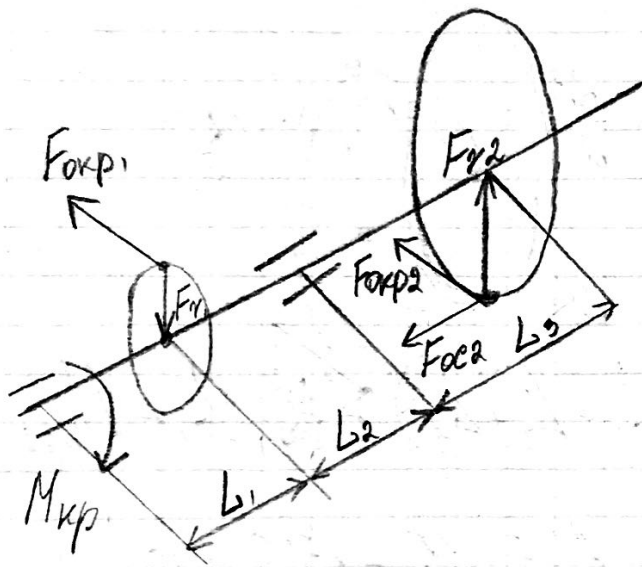


Расчет валов и опор зубчатых передач

Дано: $M = 800 \text{ Н.мм}$, $\varphi = 180^\circ$, $n = 800 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$, $\alpha = 20^\circ$,
 $L_k = 800 \text{ з (срок службы)}$, $D_1 = 9 \text{ мм}$, $D_2 = 25 \text{ мм}$
 $\beta_1 = 0^\circ$, $\beta_2 = 12^\circ$, $L_1 = 15 \text{ мм}$, $L_2 = 10 \text{ мм}$, $L_3 = 15 \text{ мм}$



$$F_{кр1} = \frac{M_{кр}}{\frac{D_1}{2}} = \frac{800 \text{ Н.мм}}{9/2} =$$

$$= 177,8 \text{ Н}$$

$$F_{кр2} = \frac{M_{кр}}{\frac{D_2}{2}} = \frac{800 \text{ Н.мм}}{25/2} =$$

$$= 64 \text{ Н}$$

$$F_{в1} = \frac{F_{кр1} \cdot \sin \alpha}{\cos \beta_1} = \frac{177,8 \cdot \sin 20^\circ}{1} = 64,7 \text{ Н}$$

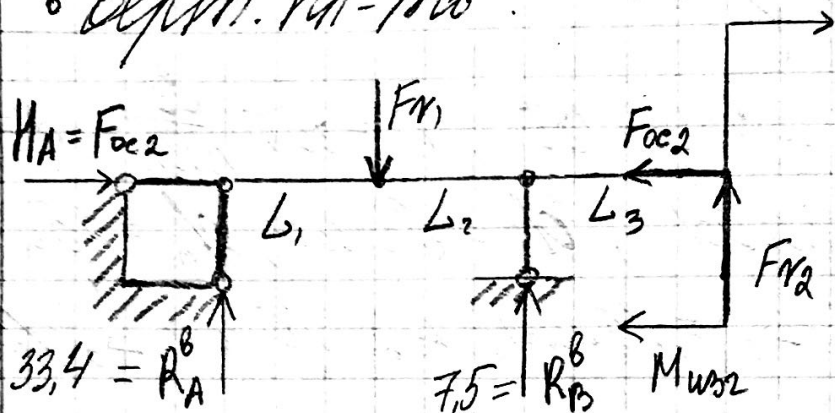
$$F_{в2} = \frac{F_{кр2} \cdot \sin \alpha}{\cos \beta_2} = \frac{64 \cdot \sin 20^\circ}{\cos 12^\circ} = 23,8 \text{ Н}$$

$$F_{ос1} = F_{кр1} \cdot \sin \beta_1 = 0$$

$$F_{ос2} = F_{кр2} \cdot \sin \beta_2 = 13,6 \text{ Н}$$

Расчетная схема:

• Ветр. на-мб:



$$M_{ux2} = F_{x2} \cdot \frac{D_2}{2} = 13,6 \cdot \frac{25}{2} = 170 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$\sum \vec{M}_A = 0$$

$$R_B^y \cdot (L_1 + L_2) + F_{y2} \cdot (L_1 + L_2 + L_3) - F_{y1} \cdot L_1 - M_{ux2} = 0$$

$$R_B^y \cdot 25 + 23,8 \cdot 40 - 64,7 \cdot 15 - 170 = 0$$

$$R_B^y = 7,54 \text{ Н}$$

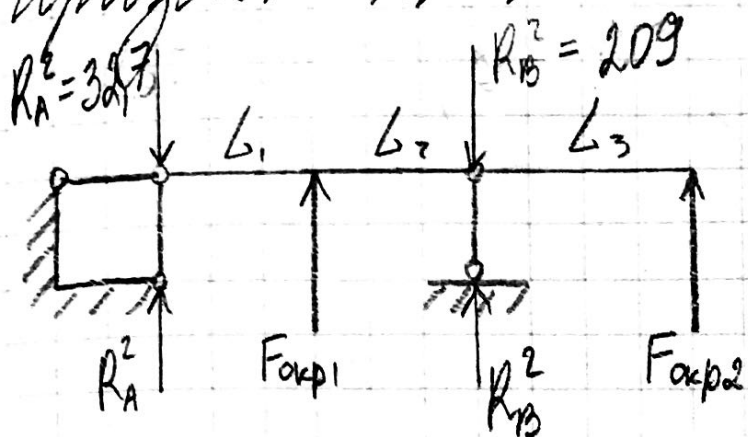
$$\sum \vec{M}_B = 0$$

$$R_A^y \cdot (L_1 + L_2) - F_{y1} \cdot L_2 + M_{ux2} - F_{y2} \cdot L_3 = 0$$

$$R_A^y \cdot 25 - 64,7 \cdot 10 + 170 - 23,8 \cdot 15 = 0$$

$$R_A^y = 33,36 \text{ Н}$$

0. расчет м.м-58:



$$\sum \overset{\curvearrowleft}{M}_A = 0$$

$$R_B^2 (L_1 + L_2) + F_{exp1} \cdot L_1 + F_{exp2} (L_1 + L_2 + L_3) = 0$$

$$R_B^2 \cdot 25 + 177,8 \cdot 15 + 64 \cdot 40 = 0$$

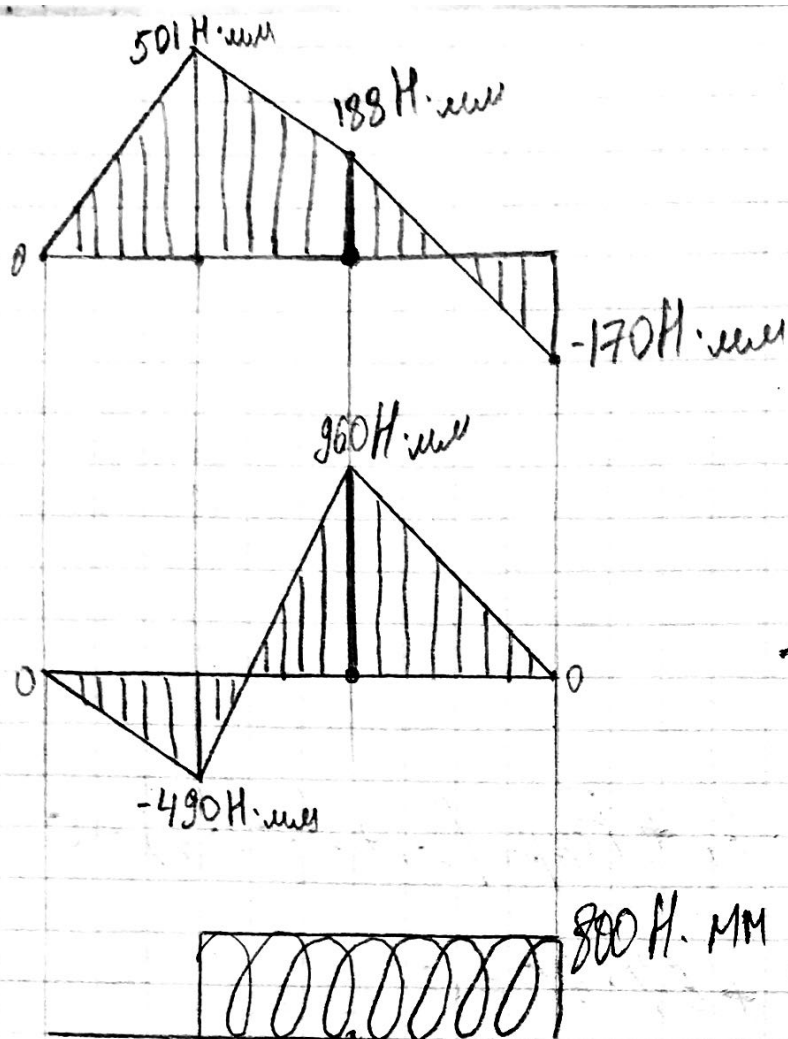
$$R_B^2 = -209 \text{ H}$$

$$\sum \overset{\curvearrowright}{M}_B = 0$$

$$R_A^2 (L_1 + L_2) + F_{exp1} \cdot L_2 - F_{exp2} \cdot L_3 = 0$$

$$R_A^2 \cdot 25 + 177,8 \cdot 10 - 64 \cdot 15 = 0$$

$$R_A^2 = -32,7 \text{ H}$$



- Верт. на - ТБ

- горизонт. на - ТБ

Опашн. точка - под 2 колесами

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_{np}}{0,155}}$$

$$M_{np} = \sqrt{(M_{um})^2 + 0,75 (M_{kp})^2}$$

$$M_{um} = \sqrt{M_1^2 + M_2^2} = \sqrt{188^2 + 960^2} = 978 \text{ Н·мм}$$

$$M_{np} = \sqrt{978^2 + 0,75 \cdot 800^2} \approx 1200 \text{ Н·мм}$$

Выбор материала 40XН: $\sigma_B = 1100 \text{ МПа}$

$$[\sigma] = \frac{\sigma_B}{n_b} \quad \Rightarrow \quad [\sigma] = 550 \text{ МПа}$$

Пусть $n_b = 2$

$$R_A \leq \sqrt{(R_A^b)^2 + (R_A^z)^2} = \sqrt{33,4^2 + 7,5^2} = 34,2 \text{ Н}$$

$$R_B \leq \sqrt{(R_B^b)^2 + (R_B^z)^2} = \sqrt{32,7^2 + 209^2} = 211,5 \text{ Н}$$

$$\sigma_{экв} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}$$

$$\sigma = \frac{M_{npoc}}{W} = 0,1 \text{ д}^3$$

$$d_{min} \geq \sqrt[3]{\frac{M_{np}}{0,1[\sigma]}} = 2,79 \Rightarrow d_{min} = 3 \text{ см}$$

$$M_{np} \leq \sqrt{(M_{usb})^2 + 0,75 M_{kp}^2} = \sqrt{978^2 + 0,75 \cdot 800^2} = 1198,7 \text{ Н.м}$$

$$M_{usb} \leq \sqrt{M_B^2 + M_z^2} = \sqrt{960^2 + 188^2} = 978 \text{ Н.м}$$

$$d_b \geq \sqrt[3]{\frac{M_{kp}}{0,2[\tau]}}$$

$[\tau] \in [20; 40] \text{ МПа}$, Пусть $[\tau] = 30 \text{ МПа}$

$$d_b \geq \sqrt[3]{\frac{800}{0,2 \cdot 30}} = 5,1 \Rightarrow d_b = 6 \text{ см}$$

$$\varphi = \frac{2 M_{кр} \cdot l_{раб}}{G \cdot J_p} \leq [\varphi] = 5' \dots 30'$$

$$J_p \approx 0,1 d^4; \quad G \approx 8 \cdot 10^4 \text{ МПа}$$

$$J_p \approx 0,1 \cdot 6^4 = 129,6$$

$$l_{раб} = 25 \text{ мм}$$

$$\varphi = \frac{2 \cdot 800 \cdot 25}{8 \cdot 10^4 \cdot 129,6} = 13,21'$$

Расчет и подбор опор качения
Возьмем сверлящую серию диаметров 9:
1000096

$$d = 6 \text{ мм}, D = 15 \text{ мм}, C = 1160, C_0 = 570$$

$$\text{Гейгел} \quad C_p = 0,01 P \sqrt{60 n L_n} \leq C$$

$$n = 800 \frac{\text{об}}{\text{мин}}, L_n \approx 800 \text{ з}$$

$$P = (X V F_r + Y F_a) K_8 K_T$$

$$F_r \approx R^z = 211,5 \text{ Н}$$

$$V = 1; F_a = 13,6 \text{ Н}; \quad \frac{F_a}{C_0} = \frac{13,6}{1160} = 0,0117 \Rightarrow e = 0,19$$

$$\frac{F_a}{V F_r} = \frac{13,6}{1 \cdot 211,5} = 0,06 < e \Rightarrow X = 1, Y = 0.$$

