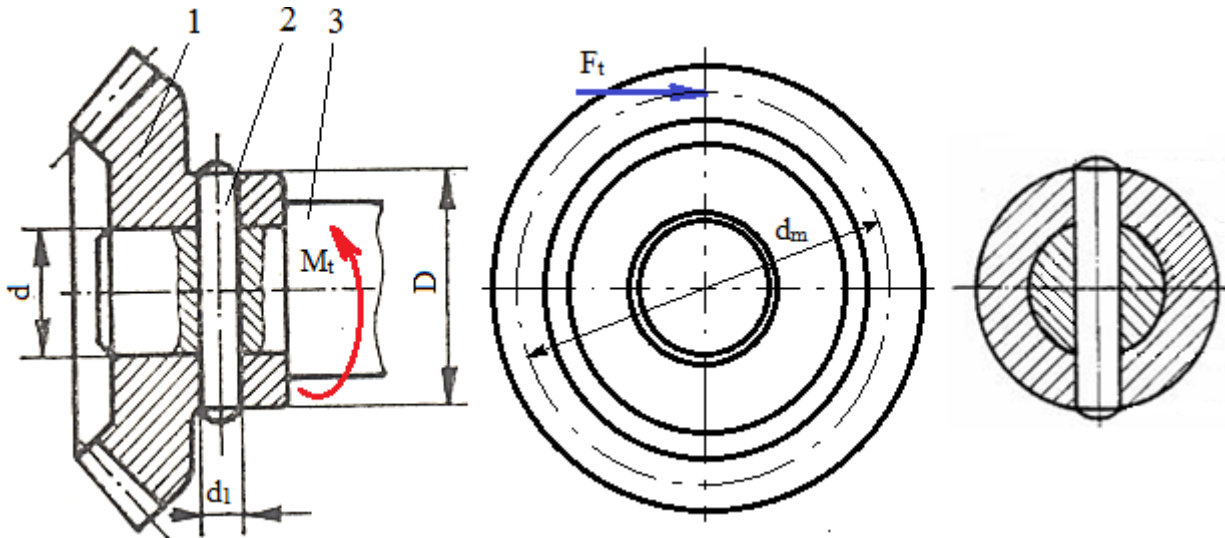


I.6. ASAMBLĂRI CU ȘTIFTURI ȘI BOLȚURI

I_6.1

Să se dimensioneze și să se verifice asamblarea cu știft transversal; să se verifice arborele în zona știftului.
Se dau: forța tangențială $F_t = 8,1$ kN; diametrul de divizare median $d_m = 69,55$ mm; diametrul arborelui $d = 40$ mm; materialul știftului este E360; materialul arborelui, oțel C45 îmbunătățit (200...250 HB), are rezistența la curgere $\sigma_{02} = 320$ MPa; materialul pinionului conic, oțel 40Cr10 îmbunătățit (280...300 HB), are rezistența la curgere $\sigma_{02} = 450$ MPa; se consideră, $\sigma_{as} = 0,4 \sigma_{02}$ și $\tau_{af} = 0,25 \sigma_{02}$.

Structura constructivă: 1 - pinion conic; 2 - știft cilindric; 3 - cap de arbore.



Rezolvare:

a. Determinarea diametrului știftului

Din condițiile de rezistență la strivire a legăturii arbore-știft,

$$\frac{6 M_t}{d_1 d^2} \leq \sigma_{as},$$

și de rezistență la forfecare a știftului,

$$\frac{4 M_t}{\pi d d_1^2} \leq \tau_{af},$$

ținând cont de tensiunile admisibile la strivire ale materialelor arborelui $\sigma_{as}^a = 0,4 \sigma_{02}^a$ și știftului, $\sigma_{as}^s = 0,4 \sigma_{02}^s$ și de tensiunea admisibilă la forfecare a materialului știftului, $\tau_{af} = 0,25 \sigma_{02}^s$, rezultă diametrul necesar al știftului,

$$d_1 = \max\left(\frac{6 M_t}{d^2 \cdot \min(\sigma_{as}^a, \sigma_{as}^s)}, \sqrt{\frac{4 M_t}{\pi d \tau_{af}}}\right) = \max\left(\frac{6 F_t d_m / 2}{2 d^2 \cdot \min(0,4 \sigma_{02}^a, 0,4 \sigma_{02}^s)}, \sqrt{\frac{2 F_t d_m}{\pi d \cdot 0,25 \sigma_{02}^s}}\right) =$$

$$\max\left(\frac{6 \cdot 8100 \cdot 69,55 / 2}{2 \cdot 40^2 \cdot \min(0,4 \cdot 320, 0,4 \cdot 360)}, \sqrt{\frac{2 \cdot 8100 \cdot 69,55}{\pi \cdot 40 \cdot 0,25 \cdot 360}}\right) = \max(4,12, 9,98) = 9,98 \text{ mm.}$$

Se adoptă, $d_1 = 10$ mm.

