

Ув. студенты! Ознакомьтесь с лекционным материалом и ответить на контрольные вопросы письменно. Ответы на контрольные вопросы предоставить до **05.04** на электронный адрес преподавателя [vika-lnr@mail.ru](mailto:vika-lnr@mail.ru)

Если возникнут вопросы обращаться по телефону 072-106-54-33

## ЛЕКЦИЯ

### Тема: **Зубчатые передачи**

**Цель:** изучение зубчатых передач

### План

#### 1 Цилиндрическая зубчатая передача

#### *Список использованных источников:*

- 1 Боголюбов С. К. Черчение.- М:Машиностроение, 1989.
- 2 Вышнепольский И.С. Техническое черчение.- М: Высшая школа, 2011.
- 3 Вышнепольский И.С. Вышнепольский В.И.- Черчение для техникумов, 2010.
- 4 Червонный Н. Т. Единые правила выполнения чертежей в техникуме. –Киев: Высшая школа, 1987

### 1 Цилиндрическая зубчатая передача

Если два цилиндра прижать друг к другу, то при вращении одного из них, благодаря возникающей силе трения, придет во вращение и второй (рисунок 12.2, *a*). Сила трения должна быть не меньше величины передаваемого окружного усилия. Однако окружные усилия целесообразно передавать не за счет силы трения, а с помощью зубчатой передачи.

Рассмотрим термины, определения и обозначения, характеризующие зубчатые передачи (ГОСТ 16530—83... ГОСТ 16532—70). Основными элементами зубчатого колеса являются зубья.

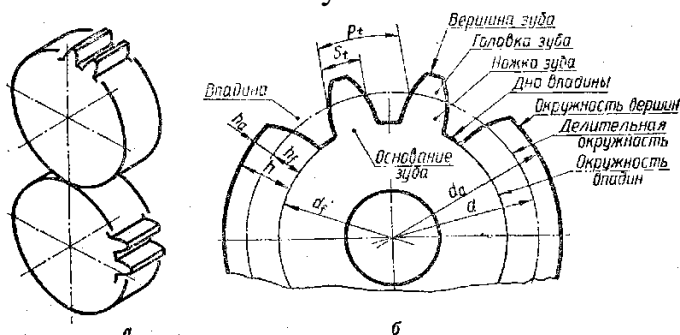


Рисунок 12.2 – Элементы зубчатого зацепления

*Зубья — это выступы на колесе, передающие движение посредством взаимодействия с соответствующими выступами другого колеса.*

Цилиндрическая поверхность, отделяющая зубья от тела зубчатого колеса, называется *поверхностью впадин*, а поверхность, ограничивающая зубья со стороны, противоположной телу зубчатого колеса, называется *поверхностью вершин*. Часть поверхности вершин зубчатого колеса, принадлежащая зубу, называется его *вершиной*, а часть поверхности впадин, принадлежащая зубу, называется *основанием зуба*. Цилиндрическая поверхность зубчатого колеса, которая является базовой для определения элементов зубьев и их размеров, называется *делительной поверхностью*. Часть зуба, заключенная между поверхностью вершин зубьев и делительной поверхностью колеса, называется *головкой зуба*, а часть зуба, заключенная между делительной поверхностью и поверхностью впадин, называется *ножкой зуба*.

Соответственно указанным поверхностям различают окружности, лежащие в торцевом сечении зубчатого колеса (рисунок 12.2, б): *делительную окружность* (диаметр  $d$ ), *окружность вершин* (диаметр  $d_a$ ) и *окружность впадин* (диаметр  $d_f$ )

*Высоту головки зуба* обозначают  $h_a$ , *высоту ножки* —  $h_z$ , а *полную высоту зуба* —  $h$ , следовательно,  $h = h_1 + h_2$ .

Расстояние между одноименными профилями соседних зубьев по дуге делительной окружности называется *окружным делительным шагом*  $p_t$ . Если делительный шаг умножим на *число зубьев колеса*  $z$ , то получим длину делительной окружности:  $\pi d = p_t z$ . Отсюда  $d = p_t z / \pi$ .

