

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

НИЖНЕВАРТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ЭКОЛОГИИ И ИНЖИНИРИНГА
Кафедра нефтегазового дела

ОТЧЕТ
по лабораторной работе
по дисциплине «Прикладная механика»

направление подготовки 21.03.01 – Нефтегазовое дело
«Эксплуатация и обслуживание технологических объектов
нефтегазового производства»

Тема: «Обмер зубчатых колес»

Выполнил:
студент кафедры нефтегазового дела
группы: 9062
очно-заочного обучения
Ричапов Артур Ринатович

Принял:
канд. эконом. наук, доцент
Некрасов А.В.

Нижневартовск 2023

Цель работы - ознакомление с элементарными методами определения основных параметров цилиндрических зубчатых колес.

Оборудование.

На столе лежат два прямозубых зубчатых колеса с эвольвентным профилем зубьев. Одно нарезано без смещения исходного контура режущего инструмента, другое - со смещением исходного контура режущего инструмента.

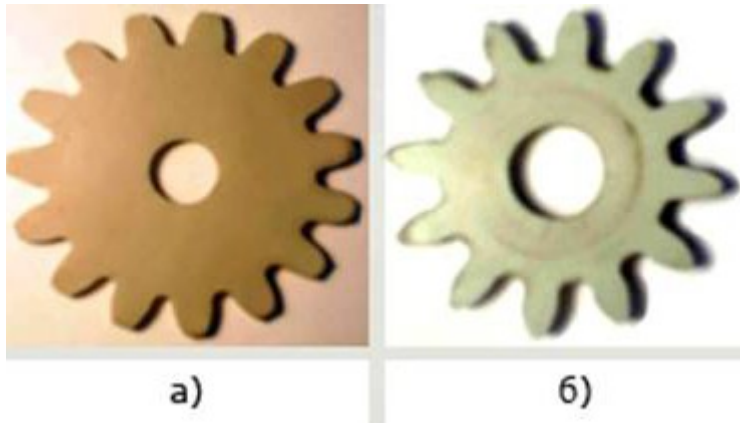


Рис. 1.1. Зубчатое колесо

а - зубчатое колесо без смещения исходного контура режущего инструмента;
 б - со смещением

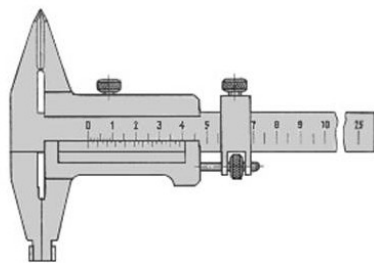


Рис. 1.2. Штангенциркуль

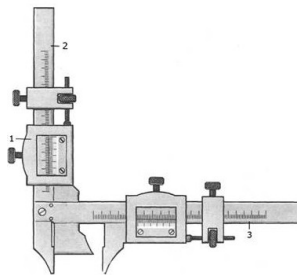


Рис. 1.3. Штангензубомер

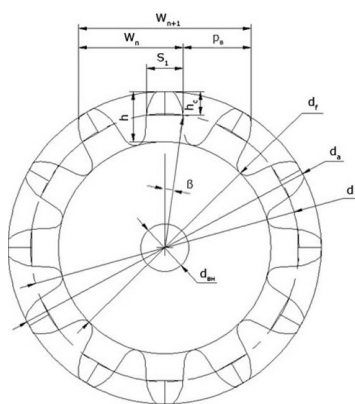


Рис. 1.4. Основные размеры зубчатых колес



Рис. 1.5 Эскиз зубчатого колеса

1. Порядок выполнения и расчётные формулы.

1. Взять в руки штангенциркуль и последовательно измерить на зубчатых колесах отрезки W_n и W_{n+1} .

Примечание: для того чтобы губки штангенциркуля касались в обоих случаях эвольвентных участков профилей, необходимо брать значения W_n в зависимости от числа зубьев Z_n , в соответствии с таблицей 2.1

Таблица 2.1

Значения n

	12-18	19-27	28-36	37-45	46-54	55-63	64-72	73-81
	2	3	4	5	6	7	8	9

2. Определить основной окружной модуль

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

3. Рассчитать модуль зацепления m (мм)

$$m = \frac{P_n}{\pi \cdot \cos \alpha}$$

По ГОСТ 13755-68 угол профиля исходного контура режущего инструмента $\alpha = 20^\circ$.
Поэтому

$$m = \frac{P_n}{3,14 \cdot 0,9397} \approx 0,339 \cdot P_n$$

Примечание: полученное значение расчетного модуля необходимо сверить с ГОСТ 9563-60 и принять для дальнейших расчетов ближайшее по стандарту (таблица 2.2).

