

10. Exemple de calcul pentru rulmenți

Exemplul nr. 1

Condiții de lucru

- Mișcare oscilatorie cu amplitudinea unghiulară $\gamma = 15^\circ$,
- Sarcina radială constantă: 5 kN.

Problema de rezolvat

Să se aleagă rulmentul radial cu bile pe un rând cu lățimea cea mai mică care să satisfacă economic condiția unei durate de funcționare de 10 000 cicluri.

Soluția

La pagina 23 se găsește înscrisă relația:

$$L_{10osc} = \frac{180^\circ}{2\gamma} L_{10}$$

Cu ajutorul ei se determină durabilitatea pe care trebuie să o aibă rulmentul ales cu condiția rotirii complete:

$$L_{10} = \frac{2\gamma}{180} L_{10osc}$$

$$C_r = P_r \sqrt[3]{L_{10}} = P_r \sqrt[3]{\frac{2\gamma}{180} L_{10osc}} = 5 \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 15}{180} 10 \cdot 10^3} = 59,3 \text{ kN.}$$

În tabelul cu rulmenți pag. 133, se găsește rulmentul 6310 cu $C_r = 61,8 \text{ kN}$ și $d = 50 \text{ mm}$, $D = 110 \text{ mm}$, $B = 27 \text{ mm}$.

Exemplul nr. 2

Condiții de lucru

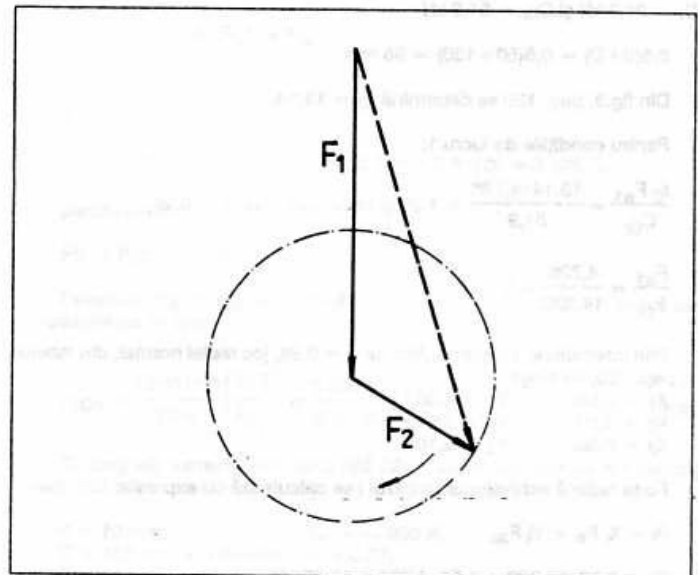
- Mișcare circulară sub sarcină radială care are o componentă constantă ca mărime și direcție $F_1 = 25 \text{ kN}$ și o componentă variabilă ca direcție și constantă ca mărime $F_2 = 10 \text{ kN}$. Componentele F_1 și F_2 sunt în același plan (vezi figura alăturată).
- Componenta F_2 se rotește cu $n = 3000 \text{ rot/min}$.
- Ungere cu ulei.

Problema de rezolvat

Să se aleagă un rulment radial cu role cilindrice pe un rând tip NU, cu diametrul exterior sub 220 mm, care să realizeze o durabilitate $L_{10h} = 20000 \text{ ore}$.

Soluția

Se calculează:



$$k = \frac{F_1}{F_1 + F_2} = \frac{25}{25 + 10} = 0,7$$

din fig. 5, pag. 25, lui $k = 0,7$ îi corespunde $f_m = 0,79$

Se calculează sarcina medie:

$$F_m = f_m(F_1 + F_2) = 0,79 \cdot 35 = 27,65 \text{ kN}$$

Utilizăm formula:

$$L_{10h} = \frac{16666}{n} (C/P)^p, \quad p = 10/3 \text{ pentru rulmenți radial cu role.}$$

$$C = P \sqrt[10/3]{\frac{n L_{10h}}{16666}} = 27,65 \sqrt[10/3]{\frac{3000 \cdot 20000}{16666}} = 322,54 \text{ kN}$$

Din tabelul cu rulmenți, pag. 244, se alege tipodimensiunea NU 420 sau de la pag. 246 NU 2224 MA.

Exemplul nr. 3

Condiții de lucru

Un rulment radial cu bile pe un rând, tipodimensiunea 6312, montat în cutia de viteze a unui autovehicul urmează să funcționeze în următoarele condiții:

Condiții de lucru	1	2	3
Fracția de timp de funcționare în condițiile i și q _i	0,2	0,3	0,5
Turația n (min ⁻¹)	400	800	1000
Sarcina radială F _{ri} (kN)	14,32	7,613	3,57
Sarcina axială F _{ai} (kN)	4,76	2,36	1,18

Problema de rezolvat

Care va fi durata de funcționare în ore (L_{10h}) a acestui rulment?

Soluția

În tabelul de la pag. 134, corespunzător rulmentului 6312 se găsește C_r = 81,8 kN și C_{0r} = 51,9 kN

$$0,5(d+D) = 0,5(60+130) = 95 \text{ mm}$$

Din fig. 3, pag. 120 se determină f₀ = 13,14.

Pentru condițiile de lucru 1:

$$\frac{f_0 F_{a1}}{C_{0r}} = \frac{13,14 \cdot 4,726}{51,9} = 1,20 \text{ și corespunde cu } e = 0,28,$$

$$\frac{F_{a1}}{F_{r1}} = \frac{4,726}{14,320} = 0,33 > e.$$

Prin interpolare, corespunzător lui e = 0,28, joc radial normal, din tabelul 4, pag. 120, se alege:

$$\begin{aligned} X_1 &= 0,56, & Y_1 &= 1,56, \\ X_2 &= 0,56, & Y_2 &= 1,81, \\ X_3 &= 0,56, & Y_3 &= 2,10. \end{aligned}$$

Forța radială echivalentă în cazul i se calculează cu expresia:

$$P_i = X_i F_{ri} + Y_i F_{ai}.$$

$$P_1 = 0,56 \cdot 14,320 + 1,56 \cdot 4,726 = 15,39 \text{ kN},$$

$$P_2 = 0,56 \cdot 7,613 + 1,81 \cdot 2,360 = 8,53 \text{ kN},$$

$$P_3 = 0,56 \cdot 3,57 + 2,10 \cdot 1,18 = 4,48 \text{ kN}.$$

Numărul de rotații N_i efectuate de rulment sub sarcina constantă F_i este:

$$N_i = n_i q_i L_{10h}; \quad n_m = \sum_{i=1}^n n_i q_i$$

Numărul total de rotații efectuate de rulment se calculează cu expresia:

$$N = \sum_{i=1}^n N_i = L_{10h} \sum_{i=1}^n n_i q_i$$

Pentru calculul sarcinii medii dinamice echivalente se utilizează expresia de la pag. 25

$$\begin{aligned} P_m &= \sqrt[3]{\frac{P_1^3 n_1 q_1 + P_2^3 n_2 q_2 + P_3^3 n_3 q_3}{n_1 q_1 + n_2 q_2 + n_3 q_3}} = \\ &= \sqrt[3]{\frac{P_1^3 n_1 q_1 L_{10h} + P_2^3 n_2 q_2 L_{10h} + P_3^3 n_3 q_3 L_{10h}}{n_1 q_1 L_{10h} + n_2 q_2 L_{10h} + n_3 q_3 L_{10h}}} = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \sqrt[3]{\frac{P_1^3 n_1 q_1 + P_2^3 n_2 q_2 + P_3^3 n_3 q_3}{n_1 q_1 + n_2 q_2 + n_3 q_3}} = \\ &= \sqrt[3]{\frac{15,39^3 \cdot 400 \cdot 0,2 + 8,53^3 \cdot 800 \cdot 0,3 + 4,48^3 \cdot 1000 \cdot 0,5}{400 \cdot 0,2 + 800 \cdot 0,3 + 1000 \cdot 0,5}} = 8,39 \text{ kN} \end{aligned}$$

Pentru calculul durabilității nominale se utilizează expresia L_{10h} de la pag. 19, respectiv:

$$L_{10h} = \frac{1\,000\,000}{60 n} \left(\frac{C}{P} \right)^3$$

$$L_{10h} = 20\,437 \text{ ore}$$

Exemplul nr. 4

Condiții de lucru

Pentru inversorul din figura alăturată se cunosc următoarele date:

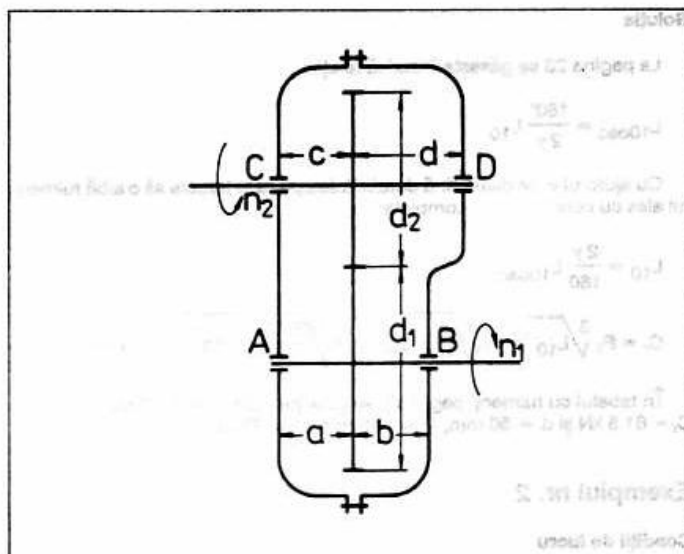
Puterea de intrare: N = 97 kW,
Turația arborelui de intrare: n₁ = 1 000 rot/min,
Asupra arborelui de ieșire acționează, cu intermitență, pe o durată de 5% din timpul de funcționare, o forță axială:
Timp de funcționare:
Detalii constructive:

F_a = 4 kN,
L_{10h} = 10 000 ore,
a = b = c = 38 mm,
d = 52 mm,
d₁ = 172 mm,
d₂ = 148 mm.

Ungea în baie de ulei

Problema de rezolvat

Să se stabilească tipodimensiunea de rulment corespunzătoare pentru fiecare din nodurile cu rulmenți (A, B, C, D) ale reductorului inversor.



Soluția

Turația arborelui de ieșire:

$$n_2 = \frac{n_1 d_1}{d_2} = \frac{1\,000 \cdot 172}{148} = 1\,162 \text{ rot/min}$$

Momentul de intrare este:

$$M = \frac{9,74 \text{ N}}{n_1} = \frac{9,74 \cdot 97}{1\,000} = 0,94 \text{ kN m}$$

Forța tangențială pe roțile 1 și 2:

$$T = \frac{M}{0,5 d_1} = \frac{0,94}{0,5 \cdot 172 \cdot 10^{-3}} = 10,93 \text{ kN}$$

Forța de respingere dintre roțile 1 și 2:

$$R = T \operatorname{tg} \alpha = 10,93 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 3,97 \text{ kN}$$

Forța de încărcare a arborilor 1, 2:

$$F = \sqrt{T^2 + R^2} = \sqrt{10,93^2 + 3,97^2} = 11,63 \text{ kN}$$

Forțele de încărcare a nodurilor cu rulmenții:

$$F_{rA} = F_{rB} = \frac{F}{2} = \frac{11,63}{2} = 5,82 \text{ kN}$$

$$F_{rC} = \frac{F d}{c+d} = \frac{11,63 \cdot 52}{38+52} = 6,72 \text{ kN}$$

$$F_{rD} = \frac{F c}{c+d} = \frac{11,63 \cdot 38}{38+52} = 4,91 \text{ kN}$$

Rulmenți radiali cu role în toate nodurile, deci:

$$P = F_r$$

Sarcinile dinamice radiale minime necesare rulmenților din nodurile A, B, C, D se calculează cu expresia de la pag. 19

$$C_{rA} = C_{rB} = 5,82 \cdot \sqrt[10]{\frac{60 \cdot 10\,000 \cdot 1\,000}{10^6}} = 39,66 \text{ kN}$$

$$C_{rC} = 6,72 \cdot \sqrt[10]{\frac{60 \cdot 10\,000 \cdot 1\,162}{10^6}} = 47,91 \text{ kN}$$

$$C_{rD} = 4,91 \cdot \sqrt[10]{\frac{60 \cdot 10\,000 \cdot 1\,162}{10^6}} = 35 \text{ kN}$$

Pentru nodurile A, B și C se poate folosi tipodimensiunea NJ207E cu $C_r = 49,9 \text{ kN}$, $C_{0r} = 49,7 \text{ kN}$.

Pentru nodul D se poate folosi tipodimensiunea NJ206E cu $C_r = 39,7 \text{ kN}$, $C_{0r} = 37,9 \text{ kN}$.

Sarcinile axiale maxime admise de rulmenții NJ207E, respectiv NJ206E, se calculează cu formula:

$$F_{ap} = \frac{K_1 C_{0r} 10^4}{n(d+D)} + K_2 F_r$$

Alegem din tabelul 5, pag. 229, $K_1 = 1,5$ și $K_2 = 0,15$.

$$F_{apC} = \frac{1,5 \cdot 49,7 \cdot 10^4}{1\,162(35+72)} - 0,15 \cdot 6,72 = 4,98 \text{ kN}$$

$$F_{apD} = \frac{1,5 \cdot 37,9 \cdot 10^4}{1\,162(35+72)} - 0,15 \cdot 4,91 = 3,83 \text{ kN}$$

Se observă că $F_{apD} < F_a$. Pentru rezolvarea corectă a problemei se va utiliza și în nodul D același rulment NJ207E.

Exemplul nr. 5

Condiții de lucru

Sarcinile din lagăre:

$$\begin{aligned} F_{rA} &= 2\,100 \text{ N}, \\ F_{rB} &= 3\,200 \text{ N}, \\ F_a &= 400 \text{ N}. \end{aligned}$$

Deformația unghiulară în lagăre: $\varphi_A = \varphi_B = 2^\circ$

Diametrele arborilor: $d_A = d_B = 70 \text{ mm}$

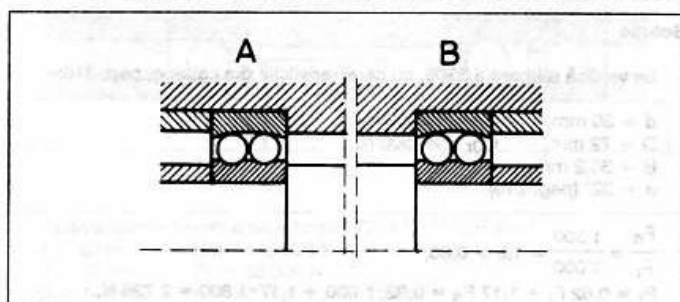
Diametrele maxime ale carcaselor: $D_{Amax} = D_{Bmax} = 140 \text{ mm}$

Turația arborelui: $n = 1\,400 \text{ rot/min}$

Durabilitatea necesară: $L_{10h} = 20\,000 \text{ h}$

Problema de rezolvat

Să se aleagă și să se verifice rulmenții, pentru montajul din figura alăturată:



Soluția

Datorită deformațiilor unghiulare mari în lagăre, se aleg rulmenți oscilanți cu bile, din seria îngustă 1214, cu caracteristicile din catalog, pag. 183:

$$\begin{aligned} d &= 70 \text{ mm}, & C_r &= 34\,600 \text{ N}, \\ D &= 125 \text{ mm} < 140, & e &= 0,18, \\ B &= 24 \text{ mm}, & Y_1 &= 3,5, \\ & & Y_2 &= 5,4. \end{aligned}$$

Se calculează sarcina echivalentă pentru fiecare rulment:

pentru lagărul A: $F_{aA} = F_a$.

$$\frac{F_{aA}}{F_{rA}} = \frac{460}{2\,100} = 0,19 > e.$$

$$P_A = 0,65 F_{rA} + Y_2 F_{aA} = 0,65 \cdot 2\,100 + 5,4 \cdot 400 = 3\,525 \text{ N}.$$

pentru lagărul B: $P_{aB} = 0$,

$$P_B = F_{rB} = 3\,200 \text{ N}.$$

Deoarece $P_A > P_B$, se verifică rulmentul din lagărul A. Se calculează durabilitatea în ore:

$$L_{10h} = \frac{1\,000\,000}{60 n} \left(\frac{C_r}{P_A} \right)^3 = \frac{1\,000\,000}{60 \cdot 1\,400} \left(\frac{34\,600}{3\,525} \right)^3 = 11\,258 \text{ ore} < L_{10h}$$

Se aleg alți rulmenți, din seria lată 2214, cu caracteristicile din catalog, pag. 165.

