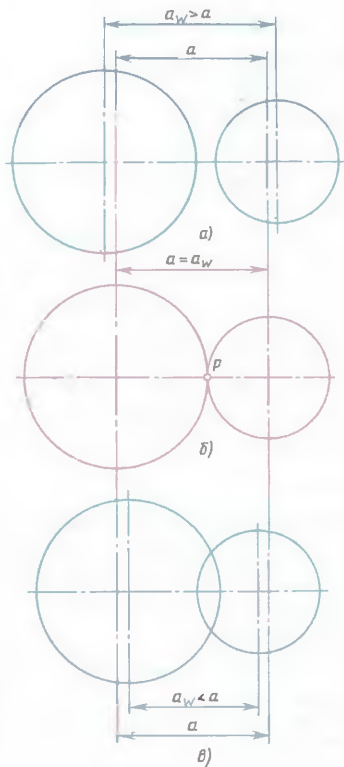


РИС. 409

невозможно (имеются нормы отклонений размеров a_w), то при зацеплении зубчатые колеса касаются друг друга не по делительным окружностям (рис. 409, а, в).

Таким образом, у пары сопряженных зубчатых колес может быть несколько начальных окружностей. Делительная и начальная окружности совпадают только в очень редких случаях, тогда $a = a_w$ (рис. 409, б).

Цилиндрические зубчатые передачи, где оси валов параллельны, могут быть с внешним (см. рис. 398, д) и внутренним зацеплением (см. рис. 398, е). Наиболее распространены передачи с внешним зацеплением.

На рис. 410, а показан пример цилиндрической зубчатой передачи.

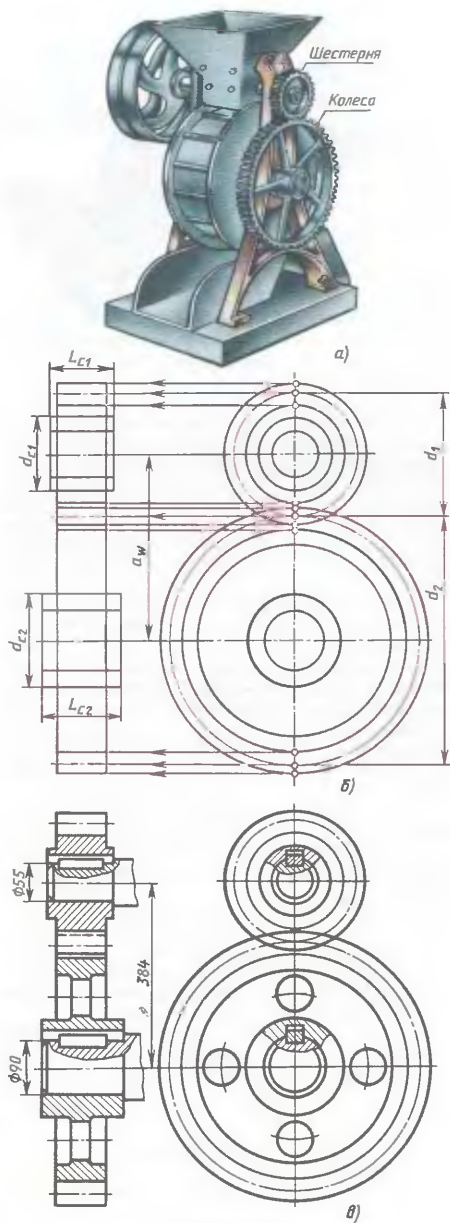


РИС. 410

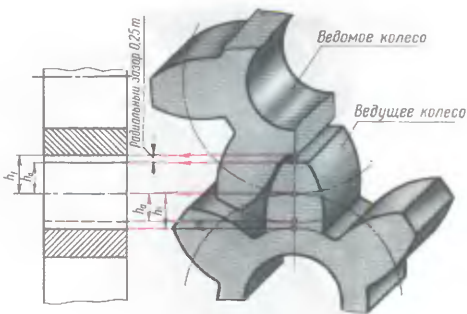


РИС. 411

Зубчатое колесо передачи, сообщающее движение другому (парному) колесу, называют ведущим, а которому сообщается движение — ведомым. Зубчатое колесо передачи с меньшим числом зубьев называется шестерней и с большим числом зубьев — просто колесом. При одинаковом числе зубьев зубчатых колес передачи ведущее колесо называется шестерней, а ведомое — колесом.

Для обозначения элементов шестерни и колеса вводятся индексы: для шестерни индекс 1; для колеса индекс 2.

В учебной практике наиболее широко применяют нескорректированные цилиндрические прямозубые колеса, у которых зубья параллельны оси колеса.

Правила выполнения изображения зацеплений в зубчатых передачах устанавливает ГОСТ 2.402—68.

Выполним чертеж зубчатой передачи, представленной на рис. 410, а, по следующим данным:

1) колеса прямозубые, цилиндрические, стальные (устанавливаются на валах, призматических шпонках);

2) модуль зацепления $m = 12$ мм;

3) число зубьев шестерни $z_1 = 16$;

4) число зубьев колеса $z_2 = 48$;

5) ширина зубчатого венца $b = 100$ мм;

6) диаметры отверстий для валов: у шестерни $D_{b1} = 65$ мм, у колеса $D_{b2} = 90$ мм.

Вначале необходимо определить параметры зубчатых колес по формулам табл. 39:

1) диаметры начальных окружностей:

$$d_{w1} = 12 \cdot 16 = 192 \text{ мм};$$

$$d_{w2} = 12 \cdot 48 = 576 \text{ мм};$$

2) диаметры вершин зубьев и диаметры впадин:

$$d_{a1} = d_{w1} + 2m = 192 + 2 \cdot 12 = 216 \text{ мм};$$

$$d_{a2} = d_{w2} + 2m = 576 = 2 \cdot 12 = 600 \text{ мм};$$

$$d_{f1} = d_{w1} - 2,5m = 192 - 2,5 \cdot 12 = 162 \text{ мм};$$

$$d_{f2} = d_{w2} - 2,5m = 576 - 2,5 \cdot 12 = 546 \text{ мм};$$

3) наружные диаметры ступиц:

$$d_{c1} = 1,6D_{b1} = 1,6 \cdot 65 = 104 \text{ мм};$$

$$d_{c2} = 1,6D_{b2} = 1,6 \cdot 90 = 144 \text{ мм};$$

4) длины ступиц:

$$l_{ст1} = 1,5D_{b1} = 1,5 \cdot 65 = 98 \text{ мм};$$

$$l_{ст2} = 1,5D_{b2} = 1,5 \cdot 90 = 135 \text{ мм}.$$

Определив начальные диаметры шестерни d_{w1} и колеса d_{w2} , находим межосевое расстояние зубчатой передачи, т.е. расстояние между осями зубчатых колес:

$$a_w = 0,5(d_{w1} + d_{w2}) = 0,5(192 + 576) = 384 \text{ мм}.$$

Построение изображения зубчатого зацепления выполняется тонкими линиями и начинается с нанесения межосевого расстояния a_w , проведения на виде слева осевых линий, начальных окружностей d_{w1} и d_{w2} , окружностей вершин зубьев d_{a1} и d_{a2} , окружностей впадин d_{f1} и d_{f2} (рис. 410, б). Начальные окружности должны касаться друг друга в точке, расположенной на оси, соединяющей центры зубчатых колес. Одновременно проводятся окружности, соответствующие отверстиям для валов D_{b1} и D_{b2} , а также наружные диаметры ступиц d_{c1} и d_{c2} . Для построения фронтального разреза из точек пересечения окружностей с вертикальной линией центров проводят в направлении стрелок линии связи. После выполненных построений приступают к окончательному оформлению чертежа (рис. 410, в). На обоих изображениях вычерчивают ступицы колес. По диаметрам валов, пользуясь ГОСТ 23360—78, подбирают размеры шпоночных пазов, в местах шпоночных соединений выполняют местные разрезы валов. Вычерчивают отверстия. Удаляют лишние линии, обводят чертеж, заштриховывают разрезы. На фронтальном разрезе зуб ведущего колеса изображается расположенным перед зубом ведомого зубчатого колеса (рис. 411). Ввиду имеющейся разницы высот головки и ножки зубьев получают радиальные зазоры.

