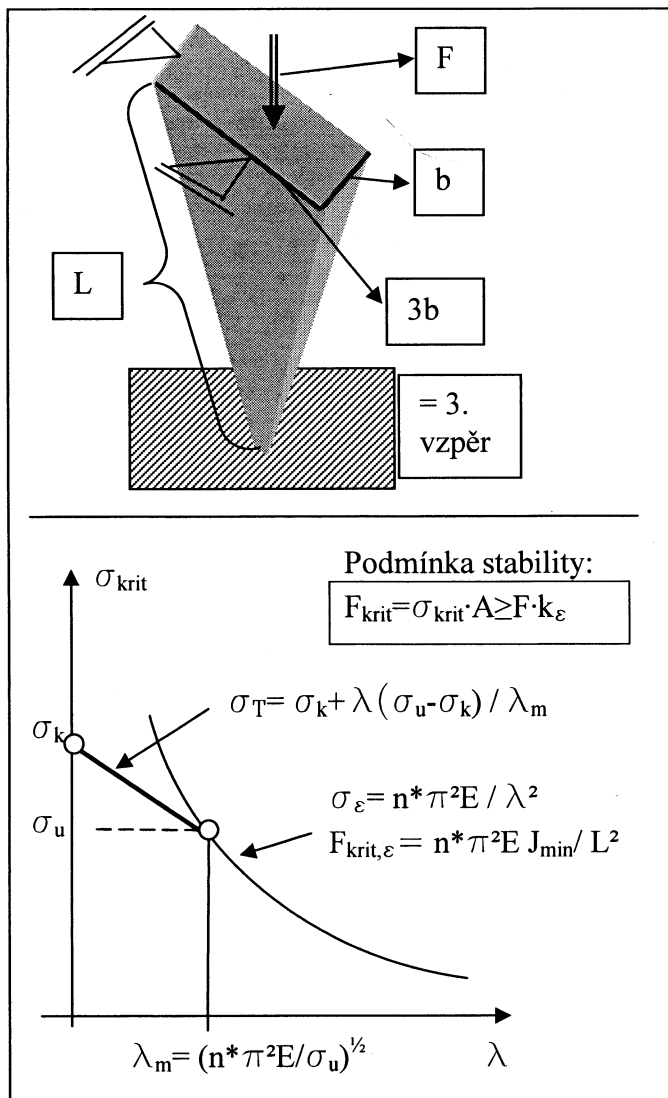


Dáno: $\sigma_k=300$ MPa, $\sigma_u=220$ MPa, $k_\varepsilon=4$,
 $F=F_{\text{provozní}}=900\,000$ N, $L=(400+3\cdot\text{číslo})$ mm

číslo	Příjmení a jméno	napjatost
21		



1) Dimenzujte průřezový rozměr **b** dle obrázku se 3. $\rightarrow n=2$ případem vzpěru (1/1-Euler, 1/2-kontrola oblasti dle λ a pak eventuálně 1/3-Tetmayer s iterací opakovanou alespoň 3x).

2) Pro určené **b** z 1. řešení zvětšete délku tyče na 3L a dimenzujte sílu **F** u tyče dle uložení 2. př. vzpěru přibližnou energetickou metodou – viz příklad v návodu (ověřte přesnost řešení vzhledem k Eulerově kritické síle).

$$L = (400 + 3 \cdot 21) = 463 \text{ mm}$$

$$J_{\text{min}} = \frac{\lambda}{12} b^3 h = \frac{1}{12} b^3 \cdot 3b = \frac{b^4}{4}, \quad F_{\text{ke}} = F_{\text{pro}} \cdot k_\varepsilon$$

$$F_{\text{ke}} = n \frac{\pi^2 E J_{\text{min}}}{L^2} = \frac{n \pi^2 E b^4}{4 L^2} \rightarrow b = \sqrt[4]{\frac{4 F_{\text{ke}} L^2}{\pi^2 n E}} = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot 9 \cdot 10^5 \cdot 4 \cdot 463^2}{\pi^2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^5}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow b = 29,74 \text{ mm}$$

$$\lambda_m = \sqrt{\frac{n \pi^2 E}{\sigma_u}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot 2 \cdot 10^5}{220}} = 121$$

$$\lambda = \frac{L}{\sqrt{\frac{J}{A}}} = \frac{L}{\sqrt{\frac{b^4/4}{b^2}}} = \frac{L}{\sqrt{\frac{b^2}{4}}} = \frac{463}{\sqrt{\frac{29,74^2}{4}}} = 53,9$$

$$\lambda < \lambda_m \rightarrow \text{TETMAJER}$$

$$F_{\text{ke}} = \sigma_T \cdot A = \left[\sigma_k + \frac{\sigma_u - \sigma_k}{\lambda_m} \lambda \right] A \geq F k_\varepsilon, \quad A \geq \frac{F k_\varepsilon}{\sigma_T} \rightarrow$$

$$\Rightarrow 3b^2 \geq \frac{F \cdot k_\varepsilon}{\sigma_T} \rightarrow b = \sqrt{\frac{F k_\varepsilon}{3 \sigma_T}} \rightarrow$$

$$\Rightarrow b_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 9 \cdot 10^5}{3 \left(300 + \frac{220 - 300}{121} \cdot 53,9 \right)}} = 67,4 \text{ mm} \rightarrow \lambda_1 = \frac{\sqrt{12} L}{b} = \frac{\sqrt{12} \cdot 463}{67,4} = 23,8$$

$$b_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot 9 \cdot 10^5}{3 \left(300 + \frac{220 - 300}{121} \cdot 23,8 \right)}} = 65,0 \text{ mm} \rightarrow \lambda_2 = \frac{\sqrt{12} L}{b} = \frac{\sqrt{12} \cdot 463}{65} = 24,7$$

$$b_3 = \sqrt{\frac{4 \cdot 9 \cdot 10^5}{3 \left(300 + \frac{220 - 300}{121} \cdot 24,7 \right)}} = 65,04 \text{ mm} \rightarrow \lambda_3 = \frac{\sqrt{12} \cdot 463}{65,04} = 24,7$$

$$b_4 = \dots = 65,04 \text{ mm} \rightarrow \lambda_4 = 24,7$$

$$b = 29,74 \text{ mm}, \quad 2. \text{ př. vzpěm} \rightarrow n=1$$

$$L' = 3L = 3 \cdot 463 = 1389$$

$$\lambda_m = \sqrt{\frac{n \pi^2 E}{\sigma_u}} = \sqrt{\frac{1 \cdot \pi^2 \cdot 2 \cdot 10^5}{220}} = 94,7$$

$$\lambda = \frac{L}{\sqrt{\frac{J}{A}}} = \frac{1389}{\sqrt{\frac{29,74^2}{4}}} = 161,8$$

$$\lambda > \lambda_m \rightarrow \text{EULER}$$

$$F_{\text{ke}} = \frac{n \pi^2 E J_{\text{min}}}{L^2} = \frac{1 \cdot \pi^2 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot \frac{b^4}{4}}{1389^2} = 200\,092 \text{ N}$$

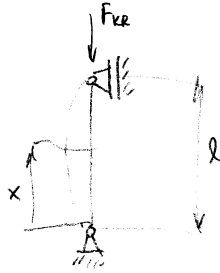
$$F \leq \frac{F_{\text{ke}}}{k_\varepsilon} = \frac{200\,092}{4} = 50\,022 \text{ N}$$

$$b = 29,74$$

$$2 \text{ PV} \rightarrow u=1$$

$$L = 3L = 3 \cdot 463 = 1389$$

$$F_{\text{ext}} = \frac{\int_0^L \left[\frac{d^2}{dx^2} (v(x)) \right]^2 E dx}{\int_0^L \left[\frac{d}{dx} (v(x)) \right]^2 dx}$$



$$v = ax^2 + bx + c$$

$$v(0) = 0$$

$$v(L) = 0$$

$$v(x) = a(lx - x^2)$$

$$v'(x) = a(l - 2x) \rightarrow v'(x)^2 = a^2 \cdot (l^2 - 4lx + 4x^2)$$

$$v''(x) = -2a \rightarrow v''(x)^2 = 4a^2$$

$$F_{\text{ext}} = EJ \frac{\int_0^L 4a^2 dx}{\int_0^L a^2 (l^2 - 4lx + 4x^2) dx} = EJ \frac{[4x]_0^L}{[l^2 x - 4l \frac{x^2}{2} + 4 \frac{x^3}{3}]_0^L} = 2 \cdot 10^5 \cdot \frac{29,74^4}{4} \cdot \frac{4 \cdot 1389}{1389^3 - 4 \cdot \frac{1389^3}{2} + 4 \cdot \frac{1389^3}{3}} =$$

$$\div 243282 \text{ N}$$

$$E = 2 \cdot 10^5$$

$$J = b^3 \frac{3b}{12h} = \frac{b^4}{4}$$

$$F = \frac{F_{\text{ext}}}{k_G} = \frac{F_{\text{ext}}}{4} \div 60821 \text{ N}$$

$$\frac{E_u}{50022} \times \frac{E_N}{60821}$$

$$\text{result } 21,59\%$$