$$\begin{aligned} d &= 70 \text{ mm}, & C_r &= 44\,200 \text{ N}, \\ D &= 125 \text{ mm} < 140 \text{ mm}, & e &= 0,27, \\ B &= 31 \text{ mm}, & Y_1 &= 2,3, \\ & & Y_2 &= 3,6. \end{aligned}$$

Se calculează sarcina echivalentă:

$$\text{pentru lagărul A: } \frac{F_{aA}}{F_{rA}} = 0,19 < e,$$

$$P_A = F_{rA} + Y_1 F_{aA} = 2\,100 + 2,3 \cdot 400 = 3\,020 \text{ N}.$$

pentru lagărul B: $F_{aB} = 0$,

$$P_B = F_{rB} = 3\,200 \text{ N}.$$

În acest caz, $P_B > P_A$, deci se verifică rulmentul din lagărul B:

$$L_{10h} = \frac{1\,000\,000}{60 \cdot 1\,400} \left(\frac{44\,200}{3\,200} \right)^3 = 31\,371 \text{ ore}.$$

Exemplul nr. 6

Condiții de lucru

Sarcinile din lagăre:

$$\begin{aligned} F_r &= 1\,000 \text{ N}, \\ F_a &= 1\,800 \text{ N}. \end{aligned}$$

Diametrul arborelui: $d = 30 \text{ mm}$

Turația arborelui: $n = 2\,500 \text{ rot/min}$

Durabilitatea necesară: $L_h = 15\,000 \text{ ore}$.

Problema de rezolvat

Să se verifice rulmentul radial-axial cu bile pe două rânduri, tip 3306.

Soluția

Se verifică rulmentul 3306, cu caracteristicile din catalog, pag. 218:

$$\begin{aligned} d &= 30 \text{ mm}, & C_r &= 38\,000 \text{ N}, \\ D &= 72 \text{ mm}, & C_{Or} &= 24\,500 \text{ N}, \\ B &= 30,2 \text{ mm}, \\ \alpha &= 32^\circ \text{ (pag. 215)}. \end{aligned}$$

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{1\,800}{1\,000} = 1,8 > 0,88,$$

$$P_r = 0,62 F_r + 1,17 F_a = 0,62 \cdot 1\,000 + 1,17 \cdot 1\,800 = 2\,726 \text{ N},$$

$$L_{10h} = \frac{1 \cdot 10^6 \left(\frac{C_r}{P_r} \right)^3}{60 n} = \frac{1 \cdot 10^6 \left(\frac{38\,000}{2\,726} \right)^3}{60 \cdot 2\,500} = 18\,058 \text{ ore} > 15\,000 \text{ ore}.$$

Exemplul nr. 7

Condiții de lucru

$$\begin{aligned} \text{Sarcinile din lagăre:} & & F_r &= 7\,900 \text{ N}, \\ & & F_a &= 7\,100 \text{ N}. \end{aligned}$$

$$\text{Diametrul arborelui: } d = 60 \text{ mm}$$

$$\text{Turația arborelui: } n = 4\,500 \text{ rot/min}$$

$$\text{Durabilitatea necesară: } L_{10h} = 6\,000 \text{ ore}$$

Exemplul nr. 8

Determinarea mărimii unei colivii cu ace și a adâncimii stratului de cementare pentru piesele conjugate, în cazul funcționării în următoarele condiții de lucru:

Fracțiunea de timp de utilizare	Turația rot/min	Sarcina radială F_r (N)
$m_1 = 0,2$	$n_1 = 300$	$F_{r1} = 16\,500$
$m_2 = 0,025$	$n_2 = 540$	$F_{r2} = 12\,000$
$m_3 = 0,015$	$n_3 = 700$	$F_{r3} = 9\,000$
$m_4 = 0,76$	$n_4 = 1\,200$	$F_{r4} = 6\,000$

$$\text{Diametrul arborelui: } d_{a \text{ min}} = 57 \text{ mm}$$

$$\text{Material: Oțel de cementare 13CrNi35X}$$

$$\text{Duritate: 60-62 HRC}$$

Problema de rezolvat

Să se aleagă colivia cu ace, astfel ca durata de funcționare a lagărului să fie $L_{10h} = 8\,000$ ore.

Soluția

Se calculează sarcina radială echivalentă (vezi pag. 24):

$$\begin{aligned} F_{re} &= \sqrt[10/3]{\frac{m_1 n_1 F_{r1}^{10/3} + m_2 n_2 F_{r2}^{10/3} + m_3 n_3 F_{r3}^{10/3} + m_4 n_4 F_{r4}^{10/3}}{m_1 n_1 + m_2 n_2 + m_3 n_3 + m_4 n_4}} = \\ &= \sqrt[10/3]{\frac{0,2 \cdot 300 \cdot 16\,500^{10/3} + 0,025 \cdot 540 \cdot 12\,000^{10/3} + 0,015 \cdot 720 \cdot 9\,000^{10/3} + 0,76 \cdot 1\,200 \cdot 6\,000^{10/3}}{0,2 \cdot 300 + 0,025 \cdot 540 + 0,015 \cdot 720 + 0,76 \cdot 1\,200}} = 8\,214 \text{ N} \end{aligned}$$

Turația medie echivalentă:

$$n_e = m_1 n_1 + m_2 n_2 + m_3 n_3 + m_4 n_4 = 0,2 \cdot 300 + 0,025 \cdot 540 + 0,015 \cdot 720 + 0,76 \cdot 1\,200 = 996 \text{ rot/min},$$

$$L_{10} = \frac{60 \cdot L_{10h} \cdot n_e}{10^6} = \frac{60 \cdot 8\,000 \cdot 996}{10^6} = 478 \text{ mil. rotații}$$

Capacitatea dinamică necesară:

$$C_r = F_{re} \sqrt[10/3]{L_{10}} = 8\,214 \sqrt[10/3]{478} = 52\,286 \text{ N}$$

Din tabelele cu rulmenți, pag. 310, se alege o colivie cu ace pe două rânduri KK 576343, avînd:

$$\begin{aligned} F_w &= 57 \text{ mm}, \\ E_w &= 63 \text{ mm}, \\ C_r &= 61,5 \text{ kN}. \end{aligned}$$

Problema de rezolvat

Să se verifice combinația rulmenților radial-axial cu bile cu contact în patru puncte și radial cu role cilindrice.

Soluția

Se verifică rulmentul QJ212, cu datele din catalog, pag. 212, la sarcina pur axială:

$$\begin{aligned} d &= 60 \text{ mm}, & C_r &= 92\,300 \text{ N}, \\ D &= 110 \text{ mm}, & C_{Or} &= 71\,000 \text{ N}, \\ B &= 22 \text{ mm}. \end{aligned}$$

$$F_r = 0,$$

$$P_a = 1,07 F_a = 1,07 \cdot 7\,100 = 7\,597 \text{ N},$$

$$L_{10h} = \frac{1 \cdot 10^6 \left(\frac{C_r}{P_a} \right)^3}{60 \cdot 4\,500} = \frac{1 \cdot 10^6 \left(\frac{92\,300}{7\,597} \right)^3}{60 \cdot 4\,500} = 6\,642 \text{ ore} > 6\,000 \text{ ore}.$$

Se verifică rulmentul NU212E, cu datele din catalog, pag. 238, la sarcina pur radială:

$$\begin{aligned} d &= 60 \text{ mm}, & C_r &= 93\,400 \text{ N}, \\ D &= 110 \text{ mm}, & C_{Or} &= 101\,000 \text{ N}, \\ B &= 22 \text{ mm}. \end{aligned}$$

$$P_r = F_r = 7\,900 \text{ N},$$

$$L_{10h} = \frac{1 \cdot 10^6 \left(\frac{C_r}{P_r} \right)^3}{60 \cdot 4\,500} = \frac{1 \cdot 10^6 \left(\frac{93\,400}{7\,900} \right)^3}{60 \cdot 4\,500} = 6\,120 \text{ ore} > 6\,000 \text{ ore}.$$

Diametrul corpului de rostogolire este: $D_w = \frac{E_w - F_w}{2} = 3 \text{ mm}$

Conform precizărilor de la pag. 312, adâncimea minimă a stratului cimentat ($t_{\min}$) se determină cu relația:

$$t_{\min} = (0,07 \dots 0,12) D_w = 0,3 \dots 0,36 \text{ mm.}$$

Exemplul nr. 9

Condiții de lucru

O bucsă cu ace, tipodimensiunea RHNA 253226, se rotește cu 4 000 rot/min pe un arbore cu duritatea la suprafață de 50 HRC. Bucsă trebuie să funcționeze $L_{10h} = 5\ 000$ ore.