На виде слева в зоне зацепления окружности вершин зубьев обоих колес проводятся сплошными основными линиями (рис. 410, в). Окружности впадин изображаются сплошными тонкими линиями.

**ПОСТРОЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРЯМОЗУБЫХ
КОНИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И
КОНИЧЕСКОЙ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ**

Передачу вращения от одного вала к другому, оси которых пересекаются, осуществляют с помощью конических зубчатых колес.

Конические колеса бывают с прямыми, круговыми, криволинейными и другими зубьями. При изучении курса "Инженерная графика" главным образом рассматриваются зацепления конических зубчатых колес с пересечением осей под прямым углом, в которых применяются конические зубчатые колеса с прямым зубом (прямозубые). Зубья конических колес расположены на конической поверхности. Зуб называется прямым, если он направлен вдоль образующей конической поверхности, на которой он расположен.

**§ 1. ПОСТРОЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ
ПРЯМОЗУБЫХ КОНИЧЕСКИХ
ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС**

Конические зубчатые колеса имеют следующие элементы (рис. 412): делительный конус, конус вершин зубьев, конус впадин, а также внешний дополнительный конус.

На практике вершины перечисленных выше конусов не совпадают, но при выполнении учеб-

ных чертежей обычно принимают вершину C за общую вершину этих конусов.

Образующие конуса и оси зубчатого колеса образуют: угол конуса вершин зубьев δ_a , угол делительного конуса δ , угол конуса впадин δ_f .

Сечение зубчатого колеса внешним дополнительным конусом называется торцовым сечением. За делительную окружность принимается окружность, по которой делительный конус пересекается с внешним дополнительным конусом, иначе говоря, делительная окружность расположена на торцовом сечении.

Делительная окружность характеризуется делительным диаметром и ей соответствует внешний окружной делительный модуль m_e .

Значения модуля m_e определяются как и для цилиндрического прямоугольного колеса (табл. 41).

Высота головки и ножки зуба конического зубчатого колеса измеряется по образующей внешнего дополнительного конуса.

Рассмотрим некоторые соотношения параметров конической передачи (рис. 412) с внешним окружным делительным модулем m_e , числом зубьев шестерни (зубчатое колесо передачи с меньшим числом зубьев) z_1 , числом зубьев колеса (зубчатое колесо передачи с большим числом зубьев) z_2 :

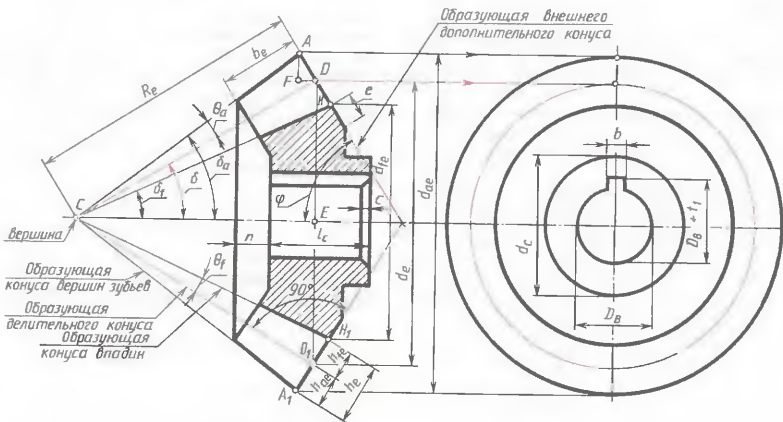


РИС. 412

Параметры конических зубчатых колес

Параметр	Обозначение	Расчетная формула	
		шестерни	колеса
Число зубьев	z	z_1	z_2
Окружной шаг	p_e	$p_{e1} = \frac{\pi d_{e1}}{z_1}$	$p_{e2} = \frac{\pi d_{e2}}{z_2}$
Внешний окружной модуль	m_e	$m_e = \frac{p_e}{\pi}$	$m_e = \frac{p_{e2}}{\pi}$
Внешний делительный диаметр	d_e	$d_{e1} = m_e z_1$	$d_{e2} = m_e z_2$
Высота зуба	h_e	$h_{e1} = 2,2 m_e$	$R_{e2} = 2,2 m_e$
Высота головки зуба	h_{ae}	$h_{ae1} = m_e$	$h_{ae2} = m_e$
Высота ножки зуба	h_{fe}	$h_{fe1} = 1,2 m_e$	$h_{fe2} = 1,2 m_e$
Внешний диаметр вершин зубьев	d_{ae}	$d_{ae1} = m_e (z_1 + 2 \cos \delta)$	$d_{ae2} = m_e (z_2 + 2 \cos \delta)$
Внешний диаметр впадин зубьев	d_{fe}	$d_{fe1} = m_e (z_1 - 2,4 \cos \delta)$	$d_{fe2} = m_e (z_2 - 2,4 \cos \delta)$
Угол делительного конуса	δ	$\operatorname{tg} \delta_1 = \frac{z_1}{z_2}$	$\operatorname{tg} \delta_2 = \frac{z_2}{z_1}$
Конусное расстояние	R_e	$R_{e1} = \frac{d_{e1}}{2 \sin \delta_1}$	$R_{e2} = \frac{d_{e2}}{2 \sin \delta_2}$
Ширина венца зубчатого колеса	b_e	$b_{e1} = \frac{R_{e1}}{3}$	$b_{e2} = \frac{R_{e2}}{3}$
Толщина обода венца	e	—	$e_2 = h_{e2}$
Толщина диска	k	—	$k_2 = \frac{b_2}{3}$
Диаметр ступицы	d_c	$d_{c1} \approx 1,6 D_{B1}$	$d_{c2} \approx 1,6 D_{B2}$
Фаска	c	$c_1 = 2 \dots 3$	$c_2 = 2 \dots 3$
Впадина	n	$n_1 = 2 \dots 3 m_e$	$n_2 = 2 \dots 3 m_e$

делительный диаметр шестерни $d_{e1} = m_e z_1$;

делительный диаметр колеса $d_{e2} = m_e z_2$;

высота головки зуба $h_{ae} = m_e$;

высота ножки зуба $h_{fe} = 1,2 m_e$;

высота зуба $R_e = R_{ae} + h_{fe} = 2,2 m_e$.

Длина образующей R_e делительного конуса колеса равна

$$R_e = \sqrt{EC^2 + ED^2} = \\ = \sqrt{(0,5 m_e z_1)^2 + (0,5 m_e z_2)^2},$$

или после упрощения

$$R_e = 0,5 m_e \sqrt{z_1^2 + z_2^2}.$$

Угол делительного конуса колеса δ определяется его тангенсом, который равен

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{ED}{EC}.$$

Так как отрезок $ED = 0,5 D D_1 = 0,5 d_{e2} = 0,5 m_e z_2$ и аналогично отрезок $EC = 0,5 d_{e1} = 0,5 m_e z_1$, то

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{z_2}{z_1}.$$

Угол конуса вершин зубьев колеса $\delta_a = \delta + \theta_a$, где угол θ_a ($<DCA$) определяется его тангенсом, который находим из прямоугольного треугольника:

$$\operatorname{tg} \theta_a = \frac{AD}{DC} = \frac{m_e}{0,5 m_e \sqrt{z_1^2 + z_2^2}},$$

или после упрощения

$$\operatorname{tg} \theta_a = \frac{2}{\sqrt{z_1^2 + z_2^2}}.$$

Угол конуса впадин колеса $\delta_f = \delta - \theta_f$. Угол θ_f ($<DCH$) определяют по его тангенсу из прямоугольного треугольника HDC (см. рис. 412):

$$\operatorname{tg} \theta_f = \frac{HD}{DC} = \frac{1,2 m_e}{0,5 m_e \sqrt{z_1^2 + z_2^2}},$$

или

$$\operatorname{tg} \theta_f = \frac{2,4}{\sqrt{z_1^2 + z_2^2}}.$$

Угол φ внешнего дополнительного конуса колеса определяют по формуле $\varphi = 90^\circ - \delta$. Угол делительного конуса шестерни $\delta = \varphi$.

