

Дано

min задаритов

$n_{\text{вх}} = 1000/\text{мин}$

$M_{\text{вх}} = 0,1 \text{ Н}\cdot\text{мм}$

$J_H = 1 \text{ мм}^2$

$E_{\text{вх}} = 2 \text{ сек}^{-2}$

$\varphi = \pm 100$

$\neq E$

Решение

I подбор двигателя

1. $P_p \geq P_H$

η_0 , где $\eta_0 = 0,8$

$P_H = M_H \omega_H = \frac{\pi n_H}{30} \cdot M_H = \frac{\pi}{30} \cdot 1000 \cdot 0,1 = 0,105 [\text{Вт}]$

$P_p \geq \frac{0,105}{0,8}$

$P_p \geq 0,13 \quad [\text{Вт}]$

2. $\xi = \frac{P_T}{P_p} \Rightarrow P_p \cdot \xi_{\min} \leq P_T \leq \xi_{\max}$, где

$\xi = 2,5 \dots 5$, тогда

$P_p \cdot 2,5 \leq P_T \leq P_p \cdot 5$

$2,5 \cdot 0,13 \leq P_T \leq 5 \cdot 0,13$

$0,325 \leq P_T \leq 0,65 \quad [\text{Вт}]$

3. предварительного назначения двигателя: $DГ-0,5 \text{ А}$

$P_H = 0,15 \text{ Вт}$

$M_{\text{ном}} = 6,5 \text{ Н}\cdot\text{мм}$

$M_H = 12 \text{ Н}\cdot\text{мм}$

$n = 14000/\text{мин}$

$J_p = 13 \cdot 10^{-4} \text{ мм}^2$

$M_{\text{ном}} \geq M_{\Sigma p}$, где $M_{\Sigma p} = M_{np}^{\text{см}} + M_{np}^{\text{гид}}$

$M_{np}^{\text{см}} = \frac{M_H}{\eta_0 \eta_0}$

, где $i_0 = \frac{n_{\text{гв}}}{n_H} = \frac{14000}{10} = 1400$

$M_{np}^{\text{см}} = \frac{100}{1400 \cdot 0,8} = 0,09 \text{ Н}\cdot\text{мм}$

$M_{np}^{\text{гид}} = \left[(1+k_H) J_p + \frac{J_H}{i_0^2} \right] E \cdot i_0$, где $k_H = 0,4 \dots 1$

$M_{np}^{\text{гид}} = \left[(1+0,5) 13 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{1400^2} \right] 1400 \cdot 2 = 0,00197 \text{ Н}\cdot\text{м} = 1,97 \text{ Н}\cdot\text{мм}$

$M_{\Sigma p} = 0,09 + 1,97 = 2,06 \text{ Н}\cdot\text{мм} < 6,5 \text{ Н}\cdot\text{мм}$

$\Rightarrow$ двигатель подходит

II kinematic calculation

1. т.к. критерий min задаритов:

$n = 1,35 \lg i_0 = 1,35 \lg 1400 = 5,8 \quad n = 6$

$$i_n = i_1 = i_2 = \dots = \sqrt[n]{i_0} = \sqrt[6]{1400} = 3,34$$

2. найдем все измерения $z_1 = z_2 = \dots = z_n = 17$, тогда $i_n = 3,34$ одинаковое кол-во

$$z_2 = z_4 = \dots = z_{12} = i_n \cdot z_1 = 17 \cdot 3,34 = 56,8$$

$$i_{cp} = \left(\frac{z_2}{z_1} \right)^n = \left(\frac{56,8}{17} \right)^6 = 1391,5$$

$$\Delta i_0 = \frac{|1400 - 1391,5|}{1400} \cdot 100\% = 0,61\% < 5\%$$

с учетом от. ряда

$$z_2 = \dots = z_{12} = 60, \text{ тогда}$$

$$i_{cp} = \left(\frac{z_2}{z_1} \right)^n = \left(\frac{60}{17} \right)^6 = 1932,9$$

$$\Delta i_0 = \frac{1932,9 - 1400}{1400} \cdot 100\% = > 5\%$$

$$z_2 = z_{12} = 56, \text{ тогда}$$

$$i_{cp} = \left(\frac{z_2}{z_1} \right)^n = \left(\frac{56}{17} \right)^6 = 1277,7$$

