

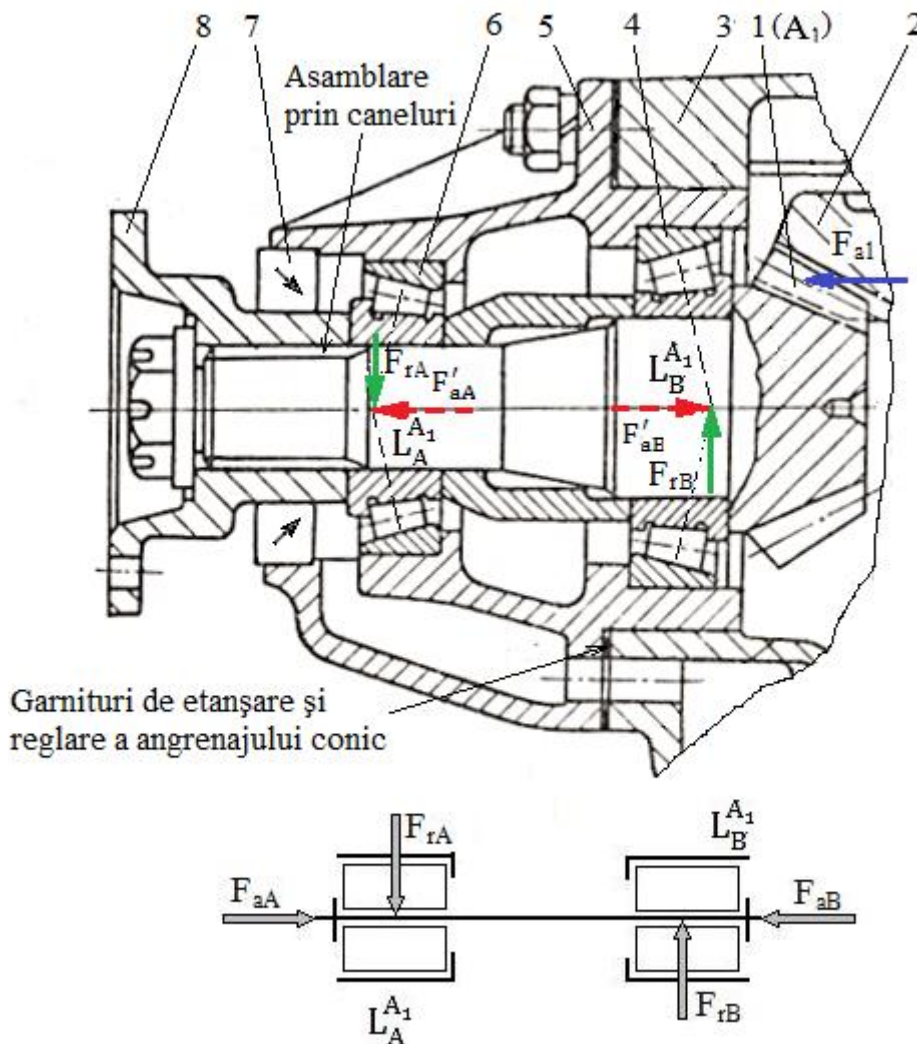
II_6. CALCULUL RULMENȚILOR

II_6.1

Să se determine duratele de funcționare ale rulmenților radial-axiali cu role conice montați în O ai sistemului de lăgăruire al arborelui de intrare al reductorului central.

Se dau: turația la intrare (arborele A_1), $n_1 = 500$ rot/min; forța radială din lagărul $L_A^{A_1}$, $F_{rA} = 3450$ N; forța radială din lagărul $L_B^{A_1}$, $F_{rB} = 5650$ N; forța axială care acționează asupra piniolului $F_{a1} = 4850$ N; capacitatea de încărcare dinamică a rulmentului lagărului A, $C_A = 34500$ N; capacitatea de încărcare dinamică a rulmentului lagărului B, $C_B = 61000$ N; gradul (exponentul) curbei de oboseală $p = 3$, pentru rulmenții cu bile, $p = 10/3$, pentru rulmenții cu role; factorii de influență $e = 0,37$, $X = 0,4$, $Y = 1,6$.

Structura constructivă: 1 - arbore cu pinion conic; 2 - roată conică; 3 - carcasă; 4, 6 - rulmenți de radial-axiali cu role conice; 5 - corp lagăre; 7 - subsistem de etanșare; 8 - semicuplaj condus.



Rezolvare:

a. Forțele axiale interioare

Forța axială interioară din rulmentul lagărului $L_A^{A_1}$,

$$F'_{aA} = 0,5 \frac{F_{rA}}{Y} = 0,5 \frac{3450}{1,6} = 1078,125 \text{ N},$$

Forța axială interioară din rulmentul lagărului $L_B^{A_1}$,

$$F'_{aB} = 0,5 \frac{F_{rB}}{Y} = 0,5 \frac{5650}{1,6} = 1765,625 \text{ N}.$$

b. Identificarea rulmentului încărcat axial exterior

Forța axială totală din arbore,

$$F_{at} = F_{a1} + F'_{aA} - F'_{aB} = 4850 + 1078,125 - 1765,625 = 4162,5 \text{ N},$$

are are același sens cu F_{a1} și rulmentul lagărului $L_B^{A_1}$ este încărcat axial exterior.

c. Forțele axiale exterioare care încarcă rulmenții

Forța axială exterioară de încărcare a rulmentului lagărului $L_B^{A_1}$,

$$F_{aB} = F_{a1} + F'_{aA} = 4850 + 1078,125 = 5928,125 \text{ N.}$$

Forța axială exterioară de încărcare a rulmentului lagărului L_A^{A1}

$$F_{aA} = 0.$$

d. Sarcina dinamică echivalentă a rulmentului lagărului L_B^{A1}

Deoarece,

$$\frac{F_{aB}}{F_{rB}} = \frac{5928,125}{5650} = 1,049 > e,$$

$$P_B = X F_{rB} + Y F_{aB} = 0,4 \cdot 5650 + 1,6 \cdot 5928,125 = 11745 \text{ N.}$$

e. Durabilitatea rulmentului lagărului L_B^{A1}

$$L_{hB} = L_B \frac{10^6}{n_1 60} = \left(\frac{C_B}{P_B} \right)^p \frac{10^6}{n_1 60} = \left(\frac{61000}{11745} \right)^{10/3} \frac{10^6}{500 \cdot 60} = 8087,26 \text{ ore.}$$

f. Sarcina dinamică echivalentă a rulmentului lagărului L_A^{A1}

$$P_A = F_{rA} = 3450 \text{ N.}$$

g. Sarcina dinamică echivalentă a rulmentului lagărului L_A^{A1}

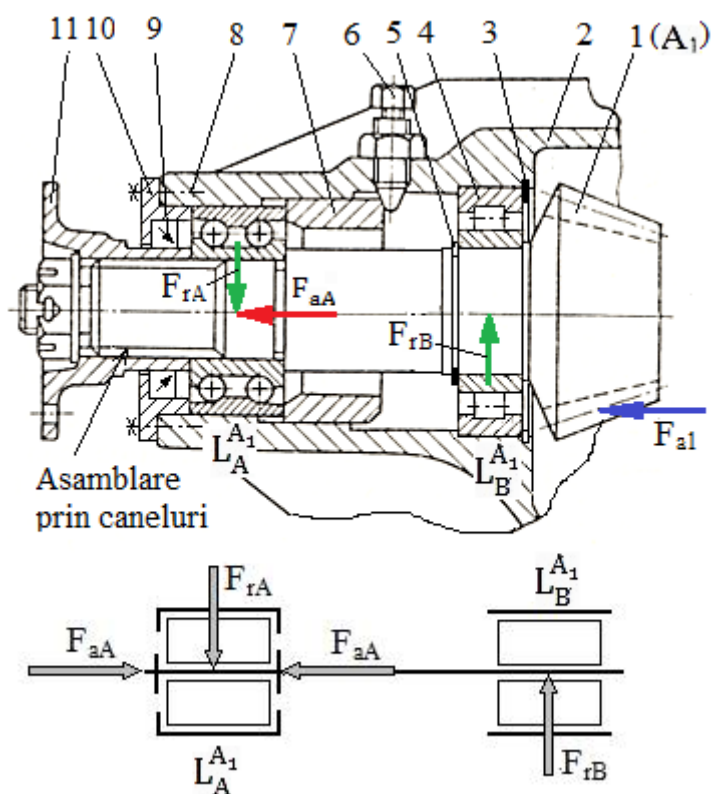
$$L_{hA} = L_A \frac{10^6}{n_1 60} = \left(\frac{C_A}{P_A} \right)^p \frac{10^6}{n_1 60} = \left(\frac{34500}{3450} \right)^{10/3} \frac{10^6}{500 \cdot 60} = 71814,49 \text{ ore.}$$

II_6.2

Să se determine capacitățile de încărcare dinamică necesare ale rulmenților montajului sistemului de lăgăruire al arborelui de intrare al reductorului central compus din două lagăre, unul conducător cu rulment radial axial cu bile dublu și celălalt cu rulment radial cu role cilindrice.

