

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Школа базовой инженерной подготовки
Отделение общетехнических дисциплин

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭВОЛЬВЕНТНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Составитель: Горбенко В.Т.

Рецензент: Беляев А.Е.

Технический редактор: Лазуркевич А.В.

Томск - 2021

Целью работы является определение основных геометрических параметров эвольвентного зубчатого колеса.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

На практике нередко может возникнуть необходимость по натурному зубчатому колесу определить его основные геометрические параметры, когда отсутствует техническая документация на данное изделие. Это необходимо при изготовлении нового зубчатого колеса взамен вышедшему из строя по причине поломки или износа, или для проведения каких-либо расчётов, например, на прочность.

К числу таких параметров зубчатого колеса относятся: число зубьев z , модуль зацепления m , угол профиля исходного контура α и коэффициент смещения χ , если колесо нарезано методом обкатки со смещением режущего инструмента (корректированное колесо). Все остальные размеры зубчатого колеса (диаметр делительной и основной окружности, шаг зацепления, толщина зуба и др.) определяются через указанные выше основные параметры. Диаметры окружности вершин и впадин зубьев, а также ширина колеса определяется путем простых замеров.

Для выполнения работы необходимы измерительные инструменты – штангенциркуль (цена деления 0,02 мм) или штангензубомер.

Число зубьев колеса z определяется подсчетом. Диаметры окружностей вершин d_a и впадин зубьев d_f определяются с помощью штангенциркуля (для большей точности замеры производят несколько раз в разных местах).

Модуль зацепления m может быть определен на основании известного свойства эвольвенты – «нормаль к любой точке эвольвенты является касательной к основной окружности». Поэтому, если охватить штангенциркулем некоторое определенное число зубьев n и замерить расстояние W_n (длина общей нормали к зубьям), а затем, обхватив на один зуб больше определить расстояние W_{n+1} , то разница между этими величинами будет равна шагу по основной окружности (основной окружной шаг), т.е.

$$W_{n+1} - W_n = P_b = \pi \cdot m \cdot \cos \alpha, \quad (1)$$

Так как расстояние по нормали BC равно длине дуги B_0C_0 на основной окружности (обкатка без скольжения), а это и есть шаг по основной окружности.

Если угол профиля исходного контура известен (профильный угол режущего инструмента), то модуль зацепления определяется из выражения (2):

