

Практичне заняття

Тема: проектний розрахунок черв'ячної передачі

Задача № 1

Провести проектний розрахунок черв'ячної передачі. В якості вихідних даних використати:

- крутний момент на черв'ячному колесі: $T_2 = 757,2$ Нм;
- передаточне число: $u = 10$;
- допустиме контактне напруження: $\sigma_{HP} = 160,71$ МПа.

Розв'язання

1) Задаємося числом витків черв'яка z_1 . Дана величина приймається 1, 2 або 4. При цьому повинна виконуватися умова

$$z_{2min} = 28 \leq z_1 u \leq z_{2max} = 80 \text{ (рідше } z_{2max} = 100 \dots 150)$$

Приймаємо $z_1 = 4$.

2) Кількість зубців на черв'ячному колесі

$$z_2 = z_1 u = 4 \cdot 10 = 40.$$

3) Розраховуємо коефіцієнт діаметру черв'яка

$$q = (0,22 \dots 0,4) z_2 = 0,22 \cdot 40 \dots 0,4 \cdot 40 = 8,80 \dots 16,0.$$

Округлюємо його величину до нормативного значення $q = 10$, яке вибирається з наведених у таблиці.

m , мм	q	m , мм	q
2	8; 10; 12; 12,5; 16; 20	6	9; 10
2,5	8; 10; 12; 12,5; 16; 20	6,3	8; 10; 12,5; 14; 16; 20
3	10; 12	7	12
3,15	8; 10; 12,5; 16; 20	8	8; 10; 12,5; 16; 20
3,5	10; 12*; 14*	10	8; 10; 12,5; 16; 20
4	8; 9; 10; 12*; 12,5; 16; 20	12,5	8; 10; 12,5; 16; 20
5	8; 10; 12,5; 16; 20	16	8; 10; 12,5; 16
* Тільки для числа витків $z=1$.			

4) Вибираємо значення коефіцієнту $K_\alpha = 310$.

$$K_a = 310 \text{ МПа}^{1/3} - \text{для матеріалів сталь-бронза};$$

$$K_a = 315 \text{ МПа}^{1/3} - \text{для матеріалів сталь-чавун}.$$

5) Задаємося коефіцієнтом деформації черв'яка: $\theta = 70$.

Число витків черв'яка	Коефіцієнт деформації θ при коефіцієнті діаметра q						
	8	9	10	12	12,5	14	16
1	72	89	108	138	157	179	194
2	57	71	86	112	125	149	163
4	47	58	70	93	101	120	131

6) Визначимо коефіцієнти нерівномірності розподілу навантаження по ширині вінця черв'ячного колеса

$$K_{H\beta} = K_{F\beta} = 1 + \left(\frac{z_2}{\Theta} \right)^3 = 1 + \left(\frac{40}{70} \right)^3 = 1,187.$$

7) Міжосьова відстань черв'ячної передачі

$$a_w = K_a \left(\frac{z_2}{q} + 1 \right)^3 \sqrt[3]{\frac{T_2 K_{H\beta} q^2}{z_2^2 \sigma_{HP}^2}} = 310 \left(\frac{40}{10} + 1 \right)^3 \sqrt[3]{\frac{757,2 \cdot 1,187 \cdot 10^2}{40^2 \cdot 160,71^2}} = 200,801 \text{ мм}.$$

8) Розрахунковий модуль передачі можемо визначити за формулою

$$m' = \frac{2a_w}{q + z_2} = \frac{2 \cdot 200,801}{10 + 40} = 8,03.$$

Дану величину необхідно узгодити із нормованою: $m = 10$.

1 ряд	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10	12	16
2 ряд	1,75	2,25	2,75	3,5	4,5	5,5	7,0	9,0	11	14	18
Примітка: Перевагу надавати першому ряду.											