Линейную величину, в  $\pi$  раз меньшую делительного шага, называют *окружным делительным модулем* т. е.  $m_t = p_t / \pi$ . В дальнейшем эту величину будем обозначать  $m$  и называть *модулем*, имея в виду окружной делительный модуль. Следовательно, диаметр делительной окружности в зависимости от модуля выражается формулой  $d = mz$ . Приведем выборочные модули из ГОСТ 9563—60:

1-й ряд— 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20;

2-й ряд — 0,55; 0,7; 0,9; 1,125; 1,375; 1,75; 2,25; 2,75; 3,5; 4,5; 7; 9.

Выбирая модуль, 1-й ряд следует предпочитать второму.

Высота зуба и его частей определяется в зависимости от модуля: высота головки зуба  $h_a = m$ , высота ножки зуба  $h_z = 1,25m$ , полная высота зуба  $h = h_a + h_z = 2,25m$ .

Диаметр окружности вершин больше диаметра делительной окружности на две высоты головки зуба:

$$d_a = d + 2h_a = mz + 2m = m(z + 2).$$

Диаметр окружности впадин меньше диаметра делительной окружности на две высоты ножки зуба, т. е.

$$d_f = d - 2h_f = mz - 2,5m = m(z - 2,5).$$

Окружная толщина зуба по дуге делительной окружности

$$s_t = \frac{p_t}{2} = 0,5\pi m.$$

Условное изображение цилиндрических зубчатых колес выполняют по ГОСТ 2.402—68:

1. Окружности и образующие поверхностей вершин зубьев показывают сплошной толстой основной линией на всех изображениях (рисунок 12.3, а—в).

2. Окружности и образующие поверхностей впадин зубьев в разрезах и сечениях показывают сплошной основной линией. На видах их допускается изображать сплошной тонкой линией (рисунок 12.3, б).

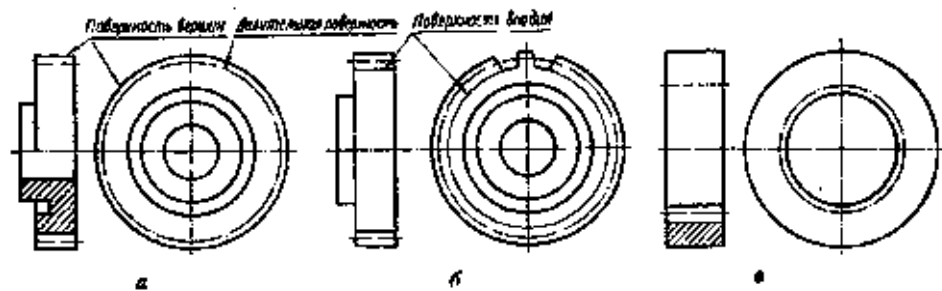


Рисунок 12.3 – Условное изображение цилиндрических зубчатых колес

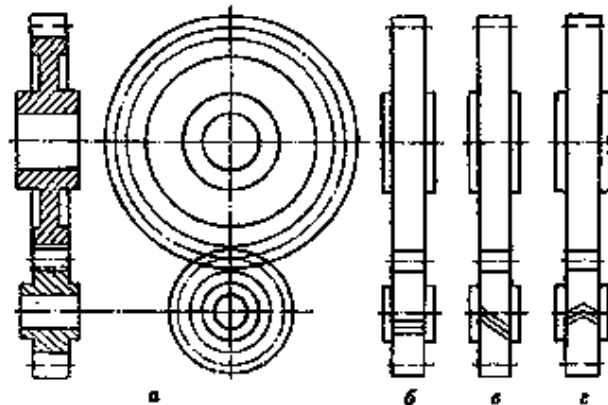


Рисунок 12.4 - Условное изображение цилиндрических косозубых и шевронных зубчатых колес

3. Делительные и начальные окружности, а также образующие поверхностей делительных и начальных цилиндров изображают тонкой штрихпунктирной линией на всех видах и разрезах колеса (рис. 12.3, а—в).

4. Зубья зубчатых колес вычерчивают только на осевых разрезах (рисунок 12.4, а); в остальных случаях изображают поверхность их вершин.;

Если нужно показать профиль зуба, его вычерчивают на выносном элементе или изображают на ограниченном участке детали (рисунок 12.3, б).