Таблица 2.2

Модули m по ГОСТ 9563-60

Таблица 1

Ряды предпочтительных чисел	Модуль зацепления m , мм												
	1-й ряд	1	1,25	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12
2-й ряд	1,125	1,375	1,75	2,25	2,75	3,5	4,5	5,5	7	9	11	14	18

4. Уточнить величину шага по основной окружности по принятому расчетному модулю

$$p_n = \pi \cdot m \cdot \cos \alpha \approx 2,95 \cdot m$$

5. Взять в руки штангенциркуль и измерить на зубчатом колесе диаметр вершин d_a .

6. Взять в руки штангенциркуль и измерить на зубчатом колесе диаметр вершин d_f .

Примечание: если число зубьев z нечетное, то диаметры d_a и d_f находятся в соответствии с рис. 2.5 по формулам

$$d_a = d_{\text{отн}} + 2 \cdot H^*$$

$$d_f = d_{\text{отн}} + 2 \cdot H^*$$

7. Определить для сравнения расчетный модуль m

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

8. Произвести расчет.

Окружной шаг под делительной окружности

$$p = \frac{\pi \cdot d}{z} = \pi \cdot m$$

Делительный диаметр

$$d = m \cdot z$$

Основной диаметр

$$d_n = d \cdot \cos \alpha \approx 0,9397 \cdot d$$

Высота зуба

$$h = \frac{d_a - d_f}{2}$$

Высота делительной головки зуба

$$h_a = \frac{d_a - d}{2}$$

Высота делительной ножки зуба

$$h_f = \frac{d - d_f}{2}$$

9. Рассчитать толщину зуба по хорде делительной окружности

$$S_1 = d \cdot \sin\beta = m \cdot z \cdot \sin\beta,$$

где $\beta = \frac{90^\circ}{z}$.

10. Рассчитать радиальное расстояние

$$h_c = \frac{d_a - d \cdot \cos\beta}{2}$$

11. Проверить S_1 путем измерения штангензубомером непосредственно на колесе.

Берем в руки штангензубомер и измеряем S_1 (рис. 2.2).

Величину S_1 можно измерить штангензубомером (рис. 2.4), имеющим шкалы 2 и 3 с нониусами. Шкала 3 служит для замера толщины зуба по хорде, а шкала 2 – для замера радиального расстояния h_c от этой хорды до окружности вершин колеса.

Рассчитываем величину h_c по формуле

$$h_c = \frac{d_a - d \cdot \cos\beta}{2}$$

Затем фиксируем на этом расстоянии установочную пластину 1, которая перемещается по шкале 2, и устанавливаем штангензубомер на зубе так, чтобы пластина 1 упиралась в вершину зуба, и сдвигаем губки штангензубомер до касания с зубом. По шкале 3 определяем хордальную толщину зуба.

Расчетное значение S_1 может не совпасть с измеренной величиной, что определит отклонение толщины зуба от теоретического размера, влияющее на точность передаточного отношения и боковой зазор в зацеплении.

12. Обмеренное колесо может быть нарезано со смещением исходного контура режущего инструмента. В этом случае следует определить коэффициент смещения исходного контура h_c . Для определения h_c можно использовать формулу, определяющую основную окружную толщину зуба

$$S_B = \frac{P_n}{\pi} \left(2X \operatorname{tg}\alpha + \frac{\pi}{2} + z \operatorname{inv}\alpha \right),$$

где $\operatorname{tg}\alpha = 0,364$,

$$\operatorname{inv}\alpha = \operatorname{tg}\alpha - \alpha = 0,0149,$$

$$S_B = W_{z-1} - n p_n,$$

S_1 при этом толщина зуба по хорде делительной окружности X и X радиальное расстояние h_c определяются по формулам

$$S_1 = d \sin \beta_1 = mz \sin \beta_1$$

$$h_c = \frac{d_a - d \cos \beta_1}{2}$$

где
$$\beta_1 = \frac{180 \cdot (1 + 0,463X)}{2Z}$$

13. Проверить S_1 путем измерения штангензубомером непосредственно на колесе.

14. Если нарезать парные колеса со смещением X_1m и X_2m , а затем собрать передачу с учетом смещений, то в зацеплении возникает боковой зазор.