Se dau: turația arborelui A_1 , $n_1 = 500 \text{ rot/min}$; forța radială în lagărul A, $F_{rA} = 2345 \text{ N}$; forța radială în lagărul B, $F_{rB} = 4890 \text{ N}$, forța axială care încarcă rulmentul A este egală cu forța axială care acționează asupra pinionului, $F_{aA} = F_{a1} = 2950 \text{ N}$; durata de funcționare $L_h = 12000 \text{ ore}$; gradul (exponentul) curbei de oboseală $p = 3$, pentru rulmenții cu bile, $p = 10/3$, pentru rulmenții cu role; factorii de influență: $e = 1,14$, $X = 0,59$, $Y = 0,93$, pentru rulmentul radial-axial cu bile pe două rânduri.

Structura constructivă: 1 - arbore cu pinion conic; 2 - carcasă; 3 - inel elastic de tip alezaj; 4 - rulment radial cu role cilindrice; 5 - inel elastic de tip arbore; 6 - șurub de fixare axial; 7 - distanțier; 8 - șurub de fixare; 9 - subsistem de etanșare; 10 - capac; 11 - semicuplaj condus.



Rezolvare:

a. Durata de funcționare efectivă a rulmenților

$$L_A = L_B = L_h \frac{n_i \cdot 60}{10^6} = 12000 \frac{500 \cdot 60}{10^6} = 360 \text{ mil. de rotații.}$$

b. Sarcina dinamică echivalentă a rulmentului lagărului $L_A^{A_1}$

Deoarece,

$$\frac{F_{aA}}{F_{rA}} = \frac{2950}{2345} = 1,258 > e,$$

$$P_A = 0,59 F_{rA} + 0,93 F_{aA} = 0,59 \cdot 2345 + 0,93 \cdot 2950 = 4127,05 \text{ N.}$$

c. Sarcina dinamică echivalentă a rulmentului lagărului $L_B^{A_1}$

$$P_B = F_{rA} = 4890 \text{ N.}$$

d. Capacitatea dinamică a rulmentului lagărului $L_A^{A_1}$

$$C_{nec}^A = P_A \sqrt[p]{L_A} = 4127,05 \sqrt[3]{360} = 29358,95 \text{ N.}$$

e. Capacitatea dinamică a rulmentului lagărului $L_B^{A_1}$

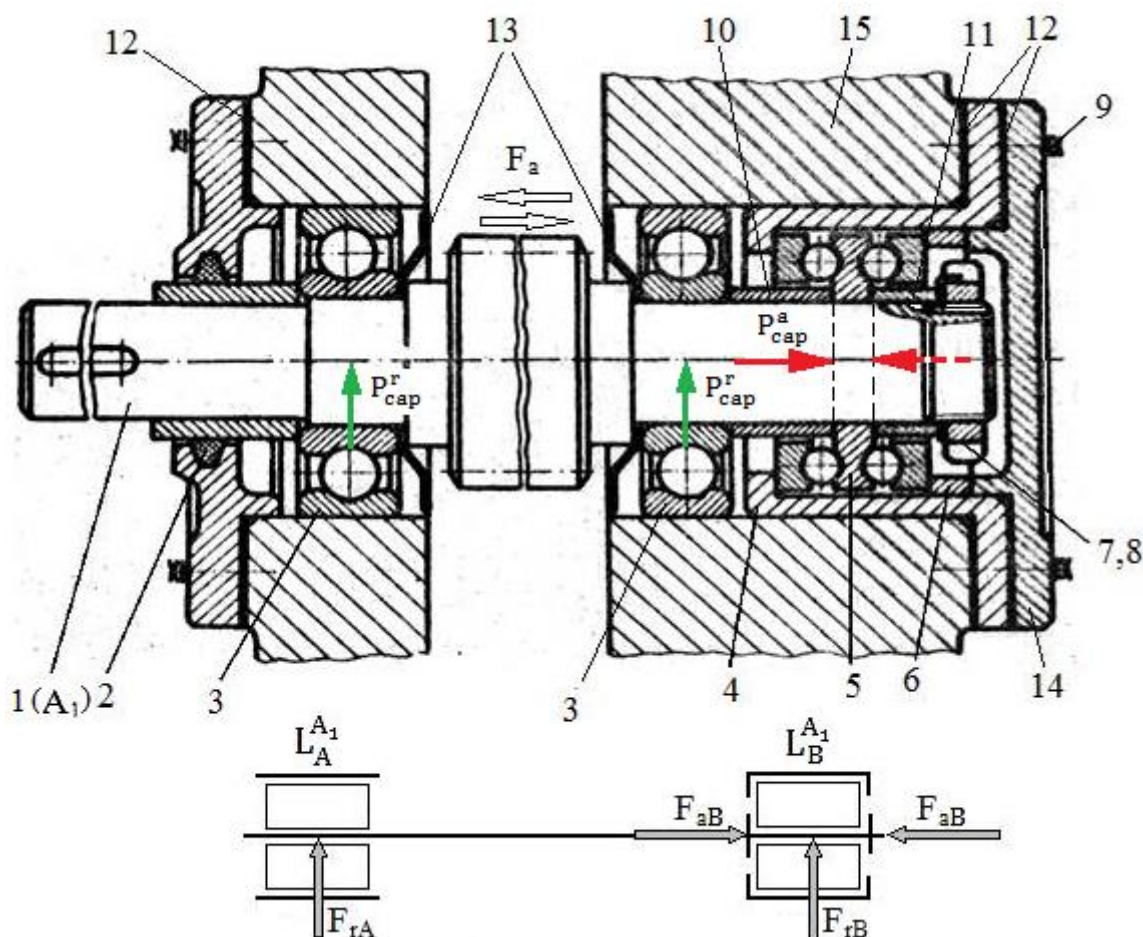
$$C_{nec}^B = P_B \sqrt[p]{L_B} = 4890 \sqrt[10/3]{360} = 28589,04 \text{ N.}$$

II_6.3

Să se determine sarcinile dinamice echivalente capabile ale rulmenților montajului sistemului de lăgăruire al arborelui de intrare al unui reductor melcat compus din două lagăre, unul conducător cu rulment radial cu bile și rulment axial cu dublu efect și celălalt, liber, cu un rulment radial cu bile.

Se dau: turația arborelui melcat $n_i = 3000 \text{ rot/min}$; durata de funcționare $L_h = 10500 \text{ ore}$; capacitatea de încărcare dinamică a rulmentului radial cu bile, $C_A = 31000 \text{ N}$; capacitatea de încărcare dinamică a rulmentului axial, $C_B = 50000 \text{ N}$; gradul (exponentul) curbei de oboseală $p = 3$, pentru rulmenții cu bile, $p = 10/3$, pentru rulmenții cu role.

Structura constructivă: 1 – arbore melcat, 2 - inel de etanșare din pâslă; 3 – rulment radial cu bile; 4 – pahar; 5 – rulment axial cu dublu efect; 6 – distanțier; 7 – piuliță canelată; 8 – șaibă de asigurare; 9 – șurub montat cu joc; 10 – distanțier 2; 11 - distanțier 3; 12 – șaibe de reglare a jocurilor și de etanșare; 13 – șaibe deflectoare (pentru protecția ungerii rulmenților); 14 – capac; 15 – carcasă.



Rezolvare:

a. Durabilitatea necesară a rulmenților

$$L = L_h \frac{n_i 60}{10^6} = 10500 \frac{3000 \cdot 60}{10^6} = 1890 \text{ mil. de rotații.}$$

b. Sarcina dinamică echivalentă capabilă a rulmentului radial cu bile

$$P_{\text{cap}}^r = \frac{C_A}{p \sqrt{L}} = \frac{31000}{\sqrt[3]{1890}} = 2507,31 \text{ N.}$$

c. Sarcina dinamică echivalentă capabilă a rulmentului axial cu bile

$$P_{\text{cap}}^r = \frac{C_B}{p \sqrt{L}} = \frac{50000}{\sqrt[3]{1890}} = 4044 \text{ N.}$$

II_6.4

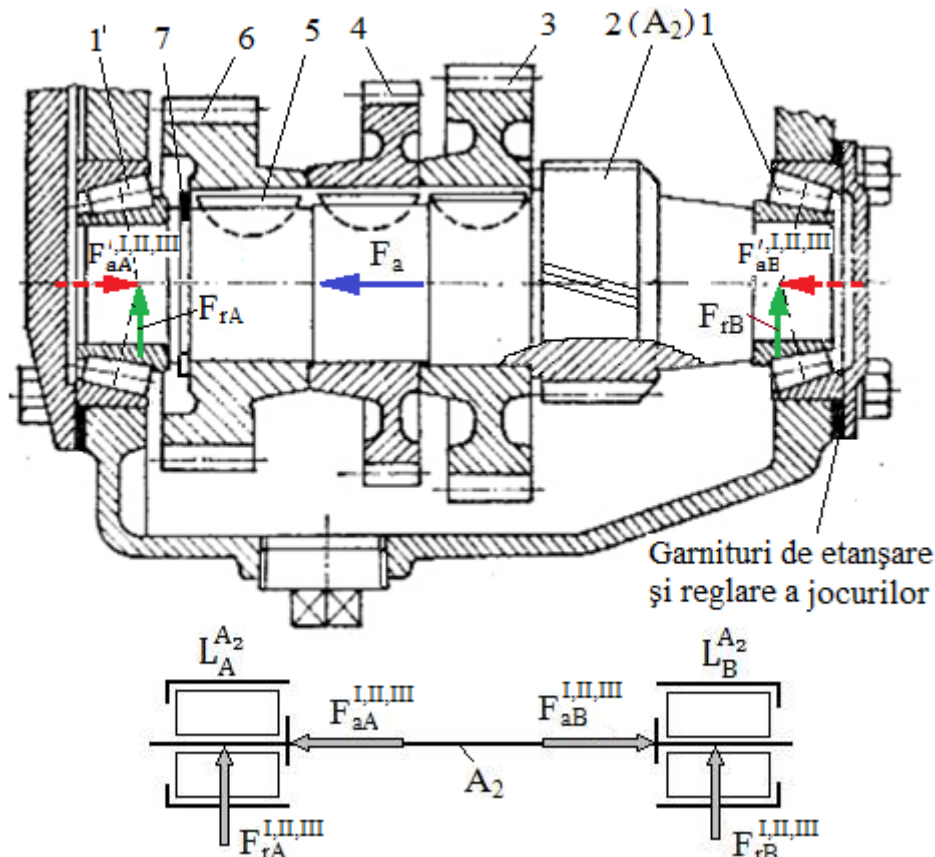
Să se determine durata de funcționare a rulmentului radial-axial cu role conice (cel mai încărcat) montat în lagărul $L_A^{A_2}$ în sistemul de lăgăruire cu schema în X al arborelui intermediar al cutiei de viteze cu trei trepte pentru mersul înainte și una pentru mersul înapoi.