Учебный чертеж конического зубчатого колеса выполняется упрощенно. Пользуясь установленными соотношениями и взаимосвязями с некоторыми размерами зубчатого колеса и шестерни ортогональной конической зубчатой передачи (см. табл. 41), разберем пример построения чертежа зубчатого конического колеса (см. рис. 412) по следующим данным:

- 1) внешний окружной делительный модуль $m_e = 6$ мм;
- 2) число зубьев шестерни $z_1 = 20$;
- 3) число зубьев колеса $z_2 = 30$;
- 4) диаметр вала колеса $D_b = 40$ мм.

Предварительно определяем параметры зубчатых венцов, необходимые для выполнения графических построений:

делительный диаметр шестерни $d_{e1} = m_e z_1 = 6 \cdot 20 = 120$ мм;

делительный диаметр колеса $d_e = m_e z_2 = 6 \cdot 30 = 180$ мм;

высота головки зуба $h_{ae} = m_e = 6$ мм;

высота ножки зуба $h_{fe} = 1,2 m_e = 1,2 \cdot 6 = 7,2$ мм.

Построение (рис. 413) начинаем с фронтального разреза.

Проводим взаимно перпендикулярные оси. На вертикальной оси от точки C вверх и вниз откладываем отрезки, равные $0,5 d_{e2} = 90$ мм, а вправо и влево отрезки, равные $0,5 d_{e1} = 60$ мм.

Точки D и D_1 соединим с вершиной C и получим контур делительного конуса.

В точках D и D_1 к образующим делительного конуса проведем перпендикулярные линии CD и CD_1 , на которых отложим высоту головки зуба $h_{ae} = DA = 6$ мм и высоту ножки зуба $h_{fe} = DH = 7,2$ мм.

Точки A , H и A_1 , H_1 соединим прямыми (образующими конуса вершин зубьев и конуса впадин) с общей вершиной C (рис. 413, б).

Для окончательного построения изображений необходимо подсчитать размеры конструктивных элементов колеса по формулам табл. 41.

От точки D по образующей делительного конуса к вершине C отложим длину зуба b_e (ширину зубчатого венца):

$$b_e = 6 m_e = 6 \cdot 6 = 36 \text{ мм.}$$

Далее рассчитываем толщину обода зубчатого венца $e = 2,5 m_e = 2,5 \cdot 6 = 15$ мм, которую откладываем по образующей внешнего дополнительного конуса.

Откладываем размер впадины n и длину ступицы $l_{ст}$.

Ступица изображается в соответствии с ее длиной $l_{ст} = 1,5 \cdot 40 = 60$ мм и диаметром $d_c = 1,6 \cdot 40 = 64$ мм.

В ступице выполняется отверстие $D_b = 40$ мм.

По диаметру вала $D_b = 40$ мм по ГОСТ 24071—80 выберем ширину шпоночного паза $b_e = 12$ мм и размер паза $t_1 = 3,3$ мм, в результате чего получаем размер $D_b + t_1 = 40 + 3,3 = 43,3$ мм.

На виде колеса слева условно показаны окружности вершин зубьев сплошной основной линией, делительная окружность — штрихпунктирной тонкой.

После выполнения всех построений фронтальный разрез и вид слева обводятся окончательно и выполняется штриховка на разрезе (см. рис. 413, б).

§ 2. РАБОЧИЙ ЧЕРТЕЖ ПРЯМОЗУБОГО КОНИЧЕСКОГО ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА

Рабочие чертежи конических зубчатых колес оформляются по ГОСТ 2.405—75. На рис. 414 представлен рабочий чертеж конического зубчатого колеса, построение которого разобрано на рис. 413. Чертеж выполнен с некоторыми упрощениями в таблице параметров по сравнению с

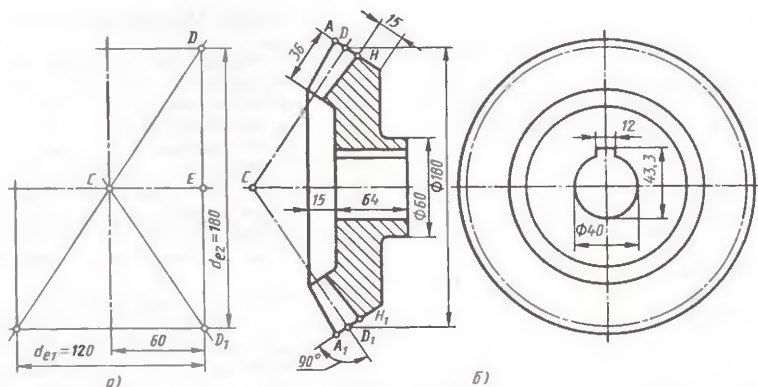


РИС. 413

ГОСТ 2.405—75, как это обычно делается в учебной практике.

Так как рассматриваемое колесо выполнено без спиц и отверстий в диске, то на чертеже приведен только фронтальный разрез. Вместо вида слева помещен лишь контур отверстия в ступице с указанием формы и размеров шпоночного паз.

На рабочем чертеже указывают:

а) диаметр большего основания конуса вершин зубьев ($\varnothing 187,5$ мм);

б) расстояния от большего основания контура вершин зубьев и от вершины делительного конуса до опорного торца ступицы (30 и 90 мм);

в) длину образующей делительного конуса (108,2 мм);

г) ширину зубчатого венца (по образующей делительного конуса) (36 мм);

д) углы делительного и дополнительного конусов, а также углы конусов вершин зубьев и впадин ($56^{\circ}19'$ и $33^{\circ}41'$, $59^{\circ}29'$ и $52^{\circ}31'$);

е) размеры элементов зубчатого колеса (диаметры ступицы и отверстия для вала, шпоночный паз, фаски и т.п.);

ж) степень точности изготовления зубьев по ГОСТ 1758—81.

Часть этих сведений указывается на изображении, а часть заносится в специальную таблицу параметров, размещаемую на чертеже (на рис. 414 помещена часть таблицы, предусмотренной ГОСТ 2.405—75). В таблице приведены некоторые данные, необходимые для изготовления колеса.

Отдельные сведения, необходимые для указания на чертеже, подсчитываются по формулам, рассмотренным выше. Так, например,

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{z_2}{z_1} = \frac{30}{20} = 1,5$$

дает возможность определить величину угла делительного конуса $\delta = 56^{\circ}19'$.

Угол внешнего дополнительного конуса

$$\varphi = 90^{\circ} - \delta = 90^{\circ} - 56^{\circ}19' = 33^{\circ}41'.$$

Длина образующей делительного конуса

$$R_l = 0,5 m_l \sqrt{z_1^2 + z_2^2} = \\ = 0,5 \cdot 6 \sqrt{20^2 + 30^2} = 108,2 \text{ мм.}$$

Для определения угла φ подсчитываем

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{2}{\sqrt{z_1^2 + z_2^2}} = \frac{2}{\sqrt{20^2 + 30^2}} = 0,05,$$

получаем угол $\varphi = 3^{\circ}10'$.

Угол конуса вершин зубьев

$$\delta_a = \delta + \varphi = 56^{\circ}19' + 3^{\circ}10' = 59^{\circ}29'.$$

По величинам

$$\operatorname{tg} \epsilon = \frac{2,4}{\sqrt{z_1^2 + z_2^2}} = \frac{2,4}{\sqrt{20^2 + 30^2}} = 0,066$$

определяем угол $\epsilon = 3^{\circ}48'$ и угол конуса впадин $\delta_f = \delta - \epsilon = 56^{\circ}19' - 3^{\circ}48' = 52^{\circ}31'$.

Остальные параметры колеса определяются в соответствии с их геометрической формой и с учетом подсчитанных величин.

§ 3. ВЫПОЛНЕНИЕ ЧЕРТЕЖА ПРЯМОЗУБОГО КОНИЧЕСКОГО ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА С НАТУРЫ

Для того чтобы выполнить с натуры чертеж конического прямозубого колеса ортогональной передачи, необходимо определить его внешний окружной модуль m_e .

В первую очередь следует измерить с помощью угломера угол φ (угол внешнего дополнительного конуса) (рис. 415, а):

$$\varphi = 90^{\circ} - \delta,$$

затем подсчитываем угол δ (угол делительного конуса):

$$\delta = 90^{\circ} - \varphi.$$

Измерив диаметр окружности вершин зубьев d_{ae} (рис. 415, б) и подсчитав число зубьев z , определяют модуль m_e .