9) Дійсне значення міжосьової відстані рівне

$$a_w = \frac{m(q + z_2)}{2} = \frac{10(10 + 40)}{2} = 250 \text{ мм}.$$

10) Ділильні діаметри черв'яка та черв'ячного колеса, мм:

$$d_1 = mq = 10 \cdot 10 = 100 \text{ мм};$$

$$d_2 = mz_2 = 10 \cdot 40 = 400 \text{ мм}.$$

11) Діаметри вершин витків черв'яка і черв'ячного колеса, мм:

$$d_{a1} = d_1 + 2m = 100 + 2 \cdot 10 = 120 \text{ мм};$$

$$d_{a2} = d_2 + 2m = 400 + 2 \cdot 10 = 420 \text{ мм.}$$

12) Діаметри западин витків черв'яка і черв'ячного колеса, мм:

$$d_{f1} = d_1 - 2,4m = 100 - 2,4 \cdot 10 = 76 \text{ мм;}$$

$$d_{f2} = d_2 - 2,4m = 400 - 2,4 \cdot 10 = 376 \text{ мм.}$$

13) Розрахуємо довжину нарізваної частини черв'яка, мм:

$$b_1 \geq (12,5 + 0,09z_2)m = (12,5 + 0,09 \cdot 40) \cdot 10 \geq 161 \text{ мм.}$$

14) Довжина вінця черв'ячного колеса, мм:

$$b_2 \leq 0,67d_{a1} = 0,67 \cdot 120 = 80,4 \text{ мм.}$$

15) Визначимо кут підйому витка черв'яка

$$\gamma = \arctg\left(\frac{z_1}{q}\right) = \arctg\left(\frac{4}{10}\right) = 21,8^\circ.$$

Задача № 2

Провести проектний розрахунок черв'ячної передачі. В якості вихідних даних використати:

- крутний момент на черв'ячному колесі: $T_2 = 240,881$ Нм;
- передаточне число: $u = 14$;
- допустиме контактне напруження: $\sigma_{HP} = 114,478$ МПа.

Розв'язання

1) Задаємося числом витків черв'яка z_1 . Дана величина приймається 1, 2 або 4. При цьому повинна виконуватися умова

$$z_{2min} = 28 \leq z_1 u \leq z_{2max} = 80 \text{ (рідше } z_{2max} = 100 \dots 150)$$

Приймаємо $z_1 = 4$.

2) Кількість зубців на черв'ячному колесі

$$z_2 = z_1 u = 4 \cdot 14 = 56.$$

3) Розраховуємо коефіцієнт діаметру черв'яка

$$q = (0,22 \dots 0,4) z_2 = 0,22 \cdot 56 \dots 0,4 \cdot 56 = 12,32 \dots 22,4;$$

Округлюємо його величину до нормативного значення $q = 16$, яке вибирається з наведених у таблиці.

m , мм	q	m , мм	q
2	8; 10; 12; 12,5; 16; 20	6	9; 10
2,5	8; 10; 12; 12,5; 16; 20	6,3	8; 10; 12,5; 14; 16; 20
3	10; 12	7	12
3,15	8; 10; 12,5; 16; 20	8	8; 10; 12,5; 16; 20
3,5	10; 12*; 14*	10	8; 10; 12,5; 16; 20
4	8; 9; 10; 12*; 12,5; 16; 20	12,5	8; 10; 12,5; 16; 20
5	8; 10; 12,5; 16; 20	16	8; 10; 12,5; 16
* Тільки для числа витків $z=1$.			

4) Вибираємо значення коефіцієнту $K_a = 310$.

$$K_a = 310 \text{ МПа}^{1/3} \text{ - для матеріалів сталь-бронза;}$$
$$K_a = 315 \text{ МПа}^{1/3} \text{ - для матеріалів сталь-чавун.}$$

5) Задаємося коефіцієнтом деформації черв'яка: $\theta = 131$.