5. В случае необходимости направление зубьев изображают вблизи оси колеса тремя тонкими параллельными линиями с соответствующим наклоном (рисунок 12.4, б—г).

**Оформление рабочего чертежа цилиндрического зубчатого колеса (ГОСТ 2.403—75).** На рисунке 21.6 главное изображение колеса представлено полным фронтальным разрезом, а на месте вида слева изображено отверстие в ступице колеса со шлицами. На изображении цилиндрического зубчатого колеса указывают: а) диаметр  $d_a$  окружности вершин; б) ширину  $b$  зубчатого венца; в) размеры фасок или радиусы закруглений на торцевых кромках цилиндра вершин; г) размеры фасок или радиусы закруглений на кромках головок и торцов зубьев; д) шероховатость боковой поверхности зубьев.

Предельные отклонения для диаметра окружности вершин берут по таким посадкам: h6, h8, h11, а для ширины зубчатого венца — по h13. Шероховатость боковой поверхности зубьев принимают  $R_a = 2,5 \dots 1,25$ , а поверхностей вершин и впадин —  $R_z 20 \dots R_a = 2,5$ . На чертеже наносят также размеры, характеризующие конструктивные элементы обода, ступицы и диска колеса,

В верхнем правом углу чертежа помещают таблицу параметров (рисунок 12.5). Таблица состоит из трех частей, которые, отделены друг от друга сплошными основными линиями. Первая часть таблицы содержит основные данные (для изготовления), вторая — данные для контроля и третья — справочные данные. Рассмотрим заполнение позиций таблицы параметров (рисунок 12.5).

Модуль	$m$	(1)
Число зубьев	$z$	(2)
Угол наклона зуба	$\beta$	(3)
Направление линии зуба	-	(4)
Нормальный исходный контур	-	(5)
Коэффициент смещения	$x$	(6)
Степень точности	-	(7)
Данные для контроля эволюционного положения разноименных профилей зубьев		(8)
Делительный диаметр	$d$	(9)
Прочие справочные данные	-	(10)
	10	35
	110	

Рисунок 12.5 – Таблица параметров

Позиция (1). Для колес с прямыми зубьями указывают модуль  $m$  ( $m_t$ ), а для косозубых колес — нормальный модуль  $m_n$  или торцовый модуль  $m_t$ .

Позиция (2). Указывают число зубьев  $z$ .

Позиция (3). Для косозубых и шевронных колес указывают угол наклона  $\beta$ .

Позиция (4). Отмечают направление наклона косых зубьев надписью «Правое» или «Левое», а для шевронных — «Шевронное». Для прямозубых колес позиции (3) и (4) из таблицы исключают.

Позиция (5). Указывают параметры исходного контура. Исходный контур — это контур зубьев нарезающей рейки в нормальном к направлению зубьев сечении. Стандартизованный исходный контур задается ссылкой на ГОСТ 13755—81, а для мелкомодульных зубьев — на ГОСТ 9587—81.

Позиция (6). Указывают коэффициент смещения исходного контура в долях нормального модуля с соответствующим знаком. Если модификации нет, проставляют цифру 0.

Позиция (7). Указывают степень точности и вид сопряжения по ГОСТ 1643—81. Стандарт устанавливает 12 степеней точности (1—12), самая точная — 1-я. Наиболее распространенные — 6, 7 и 8-я. Для каждой степени точности стандарт устанавливает 3 нормы: 1) кинематической точности; 2) плавности работы; 3) контакта зубьев колес и передач. Независимо от степени точности устанавливается 6 видов сопряжений колес и передач —  $A, B, C, D, E, H$  — и 8

видов допуска на боковой зазор, обозначаемых в порядке его возрастания буквами  $h, d, c, b, a, z, y, x$ . В условиях отсутствия специальных требований, к передаче существует соответствие между видами сопряжений и допусками на боковой зазор: видам сопряжений  $D, C, B$  и  $A$  соответствуют допуски  $d, c, b$  и  $a$ , а сопряжениям  $H$  и  $E$  — допуск  $h$ . Числовые значения всех этих величин даны в ГОСТ 1643—81.