Для определения m_e рассмотрим прямоугольный треугольник ADF (рис. 412). Гипотенуза AD равна высоте головки зуба $h_{ac} = m_e$. Катет AF равен разности радиусов окружности вершин зубьев и делительной окружности:

$$AF = \frac{d_{ae} - d_e}{2}.$$

Угол DAF равен углу δ (углы с соответственно перпендикулярными сторонами), поэтому

$$AF = AD \cos \delta = m_e \cos \delta = \frac{d_{ae} - d_e}{2}.$$

Так как $d_e = m_e z$, то можно написать

$$m_e \cos \delta = \frac{d_{ae} - m_e z}{2}.$$

Отсюда

$$m_e = \frac{d_{ae}}{z + 2 \cos \delta}.$$

Округлив подсчитанное значение m_e , подберем по ГОСТ 9563—60 m_e и подсчитаем $d_e = m_e z$. Затем измеряем ширину венца b и остальные элементы зубчатого колеса, после чего приступаем к его вычерчиванию.

§ 4. ИЗОБРАЖЕНИЕ ОРТОГОНАЛЬНОЙ ПРЯМОЗУБОЙ КОНИЧЕСКОЙ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ

Коническая зубчатая передача (рис. 416, а) изображается по правилам, установленным ГОСТ 2.402—68.

Перед вычерчиванием ортогональной конической зубчатой передачи должны быть данные для

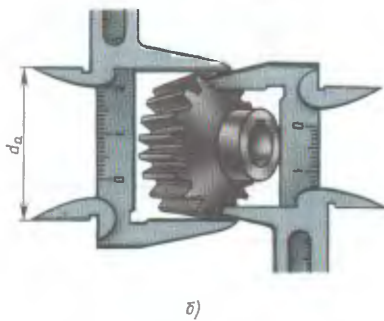
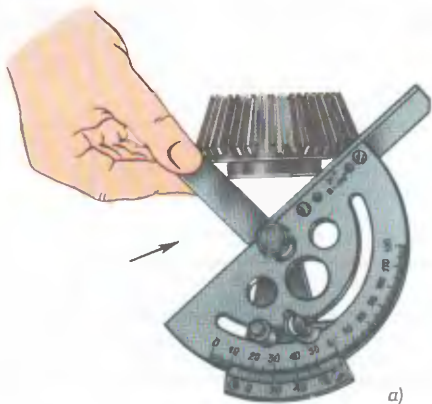


РИС. 415

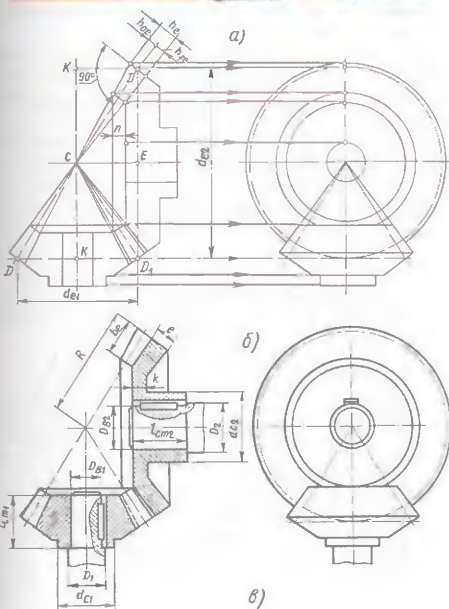
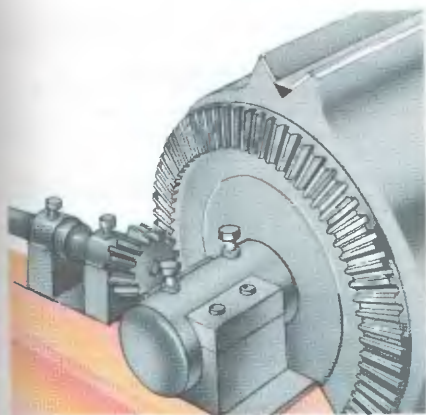


РИС. 416

определения параметров колес, замеренные с натуре или полученные расчетом:

- 1) внешний окружной модуль m_e , мм;
- 2) числа зубьев z_1 и z_2 ;
- 3) углы делительных конусов δ_1 и δ_2 ;
- 4) диаметры валов D_{b1} и D_{b2} .

Имя эти данные, можно определить:

- 1) высоту головки и ножки зуба h_{ae} и h_{fe} ;
- 2) диаметры делительной окружности d_{e1} и d_{e2} ;
- 3) ширину зубчатых венцов b_e ;
- 4) диаметры и длины ступиц d_{c1} , d_{c2} , l_{ct1} , l_{ct2} ;
- 5) размеры шпоночных пазов;
- 6) прочие элементы зубчатых колес, определяемые их конструкцией (толщины ободов, дисков и т.п.) (см. табл. 40).

Изображения ортогональной передачи обычно выполняются в такой последовательности.

1. На главном виде, который в данном примере оформляется как фронтальный разрез передачи, проводится взаимно перпендикулярные линии, соответствующие оси шестерни (горизонтальная) и колеса (вертикальная) (рис. 416, б).

2. От точки пересечения C этих линий откладывают по осям: вверх и вниз отрезки CK , равные $\frac{d_{e2}}{2}$, а вправо отрезок CE , равный $\frac{d_{e1}}{2}$.

3. Через точки K проводят горизонтальные линии, а через точку E вертикальную линию до взаимного пересечения в точках D и D_1 .

Точки D и D_1 соединяют с точкой C линиями, которые являются образующими делительных конусов шестерни и колеса.

4. В точках D и D_1 к образующим делительных конусов восстанавливают перпендикуляры (образующие дополнительных конусов), на которых откладывают высоту головки зуба $h_{ae} = m_e$ и высоту ножки $h_{fe} = 1,2m_e$.

5. Концы отложенных отрезков соединяют с точкой C линиями, которые представляют собой образующие конусов вершин зубьев и впадин.

6. Вдоль образующих начальных конусов от точек D и D_1 по направлению к точке C откладывают ширину зубчатого венца и проводят границу зуба.

7. Наносят контуры конструктивных элементов колес (ступицы, отверстия в них и т.п.) (см. табл. 40).

8. С помощью горизонтальных линий связывают вид слева. На изображении колеса на этом виде проводят делительную окружность штрихпунктирной линией и окружность вершин зубьев.

9. В заключение удаляют лишние линии построения (связи), производят обводку изображений и штриховку фигур сечений в разрезе. При этом следует учитывать:

а) на разрезе нерассеченный зуб ведущего колеса изображается перед зубом ведомого колеса (рис. 416, в);

б) на виде слева наносят штрихпунктирные линии, соответствующие делительной окружности одного зубчатого колеса и начальному конусу другого зубчатого колеса (рис. 416, б).

**ИЗОБРАЖЕНИЕ ЧЕРВЯКА И ЧЕРВЯЧНОГО КОЛЕСА,
ОБРАЗУЮЩИХ ЧЕРВЯЧНУЮ ПЕРЕДАЧУ**

Червячная передача состоит из червяка и червячного колеса. Червячная передача применяется для передачи вращательного движения между валами со скрещивающимися осями (рис. 417, а).

Червяк представляет собой винт, который можно рассматривать как шестерню с винтовыми зубьями (витками).

Червячные передачи делятся на два вида:

а) передачи с цилиндрическим червяком, у которого винтовые зубья расположены на цилиндрической поверхности;

б) передачи с глобоидным червяком, у которого винтовые зубья расположены на поверхности, образованной вращением дуги окружности вокруг оси червяка.

Существуют различные типы цилиндрических червяков, из которых наибольшее распространение получил архимедов червяк. У архимедова червяка образующая винтовой поверхности пересекает ось червяка, благодаря чему винтовой зуб

червяка ограничивается архимедовыми (наклонными) геликоидами.

В осевом сечении зуб архимедова червяка представляет собой равнобедренную трапецию, положение сторон которой характеризуется углом профиля α (рис. 417, з), обычно равным 20° . Значительно реже применяются червячные передачи с эвольвентным червяком и другими червяками, которые имеют более сложную поверхность винтового зуба. В учебной практике применяются главным образом червячные передачи с архимедовым червяком, в которых оси червяка и червячного колеса скрещиваются под углом 90° .