Problema de rezolvat

Ce sarcină radială dinamică poate suporta această bucsă?

Soluția

Sarcina radială dinamică de bază $C_r = 24,5 \text{ kN}$ luată din tabelul cu bucsă, pag. 301, trebuie înmulțită cu 0,6, pentru a ține cont de duritatea arborelui 50 HRC, tabelul 1, pag. 288.

$$C_r = 24,5 \cdot 0,6 = 14,7 \text{ kN}$$

La pag. 21, pentru 4 000 rot/min și 5 000 ore corespunde $C/P = 8,39$.

Sarcina dinamică admisibilă este, deci:

$$P_r = \frac{C_r}{8,39} = \frac{14,7}{8,39} = 1,75 \text{ kN.}$$

Exemplul nr. 10

Condiții de lucru

Sarcinile din lagăre: $F_{rA} = F_{rB} = F_r = 300 \text{ N}$,
 $K_a = 200 \text{ N}$.

Diametrul arborelui: $d = 20 \text{ mm}$

Turația arborelui: $n = 30\ 000 \text{ rot/min}$

Ungerea: ceață de ulei

Temperatura: $t = 180^\circ\text{C}$

Problema de rezolvat

Să se calculeze durabilitatea și să se verifice turația limită pentru montajul din figură, având în vedere că sarcina axială K_a poate fi orientată spre oricare din cele două lagăre.

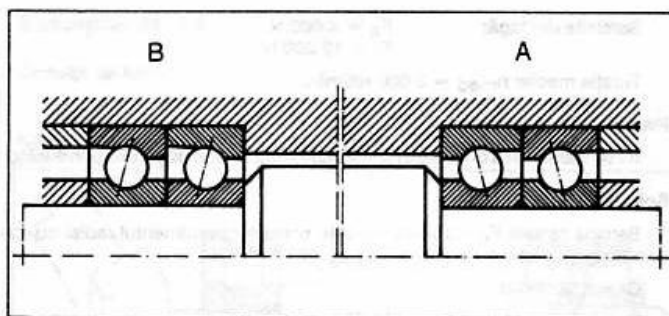
Soluția

Se alege constructiv rulmentul 7204 CTAP4 și se montează în set de doi rulmenți, aranjament tandem, respectiv, 7204 CTAP4DT, ca în figura alăturată.

Exemplul nr. 11

Condiții de lucru

Lagărul unei mașini universale de frezat (lagărul din figura alăturată) se compune dintr-un rulment radial cu role cilindrice pe două rânduri, tip NN3020 KMP41, iar pentru fixare axială se utilizează rulmentul axial-radial cu bile pe două rânduri, tip 234420 SP.



Caracteristicile perechii de rulmenți 7204 CTAP4DT sunt:

$d = 20 \text{ mm}$, $C_{0r} = 18\ 000 \text{ N}$,
 $D = 47 \text{ mm}$, $C_r = 25\ 300 \text{ N}$,
 $B = 14 \text{ mm}$, $n = 43\ 000 \text{ rot/min (ulei)}$.

În cazul în care forța axială K_a acționează de la stânga la dreapta, forțele axiale din lagăre sunt (pag. 178, tabelul 5, punctul 1a):

$$F_{aA} = 1,14 \cdot F_r = 1,14 \cdot 300 = 342 \text{ N}$$

$$F_{aB} = F_{aA} + K_a = 342 + 200 = 542 \text{ N.}$$

Având în vedere că rulmenții din stânga (B) sunt mai încălcați, se verifică aceștia. Dacă sarcina axială acționează de la dreapta la stânga se calculează la fel, dar rulmenții mai încălcați vor fi cei din dreapta (A).

Factorii sarcinii axiale se aleg din tabelul 6, pag. 179, în funcție de expresia:

$$\frac{f_0 \cdot F_a}{C_{0r}} = \frac{13,3 \cdot 2 \cdot 542}{18\ 000} = 0,80 \quad (f_0, \text{ conform pag. 179})$$

$$\text{Se obține:} \quad e = 0,44, \quad Y = 1,28$$

Se calculează sarcina echivalentă:

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{542}{300} = 1,81 > e,$$

$$P_r = 0,44 \cdot 300 + 1,28 \cdot 542 = 826 \text{ N.}$$

Durabilitatea nominală este:

$$L_{10h} = \frac{1 \cdot 10^6}{60 \cdot 30\ 000} \left(\frac{25\ 300}{826} \right)^3 = 15\ 964 \text{ ore}$$

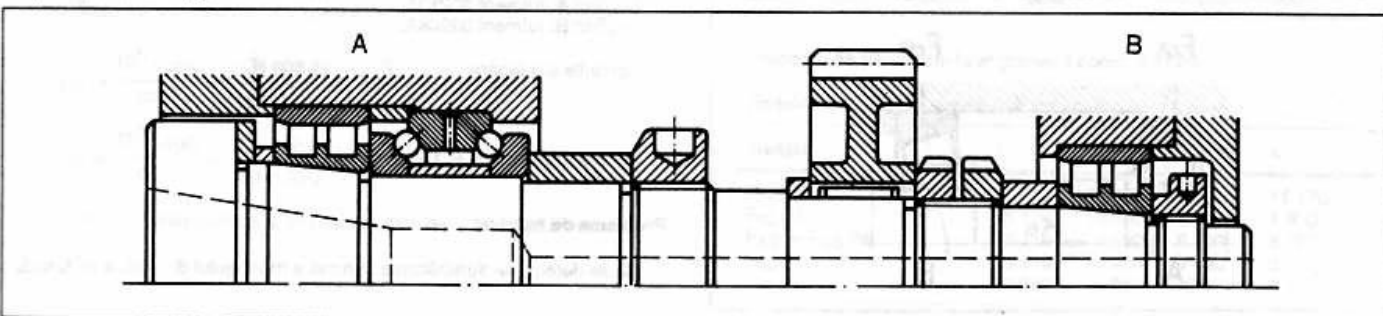
Durabilitatea corectată:

$$L_{nah} = f_t L_{10h} = 0,89 \cdot 15\ 964 = 14\ 208 \text{ ore} \quad (f_t, \text{ conform tab. 2.9, pag. 27}).$$

Turația limită admisibilă:

$$n_{adm} = f_1 n = 0,94 \cdot 43\ 000 = 40\ 400 \text{ rot/min} > 30\ 000$$

(f_1 , conform fig. 13, pag. 36)



Sarcinile din lagăr $F_a = 4\,000\text{ N}$,
 $F_r = 12\,000\text{ N}$.

Turația medie: $n_{med} = 3\,000\text{ rot/min}$.

Problema de rezolvat

Să se stabilească durata de funcționare a rulmenților lagărului conducător.

Soluția

Sarcina radială F_r , respectiv P_r , este preluată de rulmentul radial cu role cilindrice. Conform tabelului de la pag. 261,

$$C_r = 152\,000\text{ N}$$

Durabilitatea acestui rulment este:

$$L = \left(\frac{C_r}{P_r} \right)^{10/3} = \left(\frac{152\,000}{12\,000} \right)^{10/3} = 4\,737,5\text{ mil. rotații},$$

iar durata de funcționare în ore:

$$L_{10h} = \frac{10^6 L_{10}}{60 n_{med}} = \frac{10^6 \cdot 4\,737,5}{60 \cdot 3\,000} = 26\,320\text{ ore},$$

valoare care corespunde tabelului 2.4, pag. 21.

Sarcina axială F_a , respectiv P_a , este preluată de rulmentul axial-radial cu bile. Conform tabelului de la pag. 446:

$$C_a = 62\,000\text{ N}$$

Durabilitatea rulmentului este:

$$L = \left(\frac{C_a}{P_a} \right)^3 = \left(\frac{62\,000}{4\,000} \right)^3 = 3\,724\text{ mil. rotații},$$

iar durata de funcționare în ore:

$$L_{10h} = \frac{10^6 L_{10}}{60 n} = \frac{10^6 \cdot 3\,724}{60 \cdot 3\,000} = 20\,690\text{ ore},$$

valoare care corespunde tabelului 2.4, pag. 23.

Aceleași rezultate se pot obține utilizând tabelele 2.2, pag. 20 și 2.3, pag. 21, respectiv:

pentru rulmentul NN3020KMP41:

$$C_r/P_r = 12,66, \quad n = 3\,000\text{ rot/min},$$

$$L_{10h} = 26\,244\text{ ore}.$$

pentru rulmentul 234420SP:

$$C_a/P_a = 15,5, \quad n = 3\,000\text{ rot/min},$$

$$L_{10h} = 20\,833\text{ ore}.$$

Exemplul nr. 12

Condiții de lucru

Sarcinile din lagăre: $F_{rA} = 6\,500\text{ N}$,
 $F_{rB} = 7\,200\text{ N}$,
 $K_a = 2\,500\text{ N}$.