b. Determinarea diametrului exterior al butucului

Diametrul exterior al butucului pinionului conic, din condiția de rezistență la strivire a asamblării butuc-știft,

$$\frac{4 M_t}{d_1 (D^2 - d^2)} \leq \sigma_{as},$$

ținând cont de tensiunile admisibile la strivire ale materialelor știftului și pinionului, $\sigma_{as}^s = 0,4 \sigma_{02}^s$ și, respectiv, $\sigma_{as}^p = 0,4 \sigma_{02}^p$, rezultă,

$$D = \sqrt{d^2 + \frac{4 M_t}{d_1 \cdot \min(\sigma_{as}^p, \sigma_{as}^s)}} = \sqrt{d^2 + \frac{4 F_t d_m / 2}{d_1 \cdot \min(0,4 \sigma_{02}^p, 0,4 \sigma_{02}^s)}} = \sqrt{40^2 + \frac{4 \cdot 8100 \cdot 69,55 / 2}{10 \cdot \min(0,4 \cdot 450, 0,4 \cdot 360)}} = 48,81$$

mm.

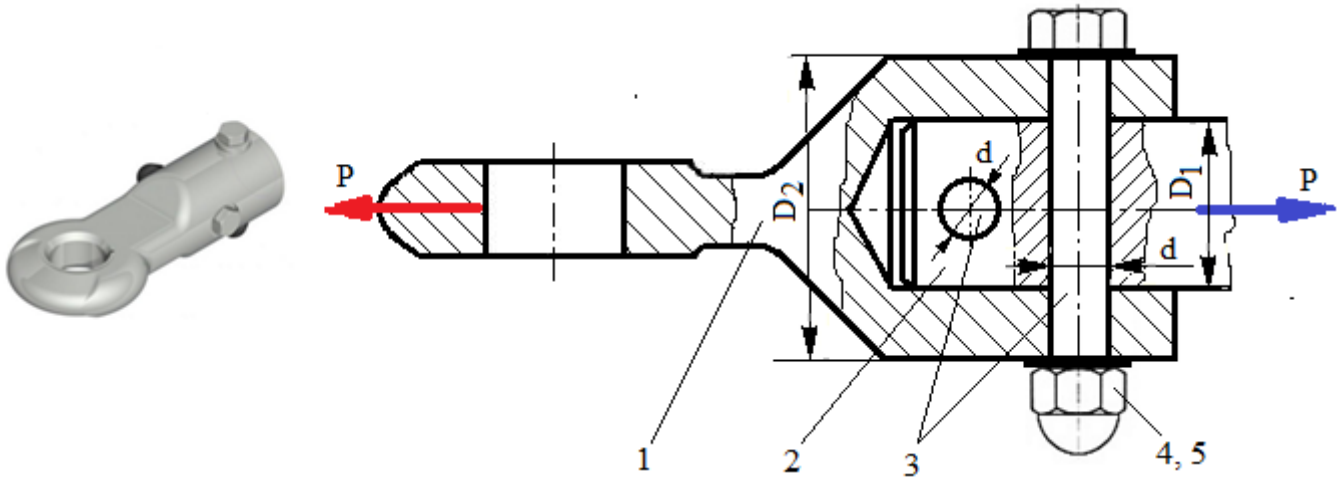
Se adoptă, $D = 52$ mm.

I_6.2

Să se dimensioneze asamblările cu știfturi și să se verifice bara de tractare în zonele cu găuri de știft.

Se dau: forța de tractare $P = 25 \text{ kN}$; diametrul barei de tractare, $D_1 = 25 \text{ mm}$; materialul barei de tractare este E295; materialul știftului este E335; materialul capului barei de tractare, oțel C45 îmbunătățit (250...280 HB), are rezistența la curgere $\sigma_{02} = 400 \text{ MPa}$; se consideră, $\sigma_{as} = 0,4 \sigma_{02}$ și $\tau_{af} = 0,25 \sigma_{02}$; coeficientul de siguranță $c = 2,5$.

Structura constructivă: 1 - cap bară de tractare; 2 - bară de tractare; 3 - știft transversal; 4 - piuliță; 6 - șaibă.



Rezolvare:

a. Determinarea diametrului știftului

Din condițiile de rezistență la strivire a legăturii bară de tractare-știft,

$$\frac{P}{2 D_1 d} \leq \sigma_{as},$$

și de rezistență la forfecare a știftului,

$$\frac{P}{\pi d^2} \leq \tau_{af},$$

ținând cont de tensiunile admisibile la strivire ale materialelor bară de tractare $\sigma_{as}^t = 0,4 \sigma_{02}^t$ și știftului, $\sigma_{as}^s = 0,4 \sigma_{02}^s$ și de tensiunea admisibilă la forfecare a materialului știftului, $\tau_{af} = 0,25 \sigma_{02}^s$, rezultă diametrul necesar al știftului,

$$d = \max\left(\frac{P}{D_1 \min(\sigma_{as}^t, \sigma_{as}^s)}, \sqrt{\frac{2P}{\pi \tau_{af}}}\right) = \max\left(\frac{P}{D_1 \min(0,4\sigma_{02}^t, 0,4\sigma_{02}^s)}, \sqrt{\frac{2P}{\pi \cdot 0,25 \sigma_{02}^s}}\right) =$$

$$\max\left(\frac{25000}{2 \cdot 25 \cdot \min(0,4 \cdot 295, 0,4 \cdot 335)}, \sqrt{\frac{25000}{\pi \cdot 0,25 \cdot 335}}\right) = \max(4,24, 9,74) = 9,74 \text{ mm}.$$