Se dau: turația arborelui intermediar A_2 , $n_2 = 800 \text{ rot/min}$; valorile forțelor care încarcă rulmenții sistemului de lăgăruire sunt conform tabelului următor:

Treapta	Forța radială din lagărul $L_A^{A_2}$, $F_{rA}^{I,II,III} \text{ [N]}$	Forța radială din lagărul $L_B^{A_2}$, $F_{rB}^{I,II,III} \text{ [N]}$	Forța axială din arbore, $F_a^{I,II,III} \text{ [N]}$
I	7345	5795	4325
II	6325	4830	3750
III	5145	3730	2950

capacitatea de încărcare dinamică a rulmentului lagărului $L_A^{A_2}$, $C_A = 62000 \text{ N}$; gradul (exponentul) curbei de oboseală $p = 3$, pentru rulmenții cu bile, $p = 10/3$, pentru rulmenții cu role; factorii de influență $e = 0,37$, $X = 0,4$, $Y = 1,6$; procente din durata de funcționare a sistemului de lăgăruire (L_h) pentru treptele I, II, III, $q^I = 25\%$, $q^{II} = 35\%$, respectiv, $q^{III} = 45\%$.

Structura constructivă: 1, 1' - rulment radial axial cu role conice; 2 - pinionul angrenajului treptei I care este corp comun cu arborele intermediar A_2 ; 3, 4 - roți cilindrice ale angrenajelor treptelor a II -a respectiv a III -a; 5 - pană disc; 6 - roata cilindrică a angrenajul permanent al cutiei de viteze; 7 - inel elastic (pentru fixarea axială a roților dințate).



Rezolvare:

a. Forțele axiale interioare

Forțele axiale interioare din rulmentul lagărului $L_A^{A_2}$:

$$F'_{aA}{}^I = 0,5 \frac{F_{rA}^I}{Y} = 0,5 \frac{7345}{1,6} = 2295,3125 \text{ N},$$

pentru treapta I.

$$F'_{aA}{}^{II} = 0,5 \frac{F_{rA}^{II}}{Y} = 0,5 \frac{6325}{1,6} = 1976,5625 \text{ N},$$

pentru treapta a II - a.

$$F'_{aA}{}^{III} = 0,5 \frac{F_{rA}^{III}}{Y} = 0,5 \frac{5145}{1,6} = 1607,8125 \text{ N},$$

pentru treapta a III- a.

Forțele axiale interioare din rulmentul lagărului $L_B^{A_2}$:

$$F'_{aB}{}^I = 0,5 \frac{F_{rB}^I}{Y} = 0,5 \frac{5795}{1,6} = 1810,9375 \text{ N},$$

pentru treapta I.

$$F'_{aB}{}^{II} = 0,5 \frac{F_{rB}^{II}}{Y} = 0,5 \frac{4830}{1,6} = 1509,375 \text{ N},$$

pentru treapta a II - a.

$$F'_{aB}{}^{III} = 0,5 \frac{F_{rB}^{III}}{Y} = 0,5 \frac{3730}{1,6} = 1165,625 \text{ N},$$

pentru treapta a III- a.

b. Identificarea rulmentului încărcat axial exterior

Forța axială totală din arbore pentru treapta I,

$$F_{at}^I = F_a^I - F'_{aA}{}^I + F'_{aB}{}^I = 4325 - 2295,3125 + 1810,9375 = 3840,625 \text{ N}$$

are același sens cu F_a și rulmentul lagărului $L_A^{A_2}$ este încărcat axial exterior.

Forța axială totală din arbore pentru treapta a - II - a,

$$F_{at}^{II} = F_a^{II} - F'_{aA}{}^{II} + F'_{aB}{}^{II} = 3750 - 1976,5625 + 1509,375 = 3282,8125,$$

are același sens cu F_a și rulmentul lagărului $L_A^{A_2}$ este încărcat axial exterior.

Forța axială totală din arbore pentru treapta a - III - a,

$$F_{at}^{III} = F_a^{III} - F'_{aA}{}^{III} + F'_{aB}{}^{III} = 2950 - 1607,8125 + 1165,625 = 2507,8125 \text{ N},$$

are același sens cu F_a și rulmentul lagărului $L_A^{A_2}$ este încărcat axial exterior.

c. Forțele axiale exterioare care încarcă rulmenții

Forța axială exterioară de încărcare a rulmentului lagărului $L_A^{A_2}$ pentru treapta I,

$$F_{aA}^I = F_a^I + F'_{aB}{}^I = 4325 + 1810,9375 = 6135,9375 \text{ N}.$$

Forța axială exterioară de încărcare a rulmentului lagărului $L_A^{A_2}$ pentru treapta a - II - a,

$$F_{aA}^{II} = F_a^{II} + F'_{aB}{}^{II} = 3750 + 1509,375 = 5259,375 \text{ N}.$$

Forța axială exterioară de încărcare rulmentului lagărului $L_A^{A_2}$ pentru treapta a - III - a,

$$F_{aA}^{III} = F_a^{III} + F'_{aB}{}^{III} = 2950 + 1165,625 = 4115,625 \text{ N}.$$

d. Sarcina dinamică echivalentă a rulmentului lagărului $L_A^{A_2}$

Din condiția de încărcare,

$$\frac{F_{aA}^I}{F_{rA}^I} = \frac{6135,9375}{7345} = 0,834 > e,$$

rezultă, sarcina dinamică echivalentă a rulmentului lagărului $L_A^{A_2}$ pentru treapta I,

$$P_A^I = X F_{rA}^I + Y F_{aA}^I = 0,4 \cdot 7345 + 1,6 \cdot 6135,9375 = 12755,496 \text{ N}.$$

Din condiția de încărcare,

$$\frac{F_{aA}^{II}}{F_{rA}^{II}} = \frac{5259,375}{6325} = 0,831 > e,$$

rezultă, sarcina dinamică echivalentă a rulmentului lagărului $L_A^{A_2}$ pentru treapta a II - a,

$$P_A^{II} = X F_{rA}^{II} + Y F_{aA}^{II} = 0,4 \cdot 6325 + 1,6 \cdot 5259,375 = 10945 \text{ N}.$$

Din condiția de încărcare,

$$\frac{F_{aA}^{III}}{F_{rA}^{III}} = \frac{4115,625}{5145} = 0,8 > e,$$

rezultă, sarcina dinamică echivalentă a rulmentului lagărului $L_A^{A_2}$ pentru treapta a III - a,

$$P_A^{III} = X F_{rA}^{III} + Y F_{aA}^{III} = 0,4 \cdot 5145 + 1,6 \cdot 4115,625 = 8643 \text{ N.}$$

e. Sarcina dinamică echivalentă medie

Relația generală de calcul a sarcinii dinamice echivalente a unui rulment încărcat în n trepte cu sarcinile dinamice $P_1, P_2, P_3 \dots P_i \dots P_n$ și turația n constantă,

$$P_m = \sqrt[p]{\sum_{i=1}^n \frac{q_i}{100} P_i^p},$$

personalizată pentru rulmentul lagărului $L_A^{A_2}$ solicitat conform celor trei trepte de funcționare, devine,

$$P_m = \sqrt[10/3]{\frac{q^I}{100} (P_A^I)^{10/3} + \frac{q^{II}}{100} (P_A^{II})^{10/3} + \frac{q^{III}}{100} (P_A^{III})^{10/3}} = \sqrt[10/3]{\frac{25}{100} (12755,496)^{10/3} + \frac{35}{100} (10945)^{10/3} + \frac{45}{100} (8643)^{10/3}} = 10849,64 \text{ N.}$$

f. Durata de funcționare a rulmentului lagărului $L_A^{A_2}$

$$L_h = L \frac{10^6}{n_2 \cdot 60} = \left(\frac{C_A}{P_m} \right)^p \frac{10^6}{n_2 \cdot 60} = \left(\frac{62000}{10849,64} \right)^{10/3} \frac{10^6}{800 \cdot 60} = 6950,45 \text{ ore.}$$

II_6.5

Să se determine durabilitatea rulmenților sistemului de lăgăruire a roții față a unui autocamion.