$$\Delta i_0 = 81,75 \Rightarrow > 5\%$$

тогда не 2 и ряд

$$z_2 = \dots = z_{12} = 56$$

$$\Delta i_0 > 5\%$$

$\Rightarrow$ оставшем

$$z_2 = \dots = z_{12} = 57$$

$$i_n = \frac{57}{17} = 3,35$$

$$\Delta i_0 = \frac{1420,9 - 1400}{1400} \cdot 100\% = 1,5\% < 5\%$$

III Случай расст

$$M_{n-1} = \frac{M_n}{\gamma_{n-1}}$$

$$\gamma_{n-1} = \gamma_{n-2} \cdot \gamma_{n-3} \cdot \gamma_{n-4} \cdot \gamma_{n-5} \cdot \gamma_{n-6} \cdot \gamma_{n-7} \cdot \gamma_{n-8} \cdot \gamma_{n-9} \cdot \gamma_{n-10} \cdot \gamma_{n-11} \cdot \gamma_{n-12}$$

$$\gamma_{n-1} = 0,98$$

$$M_{n-1} = 100 \text{ мм}$$

$$\gamma_{n-1} = 0,99$$

$$M_{VI} = \frac{100}{0,98 \cdot 0,99 \cdot 3,3} = 31,23 \text{ мм}$$

$$M_{II} = \frac{31,23}{0,98 \cdot 0,99 \cdot 3,3} = 9,78 \text{ мм}$$

$$M_{IV} = \frac{9,78}{0,98 \cdot 0,99 \cdot 3,3} = 3,06 \text{ мм}$$

$$M_{III} = \frac{3,06}{0,98 \cdot 0,99 \cdot 3,3} = 0,96 \text{ мм}$$

$$M_{II} = \frac{0,96}{0,98 \cdot 0,99 \cdot 3,3} = 0,312 \text{ мм}$$

$$M_I = \frac{0,312}{0,98 \cdot 0,99 \cdot 3,3} = 0,09 \text{ мм}$$

$$M_I < M_n \quad 0,09 < 12 \text{ мм} \rightarrow \text{выполнено}$$

IV Расчет зубчатых передач

$$M_{VI} = \frac{100}{0,98 \cdot 0,99 \cdot 3,3} = 31,23 \text{ Н.мм}$$

$$M_V = \frac{31,23}{0,98 \cdot 0,99 \cdot 3,3} = 9,78 \text{ Н.мм}$$

$$M_{IV} = \frac{9,78}{0,98 \cdot 0,99 \cdot 3,3} = 3,06 \text{ Н.мм}$$

$$M_{III} = \frac{3,06}{0,98 \cdot 0,99 \cdot 3,3} = 0,96 \text{ Н.мм}$$

$$M_{II} = \frac{0,96}{0,98 \cdot 0,99 \cdot 3,3} = 0,312 \text{ Н.мм}$$

$$M_I = \frac{0,312}{0,98 \cdot 0,99 \cdot 3,3} = 0,09 \text{ Н.мм}$$

$$M_I < M_n \quad 0,09 < 12 \text{ Н.мм} \rightarrow \text{выполнено}$$

IV Расчет зубчатых передач на прочность

1. изначальными материалами

для шестерни σ_{H01}

для колеса σ_{H02}

2. опред. допускаемое контактное напряжение

$$[\sigma_H]_{1,2} = \frac{\sigma_{HR} \cdot Z_R \cdot Z_V \cdot K_{HL}}{S_H} \quad , \quad Z_R = 1 \quad Z_V = 1$$

$$K_{HL} = 1 \quad S_H = 1,2$$

$$\sigma_{HR} = 2HB + 70$$

$$HB_1 = 230$$

$$\sigma_{HR1} = 2 \cdot 230 + 70 = 530 \text{ МПа}$$

$$HB_2 = 200$$

$$\sigma_{HR2} = 2 \cdot 200 + 70 = 470 \text{ МПа}$$

$$[\sigma_H]_1 = \frac{530 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{1,2} = 442 \text{ МПа}$$

$$[\sigma_H]_2 = \frac{470 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{1,2} = 392 \text{ МПа}$$