Se adoptă, $d_1 = 10 \text{ mm}$.

b. Determinarea diametrului exterior al capului barei

Diametrul exterior al capului barei, din condiția de rezistență la strivire,

$$\frac{P}{2 d (D_2 - D_1)} \leq \sigma_{as},$$

ținând cont de tensiunile admisibile la strivire ale materialelor știftului și pinionului, $\sigma_{as}^s = 0,25 \sigma_{02}^s$ și, respectiv, $\sigma_{as}^c = 0,25 \sigma_{02}^c$, rezultă,

$$D_2 = D_1 + \frac{P}{2 d \sigma_{as}} = D_1 + \frac{P}{2 d \min(0,4\sigma_{02}^c, 0,4\sigma_{02}^s)} = 25 + \frac{25000}{2 \cdot 10 \cdot \min(0,4 \cdot 400, 0,4 \cdot 335)} = 32,81 \text{ mm}.$$

Se adoptă, $D = 36 \text{ mm}$.

c. Verificarea barei de tractare în zonele cu găuri de știft

Tensiunea efectivă (statică) de tracțiune în zonele cu găuri de știft,

$$\sigma_t = \frac{P}{\frac{\pi D_1^2}{4} - d D_1} = \frac{25000}{\frac{\pi 25^2}{4} - 10 \cdot 25} = 103,79 \text{ MPa}.$$

Tensiunea admisibilă la tracțiune a materialului barei de tractare,

$$\sigma_{at} = \sigma_{02}^c / c = 295 / 2,5 = 118 \text{ MPa}.$$

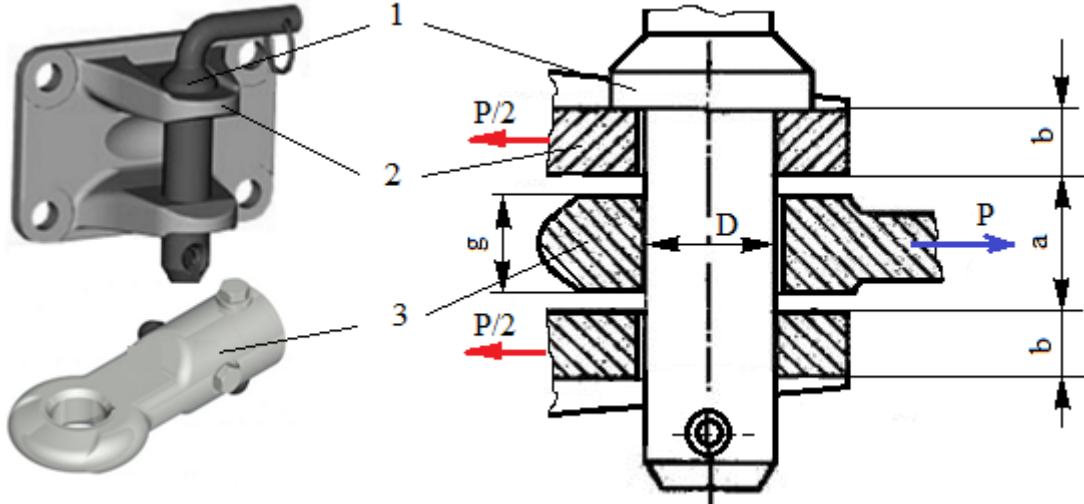
Verificarea la tracțiune: $\sigma_t \leq \sigma_{at}$; $103,79 < 112$ (se verifică).

I_6.3

Să se dimensioneze asamblarea cu bolț.

Se dau: forța de tractare $P = 14 \text{ kN}$; grosimea ochiului capului barei de tractare $g = 15 \text{ mm}$; grosimea ochiului cârligului de remorcare $b = 10 \text{ mm}$; distanța dintre brațele capului de remorcare $a = 25 \text{ mm}$; materialul bolțului, oțel, E360; materialul capului barei de tractare, oțel E295; materialul cârligului barei de tractare, oțel C45 îmbunătățit (240...280 HB), are rezistența la curgere $\sigma_{02} = 380 \text{ MPa}$; se va considera: $\sigma_{as} = 0,4 \sigma_{02}$, $\sigma_{ai} = 1,1 \sigma_{at}$ și $\tau_{af} = 0,25 \sigma_{02}$; coeficientul de siguranță la solicitarea de tracțiune $c = 3$; se consideră distribuția cosinusoidală (ajustaje cu jocuri mari) a presiunilor în asamblarea cu bolț.