Se dau: capacitatea de încărcare dinamică a rulmentului radial-axial cu role conice 2 din lagărul L_B , $C_B = 156 \text{ kN}$; capacitatea de încărcare dinamică a rulmentului radial-axial cu role conice 3 din lagărul L_A , $C_A = 134 \text{ kN}$; gradul (exponentul) curbei de oboseală $p = 3$, pentru rulmenții cu bile, $p = 10/3$, pentru rulmenții cu role; factorii de influență: $e = 0,4$, $X = 0,4$, $Y = 1,48$ pentru rulmentul radial-axial cu role conice 3 din lagărul L_A și $e = 0,42$, $X = 0,4$, $Y = 1,43$ pentru rulmentul radial-axial cu role conice 2 din lagărul L_B ; reacțiunea dinamică medie pe roată în direcție verticală $F_{dm} = 12,5 \text{ kN}$; reacțiunea laterală pe roată (la acțiunea forței centrifuge) la deplasarea în curbe (în sens orar sau antiorar) $F_{cm} = 9,5 \text{ kN}$; valorile cotelor: $a = 90 \text{ mm}$, $b = 30 \text{ mm}$; $R_d = 320 \text{ mm}$ (raza dinamică a roții); turația medie a roții la deplasarea în linie dreaptă $n_d = 420 \text{ rot/min}$; turația medie a roții la deplasarea în curbe $n_c = 260 \text{ rot/min}$; se va considera că procente de timpilor de deplasare a autocamionului în linie dreaptă și în curbe din timpul total de funcționare sunt: $q^I = 60\%$ pentru circulație în linie dreaptă, $q^{II} = 20\%$ pentru circulație în curbe la stânga și $q^{III} = 20\%$ pentru circulație în curbe la dreapta.

Structura constructivă: 1 – fuzetă, 2, 3 - rulmenți radial-axiali cu role conice montați în O; 4 – portfuzetă (butuc); 5 – prezon de fixare a jenții; 6 – corp, 7 – jantă.

Rezolvare:

a. Regimuri de funcționare/încărcare

Pentru a include diversele încărcări (variabile) care apar în timpul funcționării roții pentru calculul rulmenților se sintetizează în următoarele regimuri:

Regimul I, rulare în linie dreaptă cu încărcarea roții cu forța F_{dm} ; forța axială exterioară F_a este nulă, nu acționează forța centrifugă.

Regimul II, rulare în curbe la dreapta cu încărcarea roții cu forțele F_{dm} și F_{cm} ; forța axială exterioară $F_a > 0$ cu sensul de la lagărul L_B către L_A .

Regimul III, rulare în curbe la stânga cu încărcarea roții cu forțele F_{dm} și F_{cm} (marcată în figură întrerupt); forța axială exterioară $F_a > 0$ cu sensul de la lagărul L_A către L_B .

b. Sarcinile din rulmenți pentru regimul I

Din ecuațiile de momente,

$$F_{dm} \cdot b = F_{rA}^I (a+b),$$

$$F_{dm} \cdot a = F_{rB}^I (a+b),$$

se obțin forțele radiale de reacțiune din lagărele L_A și L_B , pentru regimul I,

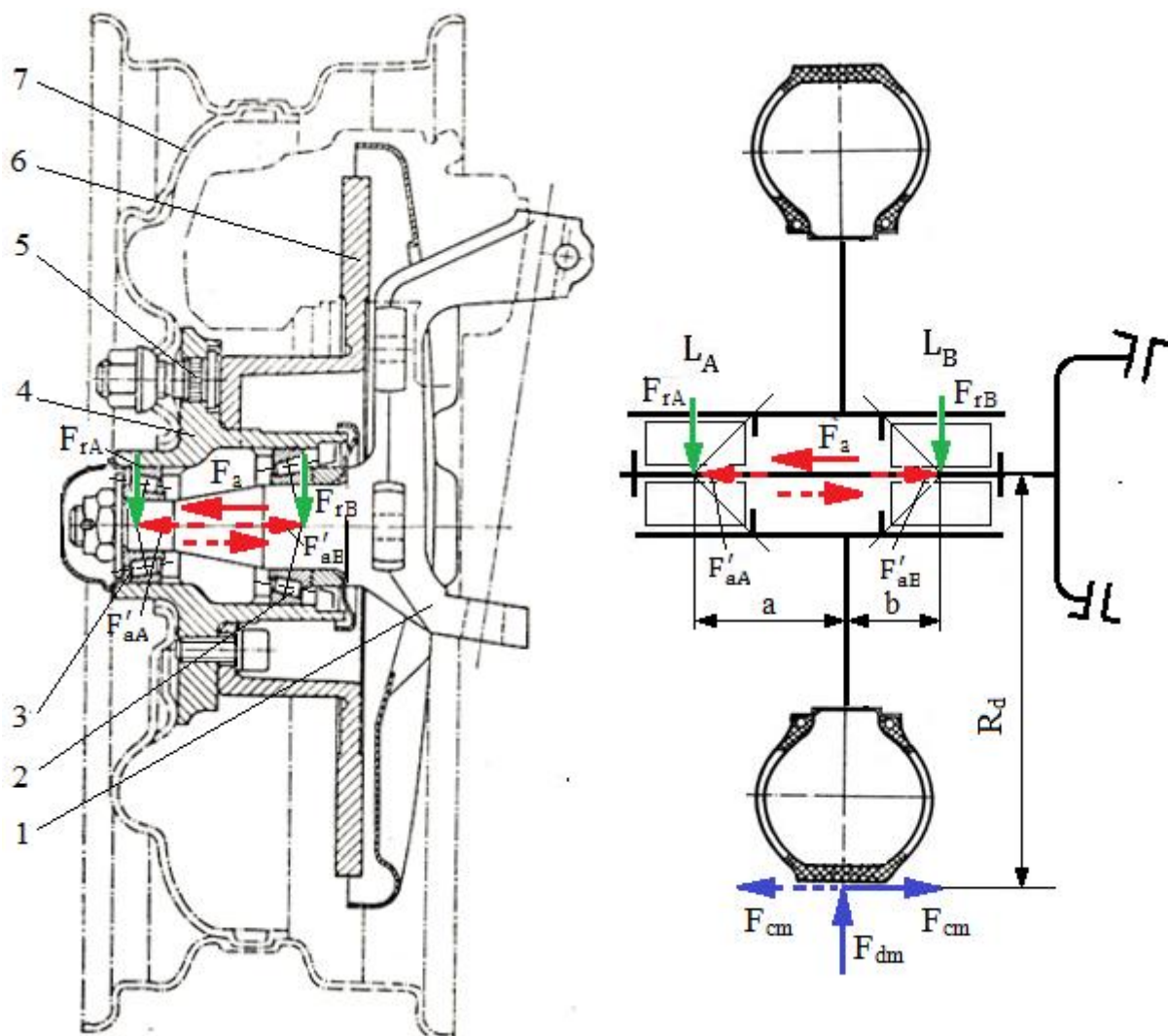
$$F_{rA}^I = F_{dm} \frac{b}{a+b} = 12500 \frac{30}{120} = 3125 \text{ N,}$$

$$F_{rB}^I = F_{dm} \frac{a}{a+b} = 12500 \frac{90}{120} = 9375 \text{ N.}$$

Forțele axiale interioare din lagărele L_A și L_B , pentru regimul I, generate de forțele interioare din rulmenți sunt:

$$F'_{aA} = 0,5 \frac{F_{rA}^I}{Y} = 0,5 \frac{3125}{1,48} = 1055,74 \text{ N.}$$

$$F'_{aB} = 0,5 \frac{F_{rB}^I}{Y} = 0,5 \frac{9375}{1,43} = 3277,97 \text{ N.}$$



Identificarea rulmentului încărcat axial exterior:

Forța axială totală din arbore,

$$F_{at} = F'_{aB} - F'_{aA} = 3277,97 - 1055,74 = 2222,23 \text{ N},$$

are același sens cu F'_{aB} și rulmentul lagărului L_A este încărcat axial exterior.

Forțele axiale exterioare care încarcă rulmenții din lagărele L_A și L_B :

$$F_{aA}^I = F'_{aB}.$$

$$F_{aB}^I = 0.$$

Sarcinile dinamice echivalente,

$$\frac{F_{aA}^I}{F_{rA}^I} = \frac{3277,97}{3125} = 1,04 > e = 0,4 \text{ și}$$

$$\frac{F_{aB}^I}{F_{rB}^I} = \frac{0}{9375} = 0 < e = 0,42, \text{ sunt:}$$

$$P_A^I = X F_{rA}^I + Y F_{aA}^I = 0,4 \cdot 3125 + 1,48 \cdot 3277,97 = 6101,39 \text{ N},$$

pentru lagărul L_A și, respectiv,

$$P_B^I = F_{rB}^I = 9375 \text{ N},$$

pentru lagărul L_B .

c. Sarcinile din rulmenți pentru regimul II

Din ecuațiile de momente,

$$F_{dm} \cdot b - F_{cm} \cdot R_d = F_{rA}^{II} (a+b),$$

$$F_{dm} \cdot a + F_{cm} \cdot R_d = F_{rB}^{II} (a+b),$$

se obțin forțele radiale de reacțiune din lagărele L_A și L_B ,

$$F_{rA}^{II} = \frac{F_{dm} b - F_{cm} R_d}{a+b} = \frac{12500 \cdot 30 - 9500 \cdot 320}{120} = -22208,33 \text{ N (semnul “-”, indică că sensul este opus celui marcat în figură),}$$

$$F_{rB}^{II} = \frac{F_{dm} a + F_{cm} R_d}{a+b} = \frac{12500 \cdot 90 + 9500 \cdot 320}{120} = 34708,33 \text{ N.}$$

Forța axială exterioară, $F_a = F_a^{II} = F_{cm} = 9500$ N.