3. опред. допускаемое напряжение изгиба

$$[\sigma_F]_{1,2} = \frac{\sigma_{FR} \cdot Y_{FS} \cdot Y_{FL}}{S_F} \quad , \quad Z_R = 1$$

$$Y_{FS} = 1 \quad Y_{FL} = 1$$

$$S_F = 2,1$$

$$QFR = 1,84 \text{ МВ}$$

$$QFR_1 = \frac{1,84 \cdot 230}{2,2} = 423 \text{ МПа}$$

$$QFR_2 = 1,84 \cdot 200 = 368 \text{ МПа}$$

$$[\sigma_F]_1 = \frac{423 \cdot 1,1}{2,2} = 192 \text{ МПа}$$

$$[\sigma_F]_2 = \frac{368 \cdot 1,1}{2,2} = 167 \text{ МПа}$$

4. расчетами модулей задаток перед изгибом и изгибом
и прочности $m_{min} = 0,3$

$$m \geq \sqrt[3]{\frac{M \cdot Y_F \cdot k^2}{\psi_{bm} \cdot Z \cdot [\sigma_F]}} \quad \text{где } k = 1,25 \quad \psi_{bm} = 8$$

$$m_{12} \geq \sqrt[3]{\frac{100 \cdot 3,73 \cdot 1,25^2}{8 \cdot 56 \cdot 167}} \quad \text{где } Z_{12} = 56$$

$$Z_{12} = 56 \rightarrow Y_1$$

$$Z_2 = Z_{10} = \dots = Z_2 = 56 \rightarrow Y_F = 3,73$$

$$Z_{11} = Z_9 = \dots = Z_1 = 17 \rightarrow Y_F = 4,3$$

$$m_{12} \geq \sqrt[3]{\frac{100 \cdot 3,73 \cdot 1,25^2}{8 \cdot 56 \cdot 167}}$$

$$m_{12} = 0,19 \Rightarrow m_{12} = 0,3 \text{ мм}$$

$$m_{11} \geq \sqrt[3]{\frac{31,23 \cdot 4,3 \cdot 1,25^2}{8 \cdot 17 \cdot 192}}$$

$$m_{11} = 0,17 \Rightarrow m_{11} = 0,3 \text{ мм}$$

$$m_{10} \geq \sqrt[3]{\frac{31,23 \cdot 3,73 \cdot 1,25^2}{8 \cdot 56 \cdot 167}}$$

$$m_{10} = 0,12 \Rightarrow m_{10} = 0,3 \text{ мм}$$

$$m_9 \geq \sqrt[3]{\frac{9,78 \cdot 4,3 \cdot 1,25^2}{8 \cdot 17 \cdot 192}}$$

$$m_9 = 0,119 \Rightarrow m_9 = 0,3 \text{ мм}$$

$$m_8 \geq \sqrt[3]{\frac{9,78 \cdot 3,73 \cdot 1,25^2}{8 \cdot 56 \cdot 167}}$$

$$m_8 = 0,3 \text{ мм}$$

$$m_7 \geq \sqrt[3]{\frac{3,06 \cdot 4,3 \cdot 1,25^2}{8 \cdot 17 \cdot 192}}$$

$$m_7 = 0,3 \text{ мм}$$

$$m_6 \geq \sqrt[3]{\frac{3,06 \cdot 3,73 \cdot 1,25^2}{8 \cdot 56 \cdot 167}}$$

$$m_6 = 0,3 \text{ мм}$$

$$m_5 \approx \sqrt[3]{\frac{0,96 \cdot 4,3 \cdot 1,25^2}{8 \cdot 17 \cdot 192}}$$

$$m_5 = 0,3 \text{ мм}$$

$$m_4 \approx \sqrt[3]{\frac{0,96 \cdot 3,75 \cdot 1,25^2}{8 \cdot 56 \cdot 167}}$$

$$m_4 = 0,3 \text{ мм}$$

$$m_3 \approx \sqrt[3]{\frac{0,312 \cdot 4,3 \cdot 1,25^2}{8 \cdot 117 \cdot 192}}$$

$$m_3 = 0,3 \text{ мм}$$

$$m_2 \approx \sqrt[3]{\frac{0,312 \cdot 3,75 \cdot 1,25^2}{8 \cdot 56 \cdot 167}}$$

$$m_2 = 0,3 \text{ мм}$$

$$m_1 \approx \sqrt[3]{\frac{0,09 \cdot 4,3 \cdot 1,25^2}{8 \cdot 17 \cdot 192}}$$