Structura constructivă: 1 - bolț; 2 - cârlig de remorcare; 3 - cap bară de tractare.



Rezolvare:

Din condițiile de rezistență la strivire a legăturii cap bară de tractare-bolț,

$$\frac{P}{0,8 D g} \leq \sigma_{as},$$

de rezistență la strivire a legăturii cârlig de remorcare-bolț,

$$\frac{P}{0,8 \cdot 2 D b} \leq \sigma_{as},$$

de rezistență la forfecare a știftului,

$$\frac{P}{2 \pi D^2} \leq \tau_{af},$$

și de rezistența la încovoiere a știftului,

$$\frac{8 P (a+b)}{\pi D^3} \leq \sigma_{ai},$$

ținând cont de tensiunile admisibile la strivire ale materialelor cap bară de tractare $\sigma_{as}^t = 0,4 \sigma_{02}^t$, cârlig de remorcare-bolț $\sigma_{as}^c = 0,4 \sigma_{02}^c$ și știftului $\sigma_{as}^b = 0,4 \sigma_{02}^b$, de tensiunea admisibilă la forfecare a materialului știftului $\tau_{af} = 0,25 \sigma_{02}^b$, și de tensiunea admisibilă la încovoiere a materialului știftului $\sigma_{ai} = 1,1 \sigma_{at}^s = 1,1 \sigma_{02}^b/c$, rezultă diametrul necesar al știftului, rezultă diametrul bolțului,

$$D = \max\left(\frac{P}{0,8 g \min(\sigma_{as}^t, \sigma_{as}^b)}; \frac{P}{0,8 \cdot 2 b \min(\sigma_{as}^c, \sigma_{as}^b)}; \sqrt{\frac{P}{2 \pi \tau_{af}}}; \sqrt[3]{\frac{8 P (a+b)}{\pi \sigma_{ai}}}\right) = \max\left(\frac{P}{0,8 \cdot g \min(0,4 \sigma_{02}^t, 0,4 \sigma_{02}^b)};$$

$$\frac{P}{0,8 \cdot 2 b \min(0,4 \sigma_{02}^c, 0,4 \sigma_{02}^b)}; \sqrt{\frac{P}{2 \pi \tau_{af}}}; \sqrt[3]{\frac{8 c P (a+b)}{\pi 1,1 \sigma_{02}^c}}\right) = \max\left(\frac{14000}{0,8 \cdot 15 \min(0,4 \cdot 295, 0,4 \cdot 360)};$$

$$\frac{14000}{0,8 \cdot 2 \cdot 10 \min(0,4 \cdot 380, 0,4 \cdot 360)}; \sqrt{\frac{14000}{2 \pi 0,25 \cdot 360}}; \sqrt[3]{\frac{8 \cdot 3 \cdot 14000 (10+25)}{\pi 1,1 \cdot 360}}\right) = \max(9,89; 6,08; 5,95; 21,14) = 21,14 \text{ mm}.$$

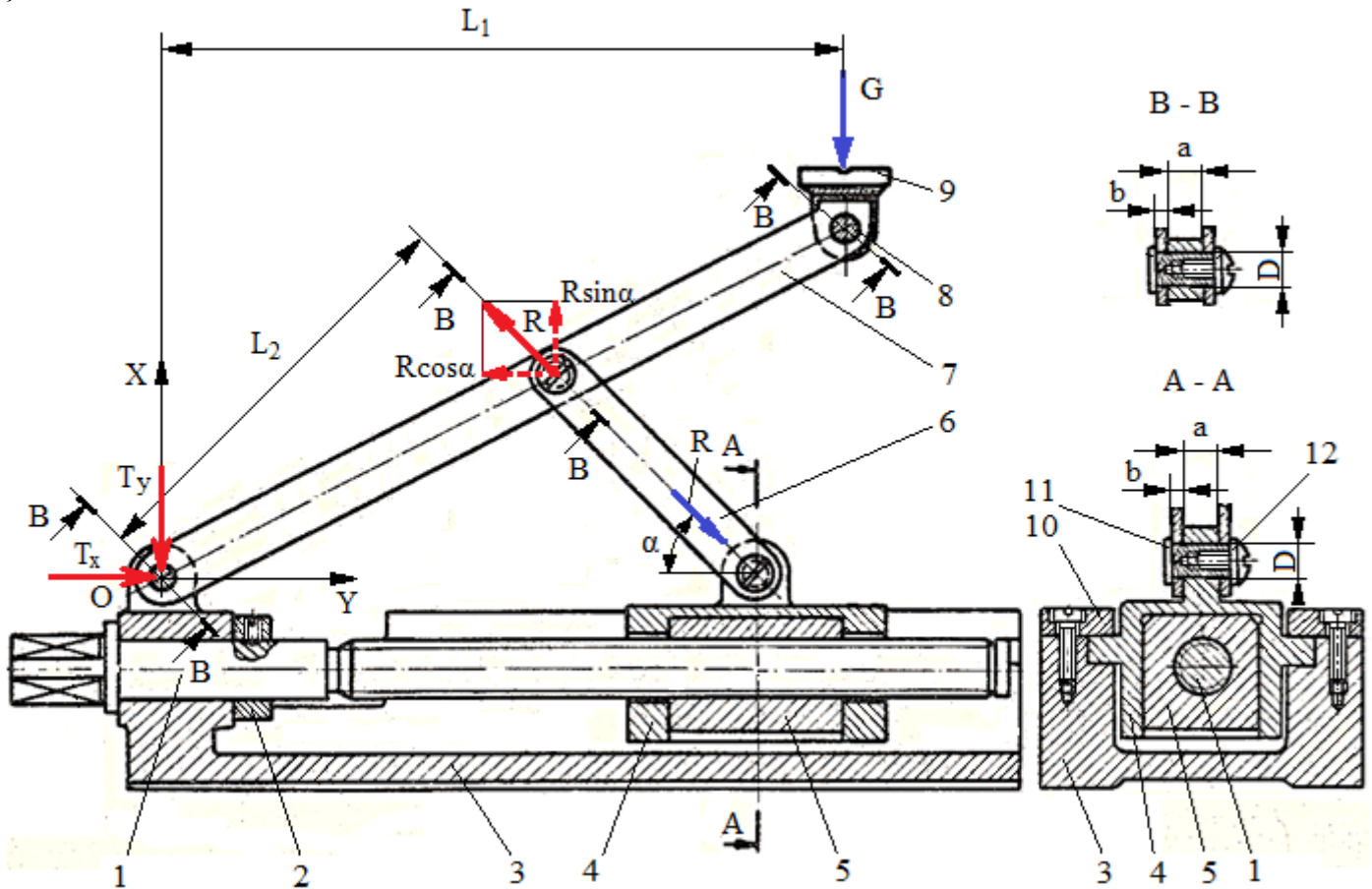
Se adoptă, $D = 22 \text{ mm}$.

