

## Istrižakrumplės cilindrinės perdavos projektavimas

Pradiniai duomenys:

$$T_6 = 83,0, \text{ Nm} \quad \text{ir} \quad T_7 = 290, \text{ Nm};$$
$$n_6 = 234, \text{ min}^{-1} \quad \text{ir} \quad n_7 = 65,0, \text{ min}^{-1};$$
$$u_{67} = 3,6;$$

perdavos eksploataavimo laikas  $t_h = 22\,100$  h;

darbo režimas: sunkus;

apkrovos pobūdis: varančiosios mašinos – pastovi apkrova,  
varomojo įrenginio – smūginė apkrova.

### Krumpliaraičių medžiagos:

- mažasis krumpliaratis (6) – plienas 37Cr4, termocheminis apdorojimas – nitrocementacija,  $H_{HV\,m\,6} = 615$  HV,  $\sigma_{H\,lim\,6} = 1\,290$  MPa,  $\sigma_{F\,lim\,6} = 740$  MPa,  $\sigma_{yt\,6} = 1\,350$  MPa,  $\sigma_{ut\,6} = 1\,570$  MPa;
- didysis krumpliaratis (7) – plienas 37Cr4, terminis apdorojimas – grūdinimas ADS,  $H_{HV\,m\,7} = 600$  HV,  $\sigma_{H\,lim\,7} = 1\,140$  MPa,  $\sigma_{F\,lim\,7} = 450$  MPa,  $\sigma_{yt\,7} = 540$  MPa,  $\sigma_{ut\,7} = 790$  MPa.

Krumpliaraičių kietumai HB vienetais:

$$H_{HB\,m\,6} = \frac{H_{HV\,m\,6} + 5}{1,07} = \frac{615 + 5}{1,07} = 579 \text{ HB};$$
$$H_{HB\,m\,7} = \frac{H_{HV\,m\,7} + 5}{1,07} = \frac{600 + 5}{1,07} = 565 \text{ HB}.$$

Krumpliaraičių krumplio kontaktinių ir lenkimo įtempių ciklų skaičiai

$$N_6 = 60 \text{ c } n_6 t_h = 60 \cdot 1 \cdot 234 \cdot 22\,100 = 310,113 \cdot 10^6;$$
$$N_7 = 60 \text{ c } n_7 t_h = 60 \cdot 1 \cdot 65,0 \cdot 22\,100 = 86,142 \cdot 10^6.$$

Leistinieji kontaktiniai įtempiai. Darbo režimo koeficientas:

$$X_H = 0,50.$$

Ekvivalentiniai kontaktinių įtempių ciklų skaičiai:

$$N_{H\,6} = N_6 X_H = 310,113 \cdot 10^6 \cdot 0,50 = 155,056 \cdot 10^6;$$
$$N_{H\,7} = N_7 X_H = 86,142 \cdot 10^6 \cdot 0,50 = 43,071 \cdot 10^6.$$

Kontaktinių įtempių baziniai ciklų skaičiai:

$$N_{H\,lim\,6} = 120 \cdot 10^6 \quad \text{ir} \quad N_{H\,lim\,7} = 120 \cdot 10^6.$$

Ilgamžiškumo koeficientai:

$$Z_{N_6} = \max\left(0,85; \sqrt[20]{\frac{N_{H\,lim\,6}}{N_{H\,6}}}\right) = \max\left(0,85; \sqrt[20]{\frac{120 \cdot 10^6}{155,056 \cdot 10^6}}\right) = \max(0,85; 0,987) = 0,987;$$
$$Z_{N_7} = \min\left(1,60; \sqrt[10]{\frac{N_{H\,lim\,7}}{N_{H\,7}}}\right) = \min\left(1,60; \sqrt[10]{\frac{120 \cdot 10^6}{43,071 \cdot 10^6}}\right) = \min(1,60; 1,108) = 1,108.$$