Identificarea rulmentului încărcat axial exterior:

Forța axială totală care încarcă fusul fuzetei,

$$F_{at}^{II} = F_a^{II} + F'_{aA} - F'_{aB} = F_a^{II} + 0,5 \frac{F_{rA}^{II}}{Y} - 0,5 \frac{F_{rB}^{II}}{Y} = 9500 + 0,5 \frac{22208,33}{1,48} - 0,5 \frac{34708,33}{1,43} = 4867,03 \text{ N},$$

are același sens cu forța F_a și, deci, lagărul L_B este încărcat axial exterior.

Forțele axiale exterioare din lagărele L_A și L_B ,

$$F_{aA}^{II} = 0,$$

$$F_{aB}^{II} = F_a^{II} + F'_{aA} = F_a + 0,5 \frac{F_{rA}^{II}}{Y} = 9500 + 0,5 \frac{22208,33}{1,48} = 17002,81 \text{ N}.$$

Sarcinile dinamice echivalente,

$$\frac{F_{aA}^{II}}{F_{rA}^{II}} = \frac{12135,78}{22208,33} = 0,546 > e = 0,4 \text{ și}$$

$$\frac{F_{aB}^{II}}{F_{rB}^{II}} = \frac{17002,81}{34708,33} = 0,49 > e = 0,42, \text{ sunt:}$$

$$P_A^{II} = X F_{rA}^{II} + Y F_{aA}^{II} = 0,4 \cdot 22208,33 + 1,48 \cdot 12135,78 = 26844,29 \text{ N},$$

pentru lagărul L_A și, respectiv,

$$P_B^{II} = X F_{rB}^{II} + Y F_{aB}^{II} = 0,4 \cdot 34708,33 + 1,43 \cdot 17002,81 = 38197,35 \text{ N},$$

pentru lagărul L_B .

d. Sarcinile din rulmenți pentru regimul III

Din ecuațiile de momente,

$$F_{dm} \cdot b + F_{cm} \cdot R_d = F_{rA}^{III} (a+b),$$

$$F_{dm} \cdot a - F_{cm} \cdot R_d = F_{rB}^{III} (a+b),$$

se obțin forțele radiale de reacțiune din lagărele L_A și L_B ,

$$F_{rA}^{III} = \frac{F_{dm} b + F_{cm} R_d}{a+b} = \frac{12500 \cdot 30 + 9500 \cdot 320}{120} = 28458,33 \text{ N},$$

$$F_{rB}^{III} = \frac{F_{dm} a - F_{cm} R_d}{a+b} = \frac{12500 \cdot 90 - 9500 \cdot 320}{120} = -15958,33 \text{ N} \text{ (semnul “-”, indică că sensul este opus celui marcat în figură)}.$$

Forța axială exterioară, $F_a = F_a^{III} = F_{cm} = 9500$ N.

Identificarea rulmentului încărcat axial exterior:

Forța axială totală care încarcă fusul fuzetei,

$$F_{at}^{III} = F_a^{III} - F'_{aA} + F'_{aB} = F_a^{III} - 0,5 \frac{F_{rA}^{III}}{Y} + 0,5 \frac{F_{rB}^{III}}{Y} = 9500 - 0,5 \frac{28458,33}{1,48} + 0,5 \frac{15958,33}{1,43} = 5465,53 \text{ N},$$

are același sens cu F_a și, deci, lagărul L_A este încărcat axial.

Forțele axiale exterioare din lagărele L_A și L_B ,

$$F_{aA}^{III} = F_a^{III} + F'_{aB} = F_a^{III} + 0,5 \frac{F_{rB}^{III}}{Y} = 9500 + 0,5 \frac{15958,33}{1,43} = 15079,83 \text{ N}.$$

$$F_{aB}^{III} = 0.$$

Sarcinile dinamice echivalente,

$$\frac{F_{aA}^{III}}{F_{rA}^{III}} = \frac{15079,83}{28458,33} = 0,52 > e = 0,4 \text{ și}$$

$$\frac{F_{aB}^{III}}{F_{rB}^{III}} = \frac{9614,30}{15958,33} = 0,62 > e = 0,42 \text{ sunt:}$$

$$P_A^{III} = X F_{rA}^{III} + Y F_{aA}^{III} = 0,4 \cdot 28458,33 + 1,48 \cdot 15079,83 = 33701,48 \text{ N},$$

pentru lagărul L_A și, respectiv,

$$P_B^{III} = X F_{rB}^{III} + Y F_{aB}^{III} = 0,4 \cdot 15958,33 + 1,43 \cdot 9614,30 = 20131,78 \text{ N},$$

pentru lagărul L_B .

e. Turația medie echivalentă

$$n_m = \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{100} n_i = \frac{q^I}{100} n_d + \frac{q^{II}}{100} n_c + \frac{q^{III}}{100} n_d = \frac{60}{100} 420 + \frac{20}{100} 260 + \frac{20}{100} 260 = 356 \text{ rot/mi}.$$

f. Sarcinile dinamice echivalente medii

$$P_{mA} = \sqrt[p]{\sum_{i=1}^n \frac{q_i}{100} \frac{n_i}{n_m} P_i^p} = \sqrt[p]{\frac{q^I}{100} \frac{n_d}{n_m} (P_A^I)^p + \frac{q^{II}}{100} \frac{n_c}{n_m} (P_A^{II})^p + \frac{q^{III}}{100} \frac{n_c}{n_m} (P_A^{III})^p} =$$
$$= \sqrt[10/3]{\frac{60}{100} \frac{420}{356} (6101,39)^{10/3} + \frac{20}{100} \frac{260}{356} (26844,29)^{10/3} + \frac{20}{100} \frac{260}{356} (33701,48)^{10/3}} = 21306,29 \text{ N},$$

pentru rulmentul din lagărul L_A ,

$$P_{mB} = \sqrt[p]{\sum_{i=1}^n \frac{q_i}{100} \frac{n_i}{n_m} P_i^p} = \sqrt[p]{\frac{q^I}{100} \frac{n_d}{n_m} (P_B^I)^p + \frac{q^{II}}{100} \frac{n_c}{n_m} (P_B^{II})^p + \frac{q^{III}}{100} \frac{n_c}{n_m} (P_B^{III})^p} =$$

$$= \sqrt[10/3]{\frac{60}{100} \frac{420}{356} (9375)^{10/3} + \frac{20}{100} \frac{260}{356} (38197,35)^{10/3} + \frac{20}{100} \frac{260}{356} (20131,78)^{10/3}} = 22443,25 \text{ N},$$

pentru rulmentul din lagărul L_B .

g. Durabilitățile rulmenților

$$L_A = \left(\frac{C_A}{P_{mA}} \right)^p = \left(\frac{134000}{21306,29} \right)^{10/3} = 459,18 \text{ milioane de rotații},$$

pentru rulmentul din lagărul L_A .

$$L_B = \left(\frac{C_B}{P_{mB}} \right)^p = \left(\frac{156000}{22443,25} \right)^{10/3} = 640,90 \text{ milioane de rotații}$$

pentru rulmentul din lagărul L_B .

h. Duratele de funcționare ale rulmenților

$$L_{hA} = L_A \frac{10^6}{n_m \cdot 60} = 459,18 \frac{10^6}{356 \cdot 60} = 21497,19 \text{ ore},$$

pentru rulmentul din lagărul L_A .

$$L_{hB} = L_B \frac{10^6}{n_m \cdot 60} = 640,90 \frac{10^6}{356 \cdot 60} = 30004,68 \text{ ore},$$

pentru rulmentul din lagărul L_B .

II_6.5

Să se determine capacitățile de încărcare dinamică necesare a rulmenților montajului sistemului de lăgăruire al arborelui melcat al reductorului cilindro-melcat compus din două lagăre, unul, conducător, cu o pereche de rulmenți radial-axiali cu role conice identici montați pereche în X, și celălalt, liber, cu un rulment radial cu role cilindrice.

Se dau: turația arborelui melcat, $n_1 = 1200 \text{ rot/min}$; forța radială în lagărul A, $F_{rA} = 6890 \text{ N}$; forța radială în lagărul B, $F_{rB} = 5760 \text{ N}$, forța axială din melc $F_{a1} = 7950 \text{ N}$, forța axială din roata cilindrică $F_{a2} = 1470 \text{ N}$; durata de funcționare $L_h = 11500 \text{ ore}$; gradul (exponentul) curbei de oboseală $p = 3$, pentru rulmenții cu bile, $p = 10/3$, pentru rulmenții cu role; factorii de influență: $e = 1,14$, $X = 0,59$, $Y = 0,93$, pentru rulmentul radial-axial cu role conice; sarcina dinamică echivalentă pentru perechea de rulmenți radial-axiali, $P_{per} = F_r + 1,12 Y F_a$, pentru $F_a/F_r \leq e$ sau $P_{per} = 0,67 F_r + 1,68 Y F_a$, pentru $F_a/F_r > e$; capacitatea dinamică a perechii de rulmenți radial-axiali, $C_{per} = 1,715 C$ (C este capacitatea dinamică a rulmentului radial-axial cu role conice).

