

Příloha 1 k UL2 část II

Pevnostní kontrola dílů nosných ploch / křídel / ULLt.

10 Kontrola trubek nosné plochy ULLt

10.1 Pevnostní kontrola náběžného nosníku

Náběžný nosník musí bez trvalých deformací snést ohybový moment $M_O = 0,15G_S.l$. Z toho vyplývá po úpravě podmínka pro délku letmého konce l :

$$l \leq \frac{\sigma_{odov} \cdot W_O}{0,15 \cdot G_S}$$

$$\text{kde } W_O = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{(d_1^4 - d_2^4)}{d_1}$$

d_1 – vnější průměr náběžného nosníku

d_2 – vnitřní průměr náběžného nosníku

$$G_S = m_S \cdot g; \quad m_S = m_P + m_{pil} + \frac{1}{2} m_{pad}$$

m_S – srovnávací hmotnost

m_{pil} – hmotnost pilota minimálně 90 kg pro jednosedadlovku, 180 kg pro dvousedadlovku

m_P – hmotnost podvozku s plnou náplní paliva

m_{pad} – hmotnost záchranného systému

l – délka letmého konce náběžného nosníku, t.j. vzdálenost osy šroubu ve spojení s příčnickem od okraje plachty. U křídel zakončených laminátovou tyčí se přičítá ještě 0,35 délky této tyče.

$\sigma_{odov} = 250 \text{ MPa}$ – pro dural ČSN 4244203.61

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

Po úpravě je podmínkou pro délku letmého konce pro duralovou trubku

$$l \leq 0,17 \cdot \frac{W_O}{m_S}; \quad W_O [\text{mm}^3], m [\text{kg}], l [\text{mm}]$$

Největší délky letmého konce pro některé typické rozměry trubek jsou v tabulce I.

10.2 Zesílení náběžného nosníku

Zesílení, které je v místě spojení s příčnickem tvořeno převlekem nebo vložkou, má minimální délku

$$l_P = 0,5 l.$$

Zesílený náběžný nosník musí splňovat podmínku $W_{OZ} \geq 1,5 W_O$

Pro převlek je

$$W_{OZ} = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{d_p^4 - d_2^4}{d_p^2}; \quad d_p - \text{vnější průměr převleku,}$$

pro vložku je

$$W_{OZ} = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{d_1^4 - d_v^4}{d_1}; \quad d_v - \text{vnitřní průměr vložky}$$

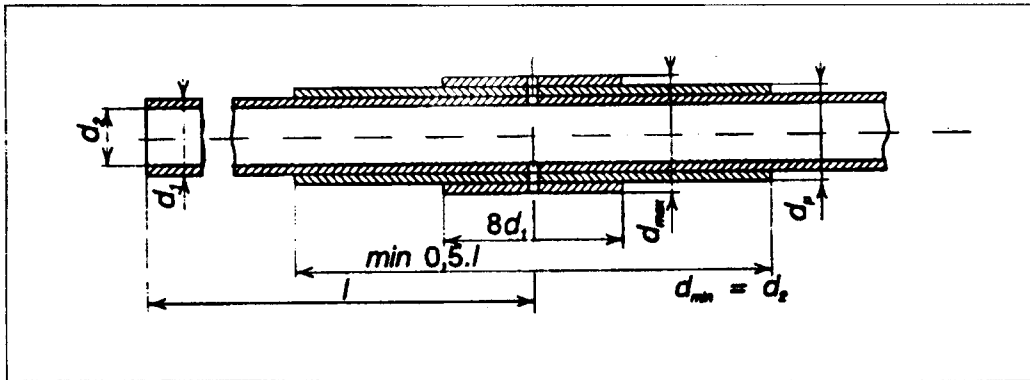
10.3 Zesílení v místě šroubumusí vyrovnat zeslabení způsobené otvorem. Další převlek o délce $8 \cdot d_1$ musí splňovat podmínku:

$$W_{OZSV} \geq 3,4 \cdot W_0; \quad W_{OZSV} = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{d_{\max}^4 - d_{\min}^4}{d_{\max}}$$