Для получения беззазорного зацепления нужно сдвинуть центры колес в обратном направлении на величину уравнивающего смещения $\Delta y m$, где Δy — коэффициент уравнивающего смещения (при $X = -X$), $\Delta y = 0$, который можно определить из формулы

$$\Delta y = 2,25 - \frac{h}{m}$$

15. Для сравнения определить некоторые параметры зубчатых колес нарезанных:

а) без смещения исходного контура режущего инструмента ($X=0$):

диаметр вершин зубьев

$$d_a = m(z + 2)$$

диаметр впадин

$$d_f = m(z - 2,5)$$

высота зуба

$$h = 2,25m$$

высота делительной головки зуба

$$h_a = m$$

высота делительной ножки зуба

$$h_f = 1,25m$$

б) со смещением исходного контура режущего инструмента:

диаметр вершин зубьев

$$d_a = d + 2m(1 + X - \Delta y) =$$

$$= m(z + 2 + 2X - 2\Delta y)$$

диаметр впадин

$$d_f = d - 2m(1,25 - X) =$$

$$= m(z - 2,5 + 2X)$$

высота зуба

$$h = m(2,25 - \Delta y)$$

высота делительной головки зуба

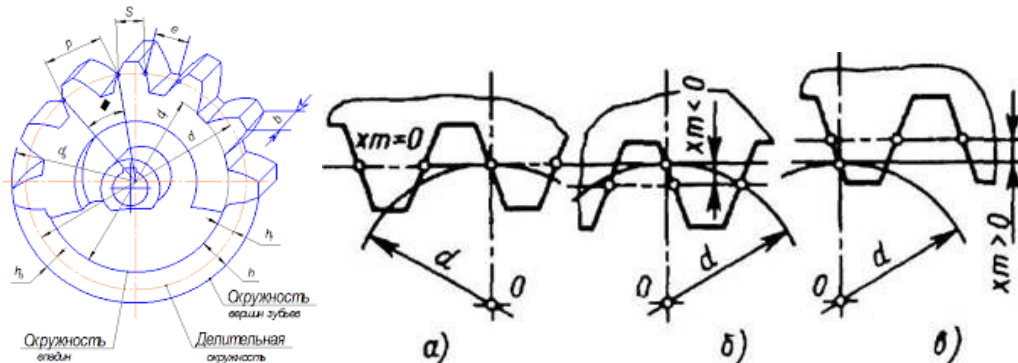
$$h_a = m(1 + X - \Delta y)$$

высота делительной ножки зуба

$$h_f = m(1,25 - X)$$

16. Результаты расчетов сравнить с предыдущими расчетами, выполненными на основе замеров.

4. Протокол расчётов



Эскизы зубчатых колес:

- а) без смещения исходного контура; $(X = 0)$;
- б) со смещением исходного контура. $(X \neq 0)$.

3. Таблица расчетов.

Таблица 5.2

Параметры	Зубчатое колесо $X = 0$	Зубчатое колесо $X \neq 0$
$\rho_n = W_{n+1} - W_n$	2,58	
$M \approx 0,339\rho_n$		
m по ГОСТу	8	8
$\rho_n \approx 2,95m$	23,6	23,6
$p = \pi m$	$p = 3,14 \cdot 8 = 25,12$	25,12
$d = mZ$	$d = 8 \cdot 15 = 120$	96
$d_n = 0,9397d$	$d_n = 0,9397 \cdot 120 = 112,8$	90,2
$h = 0,5(d_n - d_f)$	$h = 0,5(136 - 100) = 18$	18
$h_n = 0,5(d_n - d)$	$h_n = 0,5(112,8 - 120) = 8$	8
$h_f = 0,5(d - d_f)$	$h_f = 0,5(120 - 100) = 10$	10
$S_1 = mZ \sin\beta$	$S_1 = 8 \cdot 15 \cdot \sin\beta = 12,6$	10,08
$h_c = 0,5(d_n - d \cos\beta)$	8,6	
X	0	
$S_n = W_{n+1} - \pi\rho_n$		
$S_1 = mZ \sin\beta_1$	12,6	10,08
$h_c = 0,5(d_n - d \cos\beta_1)$	8,6	8,1
$\Delta y = 2,25 - h/m$	$\Delta y = 2,25 - \frac{18}{8} = 0$	$\Delta y = 2,25 - \frac{18}{8} = 1$

4. Сравнительный расчет.

Таблица 5.3

$d_n = m(Z + 2)$	$d_n = 8 \cdot (15 + 2) = 136$	$d_n = 8 \cdot (12 + 2) = 112$
$d_f = m(Z - 2,5)$	$d_f = 8 \cdot (15 - 2,5) = 100$	$d_f = 8 \cdot (12 - 2,5) = 76$
$h = 2,25m$	$h = 2,25 \cdot 8 = 18$	$h = 18$
$h_n = m$	$h_n = 8$	$h_n = 8$
$h_f = 1,25m$	$h_f = 1,25 \cdot 8 = 10$	$h_f = 10$
$d_n = m(Z + 2 + 2X - 2\Delta y)$	136	112
$d_f = m(Z - 2,5 + 2X)$	100	76
$H = m(2,25 - \Delta y)$	$H = 8 \cdot (2,25 - 0) = 18$	$H = 8 \cdot (2,25 - 1,5) = 8$
$h_n = m(1 + X - \Delta y)$	8	8
$h_f = m(1,25 - X)$	10	10,5

Работу выполнил _____

Работу принял _____