*Примеры условных обозначений степени точности зубчатых колес:* «7—С ГОСТ 1643—81» — передача 7-й степени точности по всем трем нормам с видом сопряжения колес  $C$  и соответствием между видом сопряжения и допуском на боковой зазор;

«8—7—6— $Va$  ГОСТ 1643—81» — передача со степенью 8 по нормам кинематической точности, со степенью 7 по нормам плавности работы, со степенью 6 по нормам контакта зубьев, с видом сопряжения колес  $B$  и видом допуска на боковой зазор  $a$ .

Во второй части таблицы параметров — в позиции (8) — приводят данные для контроля взаимного положения разноименных профилей зубьев. Существуют различные способы контроля: а) по постоянной хорде  $s_c$  и высоте  $h_c$  до постоянной хорды; б) по длине  $W$  общей нормали; в) по толщине  $s_y$  по хорде зуба и высоте  $h_{ag}$  до этой хорды; г) по размеру  $M$  по измерительным роликам.

На учебных чертежах рекомендуется проставлять постоянную хорду и высоту до нее. Эти параметры, в случае отсутствия модификации, определяют по формулам

$$\begin{aligned}\bar{s}_c &= 1,387m; \\ \bar{h}_c &= 0,7476m.\end{aligned}$$

В третьей части таблицы параметров должны быть приведены: Позиция (9). Диаметр делительной окружности  $d$ . Позиция (10). Обозначение чертежа сопряженного зубчатого колеса.

Цилиндрическая зубчатая передача. Передачу образуют два зубчатых колеса, находящихся в зацеплении. Зубчатое колесо с меньшим числом зубьев, как правило ведущее, называют *шестерней*, а колесо с большим числом зубьев — *колесом*. Оба колеса имеют одинаковый модуль и одинаковые геометрические размеры зубьев.

Каждая передача характеризуется передаточным числом  $u$ , т. е. отношением числа зубьев колеса к числу зубьев шестерни:

$$u = z_2/z_1, \text{ или } u = d_2/d_1 = n_1/n_2.$$

Чтобы вычертить передачу, нужно знать формулы не только геометрического расчета зубьев колеса, о которых речь уже была, но и

конструктивного расчета элементов колеса — обода, диска, ступицы. На рис. 12.6 приведены обозначения, а в таблице 1 — формулы для расчета зубчатых колес с фрезерованными зубьями.

Вычерчивая, передачу, нужно учитывать следующее: .

1. Цилиндрическую передачу рекомендуется показывать в двух изображениях: продольном фронтальном разрезе на месте вида спереди и виде слева. Размеры на чертеже наносить по примеру рисунка 12.7.

2. Начальные окружности ведущего и ведомого колес касаются друг друга в точке, лежащей на межосевой линии. На рисунке 12.7 межосевое расстояние равно 82 мм.

3. В зоне зацепления колес окружности поверхностей вершин зубьев изображают сплошной толстой основной линией (рисунок 12.7).

4. Окружности поверхностей вершин и впадин колес в зоне зацепления не касаются, а образуют радиальный зазор 0,25 *m*. Объясняется это тем, что высота головки зуба меньше высоты ножки на величину 0,25 *m*.

5. На виде спереди в разрезе зуб ведущего колеса изображают расположенным перед зубом ведомого колеса и поэтому образующая поверхности вершин меньшего (ведущего) колеса наведена сплошной толстой основной линией, а большего (ведомого) — штриховой.