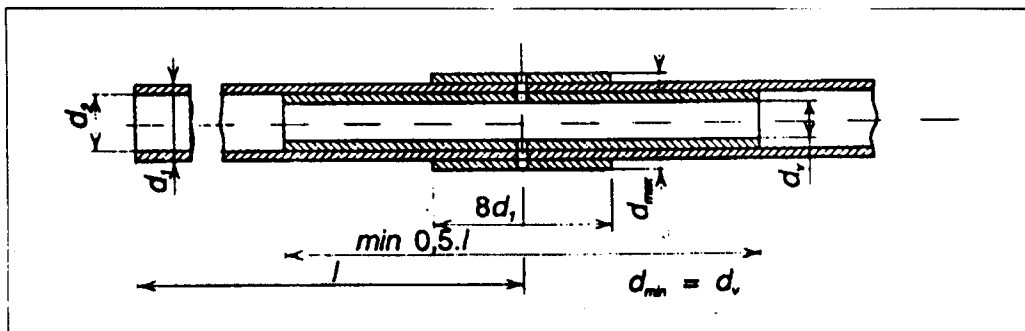
d_{\max} je největší průměr a d_{\min} nejmenší průměr zesíleného náběžného nosníku v místě šroubu.

10.4 Typické konstrukce náběžného nosníku:

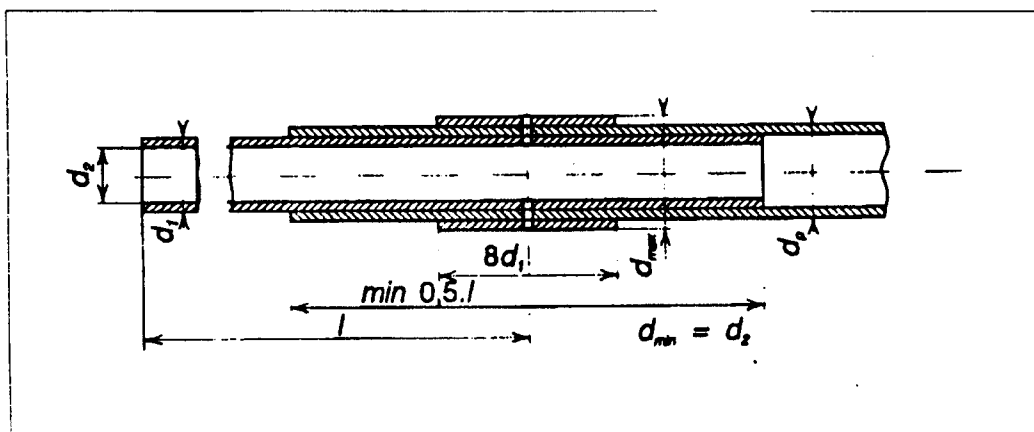
Obr. 1 - zesílení převlekiem



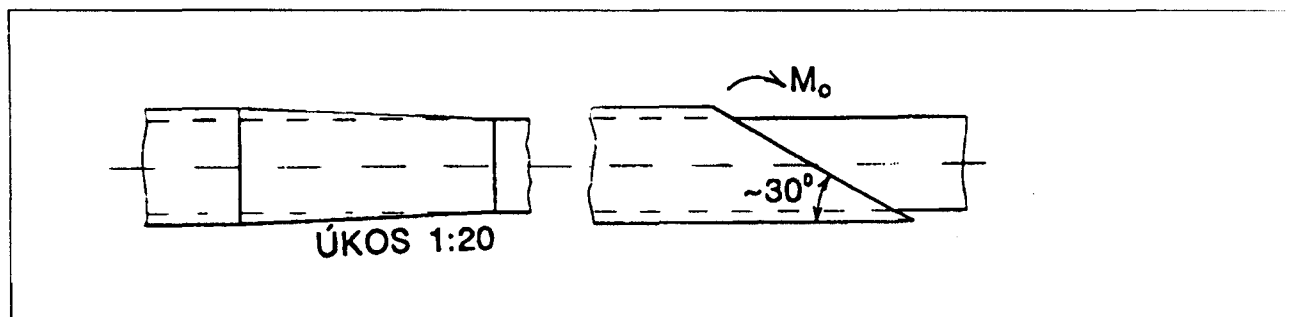
Obr. 2 - zesílení vložkou



Obr. 3 - zesílení zasunutím dvou trubek



Obr. 4 - Doporučuje se táhlé ztenčení průřezů převleků nebo šikmé seříznutí



10.5 Defektoskopie trhlinek musí být provedena velmi pečlivě v okolí spojení náběžného nosníku a příčnicku ± 1 m .

10.6 Pevnostní kontrola příčnicku

Příčnick musí snést vzpěrné namáhání silou $4 \cdot G_S$ Z toho vyplývá podmínka pro délku příčnicku l_P (duralová trubka) :

