

Příloha 4: Průhyb předlohové hřídele převodovky

$$E = 2,1 * 10^5 \text{ MPa}$$

$$F_{t12} = 466,01 \text{ N}$$

$$F_{r43} = 492,51 \text{ N}$$

$$C_r = 248,63 \text{ N}$$

$$F_{a12} = 99,16 \text{ N}$$

$$J = \frac{\pi * d^4}{64} = \frac{\pi * 20^4}{64}$$

$$C_t = 139,65 \text{ N}$$

$$F_{r12} = 178,82 \text{ N}$$

$$= 7854 \text{ mm}^4$$

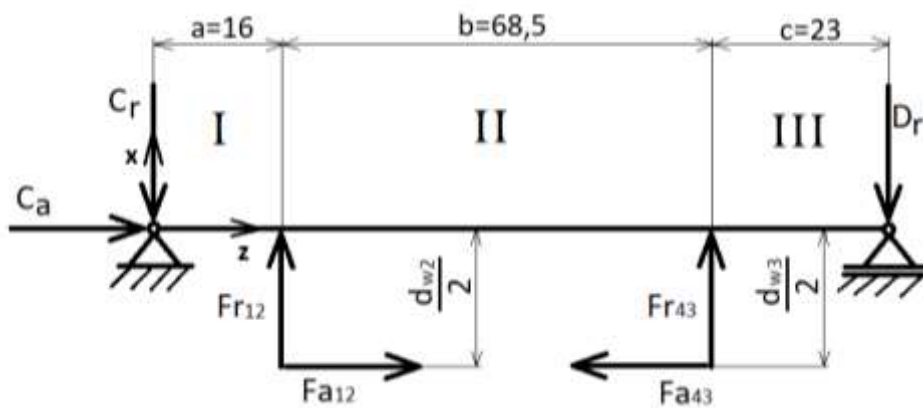
$$d_{w2} = 108,74 \text{ mm}$$

$$F_{t43} = 1\,201,2 \text{ N}$$

$$d_{w3} = 41,34 \text{ mm}$$

$$F_{a43} = 214,24 \text{ N}$$

Radiálně-axiální rovina



I) $z \in \langle 0; a \rangle$

$$M_{OI} = -C_r * z$$

$$v_I'' = -\frac{M_{OI}}{EJ} = \frac{C_r * z}{EJ}$$

$$v_I' = \frac{C_r * z^2}{2 * EJ} + C_1$$

$$v_I = \frac{C_r * z^3}{6 * EJ} + C_1 * z + C_2$$

II) $z \in \langle a; a + b \rangle$

$$M_{OII} = -C_r * z + F_{r12} * (z - a) - F_{a12} * \frac{d_{w2}}{2}$$

$$v_{II}'' = \frac{C_r * z - F_{r12} * (z - a) + F_{a12} * \frac{d_{w2}}{2}}{EJ}$$

$$v_{II}' = \frac{(C_r - F_{r12}) * z^2}{2 * EJ} + \frac{F_{a12} * \frac{d_{w2}}{2} + F_{r12} * a}{EJ} + C_3$$

$$v_{II} = \frac{(C_r - F_{r12}) * z^3}{6 * EJ} + \frac{(F_{a12} * \frac{d_{w2}}{2} + F_{r12} * a) * z^2}{2 * EJ} + C_3 * z + C_4$$