Число витків черв'яка	Коефіцієнт деформації θ при коефіцієнті діаметра q						
	8	9	10	12	12,5	14	16
1	72	89	108	138	157	179	194
2	57	71	86	112	125	149	163
4	47	58	70	93	101	120	131

6) Визначимо коефіцієнти нерівномірності розподілу навантаження по ширині вінця черв'ячного колеса

$$K_{H\beta} = K_{F\beta} = 1 + \left(\frac{z_2}{\theta} \right)^3 = 1 + \left(\frac{56}{131} \right)^3 = 1,078.$$

7) Міжосьова відстань черв'ячної передачі

$$a_w = K_a \left(\frac{z_2}{q} + 1 \right)^3 \sqrt[3]{\frac{T_2 K_{H\beta} q^2}{z_2^2 \sigma_{HP}^2}} = 310 \left(\frac{56}{16} + 1 \right)^3 \sqrt[3]{\frac{240,881 \cdot 1,078 \cdot 16^2}{56^2 \cdot 114,478^2}} = 163,758 \text{ мм.}$$

8) Розрахунковий модуль передачі можемо визначити за формулою

$$m' = \frac{2a_w}{q + z_2} = \frac{2 \cdot 163,758}{16 + 56} = 4,549 \text{ мм.}$$

Дану величину необхідно узгодити із нормованою: $m = 5$.

1 ряд	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10	12	16
2 ряд	1,75	2,25	2,75	3,5	4,5	5,5	7,0	9,0	11	14	18

Примітка: Перевагу надавати першому ряду.

9) Дійсне значення міжосьової відстані рівне

$$a_w = \frac{m(q + z_2)}{2} = \frac{5(16 + 56)}{2} = 180 \text{ мм.}$$

10) Ділильні діаметри черв'яка та черв'ячного колеса, мм:

$$d_1 = mq = 5 \cdot 16 = 80;$$

$$d_2 = mz_2 = 5 \cdot 56 = 280.$$

11) Діаметри вершин витків черв'яка і черв'ячного колеса, мм:

$$d_{a1} = d_1 + 2m = 80 + 2 \cdot 5 = 90;$$

$$d_{a2} = d_2 + 2m = 280 + 2 \cdot 5 = 290.$$

12) Діаметри западин витків черв'яка і черв'ячного колеса, мм:

$$d_{f1} = d_1 - 2,4m = 80 - 2,4 \cdot 5 = 68;$$

$$d_{f2} = d_2 - 2,4m = 280 - 2,4 \cdot 5 = 268.$$

13) Розрахуємо довжину нарізаної частини черв'яка, мм:

$$b_l \geq (12,5 + 0,09z_2)m = (12,5 + 0,09 \cdot 56) \cdot 5 = 87,7.$$

14) Довжина вінця черв'ячного колеса, мм:

$$b_2 \leq 0,67d_{a1} = 0,67 \cdot 90 = 60,3.$$

15) Визначимо кут підйому витка черв'яка

$$\gamma = \arctg\left(\frac{z_1}{q}\right) = \arctg\left(\frac{4}{16}\right) = 14,036^\circ.$$

Задача № 3

Провести проектний розрахунок черв'ячної передачі. В якості вихідних даних використати:

- крутний момент на черв'ячному колесі: $T_2 = 545$ Нм;
- передаточне число: $u = 12$;
- допустиме контактне напруження: $\sigma_{HP} = 162$ МПа.

Розв'язання

1) Задаємося числом витків черв'яка z_1 . Дана величина приймається 1, 2 або 4. При цьому повинна виконуватися умова

$$z_{2min} = 28 \leq z_1 u \leq z_{2max} = 80 \text{ (рідше } z_{2max} = 100 \dots 150)$$

Приймаємо $z_1 = 4$.

2) Кількість зубців на черв'ячному колесі

$$z_2 = z_1 u = 4 \cdot 12 = 48.$$

3) Розраховуємо коефіцієнт діаметру черв'яка

$$q = (0,22 \dots 0,4) z_2 = 0,22 \cdot 48 \dots 0,4 \cdot 48 = 10,56 \dots 19,2.$$

Округлюємо його величину до нормативного значення $q = 12$, яке вибирається з наведених у таблиці.

m , мм	q	m , мм	q
2	8; 10; 12; 12,5; 16; 20	6	9; 10
2,5	8; 10; 12; 12,5; 16; 20	6,3	8; 10; 12,5; 14; 16; 20
3	10; 12	7	12
3,15	8; 10; 12,5; 16; 20	8	8; 10; 12,5; 16; 20
3,5	10; 12*; 14*	10	8; 10; 12,5; 16; 20
4	8; 9; 10; 12*; 12,5; 16; 20	12,5	8; 10; 12,5 16; 20
5	8; 10; 12,5; 16; 20	16	8; 10; 12,5; 16
* Тільки для числа витків $z=1$.			