Возьмем $K_S = 1,25$; $K_T = 1,1$

$P = F_r \cdot K_S \cdot K_T = 290,8$

$C_p = 0,01 \cdot 290,8 \cdot \sqrt[3]{60 \cdot 800 \cdot 800} = 981 < C = 1160 \Rightarrow$

\Rightarrow переходим

$M_{тр} = M_0 + (1,25 F_r + 1,5 F_{ac}) f_k \cdot \frac{d_0}{d_{ш}}$

Возьмем $f_k = 0,015$

$M_0 = 0,04 d_0$, где $d_0 = \frac{d + D}{2} = 19,5 \text{ мм} \Rightarrow M_0 = 0,42 \text{ Н.м}$

Из ГОСТа диаметр шарика $d_{ш} = 2,38 \text{ мм}$

$M_{тр} = 0,42 + 0,066 \cdot 4579 = 302,6 \text{ Н.м} \rightarrow 19,26 \text{ Н.м}$

Теперь найдем диаметр шарика. Сначала выберем материал: сталь-бронза оп ($f = 0,05$; $p = 10-15 \text{ МПа}$, $p \cdot v = 80-20 \text{ МПа} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}$)

$d_y \geq 4 \sqrt{\frac{F_r \cdot \lambda}{\pi [\sigma_y]}}$; $\lambda \in [0,5; 2]$

для стали 40ХН $[\sigma_y] = [\sigma_{-1}] = 394 \text{ МПа}$

$\lambda = \frac{v_y}{d_y}$. Пусть $\lambda = 1,6$

$d_y \geq 4 \sqrt{\frac{211,5 \cdot 1,6}{\pi \cdot 394}} = 2,09 \Rightarrow d_y = 3$

Т.к. $d_b = 6 \text{ мм}$, то возьмем $d_y = 4 \text{ мм}$

$$\text{Тогда } l_y = 1,6 \cdot 4 = 6,4 \text{ мм}$$

Выполним проверку:

$$\sigma_u = \frac{M_{\text{max}}}{W_{\text{max}}} \leq [\sigma_u]$$

$$M_{\text{max}} = \frac{1}{2} F_N \cdot l_y = 676,8 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$W_{\text{max}} = 0,8 \cdot d_y^3 = 12,8$$

$$\rho = \frac{F_N}{l_y \cdot d_y} \leq [\rho] \Rightarrow \rho = 8,26 \leq [\rho] = 10 \dots 15 \text{ МПа}$$

$$\rho = \frac{4 F_{\text{ос}}}{\pi (d_b^2 - d_y^2)} \leq [\rho] \Rightarrow \rho = \frac{17,32}{20} = 0,86 \leq [\rho]$$

Проверка по критерию пластичности:

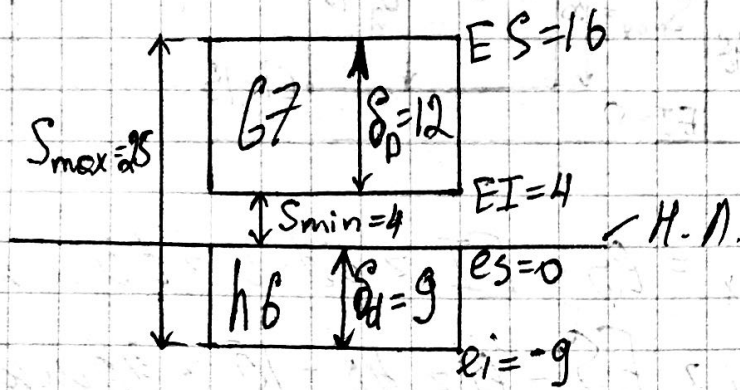
$$\rho \nu = \frac{R}{d_y l_y} \cdot \frac{\pi n d_y}{60 \cdot 100} = 8,26 \cdot \frac{\pi \cdot 800 \cdot 4}{6000} = 13,83 \leq 20 = [\rho \nu]$$

$$\rho \nu = \frac{4 F_{\text{ос}}}{\pi (d_b^2 - d_y^2)} \cdot \frac{\pi (d_b - d_y) n}{2 \cdot 60 \cdot 100} = 0,36 \leq 20 = [\rho \nu]$$

$$\text{Тогда } M_{\text{гр}} = 1,27 f \cdot F_N \frac{d_y}{2} = 26,86 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$f = 0,05$$