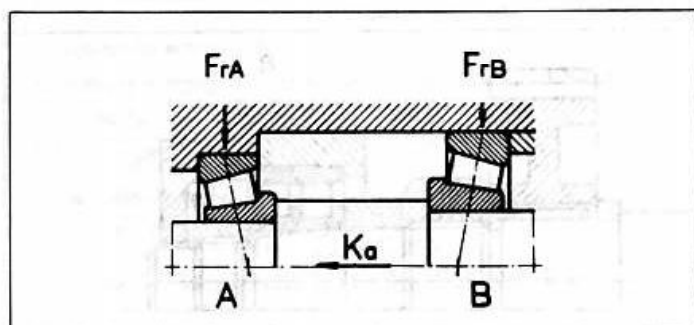
Diametrele arborilor $d_A = 25\text{ mm}$,
 $d_B = 30\text{ mm}$.

Turația arborelui: $n = 550\text{ rot/min}$

Durabilitatea necesară: $L_{10h} = 2\,000\text{ ore}$

Problema de rezolvat

Să se aleagă rulmenții radial-axiali cu role conice, pentru montajul din figura alăturată:



Soluția

Constructiv se aleg rulmenții:

- 30305A pentru lagărul A, având: $C_{rA} = 43\,000\text{ N}$, pag. 382,
 $e_A = 0,3$,
 $Y_A = 2$.

- 32006XA pentru lagărul B, având: $C_{rB} = 34\,000\text{ N}$, pag. 382,
 $e_B = 0,43$,
 $Y_B = 1,4$.

Se calculează:

$$\frac{F_{rA}}{Y_A} = \frac{6\,500}{2} = 3\,250,$$

$$\frac{F_{rB}}{Y_B} = \frac{7\,200}{1,4} = 5\,143.$$

Pentru că

$$\frac{F_{rA}}{Y_A} < \frac{F_{rB}}{Y_B} \text{ și } K_a \geq 0, \text{ ne situăm în cazul 2a, conform tabelului 4, pag. 381.}$$

Forțele axiale totale din cele două lagăre se determină cu relațiile:

$$F_{aA} = F_{aB} + K_a = 2\,250 + 2\,500 = 4\,750\text{ N},$$

$$F_{aB} = \frac{0,5 F_{rB}}{Y_B} = \frac{0,5 \cdot 7\,200}{1,4} = 2\,571\text{ N}.$$

Se determină sarcina dinamică echivalentă pe lagăr:

$$\frac{F_{aA}}{F_{rA}} = \frac{4\,750}{6\,500} = 0,73 > e_A, \text{ deci pentru lagărul A:}$$

$$P_{rA} = 0,4 F_{rA} + Y_A F_{aA} = 0,4 \cdot 6\,500 + 2 \cdot 4\,750 = 12\,100\text{ N}$$

$$\frac{F_{aB}}{F_{rB}} = \frac{2\,250}{7\,200} = 0,31 < e_B, \text{ deci pentru lagărul B:}$$

$$P_{rB} = F_{rB} = 7\,200\text{ N}.$$

Se determină durabilitățile celor două lagăre, din durata de funcționare impusă:

$$L_{10} = \frac{60 n L_{10h}}{10^6} = \frac{60 \cdot 550 \cdot 2\,000}{10^6} = 66\text{ mil. rotații}$$

Se determină valoarea necesară a capacității dinamice:

$$C_{rA \text{ nec}} = P_{rA}^{10/3} \sqrt{L_{10}} = 12\,100^{10/3} \sqrt{66} = 42\,525\text{ N} < C_{rA},$$

$$C_{rB \text{ nec}} = P_{rB}^{10/3} \sqrt{L_{10}} = 7\,200^{10/3} \sqrt{66} = 25\,304\text{ N} < C_{rB}.$$

Se constată că rulmenții aleși corespund condițiilor de funcționare.

Exemplul nr. 13

Condiții de lucru

Lagărul A: rulment 30210A,
Lagărul B: rulment 32208A.

Sarcinile din lagăre: $F_{rA} = 15\,000\text{ N}$,
 $F_{rB} = 11\,000\text{ N}$,
 $K_a = 3\,000\text{ N}$.

Turația arborelui: $n = 1\,200\text{ rot/min}$.

Problema de rezolvat

Să se determine durabilitatea minimă a montajului din figura alăturată.

Exemplul nr. 14

Condiții de lucru:

Pinionul de atac și coroana dințată ale transmisiei mecanice a unui autoturism sunt lăgăruite ca în fig. 1, respectiv fig. 2.

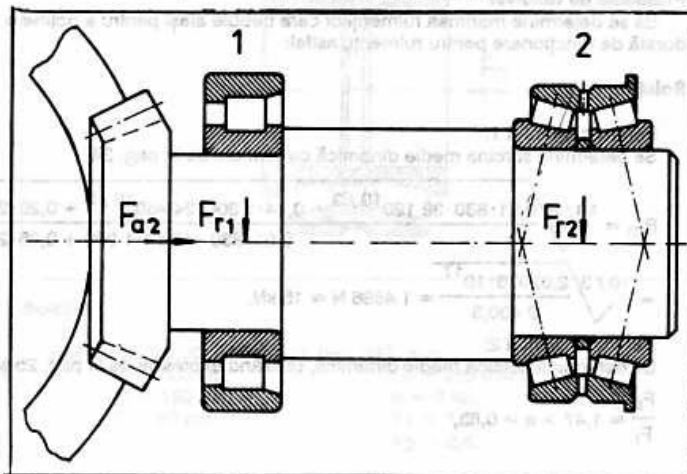


Fig. 1

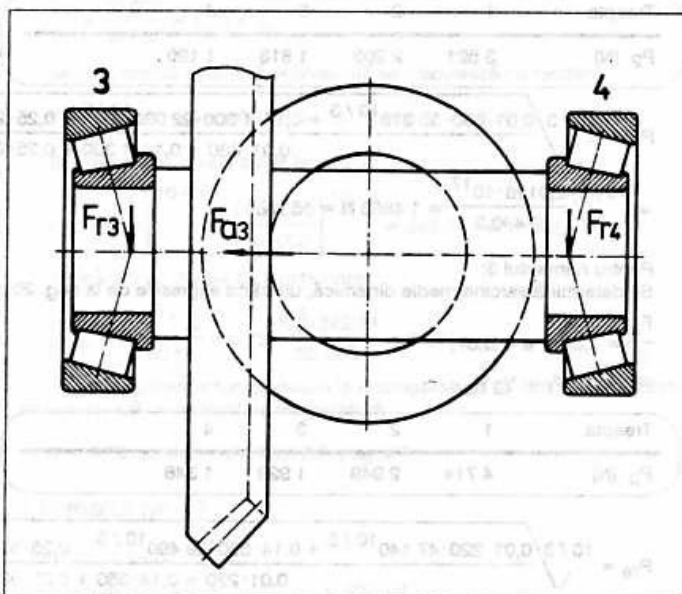


Fig. 2

Se cunosc următoarele:

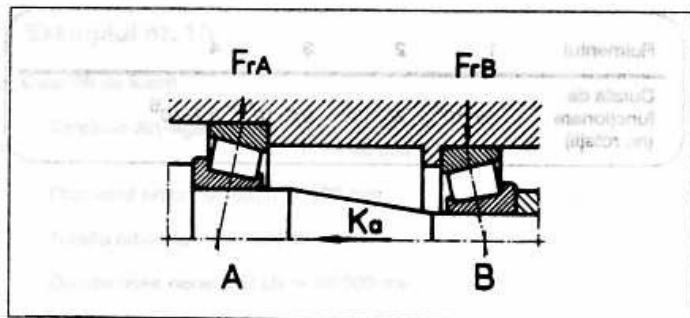
- autoturismul are 4 trepte de viteze

Treapta	Timp de utilizare a treptei	Raportul de transmisie	Turația medie (rot/min) pinion de atac	Turația medie (rot/min) coroană
1	0,01	3,615	830	220
2	0,14	2,263	1 300	350
3	0,25	1,480	2 000	530
4	0,60	1,032	3 000	800

- raportul de transmisie la angrenajul conic: 3,777:1

Forțele de încărcare ale rulmenților vor fi:

Treapta	1	2	3	4
Fr1 (N)	39 120	24 480	18 000	11 170
Fr2 (N)	16 110	10 080	6 590	4 600
Fa2 = Fa3 (N)	23 710	14 830	9 700	6 770
Fr3 (N)	23 010	14 400	9 420	6 570
Fr4 (N)	29 740	18 610	12 170	8 490



Soluția

Rulmenții utilizați au următoarele caracteristici (vezi pag. 382 și 384):

- 30210A: $C_r = 69\,700\text{ N}$,
 $e = 0,43$,
 $Y_A = 1,4$.