Krumpliaraičių leistinieji kontaktiniai įtempiai:

$$\sigma_{H\,adm\,6} = \frac{\sigma_{H\,lim\,6} Z_{N_6}}{S_{H\,adm}} = \frac{1\,290 \cdot 0,987}{1,2} = 1\,061 \text{ MPa, imame } \sigma_{H\,adm\,6} = 1\,060 \text{ MPa};$$
$$\sigma_{H\,adm\,7} = \frac{\sigma_{H\,lim\,7} Z_{N_7}}{S_{H\,adm}} = \frac{1\,140 \cdot 1,108}{1,2} = 1\,053 \text{ MPa, imame } \sigma_{H\,adm\,7} = 1\,050 \text{ MPa}.$$

Projektiniai leistinieji kontaktiniai įtempiai

$$\sigma_{H\,adm} = 0,45 (\sigma_{H\,adm\,6} + \sigma_{H\,adm\,7}) = 0,45 (1\,060 + 1\,050) = 950 \text{ MPa}.$$

Tikriname, ar tenkinama sąlyga:

$$\min(\sigma_{H\,adm\,6}; \sigma_{H\,adm\,7}) \leq \sigma_{H\,adm} \leq 1,23 \min(\sigma_{H\,adm\,6}; \sigma_{H\,adm\,7});$$
$$1\,050 \leq 950 \leq 1\,290 \text{ – sąlyga netenkinama, todėl imame } \sigma_{H\,adm} = 1\,050 \text{ MPa}.$$

Leistinieji lenkimo įtempiai. Ekvivalentiniai kontaktinių įtempių ciklų skaičiai:

$$N_{F\,6} = N_6 X_F = 310,113 \cdot 10^6 \cdot 0,20 = 62,023 \cdot 10^6;$$
$$N_{F\,7} = N_7 X_F = 86,142 \cdot 10^6 \cdot 0,20 = 17,228 \cdot 10^6.$$

			KTU PI	ME2.KCP-01.00.AR	Lapas
					1
Keit.	Dokum. Nr.	Data			

Ilgamžiškumo koeficientai:

$$Y_{N6} = 1,00 \quad \text{ir} \quad Y_{N7} = 1,00.$$

Apkrovos pobūdžio koeficientas

$$K_A = 1,75.$$

Koeficientas, kuriuo įvertinamas kintamosios jėgos veikimas

$$Y_A = 1 - 0,15 (K_A - 1) = 1 - 0,15 (1,75 - 1) = 0,888.$$

Krumpliaračių leistinieji lenkimo įtempiai:

$$\sigma_{F adm 6} = \frac{\sigma_{F lim 6} Y_{N6} Y_A}{S_{F adm}} = \frac{740 \cdot 1,00 \cdot 0,888}{1,8} = 365 \text{ MPa};$$
$$\sigma_{F adm 7} = \frac{\sigma_{F lim 7} Y_{N7} Y_A}{S_{F adm}} = \frac{450 \cdot 1,00 \cdot 0,888}{1,8} = 222 \text{ MPa, imame } \sigma_{F adm 7} = 220 \text{ MPa}.$$

Projektiniai leistinieji lenkimo įtempiai:

$$\sigma_{F adm} = \min(\sigma_{F adm 6}; \sigma_{F adm 7}) = \min(365; 220) = 220 \text{ MPa}.$$

**Tarpašinio atstumo nustatymas.** Pločio koeficientai:

$$\psi_{ba} = b_7 / a_w = 0,4;$$
$$\psi_{bd} = 0,5 \psi_{ba} (u_{67} + 1) = 0,5 \cdot 0,4 \cdot (3,6 + 1) = 0,920.$$

Apkrovos pasiskirstymo netolygumo, išilgai kontaktinės linijos, koeficientas

$$K_{H\beta} = 1 + 0,15 \psi_{bd}^{1,3} + \frac{TL - 5}{20} = 1 + 0,15 \cdot 0,920^{1,3} + \frac{9 - 5}{20} = 1,33.$$