4) Вибираємо значення коефіцієнту $K_a = 310$.

$$K_a = 310 \text{ МПа}^{1/3} \text{ - для матеріалів сталь-бронза;}$$
$$K_a = 315 \text{ МПа}^{1/3} \text{ - для матеріалів сталь-чавун.}$$

5) Задаємося коефіцієнтом деформації черв'яка: $\theta = 93$.

Число витків черв'яка	Коефіцієнт деформації θ при коефіцієнті діаметра q						
	8	9	10	12	12,5	14	16
1	72	89	108	138	157	179	194
2	57	71	86	112	125	149	163
4	47	58	70	93	101	120	131

6) Визначимо коефіцієнти нерівномірності розподілу навантаження по ширині вінця черв'ячного колеса

$$K_{H\beta} = K_{F\beta} = 1 + \left(\frac{z_2}{\Theta} \right)^3 = 1 + \left(\frac{48}{93} \right)^3 = 1,138.$$

7) Міжосьова відстань черв'ячної передачі

$$a_w = K_a \left(\frac{z_2}{q} + 1 \right)^3 \sqrt[3]{\frac{T_2 K_{H\beta} q^2}{z_2^2 \sigma_{HP}^2}} = 310 \left(\frac{48}{12} + 1 \right)^3 \sqrt[3]{\frac{545 \cdot 1,138 \cdot 12^2}{48^2 \cdot 162^2}} = 176,52 \text{ мм.}$$

8) Розрахунковий модуль передачі можемо визначити за формулою

$$m' = \frac{2a_w}{q + z_2} = \frac{2 \cdot 176,52}{12 + 48} = 5,88.$$

Дану величину необхідно узгодити із нормованою: $m = 6$.

1 ряд	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10	12	16
2 ряд	1,75	2,25	2,75	3,5	4,5	5,5	7,0	9,0	11	14	18
Примітка: Перевагу надавати першому ряду.											

9) Дійсне значення міжосьової відстані рівне

$$a_w = \frac{m(q + z_2)}{2} = \frac{6(12 + 48)}{2} = 180 \text{ мм.}$$

10) Ділильні діаметри кіл черв'яка та черв'ячного колеса, мм:

$$d_1 = mq = 6 \cdot 12 = 72;$$

$$d_2 = mz_2 = 6 \cdot 48 = 288.$$

11) Діаметри вершин витків черв'яка і черв'ячного колеса, мм:

$$d_{a1} = d_1 + 2m = 72 + 2 \cdot 6 = 84;$$

$$d_{a2} = d_2 + 2m = 288 + 2 \cdot 6 = 300.$$

12) Діаметри западин витків черв'яка і черв'ячного колеса, мм:

$$d_{f1} = d_1 - 2,4m = 72 - 2,4 \cdot 6 = 57,6;$$

$$d_{f2} = d_2 - 2,4m = 288 - 2,4 \cdot 6 = 273,6.$$

13) Розрахуємо довжину нарізаної частини черв'яка, мм:

$$b_l \geq (12,5 + 0,09z_2)m = (12,5 + 0,09 \cdot 48) \cdot 6 = 100,92.$$

14) Довжина вінця черв'ячного колеса, мм:

$$b_2 \leq 0,67d_{a1} = 0,67 \cdot 84 = 56,28.$$

15) Визначимо кут підйому витка черв'яка

$$\gamma = \arctg\left(\frac{z_1}{q}\right) = \arctg\left(\frac{4}{12}\right) = 18,43^\circ.$$