Червяки различаются по направлению хода винтовой линии на правые и левые, а по числу заходов — на одно-, двух-, трех- и более заходные.

Наибольшее распространение получили червяки, изготавливаемые за одно целое с валом. У таких червяков диаметр окружности впадин близок по величине к диаметру вала червяка.

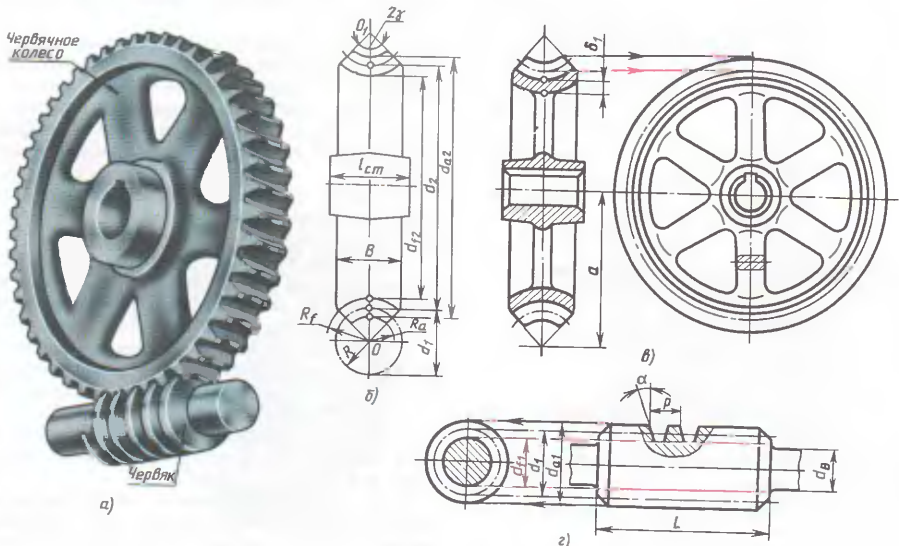


РИС. 417

§ 1. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЧЕРВЯКА И ЧЕРВЯЧНОГО КОЛЕСА

Таблица 43

Шаг червяка p представляет собой расстояние вдоль оси между двумя смежными выступами витков в осевом сечении червяка (см. рис. 417, з).

Ход зуба (витка) многозаходного червяка p_{z1} представляет собой расстояние вдоль оси между двумя смежными точками винтовой линии отдельного захода. Как и для любого многозаходного винта, между осевым шагом p и ходом p_{z1} имеет место следующая зависимость:

$$p_{z1} = z_1 p,$$

где z_1 — число заходов червяка.

Расчетному шагу p соответствует расчетный модуль

$$m = \frac{p}{\pi}.$$

Модуль m определяет основные параметры червяка. Модуль m выбирают по ГОСТ 9563—60. Как и у зубчатого колеса, у червяка имеется делительный диаметр d_1 (см. рис. 417, з). Величина делительного диаметра принимается в зависимости от модуля m : $d_1 = qm$, где коэффициент q представляет собой число модулей в делительном диаметре.

Величину коэффициента q выбирают по ГОСТ 2144—76 в зависимости от заданной величины расчетного модуля (табл. 42).

Таблица 42

Значение коэффициента q в зависимости от осевого модуля

m , мм	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10
q		9		8		7			6	

В табл. 43 приведены основные параметры червяка и червячного колеса.

Если выбранный коэффициент q не соответствует значениям табл. 43, то делается перерасчет (с новым значением q).

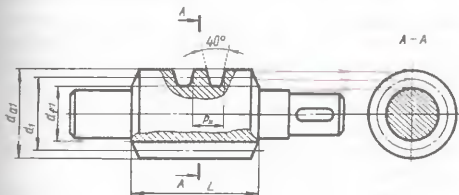


РИС. 418

Параметры червячной передачи

Параметр	Обозначение	Червяк	Колесо
Число зубьев	z	—	z_c
Делительный диаметр	d	$d_1 = qm$	$d_2 = z_c m$
Коэффициент диаметра червяка	q	$q = d_1/m$	—
Диаметр вершин витков и зубьев	d_a	$d_{a1} = m(q+2)$	$d_{a2} = m(z_c+2)$
Диаметр впадин витков и зубьев	d_f	$d_{f1} = m(q-2,4)$	$d_{f2} = m(z_c-2,4)$
Высота головки витка и зуба	h_a	$h_{a1} = m$	$h_{a2} = m$
Высота делительной ножки витка и зуба	h_f	$h_{f1} = 1,2m$	$h_{f2} = 1,2m$
Ширина венца червячного колеса	b_2	—	$b_2 \geq 0,75d_{a1}$
Длина ступицы колеса	$l_{ст}$	—	$l_{ст} \approx 1,2D_B$
Толщина обода венца	e	—	$e \approx (2,5 \dots 3)m$
Толщина диска	k	—	$k \approx (3 \dots 3,6)m$
Межосевое расстояние червячной передачи	a	$a = \frac{d_1 + d_2}{2}$	

Высота делительной головки витка (зуба) червячного колеса $h_{a1} = m$ ($h_{a2} = m$).

Высота делительной ножки витка (зуба) $h_{f1} = 1,2m$ ($h_{f2} = 1,2m$).

Высота витка (зуба) $h_1 = h_{a1} + h_{f1} = 2,2m$ ($h_2 = h_{a2} + h_{f2} = 2,2m$).

С учетом принятых размеров зуба (витка) червяка можно определить (рис. 418) диаметр вершин витков червяка $d_{a1} = d_1 + 2m$ и диаметр впадин червяка $d_{f1} = d_1 - 2,4m$.

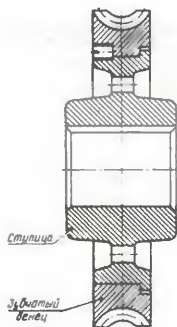


РИС. 419

Длина резьбовой части червяка (рис. 418) (по образующим цилиндра впадин) зависит от числа зубьев червячного колеса z_c и определяется по формуле

$$L = (11 + 0,06z_c) m.$$

Вершины зубьев червячного колеса расположены на поверхности кругового кольца, полученной вращением дуги окружности вокруг оси колеса (см. рис. 417, б и в). Параметры зуба червячного колеса определяются в сечении средней плоскостью венца (плоскостью симметрии зубчатого венца, перпендикулярной оси колеса). Модуль m_f , относящийся к этому сечению, называется окружным модулем и определяет размеры параметров и элементов червячного колеса. По своему значению модуль червячного колеса m_f принимается равным расчетному осевому модулю m сопряженного с червячным колесом червяка.

Размеры зуба червячного колеса равны размерам зуба червяка.

По заданному модулю m и числу зубьев червячного колеса подсчитывают его параметры:

делительный диаметр колеса $d_2 = mz_c$;
диаметр вершин зубьев $d_{a2} = d_2 + 2h_a = m_f(z_c + 2)$;

диаметр впадин $d_{f2} = d_2 - 2h_f = m(z_c - 2,4)$.

В ответственных быстроходных передачах венец червячного колеса изготавливают из антифрикционных материалов (бронзы, латуны). Если колесо имеет значительный диаметр, то в целях экономии цветных материалов ступицу и диск колеса выполняют из чугуна или стали. Соединение зубчатого венца со ступицей и диском осуществляется винтами (рис. 419), болтами или в пресс-формах, если ступица колеса выполнена из полимерных материалов (пластмассы).

§ 2. ПОСТРОЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЧЕРВЯКА И ЧЕРВЯЧНОГО КОЛЕСА, ОБРАЗУЮЩИХ ЧЕРВЯЧНУЮ ПЕРЕДАЧУ

Изображение червяка и червячного колеса выполняют в соответствии с ГОСТ 2.402—68.

Ниже приводится пример построения изображений червяка и червячного колеса, образующих червячную передачу (см. рис. 417, а), характеризующую следующими исходными данными:

- 1) модули червяка и колеса $m = m_f = 2$ мм;
- 2) число заходов червяка $z_1 = 1$ (однозаходный);
- 3) число зубьев червячного колеса $z_c = 42$;
- 4) диаметр вала червяка $d_b = 12$ мм;
- 5) диаметр червячного колеса $D_b = 16$ мм;
- 6) червячное колесо изготовлено из стали и закрепляется на валу с помощью призматической шпонки.

