

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

Цель работы: Ознакомление с конструкцией зубчатых колес и методикой определения их геометрических параметров.

1. Порядок выполнения лабораторной работы

1. Получить у преподавателя набор зубчатых колес и ознакомиться с содержанием лабораторной работы.
2. Выполнить эскиз цилиндрического прямозубого колеса.
3. Провести замеры ширины b зубчатого венца, диаметра вершин d_a , длины ступицы $l_{ст}$ и посчитать число зубьев z .
4. Измерить шаг зубьев и определить модуль колеса по формуле (2). Принять модуль по стандарту, округлив полученное значение до ближайшего значения из табл. 1.
5. Вычислить геометрические параметры прямозубого цилиндрического колеса (формулы взять из табл. 2).
6. Сравнить измеренные диаметры вершин и впадин зубчатого колеса с рассчитанными по формуле. Если разница не превышает 5%, делается вывод о правильности расчетов. Если же разница более 5%, то необходимо принять из табл. 1 другой модуль и произвести расчет заново.
7. На рисунке (эскизе) колеса проставляются размеры, полученные по расчетам.
8. Аналогичные действия производятся затем с цилиндрическим косозубым колесом, для которого требуется дополнительно измерить угол наклона β зубьев. При расчёте геометрических параметров также используют формулы из табл. 2.
9. Выполняется эскиз конического колеса. Определение внешнего окружного модуля выполняют аналогично цилиндрическим зубчатым колёсам, используя формулу (2), но шаг измеряют по внешней окружности колеса. Расчёты геометрических параметров колеса производят по формулам таблицы 3. В данном случае сравнивают измеренный внешний диаметр вершин зубьев с рассчитанным. Выводы делают аналогично предыдущему.

2. Общие положения

Зубчатая передача состоит из двух зубчатых колес. Меньшее из них называется шестерней, большее – колесом. Конструктивно зубчатое колесо состоит из венца 1, на котором нарезаются зубья, ступицы 2, обеспечивающей устойчивое положение колеса на валу и диска 3, связывающего венец со ступицей (рис. 1). Поверхность венца, на которой нарезаются зубья, может быть цилиндрической, тогда передача называется цилиндрической, или конической, тогда передача коническая. В зависимости от размеров колеса, вместо диска могут быть спицы, если колеса большого диаметра или диск может отсутствовать, если колёса малого диаметра.

Если диаметр шестерни мал, то она может изготавливаться заодно с валом (вал-шестерня).

Основной кинематической характеристикой зубчатых передач является передаточное число, равное передаточному отношению у понижающих передач:

$$u = |i_{12}| = \omega_1/\omega_2 = n_1/n_2 = z_2/z_1, \quad (1)$$

где ω_1, n_1, z_1 – угловая скорость, частота вращения, число зубьев ведущей детали;
 ω_2, n_2, z_2 – угловая скорость, частота вращения, число зубьев ведомой детали.

Основным геометрическим параметром зубчатых колес является модуль:

$$m = p/\pi, \quad (2)$$

где p – делительный шаг зубьев; $\pi = 3,14$.

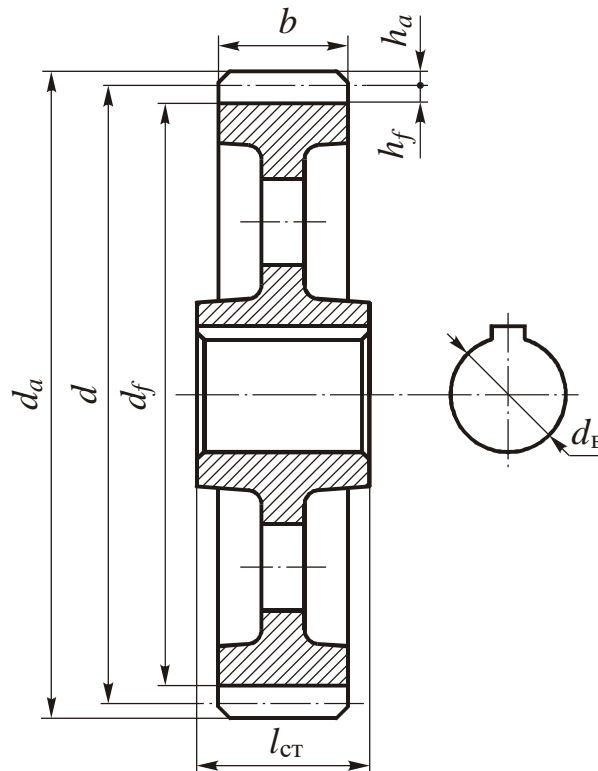


Рис. 1

Если шаг зубьев – расстояние между одноименными профилями соседних зубьев – измерен по дуге окружности зубчатого колеса, его называют окружным шагом и обозначают p_t . Если шаг измерен по нормали к зубьям, его называют нормальным шагом и обозначают p_n . Соответственно различают окружной m_t и нормальный m_n модули.

