

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



РАСЧЕТНАЯ СХЕМА ВАЛОВ РЕДУТОРА

ЗАДАЧА 6

Вариант 1

Исполнитель:

студент группы

Ананьев Дани Владимирович

27.03.2023

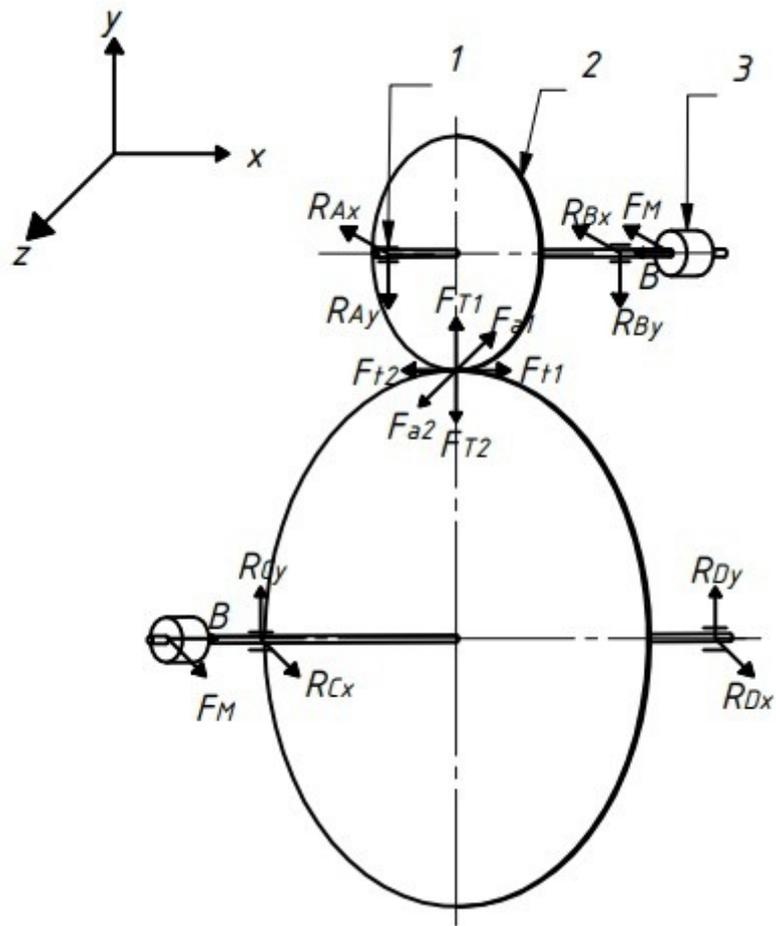
Руководитель:

преподаватель

Куприянов Николай Амвросьевич

Томск - 2023

Расчетная схема валов редуктора



Проведем предварительный расчет сил, действующих на валы.

1) Быстроходный вал:

$$F_{t1} = F_{t2} = 1930 \text{ H};$$

$$F_{r1} = F_{r2} = 712,719 \text{ H};$$

$$F_{a1} = F_{a2} = 329,798 \text{ H};$$

2) Тихоходный вал:

$$F_{t2} = 2000 \cdot \frac{T_2}{d_2} = 2000 \cdot \frac{226,17}{234,348} = 1930 \text{ H};$$

$$F_{r2} = F_{t2} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta} = 2484 \cdot \frac{\operatorname{tg} 20^\circ}{\cos 9,696^\circ} = 712,719 \text{ H};$$

$$F_{a2} = F_{t2} \cdot \operatorname{tg} \beta = 2484 \cdot \operatorname{tg} 9,696^\circ = 329,798 \text{ H};$$

Рассмотрим тихоходный вал редуктора (колесо);

$$F_M = 125 \cdot \sqrt{T_2} = 125 \cdot \sqrt{226,17} = 1880 \text{ H};$$

$$F_y = F_M \cdot \sin 30^\circ = 1880 \cdot \sin 30^\circ = 939,934 \text{ H};$$

$$F_x = F_M \cdot \cos 30^\circ = 1880 \cdot \cos 30^\circ = 1628 \text{ H};$$

1. Вертикальная плоскость.

А) Определяем опорные реакция, Н.