Построения выполняют на основании расчетов параметров червяка и червячного колеса.

По исходным данным определяют размеры витков червяка и зубьев червячного колеса:

высота головки $h_a = m = 2$ мм;
высота ножки $h_f = 1,2m = 1,2 \cdot 2 = 2,4$ мм;
высота зуба $h = 2,2m = 2,2 \cdot 2 = 4,4$ мм.

Затем подсчитывают параметры червяка, предварительно определив по табл. 42 значение $q = 9$.

Диаметры червяка:

$$d_{a1} = qm = 2m = 18 + 2 \cdot 2 = 22 \text{ мм};$$

$$d_{f1} = qm - 2,4 = 18 - 2,4 \cdot 2 = 18 - 4,8 = 13,2 \text{ мм}.$$

Длина резьбовой части червяка

$$L = (11 + 0,06z_c) m = (11 + 0,06 \cdot 42) 2 = 27 \text{ мм}$$

(или примерно 1,5d).

По имеющимся данным выполняют главный вид червяка (см. рис. 417, з) с горизонтально расположенной осью червяка и местным разрезом, на котором показывают профиль витка червяка; границы впадин изображают сплошными тонкими линиями.

На поперечном разрезе червяка (на рис. 417, з, слева) заштриховывают только сечение червяка в пределах окружности впадин; винтовой зуб червяка условно показывают нерассеченным.

Линию, соответствующую начальной окружности, выполняют штрихпунктирной линией.

Для построения изображений червячного колеса предварительно определяют его параметры:

делительный диаметр $d_2 = mz_c = 2 \cdot 42 = 84$ мм;
диаметр вершин зубьев $d_{a2} = m(z_c + 2) = 2(42 + 2) = 88$ мм;
диаметр впадин $d_{f2} = m(z_c - 2,4) = 2(42 - 2,4) = 79,2$ мм.

Затем тонкими линиями чертят фронтальный разрез червячного колеса (см. рис. 417, б).

Сначала проводят горизонтально ось колеса, а перпендикулярно ей ось симметрии венца червячного колеса. На вертикальной оси откладывают отрезки $d_2 = 84$, $d_{a2} = 83$ и $d_{f2} = 79,2$ мм.

Через концы отрезка d_2 проводят дуги окружностей радиусом, равным половине делительного (начального) диаметра червяка:

$$R = \frac{d_1}{2} = \frac{18}{2} = 9 \text{ мм.}$$

Из центра этих окружностей O и O_1 проводят дуги окружностей через концы отрезка d_{f2} (радиусом R_f) и отрезка d_{a2} (радиусом R_a). Эти дуги ограничивают соответственно впадины и вершины зубьев колеса.

Ширина зубчатого венца колеса определяется по формуле

$$B = 0,75d_{a1}.$$

В рассматриваемом примере $B = 0,75 \cdot 22 = 16,5$ мм.

Эта величина откладывается на изображении. Червячные колеса обычно выполняются с фасками, характеризующимися углом обхвата 2γ (см. рис. 417, б).

Для определения угла обхвата вначале определяют величину $\sin \gamma$:

$$\sin \gamma = \frac{B}{d_{a1} - 0,5m}.$$

В данном случае

$$\sin \gamma = \frac{16,5}{22 - 0,5 \cdot 2} = 0,78 \text{ мм или угол } \gamma = 52^\circ.$$

Следовательно, угол обхвата в рассматриваемом примере $2\gamma = 104^\circ$.

Элементы червячного колеса выполняют на изображениях в соответствии с их размерами, определенными по соотношениям, приведенным в табл. 43:

толщина обода $\delta_1 = 2,5m_t = 2,5 \cdot 2 = 5$ мм;
диаметр ступицы $d_{c1} = 1,6D_{в2} = 1,6 \cdot 16 = 26$ мм;

длина ступицы $l_{ст} = 1,5D_{в2} = 1,5 \cdot 16 = 24$ мм.

По построенному фронтальному разрезу (см. рис. 417, в) выполняют вид слева.

Размеры шпоночного паза определяют для вала $D_{в2} = 16$ мм по ГОСТ 23360—78.

Форма и размеры спиц обычно задаются.

На виде слева делительную окружность проводят штрихпунктирной линией.

§ 3. РАБОЧИЙ ЧЕРТЕЖ ЧЕРВЯКА

Рабочие чертежи цилиндрических червяков и сопрягаемых с ними червячных колес выполняют в соответствии с правилами, установленными ГОСТ 2.406—76.

Рабочий учебный чертеж червяка приведен на рис. 420. Ось червяка располагается параллельно основной надписи. На главном виде делается местный разрез, выявляющий профиль винтового зуба витка червяка в осевом сечении (или вычерчивают выносной элемент), как показано на рис. 420.

На чертеже червяка указывают:

- диаметр вершин витков;
- длину резьбовой части червяка;
- фаски (или радиусы галтелей) на торцовых кромках цилиндра вершин зубьев;
- радиусы закруглений (галтелей) на головке и ножке витка;
- прочие размеры, определяющие конструктивные элементы червяка;
- шероховатость боковых поверхностей витков, поверхности вершин и впадин.

В таблице параметров на учебных чертежах (см. рис. 420) помещают основные данные для изготовления червяка.

§ 4. РАБОЧИЙ ЧЕРТЕЖ ЧЕРВЯЧНОГО КОЛЕСА

Чертежи червячных колес выполняются в соответствии с ГОСТ 2.406—76.

На рабочем чертеже червячного колеса (рис. 421) представлен фронтальный разрез, полностью определяющий конструкцию колеса, поэтому полный вид слева на чертеже не выполнен.

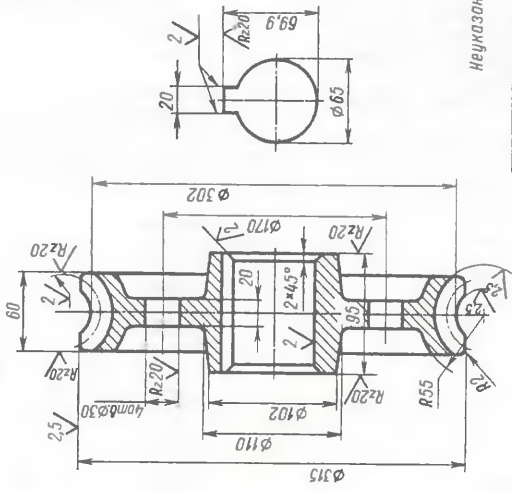
На рабочем чертеже червячного колеса указывают:

- диаметр вершин зубьев в средней плоскости зубчатого венца;
- наибольший диаметр зубчатого венца;
- ширину зубчатого венца;
- данные, определяющие внешний контур зубчатого венца (например, радиус выточки поверхности вершин зубьев, размеры фасок или радиусы закруглений торцовых кромок);

МЧ 02.03.00.12

√(√)

Модуль	m	7
Число зубьев	z ₁	41
Направление линии зуба		правое
Исходный профиль червяка		ГОСТ 19036-94
Межосевое расстояние	a _w	172
Диаметральная добавка	d _a	207
Число сопряженных червяков		2
Число болтов равноугонного червяка	z ₂	2



Неуказанные радиусы 3 мм.

МЧ 02.03.00.12	
Исполнение	Исполнение
Примечание	У 5,250 1-2
Чертеж	Листов 1
Принят	Листов 1
Сталь 45 ГОСТ 1050-68	

д) прочис размеры, определяющие конструктивные формы червячного колеса.

Шероховатость боковых поверхностей зубьев указывается условными знаками, размещаемыми на дуге окружности, проведенной на фронтальном разрезе зуба штрихпунктирной линией.

Колесо червячной передачи сопрягается с червяком, поэтому при изготовлении колеса учитывают параметры сопряженного червяка и передачи. В связи с этим в таблицу параметров на чертеже заносят сведения о сопряженном червяке, а также указывают межосевое расстояние.

§ 5. ВЫПОЛНЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ ЧЕРВЯКА И ЧЕРВЯЧНОГО КОЛЕСА С НАТУРЫ

Для того, чтобы выполнить с природы чертеж червяка или червячного колеса, необходимо определить соответствующие им значения модулей.