$$l_P \leq 0,03 \cdot \sqrt{\frac{D_p^4 - d_p^4}{m_S}} ;$$

$D_p [mm]$ - vnější průměr příčnicku

$d_p [mm]$ - vnitřní průměr příčnicku

$m_S [kg]$ - směrná hmotnost (jako u náběžného nosníku)

$l_P [m]$ - vzpěrná délka příčnicku

Délky příčnicku pro některé typické rozměry trubek jsou v tabulce II.

10.7 Pevnostní kontrola ramene hrazdy

Rameno hrazdy musí snést vzpěrné namáhání silou $2,76 G_S$. Z toho vyplývá podmínka pro délku

$$l_h \leq 0,036 \cdot \sqrt{\frac{D_h^4 - d_h^4}{m_S}} ; \text{ hrazdy } l_h \text{ (duralová trubka) :}$$

$m_S [kg]$

$D_h [mm]$ - směrná hmotnost (jako u náběžného nosníku)

$d_h [mm]$ - vnější průměr trubky ramene hrazdy

$l_h [m]$ - vnitřní průměr trubky ramene hrazdy

- vzpěrná délka ramene hrazdy

10.8 Kýlová trubka

musí snést obybový moment jako náběžný nosník, t.j.

$$M_O = 0,15 G_S \cdot l .$$

V místě spojení s hrazdou a závěsu podvozku je zesílení převlekem nebo vložkou. Minimální tloušťka stěny vložky nebo převleku je 1,5 mm. Další zesílení v místě otvoru není nutné.

10.9 Doporučená spojení

Název spojení	Typ kování	Jednomístný ULLt	Dvoustupňový ULLt	
		m do 190 kg	m do 300 kg	od 300 do 340 kg
			pro tyto šrouby vyžadovat průkaznou kontrolu	
Rameno Hrazdy Držadlo hrazdy	šroub	M6 G8, závit musí být mimo naháhané části	M8 G8 namáhání mimo závit	M8 G8 namáhání mimo závit
Náběžný nosník Příčnick a šroub kování bočních lan	šroub	M8 G8 Závit mimo namáhání	M8 G8 Závit mimo namáhání	M8 G8 Závit mimo namáhání
Nos náběžka	šroub	M8 G8	M8 G8	M8 G8
Kování ve spojení ZK - podvozek	šrouby	M8 G8 1x M6 G8 2x Závit mimo namáhání 2 průřezy - smyk	M8 G8 1x M6 G8 2x Závit mimo namáhání 2 průřezy - smyk	M8 G8 1x M6 G8 2x Závit mimo namáhání 2 průřezy - smyk
Kování hrazda - kyl	šrouby	Doporučené kování M6 G8 2x Závit mimo namáhání	Doporučené kování M6 G8 2x Závit mimo namáhání	Doporučené kování M6 G8 2x Závit mimo namáhání
Boční lana ČSN 024322 6x ČSN 024323 6x duše příze nebo drát	Pro spojování platí ZL 2	Minimální nosný průřez 20 mm ²	25 mm ²	30 mm ²
		Pro jmenovitou pevnost drátků 180 - 200 kp/mm ² průměr 3,15 1x	Pro jmenovitou pevnost drátků 180 - 200 kp/mm ² průměr 3,15 2x průměr 4 1x	Pro jmenovitou pevnost drátků 200 kp/mm ² průměr 4,5 1x

Pro držadlo hrazdy platí:

Jestliže je prohnuta na speed bar, je nutno vnitřkem hrazdy provléknout lanko o průměru 3,15 mm mezi šrouby kování.

11 Kontrola důležitých uzlů ULLt

11.1 Závěs podvozku ke kýlovému nosníku

musí být bezpečně proveden a paralelně zajištěn. Paralelní jištění musí být vedeno k pevnostně vyhovujícímu uzlu podvozku, který se nerozebírá ani není pohyblivý. Doporučené průměry šroubů jsou:

pro m_s do 190 kg M10 G8 , u vyšších hmotností min. M10 K10

jištění kýl - závěs provedeme pomocí lanka - 2x průměr 3,15 mm nebo pomocí popruhu s

min. základní pevností $F_{\min \geq 50.m_s}$ $F_{\min}[N]$ $m_s[kg]$

11.2 Zástavba bezpečnostního záchranného systému

Při zástavbě bezpečnostního záchranného systému musí popruh padáku splnit podmínky uvedené v bodě 2.1. Záchranný systém musí být propojen až na základní konstrukční uzel podvozku, ke kterému je připojena sedačka a upínací pásy. Ukotvení padáku pouze za horní kloubový závěs je nepřipustné.

11.3 Tabulka I.**11.4 Největší délka letmého konce náběžného nosníku**

$$l \leq 0,17 \cdot \frac{W_o}{m_s}; \quad W_o = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{(d_1^4 - d_2^4)}{d_1} \quad \begin{matrix} w_o [mm^3] & m_s [kg] \\ d_1, d_2 [mm] \end{matrix}$$

Trubka	Srovnávací hmotnost - m_s (kg)									
prům./ tl. stěny	150	160	170	180	190	260	280	300	320	340
42/1,5	2,12	1,99	1,87	1,77						
42/2	2,72	2,55	2,4	2,27	2,15					
45/1,5	2,45	2,3	2,16	2,04	1,93					
45/2		2,95	2,78	2,63	2,49	1,82				
48/1,5		2,62	2,47	2,33	2,21	1,62				
48/2					2,85	2,09	1,94	1,81	1,69	
50/1,5					2,41	1,76	1,63	1,52	1,43	
50/2						2,28	2,11	1,97	1,85	1,74
52/1,5						1,91	1,77	1,65	1,55	1,46
52/2						2,47	2,3	2,14	2,01	1,89
55/1,5						2,14	1,99	1,86	1,74	1,64
55/2						2,79	2,59	2,41	2,26	2,13
60/1,5						2,57	2,39	2,23	2,09	1,97
60/2							3,1	2,9	2,71	2,56

11.5 Tabulka II.

Největší délka příčniku

$$l_p \leq 0,03 \cdot \sqrt{\frac{D_p^4 - d_p^4}{m_s}};$$

Trubka průměr/ tl. stěny	Srovnávací hmotnost - m_s (kg)									
	150	160	170	180	190	260	280	300	320	340
48/1,5	2,69	2,61	2,53	2,46	2,39					
48/2	3,06	2,96	2,87	2,79	2,72	2,32				
50/1,5	2,87	2,78	2,69	2,62	2,55	2,18				
50/2	3,26	3,16	3,06	2,98	2,9	2,48	2,39			
52/1,5	3,05	2,95	2,86	2,78	2,71					
52/2			3,26	3,16	3,08	2,63	2,54			
55/1,5			3,12	3,03	2,95	2,52	2,43			
55/2						2,87	2,77	2,68		
60/1,5						2,88	2,78	2,69		
60/2						3,29	3,17	3,06	2,96	2,88
65/1,5						3,26	3,14	3,04	2,94	2,85
65/2						3,72	3,59	3,47	3,36	3,26
70/1,5						3,65	3,52	3,4	3,29	3,2

11.6 Tabulka III.

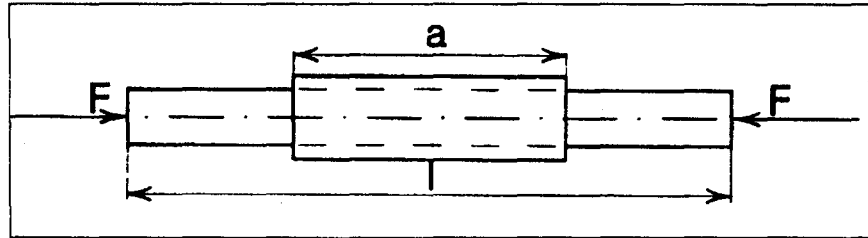
Největší délka ramene hrazdy

$$l_h \leq 0,036 \cdot \sqrt{\frac{D_h^4 - d_h^4}{m_s}};$$

Trubka průměr/ tl. stěny	Srovnávací hmotnost - m_s (kg)									
	150	160	170	180	190	260	280	300	320	340
30/1,5	1,55	1,5	1,46	1,42	1,38					
30/2	1,75	1,69	1,64	1,59	1,55	1,33				
32/1,5	1,72	1,66	1,61	1,57	1,53	1,3				
32/2	1,94	1,87	1,82	1,77	1,72	1,47				
35/1,5					1,76	1,5	1,45	1,4	1,35	1,31
35/2						1,7	1,63	1,58	1,53	1,48
38/1,5						1,71	1,64	1,59	1,54	1,49
38/2						1,93	1,85	1,8	1,74	1,69
40/1,5						1,9	1,86	1,8	1,74	1,69
40/2						2,09	2,02	1,95	1,89	1,83

11.7 Vzpěr trubky s převlekiem - výpočet

Největší vzpěrná síla, kterou přenesese duralová trubka zesílená uprostřed převlekiem nebo vložkou, (obrázek 1.) se vypočte následujícím postupem:



11.7.1 Vypočítáme momenty setrvačnosti trubky a převleku (vložky) ze vzorců:

$$I = \frac{\pi}{64} \cdot (D^4 - d^4); \quad I_{pv} = \frac{\pi}{64} \cdot (D_{pv}^4 - d_{pv}^4)$$

kde

D - vnější průměr trubky (mm)

d - vnitřní průměr trubky (mm)

D_{pv} - vnější průměr převleku (vložky) (mm)

d_{pv} - vnitřní průměr převleku (vložky) (mm)

11.7.2 Vypočítáme poměry

$$p = \frac{I}{I + I_{pv}}, \quad \frac{a}{l},$$

a z diagramu na obrázku 2 odečteme k

11.7.3 Největší vzpěrnou sílu vypočítáme ze vzorce

$$F = 7,2 \cdot 10^4 \cdot \frac{k}{l^2} (I + I_{pv}); \text{ použijeme-li jednotky lmm), } I (\text{mm}^4), \text{ bude } F (N).$$

Příklady:

I. Duralová trubka

Ø45x1,5mm, délky 3m, je zesílena trubkou Ø48x1,5mm, délky 1,2m.

$$1) I = \frac{\pi}{64} \cdot (45^4 - 42^4) = 4,85 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_{pv} = \frac{\pi}{64} \cdot (48^4 - 45^4) = 5,93 \cdot 10,4 \text{ mm}^4$$

$$2) p = \frac{4,85}{4,85 + 5,93} = 0,45; \quad \frac{a}{l} = \frac{1,2}{3} = 0,4$$

z diagramu na obrázku 2 je $k = 7,2$

$$3) F = 7,2 \cdot 10^4 \cdot \frac{7,2}{3000^2} \cdot (4,85 + 5,93) \cdot 10^4 = 6209N$$

II. Duralová trubka

Ø48x1, 5mm, délky 3m, je zesílena vlokou Ø45x1, 5mm, délky 1,2 m

$$1) I = \frac{\pi}{64} \cdot (48^4 - 45^4) = 5,93 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_{pv} = \frac{\pi}{64} (45^4 - 42^4) = 4,85 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$2) p = \frac{5,93}{4,85+5,93} = 0,55; \frac{a}{l} = \frac{1,2}{3} = 0,4$$

z diagramu na obr. 2 je $k = 8,0$

$$3) F = 7,2 \cdot 10^4 \cdot \frac{8,0}{3000^2} \cdot (4,85 + 5,93) \cdot 10^4 = 6899N$$

III. Duralová trubka

Ø45x1, 5mm, délky 3 m, je zesílena převlekm Ø50x1, 5mm, délky 1, 5m.

Vůle mezi trubkou a převlekm je vyplněna laminátem

$$1) I = \frac{\pi}{64} \cdot (45^4 - 42^4) = 4,85 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_{pv} = \frac{\pi}{64} (50^4 - 47^4) = 6,73 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$2) p = \frac{4,85}{4,85+6,73} = 0,42; \frac{a}{l} = \frac{1,5}{3} = 0,5$$

z diagramu na obr. 2 je $k = 7,9$

$$3) F = 7,2 \cdot 10^4 \cdot \frac{7,9}{3000^2} \cdot (4,82 + 7,59) \cdot 10^4 = 7319N$$

Poznámka:

Pokud bude zesílená trubka použita jako příčník MZK, který musí snést vzpěrnou sílu $F = 4 \cdot G_s$ bude vyhovovat do hodnoty srovnávací hmotnosti (tříkolka + pilot)

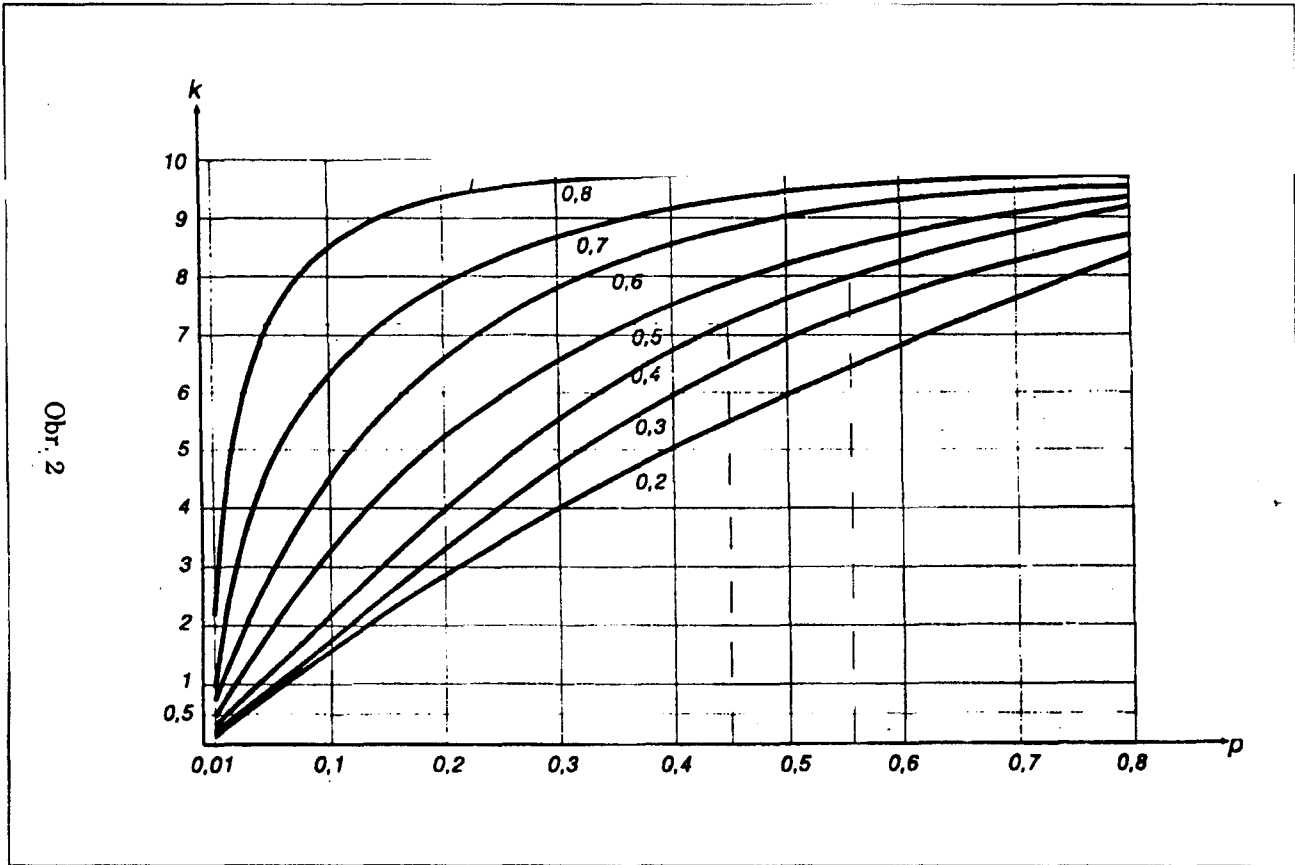
$$m_s = \frac{F}{4 \cdot g}$$

$$\text{Trubka z příkladu I. odpovídá } m_s = \frac{6209}{4,9,81} = 158kg$$

$$\text{Trubka z příkladu II. odpovídá } m_s = \frac{6899}{4,9,81} = 176kg$$

$$\text{Trubka z příkladu III. odpovídá } m_s = \frac{7319}{4,9,81} = 187kg$$

Obr. 2



Obr. 2