Structura constructivă: 1, 1' – rulmenți radial-axiali cu role conice montați în X, 2 - casetă rulmenți radial-axiali cu role conice; 3 – deflector (antrenează uleiul spre zona de angrenare); 4 – arbore melcat; 5 – rulment radial cu role cilindrice; 6 – inel elastic (pentru fixarea axială aine în carcasă, 7 – roată dințată cilindrică cu dantură înclinată.

Rezolvare:

a. Durabilitatea necesară rulmenților din cele două lagăre

$$L = L_h \frac{n_1 \cdot 60}{10^6} = 11500 \frac{1200 \cdot 60}{10^6} = 828 \text{ mil. de rotații}.$$

b. Forța axială din lagărul L_B

$F_{aB} = F_{a1} + F_{a2} = 7950 + 1470 = 9420 \text{ N}$ (nu se iau în considerare forțele interioare din rulmenții radial-axiali deoarece se anulează reciproc, fiind egale, generate de aceeași forță radială).

c. Sarcinile dinamice echivalente

$$P_A = F_{rA} = 6890 \text{ N},$$

pentru, rulmentul radial cu role cilindrice din lagărul L_A ,

Ținând cont de condiția de încărcare,

$$\frac{F_{aB}}{F_{rB}} = \frac{9420}{5760} = 1,63 > e,$$

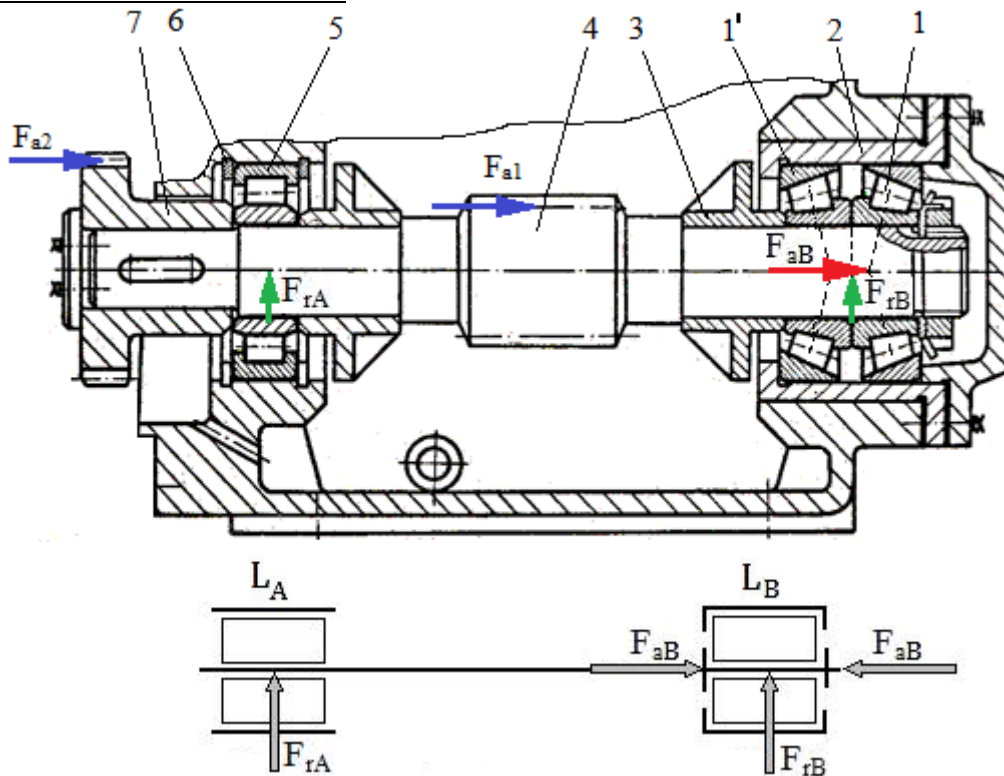
rezultă, sarcina dinamică echivalentă a perechii de rulmenți radial-axiali cu role conice din lagărul conducător L_B ,

$$P_{B,per} = 0,67 F_r + 1,68 Y F_a = 0,67 \cdot 5760 + 1,68 \cdot 0,93 \cdot 9420 = 18577 \text{ N}.$$

a. Capacitățile dinamice necesare

$$C_{nec}^A = P_A \sqrt[p]{L} = 6890 \sqrt[10/3]{828} = 51716,4 \text{ N},$$

pentru, rulmentului radial cu role cilindrice.



$$C_{nec,per}^B = P_{B,per} \sqrt[p]{L} = 18577 \sqrt[10/3]{828} = 139439,16 \text{ N},$$

pentru, perechea de rulmenți radial-axiali cu role conice.

$$C_{nec}^B = \frac{C_{nec,per}^B}{1,715} = \frac{139439,16}{1,715} = 81305,63 \text{ N},$$

pentru, un rulment radial-axial cu role conice.

II_6.6

Să se determine capacitățile de încărcare dinamică necesare ale rulmenților radial-axiali cu role conice din lagărele L_A^{A1} și L_B^{A1} .

Se dau: turația $n_i = 1500 \text{ rot/min}$; forța radială din lagărul L_A^{A1} , $F_{rA} = 2950 \text{ N}$; forța radială din lagărul L_B^{A1} , $F_{rB} = 650 \text{ N}$; forța axială care acționează asupra pinionului $F_{a1} = 1545 \text{ N}$; forța axială care acționează de la capul arborelui, $F_{ac} = 1200 \text{ N}$; durata de funcționare $L_h = 13500 \text{ ore}$; gradul (exponentul) curbei de oboseală $p = 3$, pentru rulmenții cu bile, $p = 10/3$, pentru rulmenții cu role; factorii de influență $e = 0,37$, $X = 0,4$, $Y = 1,6$.

Structura constructivă: 1, 1' – rulmenți radial-axiali cu role conice montați în X, 2 – piuliță canelată pentru fixarea axială; 3 – caseta rulmenților; 4 – distanțier; 5 – arbore cu pinion conic; 6 – distanțier deflector (împiedică uleiul să intre în zona rumenților care au ungere separată).

Rezolvare:

a. Forțele axiale interioare

Forța axială interioară din rulmentul lagărului L_A^{A1} ,

$$F'_{aA} = 0,5 \frac{F_{rA}}{Y} = 0,5 \frac{2950}{1,6} = 921,875 \text{ N}.$$

Forța axială interioară din rulmentul lagărului L_B^{A1} ,

$$F'_{aB} = 0,5 \frac{F_{rB}}{Y} = 0,5 \frac{650}{1,6} = 203,125 \text{ N}.$$

b. Identificarea rulmentului încărcat axial exterior

Forța axială totală din arbore (se consideră forța axială F_{a1} cu +),

$$F_{at} = F_{a1} - F_{ac} - F'_{aA} + F'_{aB} = 1545 - 1200 - 921,875 + 203,125 = -373,75 \text{ N}$$

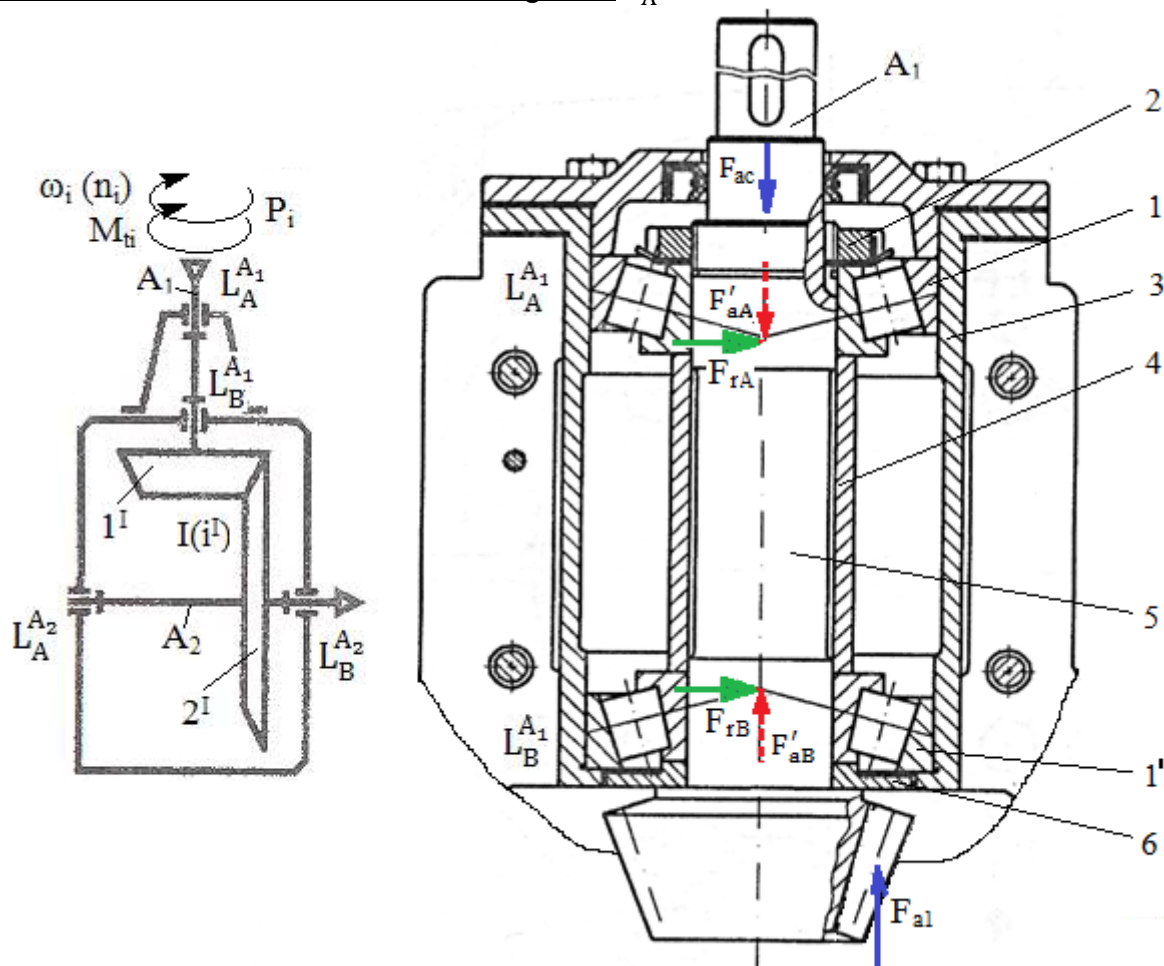
are același sens opus cu F_{a1} și rulmentul lagărului L_B^{A1} este încărcat axial exterior.