Расчетный осевой модуль червяка приближенно определяют следующим образом:

- 1) измеряют в осевом направлении любой резьбовой участок червяка l ;
- 2) подсчитывают число осевых шагов n , приходящихся на длину l ;
- 3) определяют величину осевого шага

$$p = \frac{l}{n};$$

- 4) находят расчетный осевой модуль

$$m_x = \frac{p}{\pi}.$$

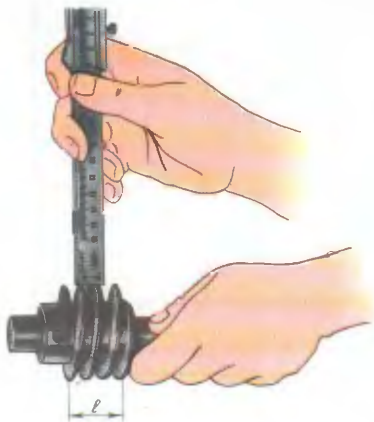
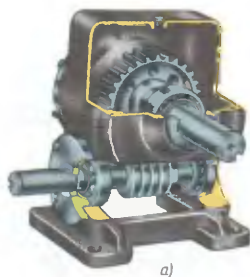
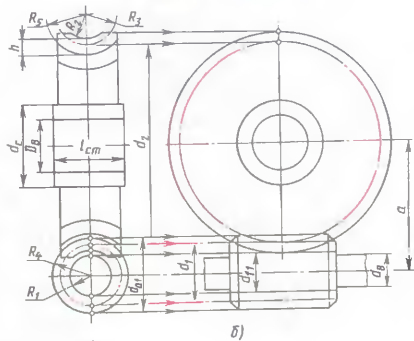


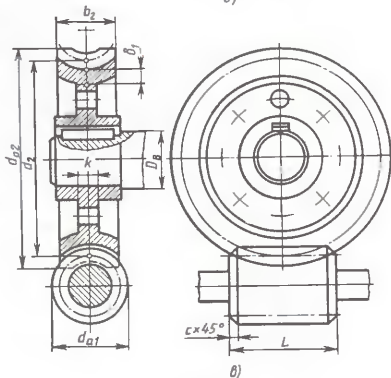
РИС. 422



а)



б)



в)

РИС. 423

Для определения окружного модуля m_t червячного колеса подсчитывают число зубьев колеса z_c и измеряют наименьший диаметр вершин зубьев d_{a2} (см. рис. 417, б).

Затем подсчитывают окружной модуль

$$m = \frac{d_{a2}}{z_c + 2}.$$

Подсчитанные значения модулей m или m_t

необходимо округлить до ближайшего стандартного значения (см. табл. 38).

Если червяк и червячное колесо принадлежат одной червячной передаче, то m должно быть равно m .

Можно измерить глубиномером штангенциркуля высоту h_1 винтового выступа червяка, которая равна высоте зуба h_2 (рис. 422).

Так как высота зуба $h_2 = 2,2m_t$, то осевой модуль

$$m = m_t = \frac{h}{2,2}.$$

Остальные параметры и размеры элементов червяка или червячного колеса, необходимые для выполнения чертежей, определяют измерениями и подсчетом.

§ 6. ИЗОБРАЖЕНИЕ ЧЕРВЯЧНОЙ ПЕРЕДАЧИ

Рис. 423 иллюстрирует построение изображения червячной пары редуктора. Выполненное изображение червячной пары (рис. 423, а) отражает только взаимное расположение в ней червяка и червячного колеса без учета остальных деталей редуктора (рис. 423, а).

Для построения изображения червячной пары необходимы сведения, характеризующие червячную передачу: расчетный (осевой) модуль червяка

m или окружной модуль червячного колеса m_t , число зубьев колеса z_c и др.

Необходимые данные для выполнения построенный обычно рассчитывают или получают в результате измерений с натуры.

Построение изображений червяка и червячного колеса показано на рис. 417, а их параметры приведены в табл. 42.

Изображение червячной пары выполняют в такой последовательности.

1. Для построения фронтального разреза определяют и откладывают межосевое расстояние $d_W = 0,5(d_1 + d_2)$.

2. Проводят дуги и окружности R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 , которые устанавливают границы начальных поверхностей вершин зубьев (витков) и впадин червяка и червячного колеса.

3. Выполняют построение вида слева в соответствии с нанесенными линиями связи. На этом виде проводят начальную окружность колеса и образующие начального цилиндра червяка, которые должны касаться друг друга. Определяют контуры остальных элементов зацепления.

Законченный чертеж зацепления представлен на рис. 423, в. На осевом разрезе колеса винтовой зуб червяка располагается перед зубом колеса.

На виде слева окружность вершин зубьев колеса и образующую цилиндра вершин витков червяка в зоне зацепления изображают сплошными основными линиями (взаимно пересекающимися), окружность впадин не изображают.

Г Л А В А 5 0

РАЗНОВИДНОСТИ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ И ИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Кроме цилиндрических, конических и червячных зубчатых колес в отдельных случаях применяются колеса и детали других форм и с иной формой зубьев.

Например, цилиндрические зубчатые колеса в ряде случаев выполняются с косыми зубьями (рис. 424, а). Косой зуб представляет собой часть винтового зуба, расположенного на цилиндрической поверхности. Косой зуб характеризуется направлением (правое или левое) и углом наклона зуба β к оси, представляющем собой дополнительный угол до 90° к углу подъема винтовой линии на делительном цилиндре.

При расчете косозубых цилиндрических колес различают окружной шаг p_t и нормальный шаг p_n , которым соответствует окружной модуль:

$$m_t = \frac{p_t}{\pi}$$

и нормальный модуль

$$m_n = \frac{p_n}{\pi}.$$

На рис. 424, б представлена развертка боковой поверхности делительного цилиндра косозубого колеса, на котором наглядно видно направление зуба и угол наклона зуба.

Окружной шаг p_t измеряется в торцовом сечении колеса. Нормальный шаг p_n измеряется в направлении, перпендикулярном направлению зуба.



а)

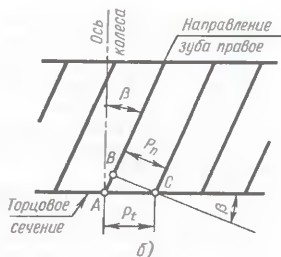


РИС. 424

Зависимость между окружным и нормальным шагом определяется из треугольника ABC : $BC = AC \cos \beta$ или $p_n = p_t \cos \beta$ (рис. 424, б).

Из последнего равенства, разделив обе его части на π , получаем $m_n = m_t \cos \beta$.

Шевронные колеса (рис. 425, в) можно рассматривать как два совмещенных косозубых колеса с разным направлением зуба.

Кроме конических колес с прямыми зубьями применяются колеса с косыми (тангенциальными), а также с круговыми зубьями (рис. 425, г).

Если необходимо показать на изображениях зубчатых зацеплений направление линии зуба, то на изображении наносят три сплошные тонкие линии (рис. 425, а–г). Условные изображения других зубчатых колес, червяков и т.п. выполняются по ГОСТ 2.402–68.

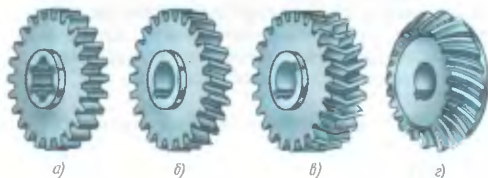
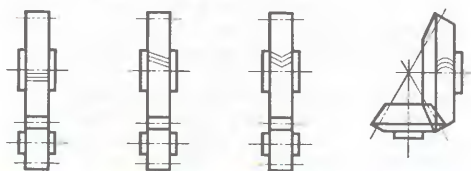
Кроме цилиндрических зубчатых передач с внешним зацеплением зубьев применяются передачи с внутренним зацеплением зубьев (рис. 426, а).

Расчеты параметров этих колес и их рабочие чертежи выполняют так же, как и для колес с внешними зубьями. При этом необходимо учитывать, что у колеса с внешними зубьями высота головки зуба откладывается от делительной окружности радиально от центра к периферии, а у колеса с внутренними зубьями — наоборот, от периферии к центру.

Для преобразования вращательного движения в поступательное применяется реечная передача (рис. 426, б), которая состоит из цилиндрического зубчатого колеса и зубчатой рейки. Реечные передачи могут выполняться как с прямыми зубьями, так и с косыми.