I_6.3

Să se verifice asamblările cu bolțuri (identice).

Se dau: greutatea de ridicat $G = 5,5 \text{ kN}$; distanțele: $L_1 = 400 \text{ mm}$ și $L_2 = 300 \text{ mm}$; diametrul bolțului $D = 12 \text{ mm}$; grosimea pârghiilor I, $b = 5 \text{ mm}$; grosimea pârghiei II, $a = 12 \text{ mm}$; unghiul minim al pârghiilor I, $\alpha = 30^\circ$; materialul pârghiilor este E295; materialul bolțului E335; se va considera: $\sigma_{as} = 0,4 \sigma_{02}$, $\sigma_{ai} = 1,1 \sigma_{at}$ și $\tau_{af} = 0,25 \sigma_{02}$ și distribuția uniformă a presiunii în asamblările cu bolțuri; coeficientul de siguranță $c = 3$.

Structura constructivă: 1 - șurub cu filet trapezoidal; 2 - inel de fixare axială a șurubului; 3 - corp; 4 - suport piuliță; 5 - piuliță; 6 - pârghie I; 7 - pârghie II; 8 - bolț 7-9; 9 - cupă; 10 - riglă de ghidare; 11 - bolț 6-4; 12 - șurub de fixare axială.



Rezolvare:

a. Forțele care încarcă asamblările cu bolț

Din ecuațiile de echilibru ale forțelor pârghiei II, după axele X și Y:

$$T_x - R \cos \alpha = 0,$$

$$T_y + G - R \sin \alpha = 0$$

și ecuația de momente în punctul O,

$$G L_1 - R L_2 = 0,$$

rezultă, forțele,

$$R = G L_1 / L_2 = 5500 \cdot 400 / 300 = 7333,33 \text{ N}.$$

$$T = \sqrt{T_x^2 + T_y^2} = \sqrt{(G \cos \alpha \frac{L_1}{L_2})^2 + (G - G \sin \alpha \frac{L_1}{L_2})^2} = 5500 \sqrt{(\cos 30 \frac{400}{300})^2 + (1 - \sin 30 \frac{400}{300})^2} = 6610,18 \text{ N}.$$

Se observă, că bolțurile care assemblează pârghiile 6 sunt încărcate cu sarcina maximă, $R = 7333,33 \text{ N}$.

b. Verificarea asamblărilor cu bolț la strivire

Tensiunea maximă de strivire în asamblările cu bolț de la nivelul pârghiei 6,

$$\sigma_{s \max} = \frac{R}{2 D b} = \frac{7333,33}{2 \cdot 15 \cdot 5} = 48,89 \text{ MPa}.$$

$$\text{Tensiunea admisibilă la strivire } \sigma_{as} = \min(\sigma_{as}^p, \sigma_{as}^b) = \min(0,4\sigma_{02}^p, 0,4\sigma_{02}^b) = \min(0,4 \cdot 295, 0,4 \cdot 335) = 118 \text{ MPa}.$$

Verificarea la strivire: $\sigma_{s \max} \leq \sigma_{as}$, $48,89 < 118$ (se verifică).