c. Forțele axiale exterioare care încarcă rulmenții

Forța axială exterioară de încărcare a rulmentului lagărului L_B^{A1} ,

$$F_{aB} = F'_{aA} + F_{ac} - F_{a1} = 921,875 + 1200 - 1545 = 576,875 \text{ N}$$

Forța axială exteioară de încărcare a rulmentului lagărului $L_A^{A_1}$



$$F_{aA} = 0.$$

d. Sarcinile dinamice echivalente

Deoarece,

$$\frac{F_{aB}}{F_{rB}} = \frac{576,875}{650} = 0,88 > e,$$

sarcina dinamică echivalentă a rulmentului din lagărul $L_B^{A_1}$,

$$P_B = X F_{rB} + Y F_{aB} = 0,4 \cdot 650 + 1,6 \cdot 576,875 = 1183 \text{ N.}$$

Sarcina dinamică echivalentă a rulmentului din lagărul $L_A^{A_1}$, ținând cont că este încărcat axial cu forța axială exterioară nulă,

$$P_A = F_{rA} = 2950 \text{ N.}$$

e. Durabilitatea impusă

$$L = L_h \frac{n_1 60}{10^6} = 13500 \frac{1500 \cdot 60}{10^6} = 1215 \text{ mil. de rotații.}$$

f. Capacitățile dinamice necesare

Capacitatea dinamică necesară a rulmentului din lagărul $L_B^{A_1}$,

$$C_{necB} = P_B \sqrt[10]{L} = P_B \sqrt[10]{L_h \frac{n_1 60}{10^6}} = 1183^{10/3} \sqrt[10]{13500 \frac{1500 \cdot 60}{10^6}} = 9962,27 \text{ N.}$$

Capacitatea dinamică necesară a rulmentului din lagărul $L_A^{A_1}$,

$$C_{necA} = P_A \sqrt[10]{L} = P_A \sqrt[10]{L_h \frac{n_1 60}{10^6}} = 2950^{10/3} \sqrt[10]{13500 \frac{1500 \cdot 60}{10^6}} = 24842,48 \text{ N.}$$

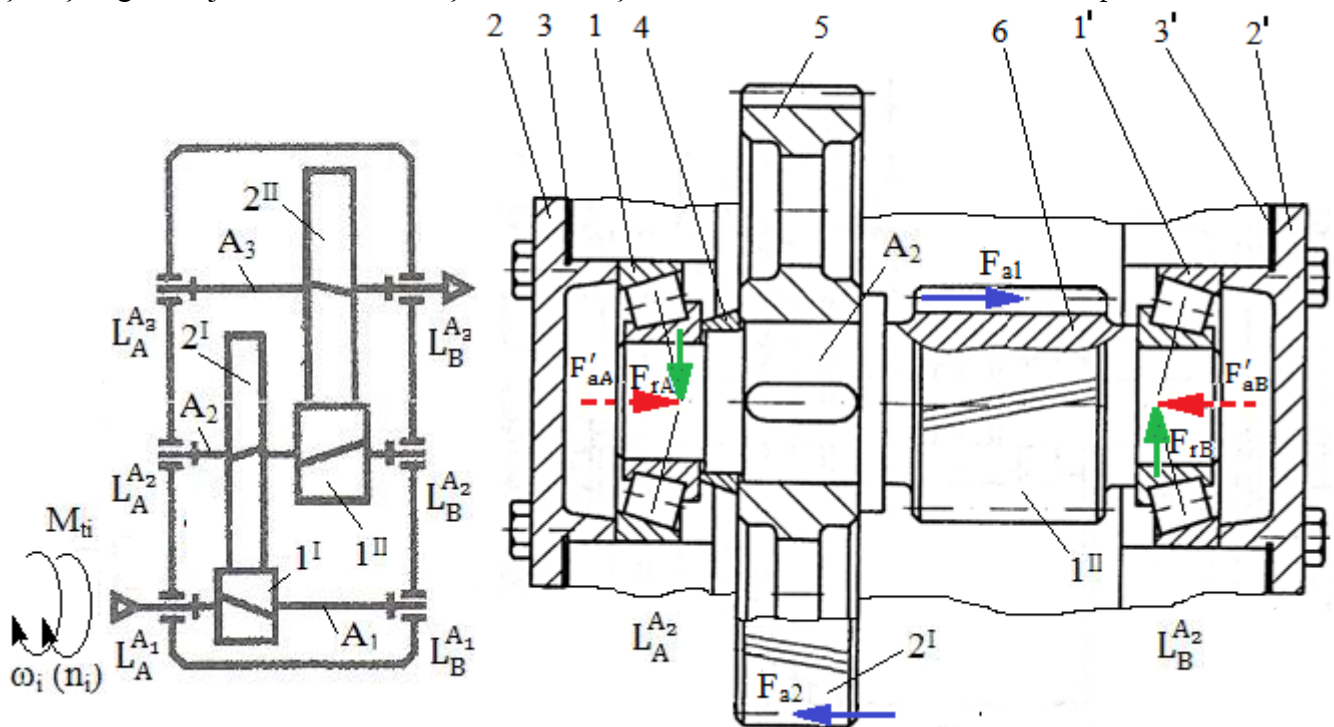
II_6.7

Să se determine duratele de funcționare ale rulmenților radial-axiali cu role conice din lagărele montajului arborelui intermediar.

Se dau: turația $n_i = 2200 \text{ rot/min}$; forța radială din lagărul $L_A^{A_2}$, $F_{rA} = 3450 \text{ N}$; forța radială din lagărul $L_B^{A_2}$, $F_{rB} = 4120 \text{ N}$; forța axială care acționează asupra roții 2^I , $F_{a2} = 1990 \text{ N}$; forța axială care acționează asupra

pinionului 1^{II} , $F_{a1} = 2780$ N; capacitatea de încărcare dinamică a rulmentului, $C = 24500$ ore; raportul de transmitere al treptei I, $i^I = 4,5$; gradul (exponentul) curbei de oboseală $p = 3$, pentru rulmenții cu bile, $p = 10/3$, pentru rulmenții cu role; factorii de influență $e = 0,37$, $X = 0,4$, $Y = 1,6$.

Structura constructivă: 1, 1' – rulmenți radial-axiali cu role conice montați în X; 2, 2' – capace; 3, 3' – inele de etanșare și reglare a jocului din rulmenți; 4 – distanțer; 5 – roată cilindrică; 6 – arbore cu pinion cilindric.



Rezolvare:

a. Forțele axiale interioare

Forța axială interioară din rulmentul lagărului L_A^{A2} ,

$$F'_{aA} = 0,5 \frac{F_{rA}}{Y} = 0,5 \frac{3450}{1,6} = 1078,125 \text{ N.}$$

Forța axială interioară din rulmentul lagărului L_B^{A2} ,

$$F'_{aB} = 0,5 \frac{F_{rB}}{Y} = 0,5 \frac{4120}{1,6} = 1287,5 \text{ N.}$$

b. Identificarea rulmentului încărcat axial exterior

Forța axială totală din arbore (se consideră forța axială F_{a1} cu +),

$$F_{at} = F_{a1} - F_{a2} + F'_{aA} - F'_{aB} = F_{a1} - F_{a2} + 0,5 \frac{F_{rA}}{Y} - 0,5 \frac{F_{rB}}{Y} = 2780 - 1990 + 0,5 \frac{3450}{1,6} - 0,5 \frac{4120}{1,6} = 670,62 \text{ N,}$$

are același sens cu F_{a1} și rulmentul lagărului L_B^{A2} este încărcat axial.

c. Forțele axiale exterioare care încarcă rulmenții

Forța axială exterioară de încărcare a rulmentului lagărului L_B^{A1} ,

$$F_{aB} = F_{a1} - F_{a2} + F'_{aA} = F_{a1} - F_{a2} + 0,5 \frac{F_{rA}}{Y} = 2780 - 1990 + 1078,125 = 1868,125 \text{ N.}$$

Forța axială exterioară de încărcare a rulmentului lagărului L_A^{A2}

$$F_{aA} = 0.$$

d. Sarcinile dinamice echivalente

Deoarece,

$$\frac{F_{aB}}{F_{rB}} = \frac{1868,125}{4120} = 0,45 > e,$$

sarcina dinamică echivalentă a rulmentului din lagărul L_B^{A2} ,

$$P_B = X F_{rB} + Y F_{aB} = 0,4 \cdot 4120 + 1,6 \cdot 1868,125 = 4637 \text{ N.}$$