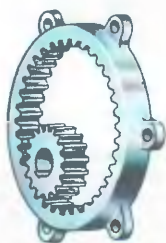
Рабочие чертежи зубчатых реек выполняются в соответствии с ГОСТ 2.404–75.

На рис. 427 представлен учебный рабочий чертеж рейки. На чертеже показывают профили двух



а) б) в) г)

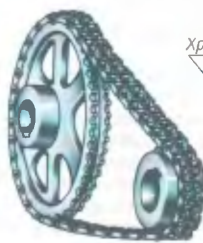
РИС. 425



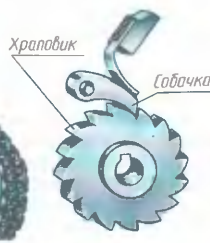
а)



б)



в)



г)

РИС. 426

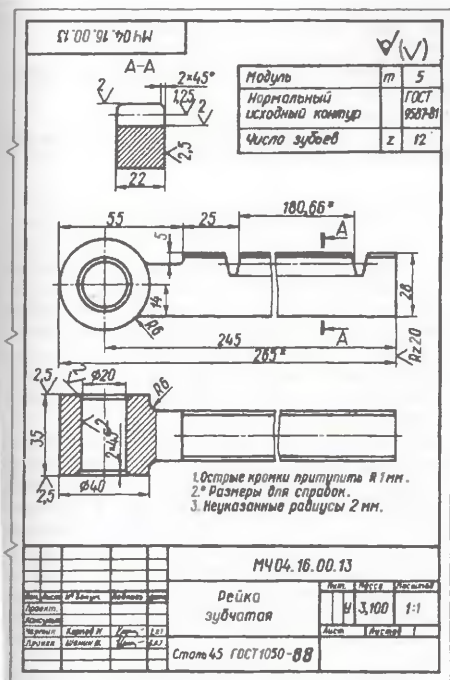


РИС. 427

крайних впадин. Линия вершин так же, как и у зубчатых колес, изображается сплошной основной линией, линия впадин не указывается или показывается сплошной тонкой линией, линия делительной поверхности — штрихпунктирной тонкой линией. В правом верхнем углу чертежа приведена таблица параметров в том виде, как она обычно выполняется на учебных чертежах.

§ 1. ЦЕПНАЯ ПЕРЕДАЧА

Цепная передача состоит из ведущих и ведомых звездочек и охватывающей их цепи (рис. 426, в). Звездочки закрепляются на валах с помощью шпонок. Передача движения от одного вала к другому осуществляется приводной цепью, надетой на звездочки.

В машиностроении применяются приводные цепи различных типов (рис. 428, а, б). Наибольшее распространение получили роликовые приводные цепи.

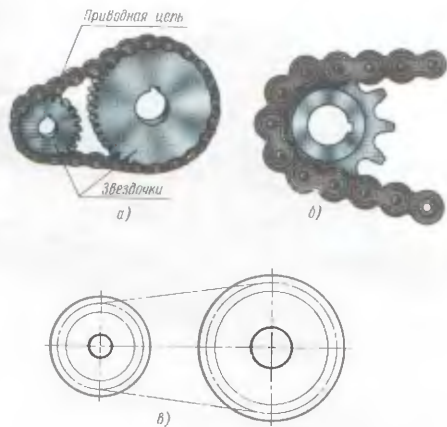


РИС. 428

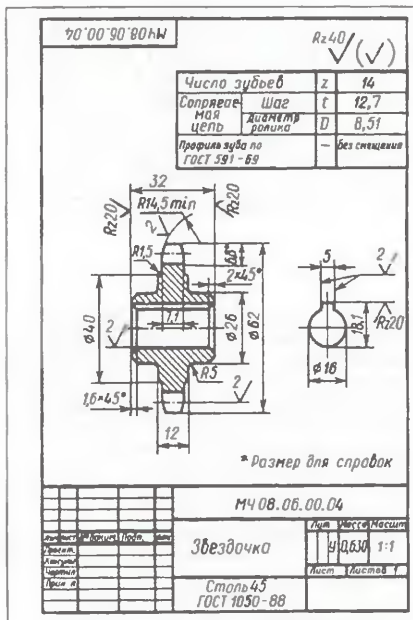


РИС. 429

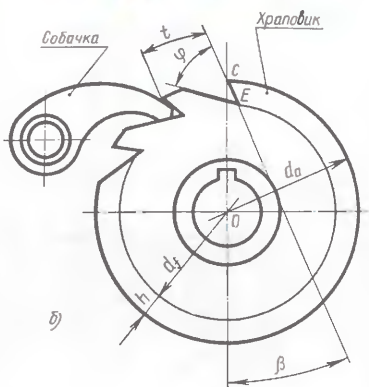
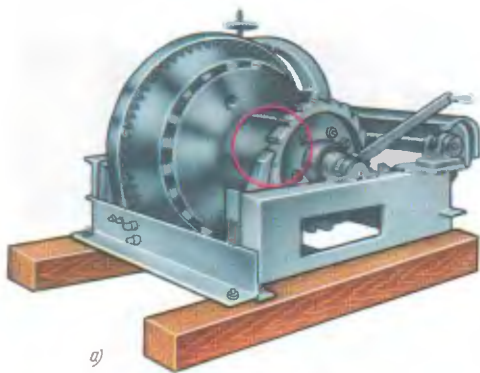


РИС. 430

Профиль зубьев звездочек отличается от профиля зубьев колес зубчатых передач. Он очерчен дугами окружностей, размеры радиусов которых определяются по таблицам (ГОСТ 591—69).

Согласно ГОСТ 2.402—68 цепь на чертежах передачи изображается тонкими штрихпунктирными линиями (рис. 428, в), касающимися делительных окружностей звездочек.

Рабочие чертежи звездочек цепной передачи оформляются по ГОСТ 2.408—68.

На рис. 429 представлен пример рабочего чертежа звездочки для роликовой цепи, выполненной с некоторыми упрощениями.

На изображении звездочки указывают:

- а) ширину зуба;
- б) радиус закругления зуба;
- в) расстояние от вершины зуба до линии центров дуг закруглений;

- г) диаметр обода;
- д) радиус закругления у границы обода;
- е) диаметр окружности выступов;
- ж) прочие размеры, определяющие конструкцию звездочки;
- з) шероховатость поверхностей.

В таблице указывают параметры, необходимые для изготовления звездочки.

§ 2. ХРАПОВОЙ МЕХАНИЗМ

Храповой механизм позволяет осуществлять вращение вала только в одном направлении. Механизм состоит из двух основных деталей: зубчатого храповика (храповика) и собачки (рис. 426, з). Конец собачки, располагаясь во впадине зубьев храповика, препятствует обратному вращению вала, на котором закреплен храповик (рис. 430, а).

Зуб храпового колеса (рис. 430, б) имеет прямолинейный профиль, отличный от профиля зуба зубчатых колес. Расположение рабочей части зуба храповика, в которую упирается собачка, характеризуется углом $\beta = 12...15^\circ$. Величина этого угла и расположение оси собачки выбираются так, чтобы собачка свободно входила во впадину между зубьями и в то же время не выскикивала самопроизвольно из этой впадины.

Зубья храповика характеризуются модулем $m = \frac{t}{\pi}$, где t — шаг зубьев (расстояние между соседними зубьями по окружности вершин).

Размеры храповика определяются из следующих соотношений.

1. Высота зуба храповика $h = 0,75m$.
2. Диаметр окружности вершин зубьев $d_a = mz$, где z — число зубьев храповика.
3. Диаметр окружности впадин

$$d_f = d_a - 2h = m(z - 1,5).$$

Угол ϕ равен $55...60^\circ$.

На чертежах храповик изображается условно: указываются один-два зуба, окружность впадин проводится сплошной тонкой линией (рис. 430).

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие виды передачи применяются в машиностроении?
2. Что называется модулем зубчатого зацепления?
3. Какая существует зависимость между модулем, числом зубьев и диаметром делительной окружности?
4. По какой формуле рассчитывают диаметр впадин цилиндрического зубчатого колеса?
5. Как изображается направление зубьев на чертежах зубчатых колес?
6. Какими линиями вычерчивают начальную и делительную окружности впадин и вершин зубчатых колес?