Tarpašinis atstumas

$$a_w \geq 520 (u_{67} + 1) \sqrt[3]{\frac{K_A K_{H\beta} T_7}{u_{67}^2 \psi_{ba} \sigma_{H adm}^2}} = 520 (3,6 + 1) \sqrt[3]{\frac{1,75 \cdot 1,33 \cdot 290}{3,6^2 \cdot 0,4 \cdot 1050^2}} = 117,4 \text{ mm, imame } a_w = 120,0 \text{ mm}.$$

**Modulio nustatymas.** Didžiojo krumpliaračio pradinis skersmuo

$$d_{w7} = \frac{2 a_w u_{67}}{u_{67} + 1} = \frac{2 \cdot 120 \cdot 3,6}{3,6 + 1} = 187,8 \text{ mm}.$$

Didžiojo krumpliaračio vainiko plotis

$$b_7 = \psi_{ba} a_w = 0,4 \cdot 120 = 48 \text{ mm, imame } b_7 = 50 \text{ mm}.$$

Modulis:

$$m_{n min} = \frac{2000 \cdot 5,8 K_A T_7}{d_{w7} b_7 \sigma_{F adm}} = \frac{2000 \cdot 5,8 \cdot 1,75 \cdot 290}{187,8 \cdot 50 \cdot 220} = 2,85 \text{ mm};$$

$$m_{n max} = \frac{d_{w7}}{17 u_{67}} = \frac{187,8}{17 \cdot 3,6} = 3,07 \text{ mm};$$

$$m_{n min} \leq m_n \leq m_{n max} \quad (2,85 \leq m_n \leq 3,07), \quad \text{imame } m_n = 3,0 \text{ mm}.$$

**Įstrižumo kampas**

$$\beta_{min} = \arcsin \frac{4 m_n}{b_7} = \arcsin \frac{4 \cdot 3,0}{50} = 13,88654^\circ, \quad \text{imame } \beta = 15^\circ.$$

**Krumplių skaičiai.** Suminis krumplių skaičius

$$z_\Sigma = \frac{2 a_w \cos \beta_{min}}{m_n} = \frac{2 \cdot 120 \cdot \cos 15^\circ}{3,0} = 77,3, \quad \text{imame } z_\Sigma = 77.$$

Mažojo krumpliaračio krumplių skaičius

$$z_6 = \frac{z_\Sigma}{u_{67} + 1} = \frac{77}{3,6 + 1} = 16,7, \quad \text{imame } z_6 = 17.$$

Tikriname, ar tenkinama sąlyga  $z_7 \geq z_{7 min}$ :

$$z_{7 min} = 17 \cos^3 \beta = 17 (\cos 15,74055^\circ)^3 = 15,1, \quad \text{imame } z_{7 min} = 15; \quad 17 \geq 15 - \text{sąlyga tenkinama}.$$

Kadangi  $z_6 \geq z_{6 min}$ , tai krumpliaračių perstūmos koeficientai

$$x_6 = x_7 = 0,0.$$

			KTU PI	ME2.KCP-01.00.AR	Lapas
					2
Keit.	Dokum. Nr.	Data			

Didžiojo krumpliaračio krumplių skaičius

$$z_7 = z_z - z_6 = 77 - 17 = 60.$$

Tikrasis perdavos perdavimo skaičius

$$u_{67T} = \frac{z_7}{z_6} = \frac{60}{17} = 3,53.$$

Nukrypimas nuo pradinės perdavimo skaičiaus vertės:

$$\Delta u = \left| \frac{u_{67T} - u_{67}}{u_{67}} \right| 100\% = \left| \frac{3,53 - 3,6}{3,6} \right| 100\% = 1,96\% \leq 3\%.$$

Pagrindiniai geometriniai parametrai. Tangentiniai kabinimosi kampai:

$$\alpha_t = \arctg\left(\frac{\operatorname{tg}\alpha}{\cos\beta}\right) = \arctg\left(\frac{\operatorname{tg}20^\circ}{\cos 15,74055^\circ}\right) = 20,71416^\circ;$$
$$\alpha_{wt} = \alpha_t = 20,71416^\circ \quad (\text{nes } x_6 = x_7 = 0,0).$$