Относительно точки 4:

$$\sum M_4 = 0;$$

$$F_y \cdot (l_{on} + l_T) - R_{cy} \cdot l_T - F_{r2} \cdot \frac{l_T}{2} + F_{a2} \cdot \frac{d_2}{2} = 0;$$

$$R_{cy} = \frac{F_y \cdot (l_{on} + l_T) - F_{r2} \cdot \frac{l_T}{2} + F_{a2} \cdot \frac{d_2}{2}}{l_T} = \frac{939,934 \cdot (119 + 109) - 712,719 \cdot \frac{109}{2} + 329,798 \cdot \frac{234,348}{2}}{90} = 1964 \text{ H};$$

Относительно точки 2:

$$\sum M_2 = 0;$$

$$F_y \cdot l_{on} + F_{r2} \cdot \frac{l_T}{2} + F_{a2} \cdot \frac{d_2}{2} - R_{dy} \cdot l_T = 0;$$

$$R_{dy} = \frac{F_y \cdot l_{on} + F_{r2} \cdot \frac{l_T}{2} + F_{a2} \cdot \frac{d_2}{2}}{l_T} = \frac{939,934 \cdot 119 + 712,719 \cdot \frac{109}{2} + 329,798 \cdot \frac{234,348}{2}}{90} = 1737 \text{ H};$$

Проверка:

$$\sum Y = 0;$$

$$F_y - R_{cy} - F_{r2} + R_{dy} = 939,934 - 1964 - 712,719 + 1737 = 0$$

Б) Строим эпюру изгибающих моментов относительно оси X.

“Левое плечо”:

$$M_{x1} = 0;$$

$$M_{x2} = F_y \cdot \frac{l_{on}}{1000} = 939,934 \cdot \frac{119}{1000} = 111,852 \text{ Нм};$$

(Деля на 1000 мы переводим миллиметры в метры)

$$M_{x3} = \frac{F_y \cdot \left(l_{on} \cdot \frac{l_T}{2} \right) - \left(R_{cy} \cdot \frac{l_T}{2} \right)}{1000} = \frac{939,934 \cdot \left(119 \cdot \frac{109}{2} \right) - \left(1964 \cdot \frac{109}{2} \right)}{1000} = 56,026 \text{ Нм};$$

“Правое плечо”:

$$M_{x4} = 0;$$

$$M_{x3} = R_{dy} \cdot \frac{l_T}{2 \cdot 1000} = 1737 \cdot \frac{119}{2 \cdot 1000} = 94,64 \text{ Нм};$$

2. Горизонтальная плоскость.

А) Определяем опорные реакции, Н.

Относительно точки 4:

$$M_4 = 0;$$

$$-F_x \cdot (l_{on} + l_T) + R_{cx} \cdot l_T + F_{t2} \cdot \frac{l_T}{2} = 0;$$

$$R_{cx} = \frac{-F_x \cdot (l_{on} + l_T) + F_{t2} \cdot \frac{l_T}{2}}{l_T} = \frac{-1628 \cdot (119 + 109) + 1930 \cdot \frac{109}{2}}{90} = -2440 \text{ Н};$$

Относительно точки 2:

$$M_2 = 0;$$

$$-F_x \cdot l_{on} - F_{t2} \cdot \frac{l_T}{2} + R_{dx} \cdot l_T = 0;$$

$$R_{dx} = \frac{-F_x \cdot l_{on} - F_{t2} \cdot \frac{l_T}{2}}{l_T} = \frac{-1628 \cdot 119 - 1930 \cdot \frac{109}{2}}{109} = 2742 \text{ Н};$$

Проверка:

$$\sum X = 0;$$

$$F_x + R_{cx} - F_{t2} + R_{dx} = 1628 - 2440 - 1930 + 2742 = 0$$

Б) Строим эпюру относительно изгибающих моментов относительно оси Y:

$$M_{y1} = 0;$$

$$M_{y2} = -F_x \cdot \frac{l_{on}}{1000} = -1628 \cdot \frac{119}{1000} = -193,734 \text{ Нм};$$

(Деля на 1000 мы переводим миллиметры в метры)

$$M_{y3} = \frac{-F_x \cdot \left(l_{on} \cdot \frac{l_T}{2}\right) + \left(R_{cx} \cdot \frac{l_T}{2}\right)}{1000} = \frac{-1628 \cdot \left(119 \cdot \frac{109}{2}\right) - \left(2440 \cdot \frac{109}{2}\right)}{1000} = -415,456 \text{ Нм};$$

$$M_{y4} = 0;$$

3. Строим эпюру крутящих моментов:

$$M_k = M_z = \frac{-F_{t2} \cdot d_2}{2 \cdot 1000} = \frac{-1930 \cdot 234,348}{2 \cdot 1000} = -226,17 \text{ Нм};$$

4. Определим суммарные радиальные реакции:

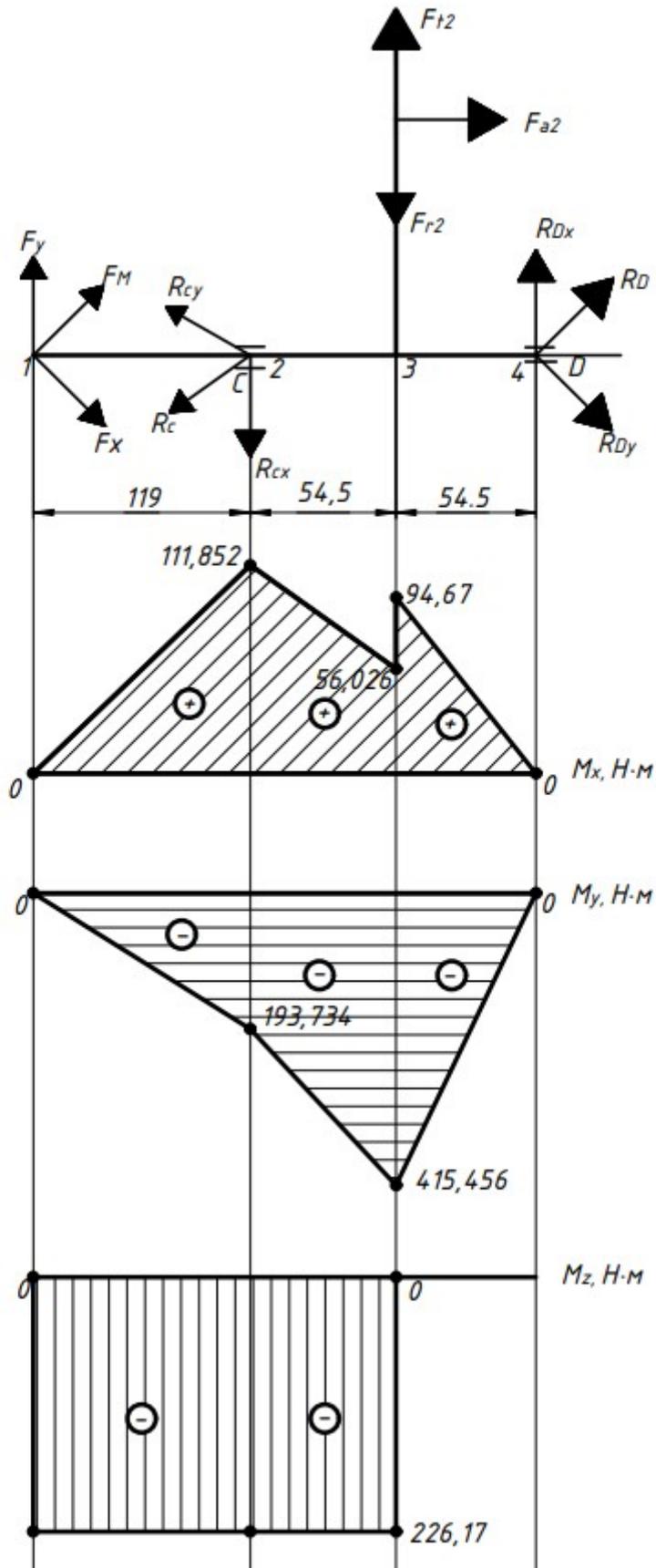
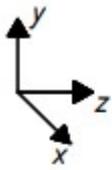
$$R_c = \sqrt{R_{cx}^2 + R_{cy}^2} = \sqrt{-2440^2 + 1964^2} = 3133 \text{ Н};$$

$$R_d = \sqrt{R_{dx}^2 + R_{dy}^2} = \sqrt{2742^2 + 1737^2} = 3246 \text{ Н};$$

5. Определим суммарные изгибающие моменты в опасных сечениях:

$$M_2 = \sqrt{M_{x2}^2 + M_{y2}^2} = \sqrt{164.549^2 + (-193,734)^2} = 223,704 \text{ Нм};$$

$$M_3 = \sqrt{M_{x3}^2 + M_{y3}^2} = \sqrt{56,026^2 + (-415,456)^2} = 419,217 \text{ Нм}.$$



Рассмотрим быстроходный вал редуктора (шестерня);

Проведем предварительный расчет сил, действующих на валы.

1) Быстроходный вал:

$$F_{t1} = F_{t2} = 1276 \text{ H};$$

$$F_{r1} = F_{r2} = 41,172 \text{ H};$$

$$F_{a1} = F_{a2} = 218,026 \text{ H};$$

2) Тихоходный вал:

$$F_{t2} = 2000 \cdot \frac{T_2}{d_2} = 2000 \cdot \frac{7,13}{73,869} = 1276 \text{ H};$$

$$F_{r2} = F_{t2} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta} = 2863 \cdot \frac{\operatorname{tg} 20^\circ}{\cos 9,696^\circ} = 471,172 \text{ H};$$

$$F_{a2} = F_{t2} \cdot \operatorname{tg} \beta = 2863 \cdot \operatorname{tg} 9,696^\circ = 218,026 \text{ H};$$

Рассмотрим быстроходный вал редуктора (шестерня);

$$F_M = 125 \cdot \sqrt{T_2} = 125 \cdot \sqrt{73,869} = 858,142 \text{ H};$$

$$F_y = F_M \cdot \sin 30^\circ = 858,142 \cdot \sin 30^\circ = 429,071 \text{ H};$$

$$F_x = F_M \cdot \cos 30^\circ = 858,142 \cdot \cos 30^\circ = 743,172 \text{ H};$$

6. Вертикальная плоскость.