- 32208A: $C_r = 66\,200\text{ N}$,
 $e = 0,37$,
 $Y_B = 1,6$.

Se calculează:

$$\frac{F_{rA}}{Y_A} = \frac{15\,000}{1,4} = 10\,714,$$

$$\frac{F_{rB}}{Y_B} = \frac{11\,000}{1,6} = 6\,875.$$

Întrucât:

$$\frac{F_{rA}}{Y_A} > \frac{F_{rB}}{Y_B} \text{ și}$$

$$K_a > 0,5 \left(\frac{F_{rA}}{Y_A} - \frac{F_{rB}}{Y_B} \right) = 0,5 \left(\frac{15\,000}{1,4} - \frac{11\,000}{1,6} \right) = 1\,919\text{ N}$$

ne situăm în cazul 2b, conform tabelului 4, pag. 381.

Forțele axiale totale din cele două lăgăre se determină cu relațiile:

$$F_{aA} = F_{aB} + K_a = 3\,475,5 + 3\,000 = 6\,475,5\text{ N},$$

$$F_{aB} = \frac{0,5 F_{rB}}{Y_B} = \frac{0,5 \cdot 11\,000}{1,6} = 3\,437,5\text{ N}.$$

Se determină sarcina dinamică echivalentă pe lăgăr:

$$\frac{F_{aA}}{F_{rA}} = \frac{6\,475,5}{15\,000} = 0,429 < e, \text{ deci pentru lăgărul A:}$$

$$P_A = F_{rA} = 15\,000\text{ N}.$$

$$\frac{F_{aB}}{F_{rB}} = \frac{3\,437,5}{11\,000} = 0,31 < e, \text{ deci pentru lăgărul B:}$$

$$P_B = F_{rB} = 11\,000\text{ N}$$

Se calculează durabilitățile:

$$L_{10A} = \left(\frac{C_r}{P_A} \right)^{10/3} = \left(\frac{69\,700}{15\,000} \right)^{10/3} = 167,42\text{ mil. rotații},$$

$$L_{10B} = \left(\frac{C_r}{P_B} \right)^{10/3} = \left(\frac{66\,200}{11\,000} \right)^{10/3} = 396,47\text{ mil. rotații}.$$

obținându-se duratele de funcționare:

$$L_{10hA} = \frac{10^6 L_{10A}}{60 n} = \frac{10^6 \cdot 167,42}{60 \cdot 1\,200} = 2\,325,3\text{ ore},$$

$$L_{10hB} = \frac{10^6 L_{10B}}{60 n} = \frac{10^6 \cdot 396,47}{60 \cdot 1\,200} = 5\,506,5\text{ ore}.$$

Deci, durabilitatea minimă a montajului este de $L = 2\,325,3\text{ ore}$.

Alezajele rulmenților trebuie să satisfacă condiția: $d_1 \geq 30 \text{ mm}$
 $d_2 \geq 25 \text{ mm}$
 $d_3 \geq 35 \text{ mm}$
 $d_4 \geq 35 \text{ mm}$

Rulmentul	1	2	3	4
Durata de funcționare (nr. rotații)	$35 \cdot 10^6$	$35 \cdot 10^6$	$9,2 \cdot 10^6$	$9,2 \cdot 10^6$

Problema de rezolvat

Să se determine mărimea rulmenților care trebuie aleși pentru a obține o durată de funcționare pentru rulmenți, astfel:

Soluția

Pentru rulmentul 1:

Se determină sarcina medie dinamică cu formula de la pag. 24

$$P_m = \frac{10/3 \sqrt{0,01 \cdot 830 \cdot 39 \cdot 120^{10/3} + 0,14 \cdot 1 \cdot 300 \cdot 24 \cdot 480^{10/3} + 0,25 \cdot 2 \cdot 000 \cdot 16 \cdot 000^{10/3} + 0,60 \cdot 3 \cdot 000 \cdot 11 \cdot 170^{10/3}}}{0,01 \cdot 830 + 0,14 \cdot 1 \cdot 300 + 0,25 \cdot 2 \cdot 000 + 0,60 \cdot 3 \cdot 000} =$$

$$= \frac{10/3 \sqrt{2,02076 \cdot 10^{17}}}{2 \cdot 490,3} = 1 \cdot 4886 \text{ N} \approx 15 \text{ kN.}$$

Pentru rulmentul 2:

Se determină sarcina medie dinamică, utilizând expresiile de la pag. 25 și 380:

$$\frac{F_a}{F_r} = 1,47 > e = 0,83,$$

$$P_2 = 0,67 F_r + Y_2 F_a.$$

Treapta	1	2	3	4
$P_2 \text{ (N)}$	3 521	2 203	1 813	1 120

$$P_m = \frac{10/3 \sqrt{0,01 \cdot 830 \cdot 35 \cdot 210^{10/3} + 0,14 \cdot 1 \cdot 300 \cdot 22 \cdot 030^{10/3} + 0,25 \cdot 2 \cdot 000 \cdot 18 \cdot 130^{10/3} + 0,60 \cdot 3 \cdot 000 \cdot 11 \cdot 200^{10/3}}}{0,01 \cdot 830 + 0,14 \cdot 1 \cdot 300 + 0,25 \cdot 2 \cdot 000 + 0,60 \cdot 3 \cdot 000} =$$

$$= \frac{10/3 \sqrt{2,0128 \cdot 10^{17}}}{2 \cdot 490,3} = 1 \cdot 4868 \text{ N} \approx 15 \text{ kN.}$$

Pentru rulmentul 3:

Se determină sarcina medie dinamică, utilizând expresiile de la pag. 25 și 380:

$$\frac{F_a}{F_r} = 1,03 > e = 0,37,$$

$$P_3 = 0,4 F_r + Y_3 F_a.$$

Treapta	1	2	3	4
$P_3 \text{ (N)}$	4 714	2 949	1 929	1 346

$$P_m = \frac{10/3 \sqrt{0,01 \cdot 220 \cdot 47 \cdot 140^{10/3} + 0,14 \cdot 350 \cdot 29 \cdot 490^{10/3} + 0,25 \cdot 530 \cdot 19 \cdot 290^{10/3} + 0,60 \cdot 800 \cdot 13 \cdot 460^{10/3}}}{0,01 \cdot 220 + 0,14 \cdot 350 + 0,25 \cdot 530 + 0,60 \cdot 800} = \frac{10/3 \sqrt{1,005 \cdot 10^{17}}}{663,7} = 17949 \text{ N} \approx$$

$$\approx 18 \text{ kN.}$$

Pentru rulmentul 4:

$$P_4 = F_{r4},$$

$$P_m = \frac{10/3 \sqrt{0,01 \cdot 220 \cdot 29 \cdot 740^{10/3} + 0,14 \cdot 350 \cdot 18 \cdot 610^{10/3} + 0,25 \cdot 530 \cdot 12 \cdot 170^{10/3} + 0,60 \cdot 800 \cdot 8 \cdot 490^{10/3}}}{0,01 \cdot 220 + 0,14 \cdot 350 + 0,25 \cdot 530 + 0,60 \cdot 800} = \frac{10/3 \sqrt{2,1648 \cdot 10^{17}}}{683,5} = 11 \cdot 325 \text{ N} \approx$$

$$\approx 11,5 \text{ kN.}$$

Pentru a obține durabilitățile dorite, trebuie, conform tabelului 2.1, pag. 19, să avem:

Rulmentul	1	2	3	4
C_r/P_r	2,91	2,91	2	2
$C_r \text{ necesar (kN)}$	44	44	36	23

Consultând tabelele cu rulmenți, o alegere posibilă poate fi:

Rulmentul	1	2	3	4
Tipodimensiunea	NF 5306HV	35305 R	30207 A	30207 A
$C_r \text{ (kN)}$	55,1	73	50,5	50,5

Notă: Rulmenții 3 și 4 au fost stabiliți constructiv.