Для прямых зубьев $m_n = m_t$, для косых $m_n = m_t \cos \beta$, где β – угол наклона зубьев. Нормальный модуль эвольвентных зубчатых колес принято называть просто модулем и обозначать буквой m без индекса. Значения модулей зубьев стандартизованы, выбор производят по табл. 1.

Таблица 1

Модули эвольвентных зубчатых колес ГОСТ 9563-60

І-й ряд (предпочтительный)	1; 1,25; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 10; 12
ІІ-й ряд	1,125; 1,375; 1,75; 2,25; 2,75; 3,5; 4,5; 5,5; 5,7; 9; 11

3. Определение геометрических параметров прямозубого цилиндрического зубчатого колеса

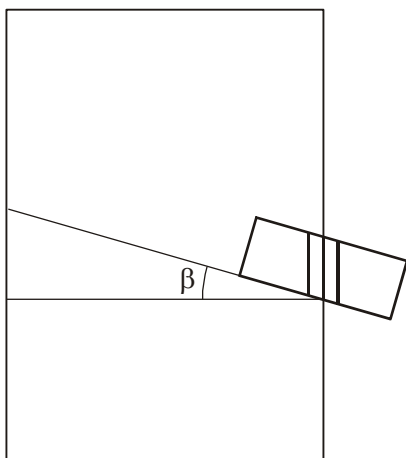
Передачи с цилиндрическими зубчатыми колесами применяются в тех случаях, когда оси вращения валов параллельны. Цилиндрические колёса могут быть с прямыми, косыми и шевронными зубьями.

Основные геометрические параметры цилиндрических зубчатых колёс, нарезанных без смещения инструмента, определяет ГОСТ 16532 – 70 (табл. 2).

Таблица 2

Параметры зацепления и деталей передач	Формулы	
	прямозубое колесо	косозубое колесо
Число зубьев шестерни	z	z
Угол наклона зубьев	—	β
Делительный диаметр	$d = mz$	$d = \frac{mz}{\cos \beta}$
Высота головки зуба	$h_a = 1 \cdot m$	$h_a = 1 \cdot m$
Высота ножки зуба	$h_f = 1,25 \cdot m$	$h_f = 1,25 \cdot m$
Диаметр окружности вершин	$d_a = d + 2h_a$	$d_a = d + 2h_a$
Диаметр окружности впадин	$d_f = d - 2h_f$	$d_f = d - 2h_f$

4. Определение геометрических параметров косозубого цилиндрического зубчатого колеса



(Аналогично, по формулам табл. 2 для косозубых колес)

Примерно угол β можно измерить, поставив колесо на край листа бумаги и ориентируя линию верхнего зуба вдоль края. К колесу придвигают линейку и проводят наклонную линию. Косинус находят как отношение катета и гипотенузы построенного прямоугольного треугольника.

5. Определение геометрических параметров прямозубого конического зубчатого колеса

Конические зубчатые колёса применяются в тех случаях, когда оси вращения валов пересекаются под углом, чаще всего в 90° .

В машиностроении получили распространение колёса с прямыми и круговыми зубьями.

Колёса с прямыми зубьями применяются при окружных скоростях до 3 м/с, а если зубья шлифуются, то до 8 м/с. Колёса с круговыми зубьями используются при окружных скоростях до 80 м/с.

Геометрические параметры конических колёс определяются по стандартам: ГОСТ 19624 – 74 для прямозубых колёс и ГОСТ 19326 – 73 для колёс с круговым зубом. Ширина b зубчатого венца конического колеса определяется расстоянием между поверхностями (e) и (i) внешнего и внутреннего дополнительных конусов, нормальных поверхности делительного конуса (рис. 2, а, б).

Геометрические параметры конических колёс определяются на внешнем дополнительном конусе. Параметры, относящиеся к этому конусу, имеют индекс «е».