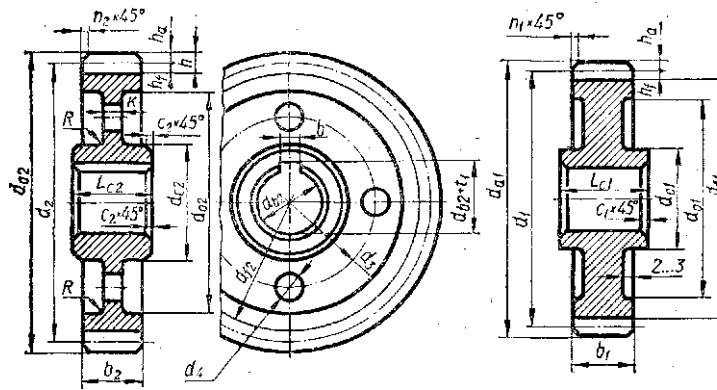


Рисунок 12.6 – Чертеж зубчатого колеса

Таблица 1

Формулы для расчета цилиндрических зубчатых колес

Элемент	Зубчатое колесо	Шестерня
Диаметр делительной окружности	$d_2 = mz_2$	$d_1 = mz_1$
Высота головки зуба	$h_a = m$	$h_a = m$
Высота ножки зуба	$h_f = 1,25m$	$h_f = 1,25m$
Полная высота зуба	$h = 2,25m$	$h = 2,25m$
Диаметр окружности вершины	$d_{a2} = m(z_2 + 2)$	$d_{a1} = m(z_1 + 2)$
Диаметр окружности впадин	$d_{f2} = m(z_2 - 2,5)$	$d_{f1} = m(z_1 - 2,5)$
Ширина зубчатого венца	$b_2 = 8m$	$b_1 = 8m$
Внутренний диаметр обода	$d_{o2} = d_{a2} - 8,5m$	$d_{o1} = d_{a1} - 8,5m$
Диаметр ступицы	$d_{c2} = 1,6d_{b2}$	$d_{c1} = 1,6d_{b1}$
Длина ступицы	$L_{c2} = 1,1b_2$	$L_{c1} = 1,1b_1$
Толщина диска	$k = 0,3b_2$	—
Диаметр центральной окружности	$d_3 = 0,5(d_{o2} + d_{c2})$	—
Диаметр отверстий	$d_4 = 0,25(d_{o2} - d_{c2})$	—
Радиусы галтелей и фаски	$R = 2 \div 3 \text{ мм};$ $c_2 = 2 \div 3 \text{ мм}$	$R = 2 \div 3 \text{ мм};$ $c_1 = 2 \div 3 \text{ мм}$
Величина среза зубьев на торцевых кромках	$n_2 = 0,5m$	$n_1 = 0,5m$
Размеры прямоугольной шпонки	По ГОСТ 23360—78	По ГОСТ 23360—78
Размеры шпоночного паза	То же	То же



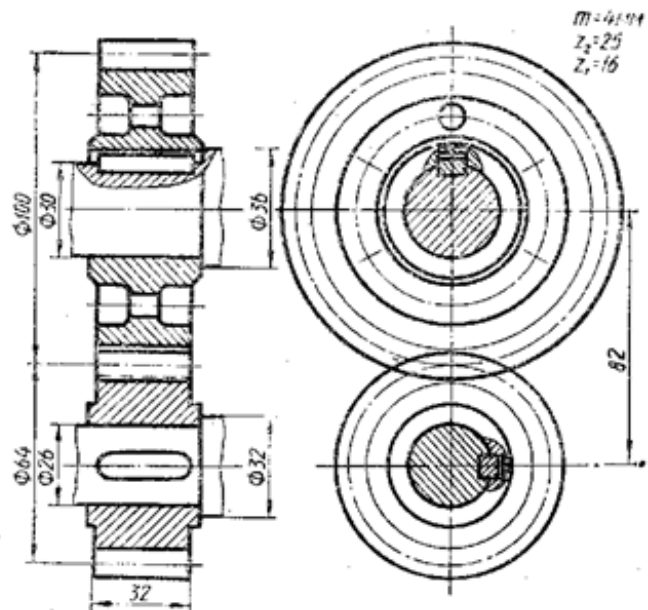


Рисунок 12.7 - Оформление рабочего чертежа цилиндрического зубчатого колеса

4. Для изображения шпоночного соединения вала с колесом на чертеже выполняют местный разрез.

5. На сборочном чертеже зубчатого зацепления не изображают фасок, скруглений на зубьях, на ступице и т. п.

**Контрольные вопросы:**

1. Как оформляется рабочий чертеж зубчатого колеса?
2. Что такое таблица параметров зубчатого колеса? Как она располагается на чертеже?
3. Какие вычисления необходимо произвести для выполнения рабочего чертежа зубчатого колеса?