III) $z \in (a; a + b + c)$

$$M_{OIII} = -C_r * z + F_{r12} * (z - a) - F_{a12} * \frac{d_{w2}}{2} + F_{r34} * (z - a - b) + F_{a34} * \frac{d_{w3}}{2}$$

$$v_{III}'' = \frac{(C_r - F_{r12} - F_{r34}) * z}{EJ} + \frac{F_{a12} * \frac{d_{w2}}{2} + F_{r12} * a + F_{r34} * (a + b) - F_{a34} * \frac{d_{w3}}{2}}{EJ}$$

$$v_{III}' = \frac{(C_r - F_{r12} - F_{r34}) * z^2}{2 * EJ} + \frac{(F_{a12} * \frac{d_{w2}}{2} + F_{r12} * a + F_{r34} * (a + b) - F_{a34} * \frac{d_{w3}}{2}) * z}{EJ} + C_5$$

$$v_{III} = \frac{(C_r - F_{r12} - F_{r34}) * z^3}{6 * EJ} + \frac{(F_{a12} * \frac{d_{w2}}{2} + F_{r12} * a + F_{r34} * (a + b) - F_{a34} * \frac{d_{w3}}{2}) * z^2}{2 * EJ} + C_5 * z + C_6$$

Okrajové podmínky:

$$v_I(0) = 0$$

$$v_I(a) = v_{II}(a)$$

$$v_I'(a) = v_{II}'(a)$$

$$v_{II}(a + b) = v_{III}(a + b)$$

$$v_{II}'(a + b) = v_{III}'(a + b)$$

$$v_{III}(a + b + c) = 0$$

Z okrajových podmínek po dosazení číselných hodnot vyšli konstanty:

$$C_1 = -0,0003$$

$$C_2 = 0$$

$$C_3 = -0,0004$$

$$C_4 = 0,0005$$

$$C_5 = -0,0012$$

$$C_6 = 0,021$$

Rovnice průhybové čáry tedy jsou:

$$v_I = 2,65 * 10^{-8} * z^3 - 0,0003 * z \quad z \in (0; 16)$$

$$v_I = 8,42 * 10^{-9} * z^3 + 2,5 * 10^{-6} * z^2 - 0,0004 * z + 0,005 \quad z \in (16; 84,5)$$

$$v_I = -4,14 * 10^{-8} * z^3 + 1,38 * 10^{-5} * z^2 - 0,0012 * z + 0,021 \quad z \in (84,5; 107,5)$$

Polohu maximálního průhybu hřídele získáme z rovnice $v_{II}' = 0$:

$$z_{vmax} = 55,9 \text{ mm}$$

Dosazením do rovnice v_{II} získáme hodnotu maximálního průhybu hřídele:

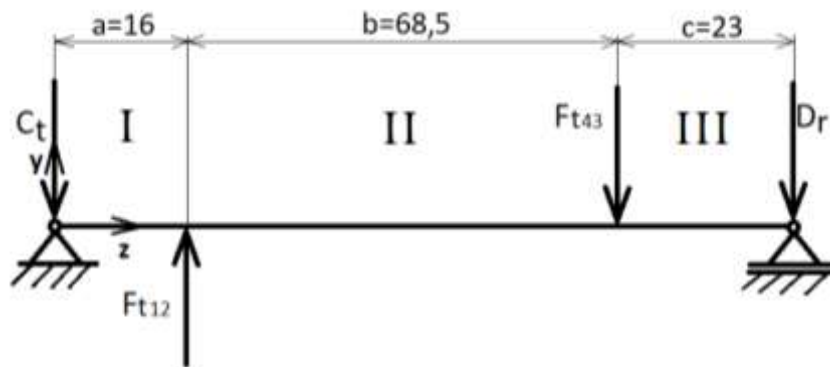
$$v_{max} = 0,0103 \text{ mm}$$

Naklopení hřídele v podpěrách:

$$C: \varphi_{Car} = v_I'(0) = 2,9 * 10^{-4} \text{ rad}$$

$$D: \varphi_{Dar} = v_{III}'(107,5) = 3,3 * 10^{-4} \text{ rad}$$

Tečná rovina



I) $z \in \langle 0; a \rangle$

$$M_{OI} = -C_t * z$$

$$v_I'' = \frac{C_t * z}{EJ}$$

$$v_I' = \frac{C_t * z^2}{2 * EJ} + C_7$$

$$v_I = \frac{C_t * z^3}{6 * EJ} + C_7 * z + C_8$$

II) $z \in \langle a; a + b \rangle$

$$M_{OII} = -C_t * z + F_{t12} * (z - a)$$

$$v_{II}'' = \frac{C_t * z - F_{t12} * (z - a)}{EJ}$$

$$v_{II}' = \frac{(C_t - F_{t12}) * z^2}{2 * EJ} + \frac{F_{t12} * a}{EJ} + C_9$$

$$v_{II} = \frac{(C_t - F_{t12}) * z^3}{6 * EJ} + \frac{F_{t12} * a * z^2}{2 * EJ} + C_9 * z + C_{10}$$

III) $z \in \langle a; a + b + c \rangle$

$$M_{OIII} = -C_t * z + F_{t12} * (z - a) - F_{t34} * (z - a - b)$$

$$v_{III}'' = \frac{(C_t - F_{t12} - F_{t34}) * z}{EJ} + \frac{F_{t12} * a - F_{t34} * (a + b)}{EJ}$$

$$v_{III}' = \frac{(C_t - F_{t12} - F_{t34}) * z^2}{2 * EJ} + \frac{(F_{t12} * a + F_{t34} * (a + b)) * z}{EJ} + C_{11}$$

$$v_{III} = \frac{(C_t - F_{t12} - F_{t34}) * z^3}{6 * EJ} + \frac{(F_{t12} * a + F_{t34} * (a + b)) * z^2}{2 * EJ} + C_{11} * z + C_{12}$$

Okrajové podmínky:

$$v_I(0) = 0$$

$$v_I(a) = v_{II}(a)$$

$$v_I'(a) = v_{II}'(a)$$

$$v_{II}(a+b) = v_{III}(a+b)$$

$$v_{II}'(a+b) = v_{III}'(a+b)$$

$$v_{III}(a+b+c) = 0$$

Z okrajových podmínek po dosazení číselných hodnot vyšli konstanty:

$$C_7 = 0,0002$$

$$C_8 = 0$$

$$C_9 = 0,0002$$

$$C_{10} = 0,0001$$

$$C_{11} = 0,0028$$

$$C_{12} = -0,0731$$

Rovnice průhybové čáry tedy jsou:

$$v_I = 9,83 * 10^{-9} * z^3 + 0,0002 * z$$

$$z \in \langle 0; 16 \rangle$$

$$v_{II} = -3,73 * 10^{-8} * z^3 + 2,26 * 10^{-6} * z^2 + 0,0002 * z + 0,0001$$

$$z \in \langle 16; 84,5 \rangle$$

$$v_{III} = 8,41 * 10^{-8} * z^3 - 2,85 * 10^{-5} * z^2 - 0,0028 * z - 0,0731$$

$$z \in \langle 84,5; 107,5 \rangle$$

Polohu maximálního průhybu hřídele získáme z rovnice $v_{II}' = 0$:

$$z_{v_{\max}} = 64,42 \text{ mm}$$

Dosazením do rovnice v_{II} získáme hodnotu maximálního průhybu hřídele:

$$v_{\max} = 0,01 \text{ mm}$$

Naklonění hřídele v podpěrách:

$$C: \varphi_{Ct} = v_I'(0) = 2,09 * 10^{-4} \text{ rad}$$

$$D: \varphi_{Dt} = v_{III}'(107,5) = 4,4 * 10^{-4} \text{ rad}$$

Celkové naklonění hřídele v podporách:

$$\varphi_C = \arctg \sqrt{(tg 2,9 * 10^{-4})^2 + (tg 2,09 * 10^{-4})^2} = 3,6 * 10^{-4} \text{ rad}$$

$$\varphi_D = \arctg \sqrt{(tg 3,3 * 10^{-4})^2 + (tg 4,4 * 10^{-4})^2} = 5,7 * 10^{-4} \text{ rad}$$