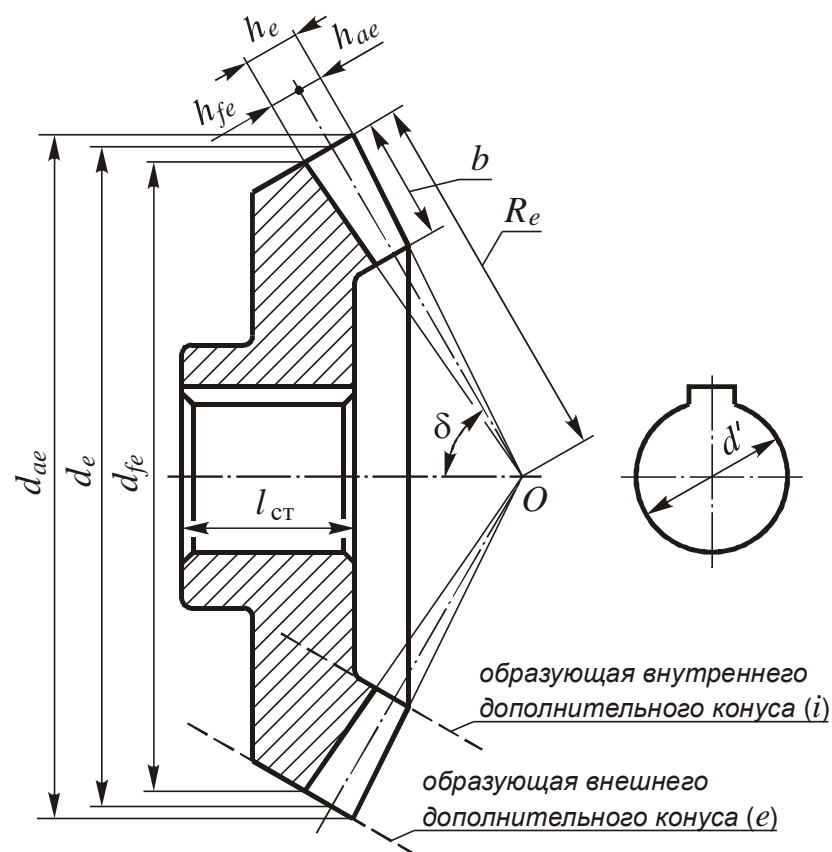


Рис. 2

Для конических прямозубых колес внешний окружной модуль принимают по стандарту на внешнем дополнительном конусе и обозначают m_e .

В случае ортогональной передачи, когда угол пересечения осей конической пары составляет 90° , передаточное число определяют по формуле

$$u = |i_{12}| = z_2/z_1 = d_{e2}/d_{e1} = \sin\delta_2/\sin\delta_1 = \operatorname{tg}\delta_2 = \operatorname{ctg}\delta_1.$$

Основные геометрические параметры конических прямозубых колёс, нарезанных без смещения инструмента, определяют по формулам, приведённым в табл. 3.

Таблица 3

Наименование	Формулы
Число зубьев	z
Внешний делительный диаметр	$d_e = m_e \cdot z$
Внешнее конусное расстояние	$R_e = \frac{m_e \cdot z}{2 \sin \delta}$
Внешняя высота головки зуба	$h_{ae} = 1 \cdot m_e$
Внешняя высота ножки зуба	$h_{fe} = 1,2 \cdot m_e$
Внешний диаметр окружности вершин	$d_{ae} = d_e + 2h_{ae} \cdot \cos \delta$
Внешний диаметр окружности впадин	$d_{fe} = d_e - 2h_{fe} \cdot \cos \delta$

6. Контрольные вопросы по лабораторной работе

- чем отличается шестерня от колеса?
- как связаны модуль и шаг зубьев?
- Какой из модулей больше – нормальный или окружной?
- перечислите конструктивные элементы, имеющиеся на зубчатом колесе.
- чему равно передаточное число зубчатой пары?
- какая из деталей передачи имеет меньшую частоту вращения – шестерня или колесо?
- какими достоинствами обладают косозубые передачи?
- в каких случаях используют конические передачи?
- какой из модулей зубьев прямозубого конического колеса назначают по стандарту – внешний, средний или внутренний?
- какие инструменты используют для замеров геометрических параметров зубчатых колес?
- как можно измерить диаметр окружности вершин колеса, габарит которого превышает шкалу штангенциркуля?
- существует ли способ прямого измерения делительного диаметра колеса?
- в каких пределах изменяется угол наклона зубьев для косозубых колес?
- каким образом зубчатые колеса фиксируют на валах?
- под каким углом передается вращение в ортогональной прямозубой конической передаче? – в ортогональной косозубой конической передаче?