c. Verificarea bolțurilor la forfecare

Tensiunea maximă de forfecare din bolțuri,

$$\tau_{f \max} = \frac{2 R}{\pi D^2} = \frac{2 \cdot 7333,33}{\pi 15^2} = 20,75 \text{ MPa}.$$

$$\text{Tensiunea admisibilă la forfecare } \tau_{af} = 0,25 \sigma_{02}^b = 0,25 \cdot 335 = 83,75 \text{ MPa}.$$

Verificarea la forfecare: $\tau_{f \max} \leq \tau_{af}$, $20,75 < 83,75$ (se verifică).

d. Verificarea la încovoiere

$$\text{Tensiunea maximă de încovoiere din bolțuri, } \sigma_{i \max} = \frac{8 R (a+b)}{\pi D^3} = \frac{8 \cdot 7333,33 (12+5)}{\pi 15^3} = 94,06 \text{ MPa},$$

Tensiunea admisibilă la încovoiere a materialului bolțului $\sigma_{af} = 1,1 \sigma_{at}^b = 1,1 \sigma_{02}^b/c = 1,1 \cdot 335/3 = 122,83$ MPa.

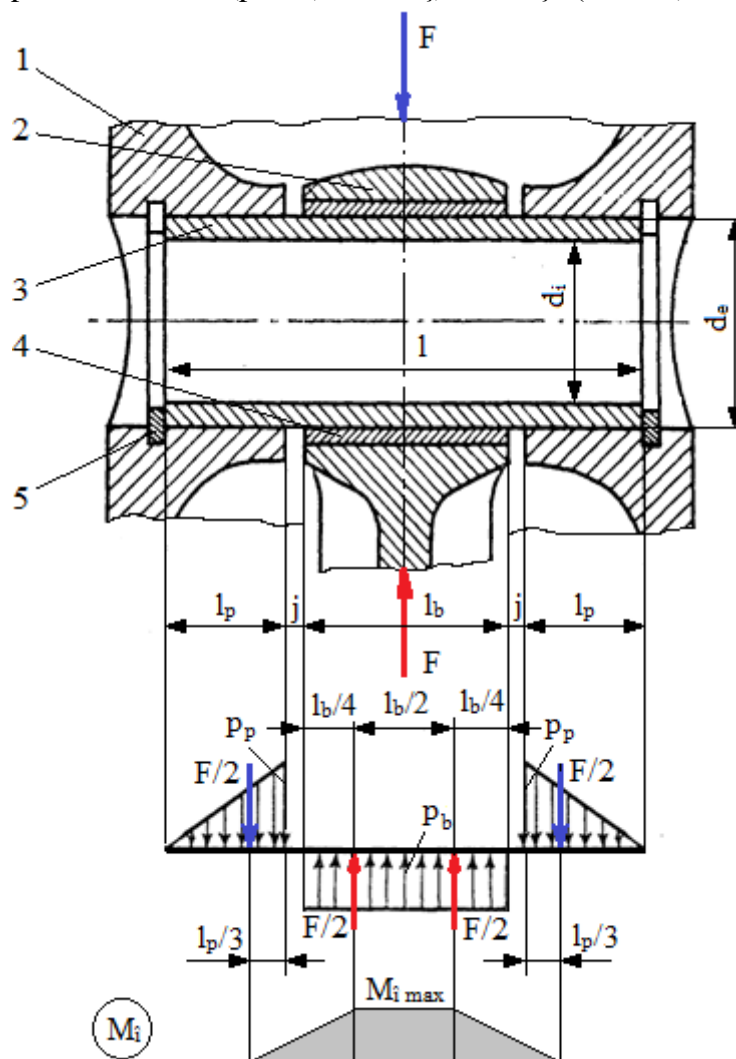
Verificarea la încovoiere: $\sigma_{i \max} \leq \sigma_{af}$, $94,06 < 122,83$ (se verifică).

I_6.4

Să se verifice asamblarea cu bolț, piston-bielă.

Se dau: forța de încărcare $F = 9520$ N; diametrul exterior $d_e = 30$ mm; diametrul interior $d_i = 20$ mm; lungimea de contact cu piciorul bielei (bucșa) $l_b = 36$ mm; lungimea bolțului $l = 115$ mm; lungimea bosajelor pistonului $l_p = 35$ mm; jocul axial al capului bielei în piston $j = (l - l_b - 2 \cdot l_p)/2 = (115 - 36 - 2 \cdot 35)/2 = 4,5$ mm; presiunea admisibilă a peliculei de lubrifianț $p_a = 12$ MPa; bolțul se realizează din 18CrNi13 (cementat și călit la 58 ... 62 HRC) cu tensiunea admisibilă la curgere, $\sigma_{02} = 650$ MPa; pistonul se realizează din aliaj de aluminiu ATC Si12CuMgNi cu tensiunea admisibilă la strivire $\sigma_{at} = 180$ MPa; se consideră: $\tau_{af} = 0,4 \sigma_{at}$, $\sigma_{as} = 0,3 \sigma_{at}$, $\sigma_{af} = 1,1 \sigma_{at}$.