Exemplul nr. 15

Condiții de lucru

Sarcinile din lagăre: $F_a = 30\,000\text{ N}$,
 $F_r = 60\,000\text{ N}$.

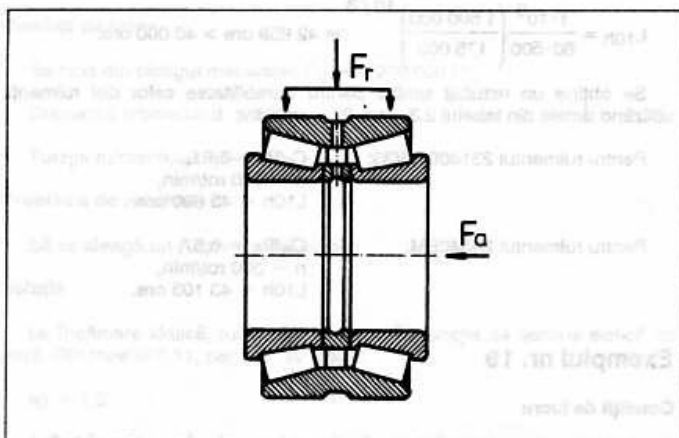
Diametrul arborelui: $d_{\min} = 160\text{ mm}$

Turația arborelui: $n = 200\text{ rot./min.}$

Durabilitatea necesară: $L_h = 20\,000\text{ ore}$

Problema de rezolvat

Să se aleagă un rulment radial-axial cu role conice pe două rânduri.



Soluția

Constructiv se alege rulmentul 35032, din catalog, pag. 410, având:

$d = 160\text{ mm}$, $C_r = 662\,000\text{ N}$,
 $D = 240\text{ mm}$, $\epsilon = 0,37$,
 $T = 115\text{ mm}$, $\gamma_1 = 1,8$,
 $\gamma_2 = 2,7$.

Întrucât:

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{30\,000}{60\,000} = 0,5 > e,$$

sarcina radială dinamică echivalentă se calculează cu relația:

$$P_r = 0,67 F_r + \gamma_2 F_a = 0,67 \cdot 60\,000 + 2,7 \cdot 30\,000 = 121\,200\text{ N}$$

Se determină durabilitatea lagărului, din durata de funcționare impusă:

$$L_{10} = \frac{60 n L_{10h}}{10^6} = \frac{60 \cdot 200 \cdot 20\,000}{10^6} = 240\text{ mil. rotații}$$

Se determină valoarea necesară a capacității dinamice:

$$C_{r\text{ nec}} = P_r \sqrt[10/3]{L_{10}} = 121\,200 \sqrt[10/3]{240} = 627\,431\text{ N} < C.$$

Se constată că rulmentul ales corespunde condițiilor de funcționare impuse.

Exemplul nr. 16

Condiții de lucru:

Sarcinile din lagăre: $F_a = 10\,000\text{ N}$,
 $F_r = 30\,000\text{ N}$.

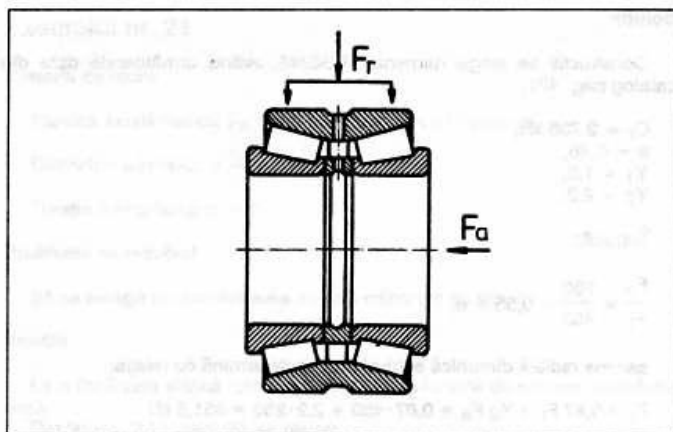
Turația arborelui: $n = 600\text{ rot./min}$

Temperatura de funcționare a rulmentului: $t = 200^\circ\text{C}$

Rulmentul montat, tip 35220

Problema de rezolvat

Să se determine durabilitatea acestui rulment radial-axial cu role conice pe două rânduri.



Soluția

Rulmentul 35220 din catalog, pag. 412, are:

$d = 100\text{ mm}$, $C_r = 265\,000\text{ N}$,
 $D = 180\text{ mm}$, $\epsilon = 0,42$,
 $T = 80\text{ mm}$, $\gamma_1 = 1,6$,
 $\gamma_2 = 2,4$.

Întrucât:

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{10\,000}{30\,000} = 0,33 < e,$$

sarcina radială dinamică echivalentă se calculează cu relația:

$$P_r = F_r + \gamma_1 F_a = 30\,000 + 1,6 \cdot 10\,000 = 46\,000\text{ N}$$

Se calculează durabilitatea lagărului:

$$L_{10} = \left(\frac{C_r}{P_r} \right)^{10/3} = \left(\frac{265\,000}{46\,000} \right)^{10/3} = 342,74\text{ mil. rotații},$$

obținându-se durata de funcționare:

$$L_{10h} = f_t \frac{10^6 L_{10}}{60 n} = 0,73 \frac{10^6 \cdot 342,74}{60 \cdot 600} = 6\,950\text{ ore}.$$

Întrucât rulmentul funcționează la o temperatură de 200°C , durabilitatea se corectează cu factorul de temperatură:

$$f_t = 0,73 \text{ (conform tabelului 2.9, pag. 27)}$$

Exemplul nr. 17

Condiții de lucru

Sarcinile din lagăre: $F_r = 450\text{ kN}$,
 $F_a = 250\text{ kN}$.

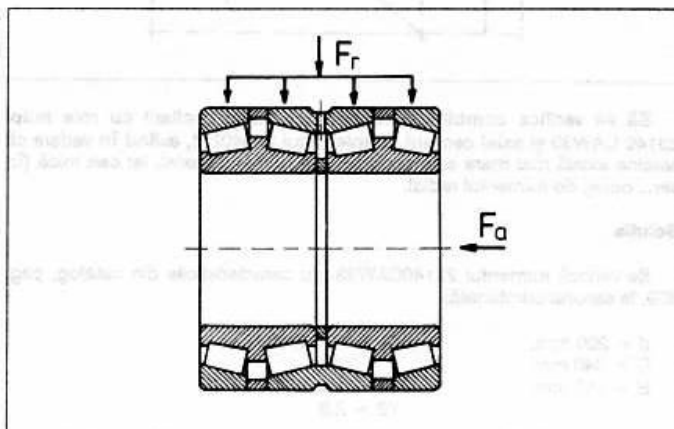
Diametrul arborelui $d_{\min} = 240\text{ mm}$

Turația arborelui: $n = 60\text{ rot./min}$

Durabilitatea necesară: $L_{10p} = 10\,000\text{ ore}$

Problema de rezolvat:

Să se aleagă rulmentul radial-axial cu role conice pe patru rânduri.



Soluția

Constructiv se alege rulmentul T-36248, având următoarele date din catalog pag. 421:

$$\begin{aligned} C_r &= 2\,735 \text{ kN}, \\ e &= 0,46, \\ Y_1 &= 1,5, \\ Y_2 &= 2,2. \end{aligned}$$

Întrucât:

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{250}{450} = 0,55 > e,$$

sarcina radială dinamică echivalentă se determină cu relația:

$$P_r = 0,67 F_r + Y_2 F_a = 0,67 \cdot 450 + 2,2 \cdot 250 = 851,5 \text{ kN}$$

Se determină durabilitatea lagărului, din durata de funcționare impusă:

$$L_{10} = \frac{60 n L_{10h}}{10^6} = \frac{60 \cdot 60 \cdot 10\,000}{10^6} = 36 \text{ mil. rotații.}$$

Se determină valoarea necesară a capacității dinamice:

$$C_{r \text{ nec}} = P_r^{10/3} \sqrt[10]{L_{10}} = 851,5^{10/3} \sqrt[10]{36} = 2\,495 \text{ kN} < C.$$

Se constată că rulmentul ales corespunde condițiilor de funcționare impuse.