Patiksliname krumplių įstrižumo kampą

$$\beta = \arccos\left(\frac{(z_7 + z_6)m_n \cdot \cos\alpha_t}{2a_w \cos\alpha_{wt}}\right) = \arccos\left(\frac{(z_7 + z_6)m_n}{2a_w}\right) = \arccos\left(\frac{(60 + 17) \cdot 3,0}{2 \cdot 120}\right) = 15,74055^\circ.$$

Tarpašinis atstumas

$$a_w = \frac{m_n(z_7 + z_6)}{2 \cos\beta} \cdot \frac{\cos\alpha_t}{\cos\alpha_{wt}} = \frac{m_n(z_7 + z_6)}{2 \cos\beta} = \frac{3,0(60 + 17)}{2 \cdot \cos 15,74055^\circ} = 120,0 \text{ mm}.$$

Išlyginamasis perstūmos koeficientas

$$\Delta y = x_7 + x_6 - \frac{z_7 + z_6}{2 \cos\beta} \left( \frac{\cos\alpha_t}{\cos\alpha_{wt}} - 1 \right) = x_7 + x_6 = 0,0 + 0,0 = 0,00.$$

Krumplio galvutės aukščio, radialinio tarpelio ir krumplio kamieno aukščio koeficientai:

$$h_a^* = 1,00; \quad c^* = 0,25; \quad h_f^* = h_a^* + c^* = 1,00 + 0,25 = 1,25.$$

Pradiniai skersmenys:

$$d_{w6} = \frac{2a_w}{u_{67T} + 1} = \frac{2 \cdot 120,0}{3,53 + 1} = 52,99 \text{ mm};$$

$$d_{w7} = u_{67T} d_{w6} = 3,53 \cdot 52,99 = 187,0 \text{ mm}.$$

Dalijamieji skersmenys:

$$d_6 = \frac{z_6 m_n}{\cos\beta} = \frac{17 \cdot 3,0}{\cos 15,74055^\circ} = 52,99 \text{ mm};$$

$$d_7 = 2a_w - d_6 = 2 \cdot 120,0 - 52,99 = 187,0 \text{ mm}.$$

Pašaknų skersmenys:

$$d_{f6} = d_6 - 2m_n(h_f^* - x_6) = 52,99 - 2 \cdot 3,0 \cdot (1,25 - 0,0) = 45,49 \text{ mm};$$

$$d_{f7} = d_7 - 2m_n(h_f^* - x_7) = 187,0 - 2 \cdot 3,0 \cdot (1,25 - 0,0) = 179,5 \text{ mm}.$$

Viršūnių skersmenys:

$$d_{a6} = d_6 + 2m_n(h_a^* + x_6 - \Delta y) = 52,99 + 2 \cdot 3,0 \cdot (1,0 + 0,0 - 0,0) = 58,99 \text{ mm};$$

$$d_{a7} = d_7 + 2m_n(h_a^* + x_7 - \Delta y) = 187,0 + 2 \cdot 3,0 \cdot (1,0 + 0,0 - 0,0) = 193,0 \text{ mm}.$$

Mažojo krumpliaračio vainiko plotis

$$b_6 = b_7 + (2 \dots 6) = 50 + (2 \dots 6) = 52 \dots 56 \text{ mm}, \quad \text{imame } b_6 = 55 \text{ mm}.$$

Perdavos tikslumo laipsnis. Krumpliaračių apskritiminių greitis

$$v = \frac{\pi d_{w6} n_6}{60000} = \frac{\pi \cdot 52,99 \cdot 234}{60000} = 0,649 \text{ m/s}.$$

Perdavos tikslumo laipsnis – 9:  $R_a = 2,5 \mu\text{m}$  ( $R_{a \min} = 1,6 \mu\text{m}$  ir  $R_{a \max} = 6,3 \mu\text{m}$ ) ir  $K_1 = 47,0$ .

			KTU PI	ME2.KCP-01.00.AR	Lapas
					3
Keit.	Dokum. Nr.	Data			

**Jėginiai parametrai.** Apskritiminė jėga

$$F_t = F_{t6} = F_{t7} = \frac{2000 T_6}{d_{w6}} = \frac{2000 \cdot 83,0}{52,99} = 3130 \text{ N.}$$

Kadangi  $\alpha_{wt} = \alpha_t$ , tai krumplių įstrižumo kampas ant pradinio apskritimo  $\beta_w = \beta = 15,74055^\circ$ .