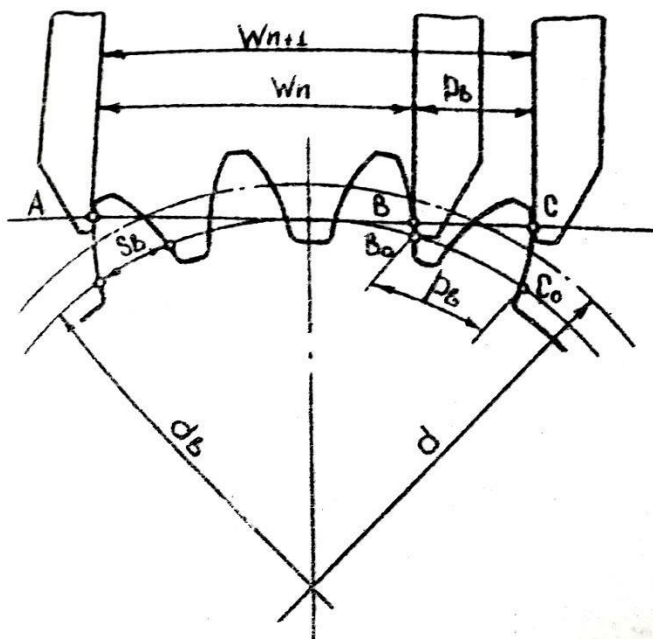


Рис. 1

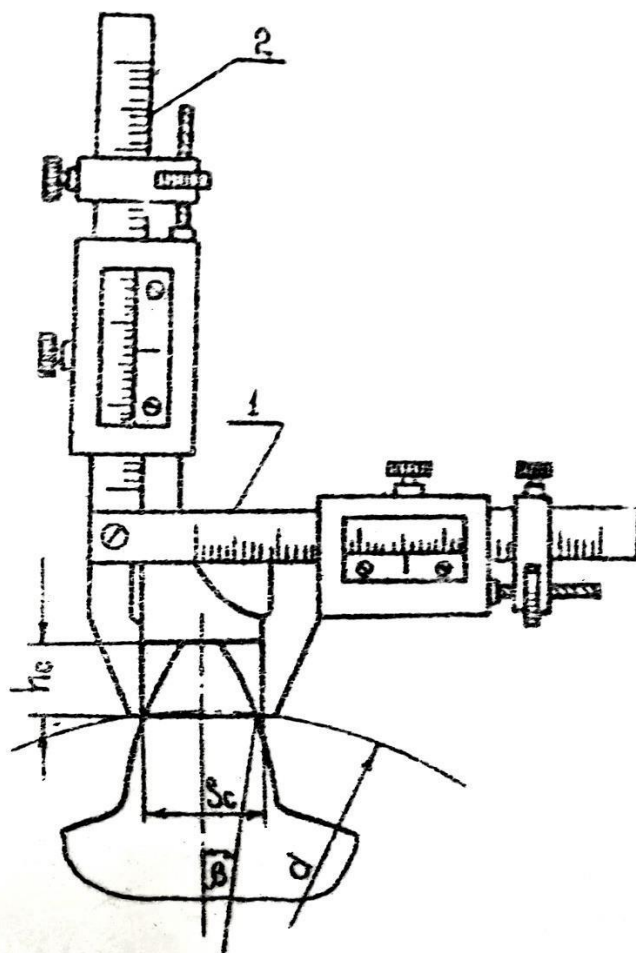


Рис. 2

$$m = \frac{P_b}{\pi \cdot \cos \alpha} = \frac{W_{n+1} - W_n}{\pi \cdot \cos \alpha}, \quad (2)$$

Где α – угол профиля режущего инструмента.

В России по ГОСТ 13755-81 угол $\alpha = 20^\circ$. $\alpha = 15^\circ$ встречается крайне редко так как выпуск таких колес прекратили в тридцатых годах XX века. В США существуют отдельные стандарты для мелкозубых зубчатых передач и для передач с крупными зубьями. К мелкозубым относятся передачи, у которых диаметральный питч больше, чем 20. Стандартами на мелкозубые передачи определены углы зацепления 14.5° , 20° и 25° . При угле зацепления 20° минимальное число зубьев шестерни – 18; при угле зацепления 25° минимальное число зубьев шестерни – 12. Угол зацепления 20° является общепринятым и рекомендуется в большинстве случаев. Угол зацепления 25° используется в шестернях, изготавливаемых методами порошковой металлургии, а также для литых и формованных шестерен. В случаях, когда требуется жесткий контроль углового положения зубчатых колес или минимальный боковой зазор, возможно применение угла зацепления 14.5° ; при этом угле зацепления зубчатые колеса требуют увеличенного числа зубьев, чтобы избежать подрезания зуба.

Полученное значение модуля должно быть округлено до ближайшего значения по ГОСТ 5563-81, которым установлены следующие значения модулей в (в мм): 0,5; 0,55; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1; 1,125; 1,25; 1,375; 1,5; 1,75; 2; 2,25; 2,5; 2,75; 3; 3,5; 3,75; 4; 4,5; 4,25; 5; 5,5; 6; 6,5; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 18; 20; 22; 24; 25; 26; 28; 30; 32; 33; 36; 39; 40 и далее через 5 мм.

Отклонения от стандартных величин модуля объясняется неточностью измерения, погрешностями при изготовлении или износом.

Для того, чтобы губки штангенциркуля при измерении касались эвольвентных участков профилей, значение n выбирается в зависимости от числа зубьев z согласно таблице 1.