$$m_1 = 0,3 \text{ мм}$$

✓ проверочный расчет и проверка

$$a \approx k_2 (i_{ij} + 1)$$

$$\sqrt[3]{\frac{A_i \cdot K}{i_{ij} [\sigma_H]^2 \psi_{ba}}}$$

$$K_2 = 48,5 \text{ МПа}$$

$$k = 1,45$$

$$\psi_{ba} = 0,4$$

~~для проверки~~

$$a_{12H} \approx 48,5 (3,3 + 1)$$

$$\sqrt[3]{\frac{100 \cdot 1,25}{3,3^2 \cdot 392^2 \cdot 0,4}}$$

$$a_{12H} = 11,9$$

$$\Rightarrow a_{12H} = 12 \text{ мм}$$

$$m_{12H} = \frac{2 a_{12H}}{z_{12} + z_H} = \frac{2 \cdot 12}{17 + 56} = 0,33$$

$$m_{12H} = 0,4 \text{ мм}$$

$$a_{109} \approx 48,5 (3,3 + 1)$$

$$\sqrt[3]{\frac{31,23 \cdot 1,25}{3,3^2 \cdot 392^2 \cdot 0,4}}$$

$$a_{109} = 8,5$$

$$\Rightarrow a_{109} = 9 \text{ мм}$$

$$m_{109} = \frac{2 \cdot 9}{73} = 0,25$$

$$m_{109} = 0,3$$

$$a_{87} \approx 48,5 (3,3 + 1)$$

$$\sqrt[3]{\frac{9,78 \cdot 1,25}{3,3^2 \cdot 392^2 \cdot 0,4}}$$

$$a_{87} = 5,9$$

$$a_{87} = 6 \text{ мм}$$

$$m_{87} = \frac{2 \cdot 6}{73} = 0,16$$

$$m_{87} = 0,3$$

$$a_{65} \approx 48,5 (3,3 + 1)$$

$$\sqrt[3]{\frac{3,06 \cdot 1,25}{3,3^2 \cdot 392^2 \cdot 0,4}}$$

$$a_{65} = 4,3$$

$$a_{65} = 5 \text{ мм}$$

$$m_{65} = \frac{2 \cdot 5}{73} = 0,14$$

$$m_{65} = 0,3$$

$$a_{43} \approx 48,5 (3,3+1) \sqrt[3]{\frac{0,96 \cdot 1,25}{3,3^2 \cdot 392^2 \cdot 0,4}}$$

$$a_{43} = 2,9$$

$$a_{43} = 3 \text{ мм}$$

$$m_{43} = \frac{2 \cdot 3}{73} = 0,08$$

$$m_{43} = 0,3$$

$$a_{21} \approx 48,5 (3,3+1) \sqrt[3]{\frac{0,09 \cdot 1,25}{3,3^2 \cdot 392^2 \cdot 0,4}}$$

$$a_{21} = 1,4$$

$$a_{21} = 2 \text{ мм}$$

$$m_{21} = \frac{2 \cdot 2}{73} = 0,05$$

$$m_{21} = 0,3 \text{ мм}$$

Проверка:

$$\sqrt{\frac{M \cdot K \cdot K_2^3 / (i_{ij} + 1)^3}{i_{ij}^2 \cdot a_{ij}^3 \cdot y_{6a}}} \leq [G_n]$$

$$z_{12} - z_{11} : \sqrt{\frac{100 \cdot 1,25 \cdot 48,5^3 / (3,3+1)^3}{3,3^2 \cdot 12^3 \cdot 0,4}} \leq 392$$

$$385,6 \leq 392 \quad \text{ММг}$$

$$z_{10} - z_9 : \sqrt{\frac{31,23 \cdot 1,25 \cdot 48,5^3 / (3,3+1)^3}{3,3^2 \cdot 9^3 \cdot 0,4}} \leq 392$$

$$340 < 392 \quad \text{ММг}$$

$$z_8 - z_7 : \sqrt{\frac{9,78 \cdot 1,25 \cdot 48,5^3 / (3,5+1)^3}{3,5^2 \cdot 6^3 \cdot 0,4}} \leq 392$$

$$353 < 392 \quad \text{ММг}$$

$$z_6 - z_5 : \sqrt{\frac{3,06 \cdot 1,25 \cdot 48,5^3 / (3,3+1)^3}{3,3^2 \cdot 5^3 \cdot 0,4}} \leq 392$$

$$376,5 < 392 \quad \text{ММг}$$

$$z_4 - z_3 : \sqrt{\frac{0,96 \cdot 1,25 \cdot 48,5^3 / (3,5+1)^3}{3,5^2 \cdot 3^3 \cdot 0,4}}$$

$$340 < 392 \text{ МПа}$$

$$z_2 - z_1 = \sqrt{\frac{0,09 \cdot 1,25 \cdot 485^3 \cdot (3,5+1)^3}{3,1^2 \cdot 23 \cdot 0,4}} \leq 392$$

$$352,7 < 392 \text{ МПа}$$

Проверка прочности

m	[σ _{к3}]	[σ _{н3}]	[σ _{з3}]	
m ₁₂	0,3	0,3	0,3	мм
m ₃₄	0,3	0,3	0,3	мм
m ₅₆	0,3	0,3	0,3	мм
m ₇₈	0,3	0,3	0,3	мм
m ₉₁₀	0,3	0,3	0,3	мм
m ₁₁₂	0,3	0,4	0,4	мм