А) Определяем опорные реакция, Н.

Относительно точки 3:

$$\sum M_3 = 0;$$

$$R_{ay} \cdot l_B - F_{r1} \cdot \frac{l_B}{2} + F_{a1} \cdot \frac{d_1}{2} + F_M \cdot l_{on} = 0;$$

$$R_{ay} = \frac{F_{r1} \cdot \frac{l_B}{2} + F_{a1} \cdot \frac{d_1}{2} - F_M \cdot l_{on}}{l_B} = \frac{41,172 \cdot \frac{69}{2} + 218,026 \cdot \frac{73,869}{2} - 858,142 \cdot 84,5}{49,005} = -932,032 \text{ H};$$

Относительно точки 1:

$$\sum M_1 = 0;$$

$$F_{r1} \cdot \frac{l_B}{2} + F_{a1} \cdot \frac{d_1}{2} - R_{by} \cdot l_B + F_{on} \cdot (l_{on} + l_B) = 0;$$

$$R_{by} = \frac{F_{r1} \cdot \frac{l_B}{2} + F_{a1} \cdot \frac{d_1}{2} + F_M \cdot (l_{on} + l_B)}{l_B} = \frac{41,172 \cdot \frac{69}{2} + 218,026 \cdot \frac{73,869}{2} + 858,142 \cdot (84,5 + 69)}{90} = 2261 \text{ Н};$$

Проверка:

$$\sum Y = 0;$$

$$R_{ay} - F_{r1} + R_{by} - F_M = -932,032 - 471,172 + 2261 - 858,142 = 0$$

Б) Строим эпюру изгибающих моментов относительно оси X.

“Левое плечо”:

$$M_{x1} = 0;$$

$$M_{x2} = R_{ay} \cdot \frac{l_B}{2 \cdot 1000} = -932,032 \cdot \frac{69}{2 \cdot 1000} = -32,155 \text{ Нм};$$

(Деля на 1000 мы переводим миллиметры в метры)

“Правое плечо”:

$$M_{x4} = 0;$$

$$M_{x3} = -F_M \cdot \frac{l_{on}}{1000} = -858,142 \cdot \frac{84,5}{1000} = -72,513 \text{ Нм};$$

$$M_{x2} = -F_M \cdot \left(\frac{l_{on}}{1000} \cdot \frac{l_B}{2 \cdot 1000} \right) + R_{by} \cdot \frac{l_B}{2 \cdot 1000} = -858,142 \cdot \left(\frac{84,5}{2 \cdot 1000} \cdot \frac{69}{2 \cdot 1000} \right) + 2261 \cdot \frac{69}{2 \cdot 1000} = -24,102$$

7. Горизонтальная плоскость.

А) Определяем опорные реакции, Н.

$$R_{ax} = R_{bx} = \frac{F_{t1}}{2} = \frac{1276}{2} = 638,021;$$

Б) Строим эпюру изгибающих моментов относительно оси Y

$$M_{y1} = 0;$$

$$M_{y2} = -R_{ax} \cdot \frac{l_B}{2 \cdot 1000} = -638,021 \cdot \frac{69}{2 \cdot 1000} = -22,012 \text{ Нм};$$

$$M_{y3} = 0;$$

$$M_{y4} = 0;$$

$$-F_x \cdot (l_{on} + l_B) + R_{cx} \cdot l_B + F_{t1} \cdot \frac{l_B}{2} = 0;$$

3. Строим эпюру крутящих моментов:

$$M_k = M_z = \frac{F_{t1} \cdot d_1}{2 \cdot 1000} = \frac{1276 \cdot 73,869}{2 \cdot 1000} = 47,13 \text{ Нм};$$

4. Определим суммарные радиальные реакции:

$$R_a = \sqrt{R_{ax}^2 + R_{ay}^2} = \sqrt{638,021^2 + 646,903^2} = 1129 \text{ Н};$$

$$R_b = \sqrt{R_{bx}^2 + R_{by}^2} = \sqrt{638,021^2 + 2261^2} = 2350 \text{ Н};$$

5. Определим суммарные изгибающие моменты в опасных сечениях:

$$M_2 = \sqrt{M_{x2}^2 + M_{y2}^2} = \sqrt{(-24,102)^2 + (-22,012)^2} = 38,968 \text{ Нм};$$

$$M_3 = \sqrt{M_{x3}^2 + M_{y3}^2} = \sqrt{(-72,513)^2 + 0^2} = 72,513 \text{ Нм}.$$