Sarcina dinamică echivalentă a rulmentului din lagărul L_A^{A2} , ținând cont că este încărcat axial exterior cu forță nulă,

$$P_A = F_{rA} = 3450 \text{ N.}$$

e. Durabilitățile necesare ale rulmenților

$$L_B = \left(\frac{C}{P_B} \right)^p = \left(\frac{24500}{4637} \right)^{10/3} = 256,9 \text{ mil de rotații,}$$

pentru rulmentul lagărului $L_B^{A_2}$.

$$L_A = \left(\frac{C}{P_A} \right)^p = \left(\frac{24500}{3450} \right)^{10/3} = 688,36 \text{ mil. de rotații},$$

pentru rulmentul lagărului $L_A^{A_2}$.

f. Duratele de funcționare ale rulmenților

$$L_{hB} = L_B \frac{10^6}{n_2 \cdot 60} = L_B \frac{10^6 i^I}{n_1 \cdot 60} = 256,9 \frac{10^6 \cdot 4,5}{2200 \cdot 60} = 8757,95 \text{ ore},$$

pentru rulmentul lagărului $L_B^{A_2}$.

$$L_{hA} = L_A \frac{10^6}{n_2 \cdot 60} = L_A \frac{10^6 i^I}{n_1 \cdot 60} = 688,36 \frac{10^6 \cdot 4,5}{2200 \cdot 60} = 23466,81 \text{ ore},$$

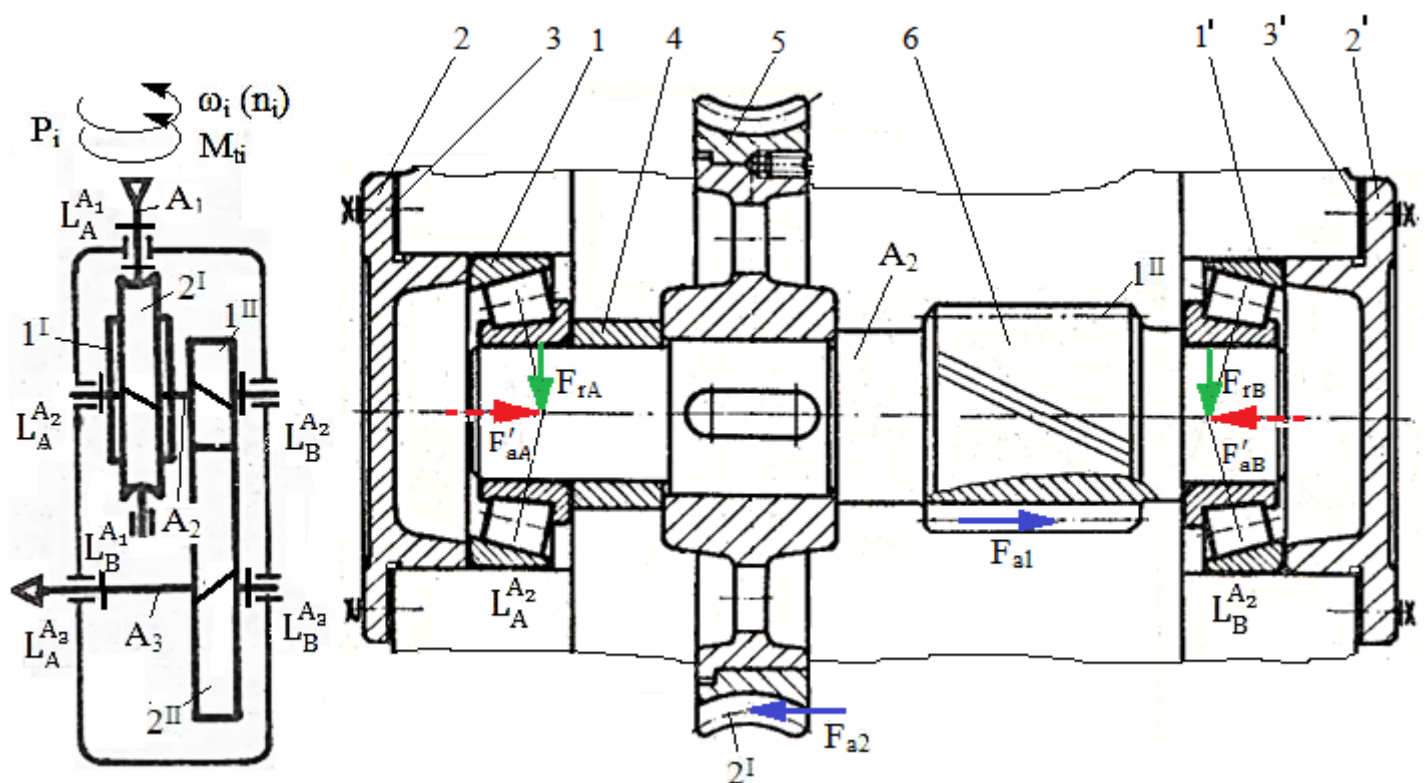
pentru rulmentul lagărului $L_A^{A_2}$.

II_6.8

Să se determine duratele de funcționare ale rulmenților radial-axiali cu role conice din lagărele $L_A^{A_2}$ și $L_B^{A_2}$

Se dau: turația arborelui intermediar A_2 , $n_2 = 450 \text{ rot/min}$; forța radială din lagărul $L_A^{A_2}$, $F_{rA} = 5650 \text{ N}$; forța radială din lagărul $L_B^{A_2}$, $F_{rB} = 4750 \text{ N}$; forța axială care acționează asupra roții melcate 2^I , $F_{a2} = 3460 \text{ N}$; forța axială care acționează asupra pinionului 1^{II} , $F_{a1} = 2340 \text{ N}$; capacitatea de încărcare dinamică, $C = 36500 \text{ N}$; gradul (exponentul) curbei de oboseală $p = 3$, pentru rulmenții cu bile, $p = 10/3$, pentru rulmenții cu role; factorii de influență $e = 0,37$, $X = 0,4$, $Y = 1,6$.

Structura constructivă: 1, 1' – rulmenți radial-axiali cu role conice montați în X; 2, 2' – capace; 3, 3' – inele de etanșare și reglare a jocului din rulmenți; 4 – distanțer; 5 – roată melcată; 6 – arbore cu pinion cilindric.



Rezolvare:

a. Forțele axiale interioare

Forța axială interioară din rulmentul lagărului $L_A^{A_2}$,

$$F'_{aA} = 0,5 \frac{F_{rA}}{Y} = 0,5 \frac{5650}{1,6} = 1765,625 \text{ N}.$$

Forța axială interioară din rulmentul lagărului $L_B^{A_2}$,

$$F'_{aB} = 0,5 \frac{F_{rB}}{Y} = 0,5 \frac{4750}{1,6} = 1484,375.$$

b. Identificarea rulmentului cel mai încărcat axial exterior

Forța axială totală din arbore (se consideră forța axială F_{a2} cu +),

$$F_{at} = F_{a2} - F_{a1} + F'_{aB} - F'_{aA} = F_{a2} - F_{a1} + 0,5 \frac{F_{rB}}{Y} - 0,5 \frac{F_{rA}}{Y} = 3460 - 2340 + 0,5 \frac{4750}{1,6} - 0,5 \frac{5650}{1,6} = 838,75 \text{ N},$$

are același sens cu F_{a2} și rulmentul lagărului $L_A^{A_2}$ este încărcat axial.

c. Forțele axiale exterioare care încarcă rulmenții

Forța axială exterioară de încărcare a rulmentului lagărului $L_A^{A_2}$,

$$F_{aA} = F_{a2} - F_{a1} + F'_{aB} = F_{a2} - F_{a1} + 0,5 \frac{F_{rB}}{Y} = 3460 - 2340 + 0,5 \frac{4750}{1,6} = 2604,375 \text{ N}.$$

Forța axială exterioară de încărcare a rulmentului lagărului $L_B^{A_2}$

$$F_{aB} = 0.$$

a. Sarcinile dinamice echivalente

Deoarece,

$$\frac{F_{aA}}{F_{rA}} = \frac{2604,375}{5650} = 0,46 > e,$$

sarcina dinamică echivalentă a rulmentului din lagărul $L_A^{A_2}$,

$$P_A = X F_{rA} + Y F_{aA} = 0,4 \cdot 5650 + 1,6 \cdot 2604,375 = 6427 \text{ N}.$$

Sarcina dinamică echivalentă a rulmentului din lagărul $L_B^{A_2}$, ținând cont că este încărcat axial exterior cu forța nulă,

$$P_B = F_{rB} = 4750 \text{ N}.$$

a. Duratele de funcționare necesare ale rulmenților

$$L_{hA} = L_A \frac{10^6}{n_2 \cdot 60} = \left(\frac{C}{P_A} \right)^p \frac{10^6}{n_2 \cdot 60} = \left(\frac{36500}{6427} \right)^{10/3} \frac{10^6}{450 \cdot 60} = 12103,7 \text{ ore},$$

pentru rulmentul lagărului $L_A^{A_2}$.

$$L_{hB} = L_B \frac{10^6}{n_2 \cdot 60} = \left(\frac{C}{P_B} \right)^p \frac{10^6}{n_2 \cdot 60} = \left(\frac{36500}{4750} \right)^{10/3} \frac{10^6}{450 \cdot 60} = 33161,47 \text{ ore},$$

pentru rulmentul lagărului $L_B^{A_2}$.