V) Геометрический расчет

$$d = m z$$

$$d^a = m(z + 2ha^*)$$

$$d^f = m(z - 2(ha^* + c^*)) \quad , \text{ где } ha^* = 1 \quad c^* = 0,5 \text{ м.к. } m < 0,5$$

$$z_{12} - z_{11} : \begin{cases} d_{12} = 0,4 \cdot 56 = 22,4 \text{ мм} \\ d_{11} = 0,4 \cdot 17 = 6,8 \text{ мм} \end{cases}$$

$$\begin{cases} d_{12}^a = 0,4(56 + 2) = 23,2 \text{ мм} \\ d_{11}^a = 0,4(17 + 2) = 7,6 \text{ мм} \end{cases}$$

$$d_{12}^f = 0,4(56 - 2(1 + 0,5)) = 21,2 \text{ мм}$$

$$d_{11}^f = 0,4(17 - 3) = 5,6 \text{ мм}$$

$$\text{м.к. } m_{12} = m_{34} = m_{56} = m_{78} = m_{910}, m_{11}$$

$$\begin{cases} d_{10} = d_8 = \dots d_2 = 0,3 \cdot 56 = 16,8 \text{ мм} \\ d_9 = \dots d_1 = 0,3 \cdot 17 = 5,1 \text{ мм} \end{cases}$$

$$\begin{cases} d_{10}^a = \dots d_2^a = 0,3(56 + 2) = 17,4 \text{ мм} \\ d_9^a = \dots d_1^a = 0,3(17 + 2) = 5,7 \text{ мм} \end{cases}$$

$$\begin{cases} d_{10}^f = \dots d_2^f = 0,3(56 - 3) = 15,9 \text{ мм} \\ d_9^f = \dots d_1^f = 0,3(17 - 3) = 4,2 \text{ мм} \end{cases}$$

$$b_{n+1} = 4 \text{ см} \cdot m$$

$$b_n = b_{n+1} + 1,5 \text{ м}$$

$$z_{12} - z_{11}: b_{12} = 0,4 - 8 = 3,2 \text{ мм}$$

$$b_{11} = 3,2 + 1,5 \cdot 0,4 = 3,8 \text{ мм}$$

$$\Rightarrow b_{10} = \dots b_2 = 0,3 \cdot 8 = 2,4 \text{ мм}$$

$$b_9 = \dots b_1 = 0,3 \cdot 1,4 + 0,3 \cdot 1,5 = 2,8 \text{ мм}$$

$$a_w = 0,5 \text{ м} (z_i + z_j)$$

$$z_{12} - z_{11}: a_{1211} = 0,5 \cdot 0,4 (17 + 56) = 14,6 \text{ мм}$$

$$a_{910} = \dots = a_{12} = 0,5 \cdot 0,3 \cdot (17 + 56) = 10,95 \text{ мм}$$

VII Расчет на деформирование

Угнем, что $t_p = 3 \text{ Тэм}$

, где $\text{Тэм} = \frac{J_p}{M_{\text{гб}} - M_{\text{ам.пр}}}$

$$J_p = \frac{M_{\text{гем}}}{\varepsilon} = \frac{M_{\text{гем}}}{\varepsilon_{\text{ex.}} \cdot \rho_0} = \frac{0,00197}{2 \cdot 1400} = 0,7 \cdot 10^{-6} \text{ Н} \cdot \text{см} \cdot \text{с}^2$$

$$W_{\text{ном}} = \frac{M_{\text{ном}}}{\sigma} = \frac{1400}{30} = 146,6 \text{ рад/с}$$

$$T_{\text{эм}} = \frac{0,7 \cdot 10^{-6} \cdot 146,6 \cdot (1000)}{12 - 0,09} = 0,009 \text{ сек, тогда}$$

$$t_p = 3 \cdot T_{\text{эм}} = 3 \cdot 0,009 = 0,027 \text{ сек}$$