Умк, $d_6 = 6$ мм
 Вибери $\phi 6 \frac{G7}{h6}$

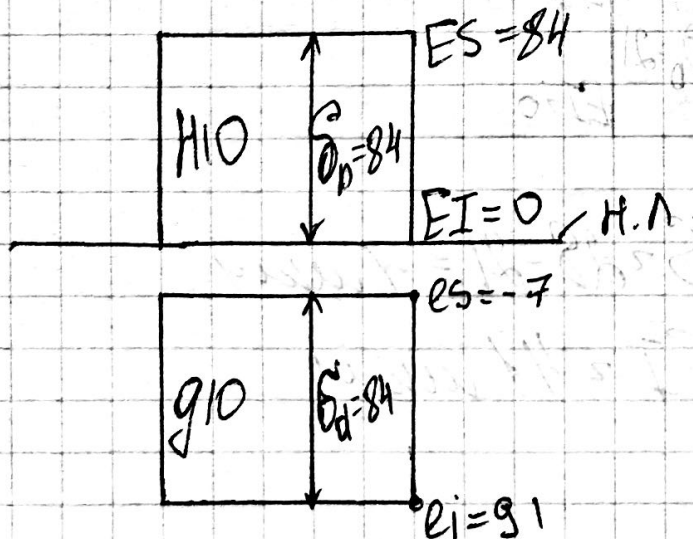


Т.о. это посадка
с зазором.

$$S_{min} = EI - es = 4 - 0 = 4 \text{ мм}$$

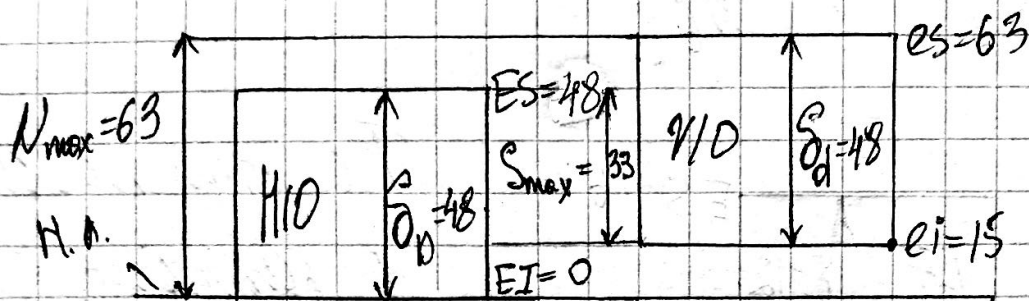
$$S_{max} = ES - ei = 16 - (-9) = 25 \text{ мм}$$

РЗ: 1) $\phi 30 \frac{H10}{g10}$



Это посадка
с зазором

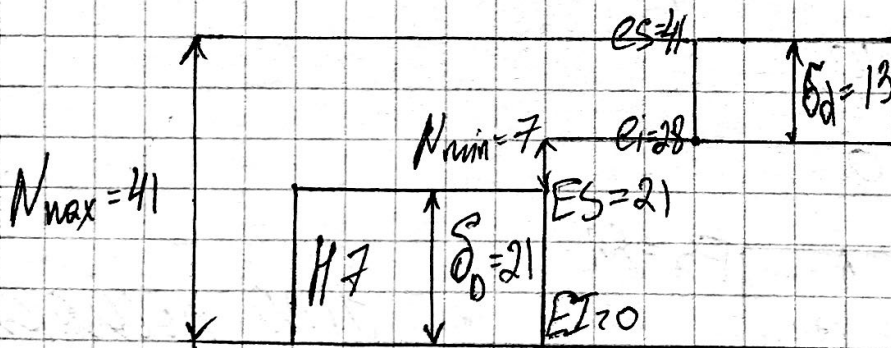
2) $\phi 6 \frac{H10}{H10}$



Это пере-
ходная
посадка

2) $\phi 30$ $N_{max} = ES - EI = 63 - 0 = 63$ мм
 $S_{max} = ES - ei = 48 - 15 = 33$ мм

3) $\phi 30 \frac{H7}{h6}$



Это посадка
с натягом

$N_{min} = ei - ES = 28 - 21 = 7$ мм

$N_{max} = ES - EI = 41$ мм