Structura constructivă: 1 - piston; 2 - bileă (picior); 3 - bolț; 4 - bucșă (cuzinet); 5 - inel elastic



Rezolvare:

a. Verificarea la presiunea de contact

Presiunea de contact în zona bolț-bucșă (bielă),

$$p_b = \frac{F}{d_e l_b} = \frac{9520}{30 \cdot 36} = 8,81 \text{ MPa.}$$

Presiunea de contact în zonele bolț-piston,

$$p_p = 2 \frac{F}{2 d_e l_p} = 2 \frac{9520}{2 \cdot 30 \cdot 35} = 9,07 \text{ MPa.}$$

Verificarea la presiunea de contact: în zona bolț-bucșă, condiția de neexpulzare a peliculei de lubrifianț, $p_b \leq p_a$, $8,81 < 12$ (se verifică); în zonele bolț-piston, condiția de rezistență la strivire $p_p \leq \sigma_{as}$ (tensiunea admisibilă la strivire a materialului pistonului, mai moale), $9,09 < 20$ MPa.

b. Verificarea la forfecare

Tensiunea de forfecare maximă (în secțiunea frontală a piciorului bielei),

$$\tau_f = \frac{2F}{\pi(d_e^2 - d_f^2)} = \frac{2 \cdot 9520}{\pi(30^2 - 20^2)} = 12,12 \text{ MPa}$$

Verificarea la forfecare: $\tau_f \leq \tau_{af}$, $12,12 < 0,4 \cdot 180 = 72$ (se verifică).

a. Verificarea la încovoiere

Tensiunea de încovoiere maximă,

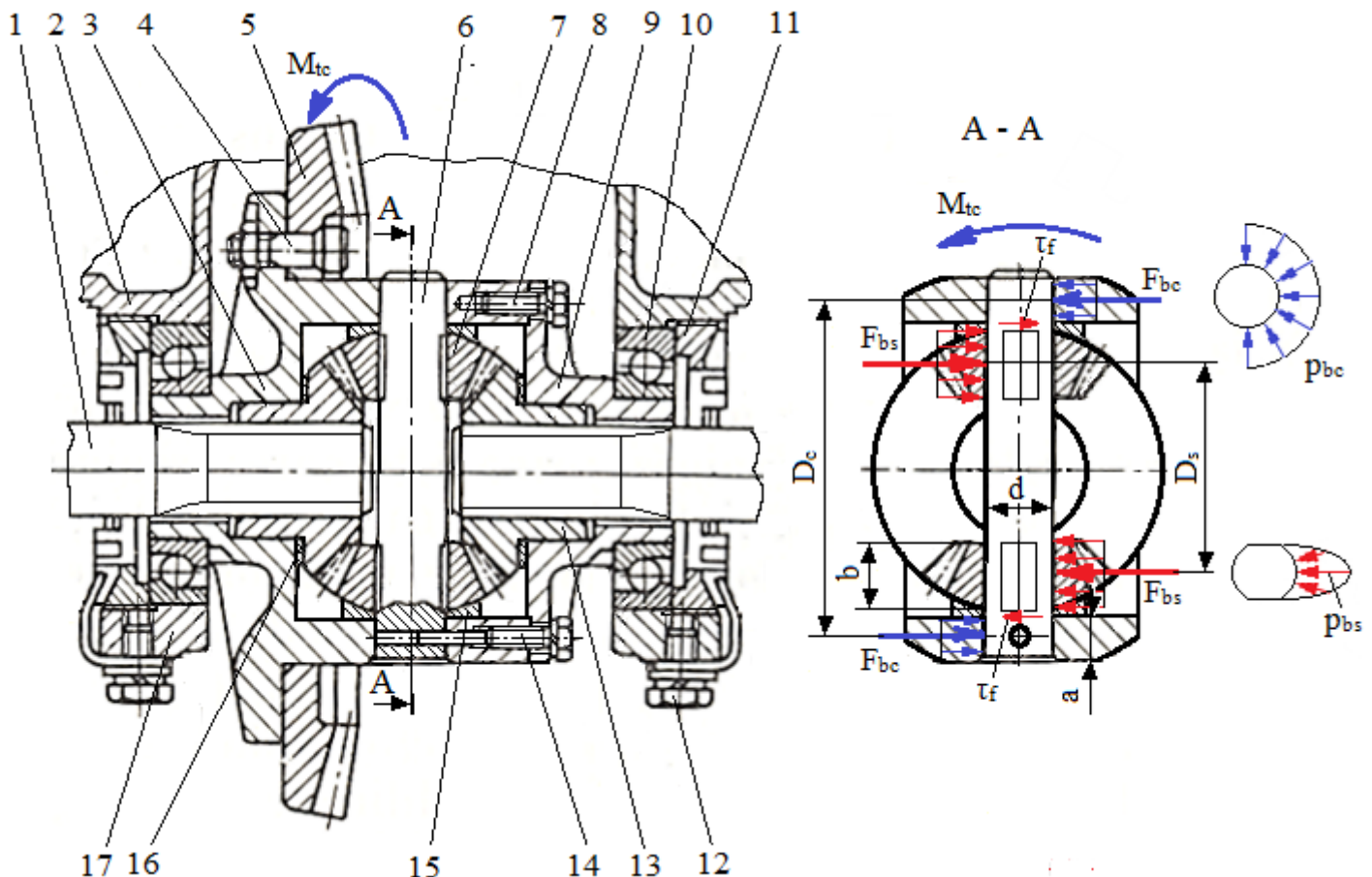
$$\sigma_{i \max} = \frac{M_{f \max}}{W_z} = \frac{\frac{F}{2} \left(\frac{p}{3} + j \right)}{\frac{\pi}{32} d_e (d_e^4 - d_f^4)} = \frac{\frac{9520}{2} \left(\frac{35}{3} + 4,5 \right)}{\frac{\pi}{32} \cdot 30 (30^4 - 20^4)} = 3,94 \text{ MPa.}$$