Таблица 1 – Выбор числа зубьев n для замера общей нормали

z	9-18	19-27	28-36	37-45	46-54	55-63	64-72	73-81
n	2	3	4	5	6	7	8	9

В США, Англии и некоторых других странах, где применяется дюймовая система мер (один дюйм (1'')=25.4 мм, основным параметром зубчатого колеса является диаметральный питч (P_d), представляющий число зубьев, приходящееся на один дюйм диаметра делительной окружности, т.е.

$$P_d = \frac{z}{d''} \quad (3)$$

Модуль и питч связаны зависимостью:

$$P_d = \frac{25.4}{m}, \quad (4)$$

Или

$$m = \frac{25.4}{P_d}. \quad (5)$$

При неизвестном профильном угле исходного контура α модуль m (или питч) определяется по таблице основных окружных шагов (табл.2). Полученный путем измерения основной шаг по зависимости (2) уточняется по таблице 2. (Расхождения не должно превышать 0,05 мм). Значение табличного основного шага принимается как уточненное и по нему определяется модуль зацепления или питч.

Таблица 2 - Основные окружные шаги.

Модуль m , мм	Питч P_D , 1/ дюйм	Основные шаги P_b , мм
		$\alpha = 20^\circ$
1	-	2,952
1,25	-	3,690
-	20	3,749
-	18	4,166
1,5	-	4,428
-	16	4,487
1,75	-	5,166
-	14	5,356
2	-	5,904
-	12	6,249
2,25	-	6,642
-	11	6,817
2,5	-	7,380
-	10	7,498
2,75	-	8,118
-	9	8,332
3	-	8,856
-	8	9,373
3,5	-	10,332
-	7	10,712
4	-	11,808,
-	6	12,497
4,5	-	13,285
5	-	14,761
-	5	14,997
5,5	-	16,237
-	4,5	16,663
6	-	17,817
-	4	18,746
6,5	-	19,189
7	-	20,665
-	3,5	21,424
8	-	23,617
-	3	24,995
9	-	26,569
10	-	29,521
-	2,5	29,994
11	-	32,473
-	2,25	33,326
12	-	35,426
-	2	37,492

Если колесо нарезано со смещением режущего инструмента (по старой терминологии – корригированное), то необходимо определить коэффициент смещения χ , представляющий собой отношение абсолютного смещения X к модулю зацепления m , т.е.

$$\chi = \frac{X}{m} \quad (6)$$

Величину χ можно определить на основании известной из теории зацепления формулы, определяющей толщину зуба на дуге основной окружности:

$$S_b = \frac{P_b}{\pi} \left(\frac{\pi}{2} + 2\chi \cdot \tan \alpha + z \cdot \operatorname{inv} \alpha \right) \quad (7)$$

Откуда

$$\chi = \frac{\pi \frac{S_b}{P_b} - \frac{\pi}{2} - z \cdot \operatorname{inv} \alpha}{2 \tan \alpha} \quad (8)$$

Толщина зуба S_b по дуге основной окружности обмеряемого колеса определяется, согласно рис. 1, из выражения:

$$S_b = W_{n+1} - n \cdot P_b \quad (8)$$

Если эту величину подставить в формулу (7), то получим значение коэффициента смещения χ . Коэффициент смещения может быть положительным (положительное колесо), отрицательным (отрицательное колесо) или равным нулю (нулевое колесо) в некоррегированном колесе.

Кроме перечисленных величин с помощью специального инструмента – штангензубомера- измеряется толщина зуба по хорде делительной окружности S_c (рис. 2) и сравнивается с теоретической S_c^T определяемой по формуле:

$$S_c^T = d \cdot \sin \beta = z \cdot m \cdot \sin \beta \quad (9)$$

Где угол

$$\beta = \frac{\pi \cdot 4\chi \cdot \tan \alpha}{2z} \text{ рад.} \quad (10)$$

$$(\text{при } \chi = 0 \quad \beta = \frac{\pi}{2z} = \frac{90^\circ}{z})$$

Штангензубомер (рис. 2) имеет две шкалы 1 и 2 с нониусами. Шкала 1 служит для замера толщины зуба по хорде, шкала 2 – для замера радиального расстояния h_c этой хорды от окружности выступов зубьев колеса.

Величина h_c определяется по формуле:

$$h_c = \frac{d_{a=z \cdot m \cdot \cos \beta}}{2} \quad (11)$$

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Оборудование и измерительные инструменты – зубчатое колесо, штангенциркуль, штангензубомер.

Порядок работы.