Radialinė jėga

$$F_r = F_{r6} = F_{r7} = \frac{F_t \operatorname{tg} \alpha_{wt}}{\cos \beta_w} = \frac{3130 \cdot \operatorname{tg} 20,71416^\circ}{\cos 15,74055^\circ} = 1230 \text{ N.}$$

Ašinė jėga

$$F_a = F_{a6} = F_{a7} = F_t \operatorname{tg} \beta_w = 3130 \cdot \operatorname{tg} 15,74055^\circ = 882 \text{ N.}$$

**Leistinių kontaktinių įtempių patikslinimas.** Vidutinė kontaktinio patvarumo riba:

$$\sigma_{H \text{ lim } m} = 0,5 (\sigma_{H \text{ lim } 6} + \sigma_{H \text{ lim } 7}) = 0,5 (1290 + 1140) = 1215 \text{ MPa.}$$

Rekomenduojamas tepalo kinematinis klampis:

$$u_{40} \approx \frac{0,45 \sigma_{H \text{ lim } m}}{0,8 + v^{0,6}} = \frac{0,45 \cdot 1215}{0,8 + 0,649^{0,6}} = 348 \text{ mm}^2/\text{s.}$$

Koeficientas, kuriuo įvertinama tepimo įtaka:

$$C_{ZL} = 0,91;$$

$$Z_L = C_{ZL} + \frac{4(1,0 - C_{ZL})}{(1,2 + 80/u_{40})^2} = 0,91 + \frac{4(1,0 - 0,91)}{(1,2 + 80/348)^2} = 1,09.$$

Koeficientas, kuriuo įvertinamas apskritiminis greitis:

$$C_{Zv} = C_{ZL} + 0,02 = 0,91 + 0,02 = 0,93;$$

$$Z_v = C_{Zv} + \frac{2(1,0 - C_{Zv})}{\sqrt{0,8 + 32/v}} = 0,93 + \frac{2(1,0 - 0,93)}{\sqrt{0,8 + 32/0,649}} = 0,950.$$

Koeficientas, kuriuo įvertinamas krumplių paviršiaus šiurkštumas:

$$C_{ZR} = 0,08; \text{ (laikome, kad krumplių paviršiaus šiurkštumas bus } R_a = 2,5 \mu\text{m);}$$

$$Z_R = \left( \frac{1}{2R_a} \right)^{C_{ZR}} = \left( \frac{1}{2 \cdot 2,5} \right)^{0,08} = 0,879.$$

Koeficientas, kuriuo įvertinama krumplių dydžio įtaka kontaktiniam stiprumui:

$$Z_X = 1,05 - 0,005 m_n = 1,05 - 0,005 \cdot 3,0 = 1,04;$$

$$Z_X = \max(0,9; \min(1,0; 1,04)) = 1,00.$$

Patikslinti leistinieji kontaktiniai įtempiai:

$$\sigma_{H \text{ adm } 6} = \frac{\sigma_{H \text{ lim } 6} Z_{N6}}{S_{H \text{ adm}}} Z_L Z_v Z_R Z_X = \frac{1290 \cdot 0,987}{1,2} \cdot 1,09 \cdot 0,950 \cdot 0,879 \cdot 1,00 = 962 \text{ MPa, imame } \sigma_{H \text{ adm } 6} = 960 \text{ MPa;}$$

$$\sigma_{H \text{ adm } 7} = \frac{\sigma_{H \text{ lim } 7} Z_{N7}}{S_{H \text{ adm}}} Z_L Z_v Z_R Z_X = \frac{1140 \cdot 1,11}{1,2} \cdot 1,09 \cdot 0,950 \cdot 0,879 \cdot 1,00 = 955 \text{ MPa.}$$