Exemplul nr. 18

Condiții de lucru

$$\begin{aligned} \text{Sarcinile din lagăr:} \quad F_r &= 123\,000 \text{ N}, \\ F_{a1} &= 175\,000 \text{ N}, \\ F_{a2} &= 19\,000 \text{ N}. \end{aligned}$$

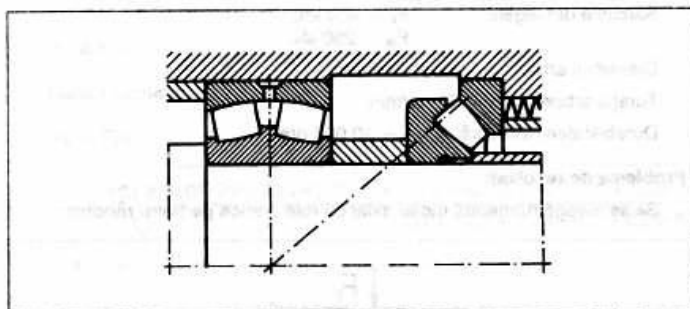
Diametrul arborelui: $d_{\min} = 200 \text{ mm}$

Turația arborelui $n = 500 \text{ rot/min}$

Durabilitatea necesară: $L_{10h} = 40\,000 \text{ ore}$

Problema de rezolvat

Se aleg constructiv rulmenții 23140 CAW33 (radial oscilant cu role butoi) și 29340 EM (axial oscilant cu role butoi), montați ca în schița din figura alăturată.



Să se verifice combinația rulmenților radial oscilant cu role butoi 23140 CAW33 și axial oscilant cu role butoi 29340EM, având în vedere că sarcina axială mai mare este suportată de rulmentul axial, iar cea mică (în ser. opus) de rulmentul radial.

Soluția

Se verifică rulmentul 23140CAW33, cu caracteristicile din catalog, pag. 339, la sarcina combinată:

$$\begin{aligned} d &= 200 \text{ mm}, & C_r &= 137\,000 \text{ N}, \\ D &= 340 \text{ mm}, & e &= 0,35, \\ B &= 112 \text{ mm}, & Y_1 &= 1,9, \\ & & Y_2 &= 2,9. \end{aligned}$$

$$\frac{F_{a2}}{F_r} = \frac{19\,000}{123\,000} = 0,154 < e,$$

$$P_r = F_r + Y_1 F_{a2} = 123\,000 + 1,9 \cdot 19\,000 = 159\,100 \text{ N},$$

$$L_{10h} = \frac{1 \cdot 10^6}{60 \cdot 500} \left(\frac{1\,370\,000}{159\,100} \right)^{10/3} = 43\,623 \text{ ore} > 40\,000 \text{ ore.}$$

Se verifică rulmentul 29340EM, cu datele din catalog, pag. 476: la sarcină pur axială:

$$\begin{aligned} d &= 200 \text{ mm}, & C_a &= 1\,500\,000 \text{ N}, \\ D &= 340 \text{ mm}, & F_r &= 0, \\ H &= 85, & P_a &= F_{a1} = 175\,000 \text{ N}. \end{aligned}$$

$$L_{10h} = \frac{1 \cdot 10^6}{60 \cdot 500} \left(\frac{1\,500\,000}{175\,000} \right)^{10/3} = 42\,959 \text{ ore} > 40\,000 \text{ ore.}$$

Se obține un rezultat similar pentru durabilitatea celor doi rulmenți, utilizând datele din tabelul 2.3, pag. 21, respectiv:

$$\begin{aligned} \text{Pentru rulmentul 23140CAW33:} \quad C_r/P_r &= 8,81, \\ n &= 500 \text{ rot/min}, \\ L_{10h} &= 43\,800 \text{ ore.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pentru rulmentul 29340EM:} \quad C_a/P_a &= 8,57, \\ n &= 500 \text{ rot/min}, \\ L_{10h} &= 43\,103 \text{ ore.} \end{aligned}$$

Exemplul nr. 19

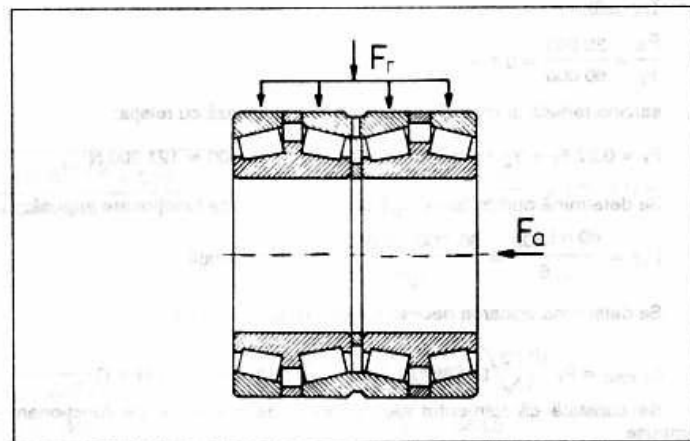
Condiții de lucru

$$\begin{aligned} \text{Sarcinile din lagăre:} \quad F_a &= 20 \text{ kN}, \\ F_r &= 70 \text{ kN}. \end{aligned}$$

Turația arborelui: $n = 200 \text{ rot/min}$.

Problema de rezolvat

Să se determine durabilitatea minimă a rulmentului radial axial cu role conice pe patru rânduri T-36428P6W28.



Soluția

Rulmentul T-36428P6W28 are următoarele date din catalog, pag. 422:

$$\begin{aligned} d &= 139,7 \text{ mm}, & C_r &= 767 \text{ kN}, \\ D &= 200,025 \text{ mm}, & e &= 0,34, \\ T &= 160,338 \text{ mm}, & Y_1 &= 2,0, \\ & & Y_2 &= 3,0. \end{aligned}$$

Întrucât

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{20}{70} = 0,285 < e,$$

sarcina radială dinamică echivalentă se determină cu relația:

$$P = F_r + Y_1 F_a = 70 + 2,0 \cdot 20 = 110 \text{ kN}$$

Se calculează durabilitatea lagărului:

$$L_{10} = \left(\frac{C_r}{P_r} \right)^{10/3} = \left(\frac{767}{110} \right)^{10/3} = 647,6 \text{ mil. rotații,}$$

obținându-se durata de funcționare:

$$L_{10h} = \frac{10^6 L}{60 n} = \frac{10^6 \cdot 647,6}{60 \cdot 200} = 54 \text{ 000 ore.}$$

Exemplul nr. 20

Condiții de lucru

Sarcina din cârligul macaralei: $F_a = 1 \text{ 200 000 N}$

Diametrul arborelui: $d = 260 \text{ mm}$

Turația rulmentului: $n = 0$.

Problema de rezolvat

Să se aleagă un rulment axial cu bile.

Soluția

La încărcare statică, rulmentul se alege în funcție de sarcina statică de bază. Din tabelul 2.11, pag. 29, se alege:

$$s_0 = 1,5$$

Având în vedere că rulmentul este încărcat doar axial, sarcina echivalentă este:

$$P_a = F_a = 1 \text{ 200 000 N}$$

Sarcina statică de bază necesară este:

$$C_{0a \text{ nec}} = s_0 P_a = 1,5 \cdot 1 \text{ 200 000} = 1 \text{ 800 000 N}$$

Se alege rulmentul 51252 M, cu caracteristicile din catalog, pag. 455:

$$\begin{aligned} d &= 260 \text{ mm,} \\ D &= 360 \text{ mm,} \\ H &= 79 \text{ mm,} \end{aligned}$$

$$C_{0a} = 1 \text{ 967 000 N} > C_{0a \text{ nec}} = 1 \text{ 800 000.}$$

Exemplul nr. 21

Condiții de lucru

Sarcina axială statică: $F_a = 60 \text{ 000 N}$, cu șocuri frecvente

Diametrul arborelui: $d = 40 \text{ mm}$

Turația rulmentului: $n = 0$

Problema de rezolvat

Să se aleagă un rulment axial cu role cilindrice cu simplu efect.

Soluția

La o încărcare statică rulmentul se alege în funcție de sarcina statică de bază.

Din tabelul 2.11, pag. 29, se alege:

$$s_0 = 1,6$$

Având în vedere că rulmentul este încărcat cu o forță axială, sarcina echivalentă este:

$$P_a = F_a = 60 \text{ 000 N}$$

Sarcina statică de bază necesară este:

$$C_{0a \text{ nec}} = s_0 P_a = 1,6 \cdot 60 \text{ 000} = 96 \text{ 000 N}$$

Se alege rulmentul 81108, cu caracteristicile din catalog, pag. 479:

$$\begin{aligned} d &= 40 \text{ mm,} \\ D &= 60 \text{ mm,} \\ H &= 13 \text{ mm,} \\ C_{0a} &= 137 \text{ kN.} \end{aligned}$$