I_6.5

Să se dimensioneze și verifice asamblarea bolțului sateliților

Se dau: momentul de torsiune la coroana $M_{tc} = 170 \text{ Nm}$; diametrele de poziționare a suprafețelor de contact bolț-carcasa sateliți și bolț-sateliți $D_c = 110$ și respectiv $D_s = 75 \text{ mm}$; lungimile suprafețelor de contact bolț-carcasa sateliți și bolț-sateliți $a = 12 \text{ mm}$ și respectiv, $b = 20 \text{ mm}$; presiunea admisibilă a peliculei de lubrifianț $p_a = 12 \text{ MPa}$; bolțul și sateliții se realizează din oțel 18CrNi13 (cementat și călit la 58 ... 62 HRC) cu tensiunea admisibilă la curgere, $\sigma_{02} = 650 \text{ MPa}$; se consideră: $\tau_{af} = 0,4 \sigma_{at}$, $\sigma_{as} = 0,3 \sigma_{at}$; coeficientul de siguranță $c = 3$; se va considera distribuția presiunii bolț-carcasa sateliți constantă și cea bolț-sateliți cosinusoidală (factorul suprafeței 0,8)

Structura constructivă: 1 - arbore planetar; 2 - carcasă diferențial (exterioară); 3 - carcasă sateliți (interioară); 4 - asamblare cu șurub montat fără joc; 5 - coroană dințată; 6 - bolțul (axul) sateliților (cu aplatisări de ungere); 7 - satelit; 8 - asamblare cu șurub montat cu joc; 9 - capac carcasă sateliți; 10 - rulment radial-axial cu bile; 11 - piuliță de reglare jocuri în rulmenți și angrenaj conic; 12 - asigurare piuliță; 13 - roată centrală; 14 - șurub de fixare cu știft de poziționare bolt; 15 - cuzinet axial sferic; 16 - cuzinet axial plat; 17 - capac lagăr cu rulmenți.



Rezolvare:

a. Dimensionare

Din condiția de rezistență la presiune de contact în zona bolț-satelit,

$$p_{bs} = \frac{F_{bs}}{0,8 d b} \leq p_a,$$

considerând forța $F_{bs} = M_{tc}/D_s$, rezultă diametrul bolțului,

$$d = \frac{M_{tc}}{0,8 D_s b p_a} = \frac{170000}{0,8 \cdot 75 \cdot 20 \cdot 12} = 11,8 \text{ mm. Se adoptă, } d = 12 \text{ mm.}$$

a. Verificarea la forfecare

Tensiunea de forfecare maximă (în zona interioară a contactului cu carcasa portsateliți),

$$\tau_f = \frac{4 F}{\pi d^2} = \frac{4 M_{tc}}{\pi d^2 (D_c - a)} = \frac{2 \cdot 170000}{\pi 12^2 (110 - 12)} = 15,34 \text{ MPa}$$

Verificarea la forfecare: $\tau_f \leq \tau_{af}$, $15,34 < 0,4 \sigma_{at} = 0,35 \sigma_{02}/c = 0,4 \cdot 650/3 = 86,66$ (se verifică).

a. Verificarea la strivire

Presiunea de contact în zona bolț-carcasă sateliți, $F_{bc} = M_{tc}/D_c$.

$$p_{bc} = \frac{F_{bc}}{d a} = \frac{M_{tc}}{D_c d a} = \frac{170000}{110 \cdot 10 \cdot 12} = 12,88 \text{ MPa}$$

Verificarea la strivire în zona bolț-satelit, condiția de rezistență la strivire, $p_{bc} \leq \sigma_{as}$ (tensiunea admisibilă la strivire a materialului bolțului (satelitului), $12,88 < \sigma_{as} = 0,3 \sigma_{at} = 0,3 \sigma_{02}/c = 0,3 \cdot 650/3 = 65$ MPa (se verifică).