**Kontaktinio patvarumo skaičiavimas.** Perdavos krumpliaraičių medžiagų mechaninių charakteristikų koeficientas

$Z_E = 190 \sqrt{\text{MPa}}$ . Krumpliaraičių krumplių formos koeficientas

$$Z_H = 2,495 \cos(0,67 \beta) = 2,495 \cos(0,67 \cdot 15,74055^\circ) = 2,45.$$

Ašinis krumplių persidengimo koeficientas

$$\varepsilon_\beta = \frac{b_7 \sin \beta}{\pi m_n} = \frac{50 \cdot \sin 15,74055^\circ}{\pi \cdot 3,0} = 1,44.$$

Skersins krumplių persidengimo laipsnis

$$\varepsilon_\alpha \approx \cos \beta \left[ 1,88 - 3,20 (z_6^{-1} + z_7^{-1}) \right] = \cos 15,74055^\circ \left[ 1,88 - 3,20 (17^{-1} + 60^{-1}) \right] = 1,58.$$

Suminis kontaktinės linijos ilgio koeficientas

$$Z_\varepsilon = \sqrt{\frac{1}{\varepsilon_\alpha}} = \sqrt{\frac{1}{1,58}} = 0,796.$$

			KTU PI	ME2.KCP-01.00.AR	Lapas
Keit.	Dokum. Nr.	Data			4

Krumplių įstrižumo kampo koeficientas

$$Z_{\beta} = \sqrt{\cos \beta} = \sqrt{\cos 15,74055^{\circ}} = 0,981.$$

Linijinė aprova

$$w_t = \max\left(100; \frac{K_A F_t}{b_7}\right) = \max\left(100; \frac{1,75 \cdot 3 \cdot 130}{50}\right) = \max(100; 109,6) = 109,6 \text{ N/mm}.$$

Dinaminės aprovos koeficientas

$$K_V = 1 + \left(\frac{K_1}{w_t} + 0,0087\right) \frac{Z_6 v}{100} \sqrt{\frac{u_{67T}^2}{1 + u_{67T}^2}} = 1 + \left(\frac{47,0}{109,6} + 0,0087\right) \cdot \frac{17 \cdot 0,65}{100} \sqrt{\frac{3,53^2}{1 + 3,53^2}} = 1,05.$$

Vidutinis kietumas HB vienetais

$$H_{HBm} = 0,5 (H_{HB6} + H_{HB7}) = 0,5 (579 + 565) = 572 \text{ HB}.$$

Koeficientas, kuriuo įvertinamas aprovos pasiskirstymo netolygumas tarp krumplių:

$$\beta_b = \arcsin(\sin \beta \cdot \cos \alpha) = \arcsin(\sin 15,74055^{\circ} \cdot \cos 20^{\circ}) = 14,76893^{\circ};$$

$$K_{H\alpha} = \max\left(1,4; \frac{\varepsilon_{\alpha}}{\cos^2 \beta_b}\right) = \max\left(1,4; \frac{1,58}{\cos^2 14,76893^{\circ}}\right) = \max(1,4; 1,69) = 1,69.$$

Pločio koeficientas

$$\psi_{bd} = \frac{b_7}{d_{w6}} = \frac{50}{52,99} = 0,944.$$

Aprovos pasiskirstymo netolygumo, išilgai kontaktinės linijos, koeficientas

$$K_{H\beta} = 1 + 0,15 \psi_{bd}^{1,3} + \frac{TL - 5}{20} = 1 + 0,15 \cdot 0,944^{1,3} + \frac{9 - 5}{20} = 1,34.$$

Kontaktiniai įtempiai

$$\sigma_H = Z_E Z_H Z_{\varepsilon} Z_{\beta} \sqrt{\frac{K_A K_V K_{H\alpha} K_{H\beta} F_t (u_{67T} + 1)}{b_7 d_{w7}}} =$$

$$= 190 \cdot 2,45 \cdot 0,796 \cdot 0,981 \cdot \sqrt{\frac{1,75 \cdot 1,05 \cdot 1,69 \cdot 1,34 \cdot 3 \cdot 130 (3,53 + 1)}{50 \cdot 187,0}} = 913 \text{ MPa} \leq 955 \text{ MPa}.$$

**Leistinių įtempimų patikslinimas.** Koeficientas, kuriuo įvertinamas medžiagos jautrumas įtempimų koncentracijai

$$Y_{\delta} = 1 + 0,001 [0,5 (H_{HVm6} + H_{HVm7}) - 500] = 1 + 0,001 [0,5 (615 + 600) - 500] = 1,11.$$

Koeficientas, kuriuo įvertinama krumplių dydžio įtaka stiprumui lenkiant

$$Y_X = 1,05 - 0,01 m_n = 1,05 - 0,01 \cdot 3,0 = 1,02;$$

$$Y_X = \max(0,75; \min(1,00; 1,02)) = 1,00.$$

Koeficientas, kuriuo įvertinama krumplių pašaknų paviršiaus kokybė

$$Y_R = \min[1,00; 0,85 + 0,025 (11 - TL)] = \min[1,00; 0,85 + 0,025 (11 - 9)] = \min(1,00; 0,900) = 0,900.$$

Patikslinti leistinieji lenkimo įtempiai:

$$\sigma_{F adm6} = \frac{\sigma_{F lim6} Y_{N6} Y_A}{S_{F adm}} Y_{\delta} Y_X Y_R = \frac{700 \cdot 1,00 \cdot 0,888}{1,8} \cdot 1,11 \cdot 1,00 \cdot 0,900 = 364 \text{ MPa, imame } \sigma_{F adm6} = 365 \text{ MPa};$$

$$\sigma_{F adm7} = \frac{\sigma_{F lim7} Y_{N7} Y_A}{S_{F adm}} Y_{\delta} Y_X Y_R = \frac{530 \cdot 1,00 \cdot 0,888}{1,8} \cdot 1,11 \cdot 1,00 \cdot 0,900 = 221 \text{ MPa, imame } \sigma_{F adm7} = 220 \text{ MPa}.$$

**Patvarumo lenkimui skaičiavimas.** Ekvivalentiniai krumplių skaičiai:

$$Z_{v6} = \frac{Z_6}{\cos \beta \cos^2 \beta_b} = \frac{17}{\cos 15,74055^{\circ} \cdot \cos^2 14,76893^{\circ}} = 18,9;$$

$$Z_{v7} = \frac{Z_7}{\cos \beta \cos^2 \beta_b} = \frac{60}{\cos 15,74055^{\circ} \cdot \cos^2 14,76893^{\circ}} = 66,7.$$

			KTU PI	ME2.KCP-01.00.AR	Lapas
Keit.	Dokum. Nr.	Data			5

Koeficientai, kuriais įvertinama krumplių forma ir įtempių koncentracija:

$$Y_{Fs6} = 3,47 + \frac{13,2}{z_{v6}} - 29,7 \frac{x_6}{z_{v6}} + 0,092 x_6^2 = 3,47 + \frac{13,2}{18,9} - 29,7 \frac{0,00}{18,9} + 0,092 \cdot 0,00^2 = 4,17;$$

$$Y_{Fs7} = 3,47 + \frac{13,2}{z_{v7}} - 29,7 \frac{x_7}{z_{v7}} + 0,092 x_7^2 = 3,47 + \frac{13,2}{66,7} - 29,7 \frac{0,00}{66,7} + 0,092 \cdot 0,00^2 = 3,67.$$

Krumplių įstrižumo kampo koeficientas

$$Y_\beta = 1 - \varepsilon_\beta \frac{\beta^\circ}{120^\circ} = 1 - 1,44 \frac{15,74055^\circ}{120^\circ} = 0,811.$$

Krumplių persidengimo koeficientas

$$Y_\varepsilon = 0,25 + \frac{0,75 \cos^2 \beta_b}{\varepsilon_\alpha} = 0,25 + \frac{0,75 \cdot \cos^2 14,76893^\circ}{1,58} = 0,680.$$

Koeficientas, kuriuo įvertinamas apkrovos pasiskirstymo netolygumas tarp krumplių

$$K_{F\alpha} = \max\left(1,4; \frac{\varepsilon_\alpha}{\cos^2 \beta_b}\right) = \max\left(1,4; \frac{1,58}{\cos^2 14,76893^\circ}\right) = \max(1,4; 1,69) = 1,69.$$

Apkrovos pasiskirstymo netolygumo išilgai kontaktinės linijos koeficientas:

$$b_h = \max\left(3,00; \frac{0,5 b_7}{m_n}\right) = \max\left(3,00; \frac{0,5 \cdot 50}{3,0}\right) = \max(3,00; 8,33) = 8,33;$$

$$n_F = \frac{b_h^2}{1 + b_h + b_h^2} = \frac{8,33^2}{1 + 8,33 + 8,33^2} = 0,882;$$

$$K_{F\beta} = K_{H\beta}^{n_F} = 1,34^{0,882} = 1,29.$$

Skaičiuojamieji didžiojo krumpliaračio lenkimo įtempiai

$$\sigma_{F7} = Y_{Fs7} Y_\beta Y_\varepsilon \frac{K_A K_V K_{F\alpha} K_{F\beta} F_t}{b_7 m_n} = 3,67 \cdot 0,811 \cdot 0,680 \cdot \frac{1,75 \cdot 1,05 \cdot 1,69 \cdot 1,29 \cdot 3 \cdot 130}{50 \cdot 3,0} = 169 \text{ MPa} \leq 220 \text{ MPa}.$$

Skaičiuojamieji mažojo krumpliaračio lenkimo įtempiai

$$\sigma_{F6} = \sigma_{F7} \frac{Y_{Fs6}}{Y_{Fs7}} = 169 \frac{4,17}{3,67} = 192 \text{ MPa} \leq 365 \text{ MPa}.$$

**Kontaktinio ir lenkimo stiprumo skaičiavimas.** Didžiausi leistinieji kontaktiniai įtempiai:

$$H_{HRCm6} = 115 - \frac{1470}{\sqrt{H_{HVm6}}} = 115 - \frac{1470}{\sqrt{615}} = 56 \text{ HRC};$$

$$H_{HRCm7} = 115 - \frac{1470}{\sqrt{H_{HVm7}}} = 115 - \frac{1470}{\sqrt{600}} = 55 \text{ HRC};$$

$$\sigma_{H adm max 6} = 44 H_{HRCm6} = 44 \cdot 56 = 2464 \text{ MPa, imame } \sigma_{H adm max 6} = 2460 \text{ MPa};$$

$$\sigma_{H adm max 7} = 44 H_{HRCm7} = 44 \cdot 55 = 2420 \text{ MPa};$$

$$\sigma_{H adm max} = \min(\sigma_{H adm max 6}; \sigma_{H adm max 7}) = \min(2460; 2420) = 2420 \text{ MPa}.$$

Didžiausi leistinieji lenkimo įtempiai:

$$\sigma_{F adm max 6} = 0,6 \sigma_{ut6} = 0,6 \cdot 1570 = 942 \text{ MPa, imame } \sigma_{F adm max 6} = 940 \text{ MPa};$$

$$\sigma_{F adm max 7} = 0,6 \sigma_{ut7} = 0,6 \cdot 790 = 474 \text{ MPa, imame } \sigma_{F adm max 7} = 475 \text{ MPa}.$$

Didžiausi kontaktiniai įtempiai

$$\sigma_{H max} = \sigma_H \sqrt{K_{per}} = 913 \sqrt{2,1} = 1323 \text{ MPa} \leq 2420 \text{ MPa}.$$

Didžiausi lenkimo įtempiai:

$$\sigma_{F max 6} = \sigma_{F6} K_{per} = 192 \cdot 2,1 = 403 \text{ MPa} \leq 940 \text{ MPa};$$

$$\sigma_{F max 7} = \sigma_{F7} K_{per} = 169 \cdot 2,1 = 355 \text{ MPa} \leq 475 \text{ MPa}.$$

			KTU PI	ME2.KCP-01.00.AR	Lapas
Keit.	Dokum. Nr.	Data			