1. Распечатайте чертеж колеса.
2. Подсчитать число зубьев колеса z
3. Определить диаметры окружности вершин d_a и впадин зубьев d_f .
4. Используя таблицу 1 определить число зубьев для замера длины общей нормали.
5. Определить величину шага P_b по основной окружности по формуле (3).
6. Используя таблицу 2 определить профильный угол α , модуль зацепления m . (При известном угле модуль зацепления определяется по формуле (2) с последующим округлением до ближайшего значения по ГОСТ).
7. По формуле (7) определить толщину зуба по основной окружности S_b
8. Определить коэффициент смещения χ (формула 6).
9. Определить высоту h_c по формуле (11), замерить штангензубомером хордальную толщину зуба по делительной окружности S_b и сравнить ее с теоретической величиной S_c^T , подсчитанной по формуле (9).
10. Подсчитать шаг зацепления по основной, делительной окружности, диаметры основной и делительной окружностей.
11. Обозначьте на чертеже параметры: шаг зуба, диаметр вершин зубьев, диаметр впадин, делительный диаметр, высоту головки и ножки зуба.
12. Составить отчет.

Значение эвольвентной функции: $\text{inv } 20^\circ = 0.014904$;

Основные размеры

Число зубьев $z =$ _____,

Диаметры окружностей вершин $d_a =$ _____ и впадин зубьев

$d_f =$ _____

Число зубьев для замера общей нормали $n =$ _____

Длина нормали $W_n =$ _____ и $W_{n+1} =$ _____

Три измерения:

$W_n =$ _____; $W_{n+1} =$ _____;

$W_n =$ _____; $W_{n+1} =$ _____;

$W_n =$ _____; $W_{n+1} =$ _____;

$W_{\text{среднее}} =$ _____; $W_{n+1 \text{ среднее}} =$ _____;

Шаг зацепления по основной окружности:

$$P_b = W_{n+1} - W_n = \pi \cdot m \cdot \cos \alpha = \text{_____}$$

Модуль зацепления расчетный:

$$m = \frac{P_b}{\pi \cdot \cos \alpha} = \frac{W_{n+1} - W_n}{\pi \cdot \cos \alpha} = \underline{\hspace{2cm}},$$

Модуль по ГОСТ 9563-60 $m = \underline{\hspace{2cm}};$

Шаг зацепления по делительной окружности:

$$P = \pi \cdot m$$

Шаг зацепления по основной окружности:

$$P_b = P \cdot \cos \alpha = \underline{\hspace{2cm}}$$

Диаметр делительной окружности

$$d = z \cdot m = \underline{\hspace{2cm}}$$

Диаметр основной окружности

$$d_b = d \cdot \cos \alpha = \underline{\hspace{2cm}}$$

Действительная толщина зуба по основной окружности:

$$S_b = W_{n+1} - n \cdot P_b = \underline{\hspace{2cm}}$$

Коэффициент смещения:

$$\chi = \frac{\pi \frac{S_b}{P_b} - \frac{\pi}{2} - z \cdot \operatorname{inv} \alpha}{2 \tan \alpha} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Абсолютный сдвиг

$$X = \chi \cdot m = \underline{\hspace{2cm}}$$

Толщина зуба по хорде делительной окружности $S_c = \underline{\hspace{2cm}}$ (рис. 2) и сравнение с теоретической S_c^T определяемой по формуле:

$$S_c^T = d \cdot \sin \beta = z \cdot m \cdot \sin \beta = \underline{\hspace{2cm}}$$

Где угол

$$\beta = \frac{\pi \cdot 4\chi \cdot \tan \alpha}{2z} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ рад.}$$

(при $\chi = 0 \quad \beta = \frac{\pi}{2z} = \frac{90^\circ}{z}$)

Радиальное расстояние h_c этой хорды от окружности выступов зубьев колеса:

$$h_c = \frac{d_a - z \cdot m \cdot \cos \beta}{2} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Толщина зуба по хорде делительной окружности на высоте от окружности выступов, измеренная штангензубомером $S_c = \underline{\hspace{2cm}}$

Разность $S_c^T - S_c =$ _____

Выводы: