

# ŠROUBY HYDRAULICKÝCH LISŮ A JEJICH ZATĚŽOVÁNÍ

## 1. ÚVOD

Pro užití šroubů při konstrukci hydraulických lisů a využití jejich mechanických vlastností z jednotného hlediska byly vypracovány následující tabulky.

Šrouby jsou rozděleny na dvě skupiny, a to jednak dle materiálu šroubů (5D a 8G) a jednak dle způsobu jejich zatěžování.

Pro staticky namáhané šrouby není uvažován rozdíl v jejich rozměrových provedeních, t.j. uvedené provozní síly platí jak pro šrouby s hlavou tak pro šrouby závrtné.

Pro dynamicky namáhané šrouby vík a ucpávkových přírub válců jsou v tabulkách uvedeny hodnoty jen pro šrouby závrtné, pro šrouby s hlavou dovolená zatížení byla o něco menší a výpočet by byl částečně odlišný. Příruby a víka jsou předpokládány tak, že po dotažení jsou v plném dotyku s tělesem (válcem). Na výkresy sestav je nutno předepisovat příslušný utahovací moment.

Pro šrouby z materiálu 8G, které nejsou skladovány a budou se vyrábět, je nutno na detailní výkres předepsat vyražení značky 8G na viditelné čelo šroubu. Matice pro tyto šrouby se používají z normálního materiálu, skladované.

## 2. Šrouby se zatížením statickým.

Výpočet byl proveden na základě normy ON 131010 a dodržení podmínek v ní uvedených. Norma je v současné době v tisku a nahradí normu ČSN 131010 se všemi dodatky.

Nová norma bude platit jako směrnice pro výpočet přírubových spojů a součástí potrubí. Na základě této normy vytvořené tabulky platí pro všechny případy spojů částí lisů a jejich příslušenství, kde jsou šrouby obdobně zatěžovány. Zatěžování je ve shora uvedené normě definováno následovně:

"potrubí nebo jeho části jsou namáhány jen staticky (za staticky namáhané lze pokládat i potrubí, namáhané cyklicky při najíždění na provozní přetlak a při odstavování, pokud počet těchto změn je menší než 1000 cyklů za dobu životnosti zařízení."

Výpočet byl proveden pro provozní stav ze vzorce

$$S = \frac{F}{\sigma_d}, \text{ při čemž } \sigma_d = \frac{\sigma_k}{s_1}, \text{ kde}$$

S	- průřez šroubu	mm
F	- provozní síla	N
$\sigma_d$	- dovolené namáhání v tahu	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_k$	- mez kluzu	N/mm <sup>2</sup>
$s_1$	- souč. bezpečnosti	

Pro šrouby z materiálu 5D byla uvažována  $\sigma_k=280$  N/mm<sup>2</sup>, pro šrouby 8G  $\sigma_k=540$  N/mm<sup>2</sup> vzhledem k tomu, že tyto šrouby nejsou skladovány a pro výrobu bude užit na př.materiál 13240.6.

Součinitel bezpečnosti doporučuje norma  $s_1=2$ , který s přihlédnutím k čl.26 normy byl zvětšen na hodnotu 2,2. Tato hodnota platí pro šrouby M 27 a větší, pro šrouby

M24	se zvyšuje o 5%
M20	" " o 20%
M16 a menší	" " o 30%

### 3.1.Šrouby se zatížením dynamickým.

Takto namáhané šrouby jsou prakticky všechny, které se vyskytují v hydraulických obvodech lisů, na které se přenáší síly vzniklé hydraulickým tlakem, proměnným od nuly do svého maxima.

Až dosud používaná tabulka šroubů Hy 144-V z r.1956 již neodpovídá současnosti, což je zvláště patrné ve srovnání s využitím mechanických vlastností šroubů u nakupovaných hydraulických prvků, které nakonec pracují za stejných podmínek jako části vyráběné u nás.

Do tabulek byla vybrána jedna skupina šroubů, t.j.šrouby ucpávkových přírub a vík hydraulických válců, a to šrouby závrtné v rozsahu M 12 až M 80x4, a pro každý z nich byl proveden výpočet dle sestaveného programu na kalkulátoru HP 67 za dále uvedených předpokladů.

K výpočtu byly použity listy ÚVZÚ č.V 108-68 a V 109-69 (1) kniha Serensen: Únosnost a pevnostní výpočty strojních součástí (2)

" Junker: Neue Wege einer systematischen Schraubenberechnung(3) výzkumná zpráva SVÚSS 74-01035 od Ing.V.Bětáka CSc (4)

### 3.2.Předpoklady při výpočtu spojů.

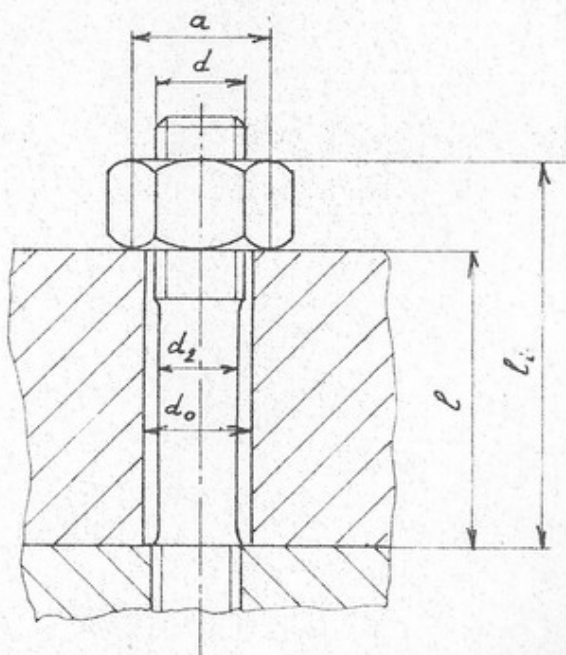
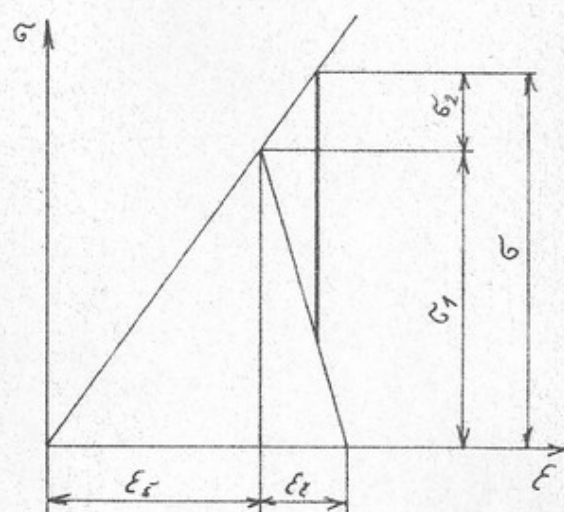
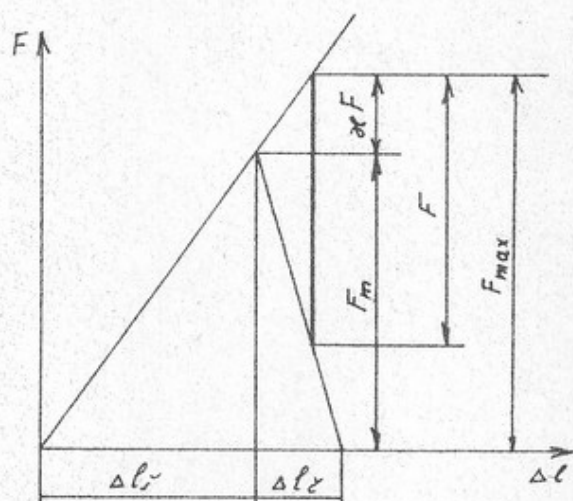
Uvažované šrouby v tabulkách jsou tvaru B dle ČSN 021174 (t.j. s odlehčeným dříkem na střední  $\emptyset$  závitu) a vzhledem k tomu, že pro převážnou většinu případů nejsou skladovány, byl pro výrobu uvažován materiál 11523.0 pro skupinu šroubů 5D s mezí kluzu  $\sigma_k=333$  N/mm<sup>2</sup>, a skladovaný materiál 13240.6, se střední mezí kluzu  $\sigma_k=580$  N/mm<sup>2</sup>, nebo 15236.6. pro skupinu šroubů 8G.



V tabulkách uvedené hodnoty provozní síly  $F$ , síly předpětí  $F_m$  a utahovacího momentu  $M$  platí pro případ příslušné svěrné délky  $l$  (t.j. tloušťky víka nebo příruby) a pro nemazanou matici při utahování. Uváděná svěrná délka je přibližná, pro použité větší hodnoty je zatížení šroubu příznivější, pro kratší délky (cca více než o 15%) by musel být spoj přepočítán.

Matice jsou uvažovány z normálního materiálu, tak jak jsou skladovány.

### 3.3. Užitá označení pro výpočet.



$a$	- $\emptyset$ vrcholu účinného kužele sevření - otvor klíče	mm
$\alpha_z$	- vrcholový úhel závitu	°
$\beta_\sigma$	- vrubový součinitel	
$(\beta_\sigma)_D$	- souč.koncentrace napětí	
$c$	- souč.úpravy pro zvýšení únosnosti	
$c_k$	- deformační konstanta víka	mm/N
$c_I$	- " " šroubu	mm/N
$c_{II}$	- " " spojovaných částí	mm/N
$c_z$	- " " závitové části v tělese	mm/N
$d$	- vnější $\emptyset$ závitu	mm
$d_o$	- $\emptyset$ otvoru pro šroub	mm
$d_2$	- střední $\emptyset$ závitu	mm
$\Delta l_\sigma$	- zkrácení spojovaných částí	mm
$\Delta l_s$	- prodloužení šroubu	mm
$\xi_\sigma$	- poměrné stlačení spojovaných částí	
$\xi_s$	- " prodloužení šroubu	
$E$	- modul pružnosti v tahu	N/mm <sup>2</sup>
$F$	- provozní síla	N
$F_m$	- síla předpětí	N
$k$	- souč.bezpečnosti k max.napětí	
$k_a$	- " " k amplitudě	
$k_k$	- " " k mezi kluzu	
$\alpha$	- " vnějšího zatížení	
$l$	- svěrná délka (tloušťka víka)	mm
$l_i$	- deformační délka šroubu o konstantním průřezu	mm
$M$	- utahovací krouticí moment	Nm, Nmm
$\mu$	- souč. tření	
$\mu'$	- " tření závitu	
$\nu$	- " vlivu absolutních rozměrů	
$S$	- průřez závitové části šroubu	mm <sup>2</sup>
$s$	- stoupání závitu	mm
$\sigma_1$	- napětí od předpětí	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_2$	- " " vnějšího zatížení	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_c$	- mez únavy materiálu	N/mm <sup>2</sup>
$(\sigma_c)_D$	- mezní napětí při cyklickém zatěžování	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_k$	- mez kluzu v tahu	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_p$	- mez pevnosti v tahu	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	- souč.vlivu asymetrie cyklu	
$(\gamma_c)_D$	- " " " " daného případu	
$tg\alpha$	- tangens úhlu stoupání	
$tg\beta'$	- tangens třecího úhlu závitu	
$x$	- poměr předpětí (síly) k provozní síle	

### 3.4. Výpočet pro šroub M 16, příruba dle návrhu normy

$$c_k = \frac{1,83}{E \cdot d_o} \log \frac{(1 + \frac{d_o}{a})(1 + 0,8 \frac{l}{a} - \frac{d_o}{a})}{(1 - \frac{d_o}{a})(1 + 0,8 \frac{l}{a} + \frac{d_o}{a})} = 2,3456 \cdot 10^{-7} = c_{II}$$

$$E = 206000 \text{ N/mm}^2$$

$$d_o = 18 \text{ mm}$$

$$l = 26 \text{ mm}$$

$$a = 24 \text{ mm}$$

matice M 16 má výšku 13 mm, potom  $l_1 = l + 13 = 39 \text{ mm}$

$$d_2 = 14,701 \text{ mm}$$

$$d = 16 \text{ mm}$$

$$s = 2 \text{ mm}$$

$$c_I = \frac{l_1}{E \cdot S} + c_Z$$

$$c_I = \frac{4 l_1}{E \cdot \pi \cdot d_2^2} + \frac{0,49}{E \cdot d} \sqrt{1,44 + 9,28 \frac{s}{d_2}} = 1,35975 \cdot 10^{-6}$$

$$\alpha = \frac{c_{II}}{c_I + c_{II}} = 0,14712$$

Síla předpětí  $F_m = x \cdot (1 - \alpha) F$

$x = 1,5 \div 4$  pro dynamicky namáhané spoje, volím  $x = 4$

Osová síla přenášená šroubem  $F_{\max} = F_m + F$

Napětí od osového zatížení

$$\sigma = \frac{F_{\max}}{S} \quad \text{kde } S = \frac{\pi \cdot d_2^2}{4}$$

Napětí od krouticího momentu  $\tau = \frac{M}{0,2 \cdot d_2^3}$

$$M = F_m \frac{d_2}{2} \operatorname{tg}(\alpha + \rho') \quad \text{kde } \operatorname{tg} \alpha = \frac{s}{\pi \cdot d_2}$$

$$\operatorname{tg} \rho' = \mu' = \frac{\mu}{\cos \frac{\alpha_Z}{2}}$$

pro vrcholový úhel závitu  $\alpha_Z = 60^\circ$  je  $\mu' = 1,155 \mu$

součinitel  $\mu$  volím 0,14

součinitel bezpečnosti k mezi kluzu  $k_k = \frac{\sigma_k}{\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}}$



Po dosazení

$$k_k = \frac{\sigma_k}{\sqrt{\left( \frac{4 \cdot x \cdot (1-x) F + x F}{\pi d_2^2} \right)^2 + 3 \cdot \left( \frac{x \cdot (1-x) F \frac{d_2}{2} \left( \frac{8}{\pi d_2} + 1.155 \mu \right)}{0,2 d_2^3} \right)^2}}$$

Pro  $F=15400$  N je  $k_k = 1,5$  (minimální hodnota, která vyhovuje,  
 $M = 79682$  Nmm,  $F_m = 52537$  N

potom  $\sigma_1 = 334,63$  N/mm<sup>2</sup>

$$\sigma_1 = \frac{F_m}{S} \quad \sigma_2 = \frac{x F}{S}$$

$\sigma_2 = 14,43$  N/mm<sup>2</sup>

z tabulek  $\beta_\sigma = 4,9$

$\gamma_\sigma = 1$

$c = 1$

potom  $(\beta_\sigma)_D = \frac{\beta_\sigma}{c \cdot \gamma_\sigma} = 4,9$

mez únavy pro daný případ  $(\sigma_c)_D = \frac{\sigma_c}{(\beta_\sigma)_D} = 71,63$

kde  $\sigma_c$  pro materiál 13240.6 o minimální pevnosti  $\sigma_p = 780$

$\sigma_c = 0,45 \cdot 780 = 351$  N/mm<sup>2</sup>

Součinitel asymetrie cyklu daného případu (z tab.  $\gamma_\sigma = 0,1$ )

$$(\gamma_\sigma)_D = \frac{\gamma_\sigma}{(\beta_\sigma)_D} = 0,02041$$

souč. bezpečnosti s uvažováním amplitudy:

$$k_a = \frac{2(\sigma_c)_D - 2(\gamma_\sigma)_D \cdot \sigma_1}{[1 + (\gamma_\sigma)_D] \sigma_2} = 8,8 \quad (\text{vyhovuje, má být min. } 2,5)$$

souč. bezpečnosti s uvažováním max. napětí:

$$k = \frac{2(\sigma_c)_D + [1 - (\gamma_\sigma)_D] \sigma_1}{[1 + (\gamma_\sigma)_D] (\sigma_1 + \sigma_2)} = 1,32 \quad (\text{vyhovuje, má být min. } 1,25)$$

Pro výpočet šroubů uvedených v tabulkách na listu 8 a 9 byl vypracován program na progr.štitku č.9 kalkulátoru HP-67.

Zadání hodnot se zadává do paměťových registrů následovně:

Reg. 0 -  $\alpha$  (nezadává se, zůstává samo po výpočtu)

1 - s

2 -  $d_2$

3 -  $d_0$

4 - a

5 - F

6 - l

7 - d

8 -  $(\sigma_c)_D$

9 -  $\sigma_1$  (nezadává se, zůstává samo po výpočtu)

10 -  $\mu$

12 - E

15 -  $c_{II}$  ( " " " " )

17 - x

20 -  $\sigma_2$  ( " " " " )

21 -  $(\gamma_\sigma)_D$

22 - S

23 -  $l_i$

24 -  $\sigma_k$

Výsledky dostaneme po následujícím stisknutí:

A -  $c_k$

B -  $c_I$ ,  $\alpha$

E - M,  $k_k$

O -  $F_m$ ,  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$

C -  $k_a$

D - k

# DOVOLENÁ ZATÍŽENÍ ŠROUBŮ 5 D

provedení přesné, příslušné matice dle zásobníku, pro vyráběné závrtné šrouby použijte materiál 11523.0

Závit M	Průřez mm <sup>2</sup>	Šrouby zatížené staticky dle ON 131010		Šrouby zatížené dynamicky pro přírubové ucpávky a víka hydraul. válců. Platí pro závrtné šrouby tvaru B dle ČSN 021174			
		Dovolené namáhání N/mm <sup>2</sup>	Provozní síla N	Svěrná délka mm	Provozní síla N	Síla předpětí N	Utahov. moment Nm
12	84,3	98	8260	20	4700	16349	18,9
16	157	98	15380	26	8800	30022	45,2
20	245	106	25970	35	13700	46970	88
24	353	121	42710	40	19660	67996	154
27	459	127	58290	50	25700	88278	221
30	561	127	71240	50	31300	107839	302
33	694	127	88130	55	38600	132222	402
36x3	865	127	109850	60	48200	164860	533
39x3	1028	127	130550	65	57200	196171	681
42x3	1206	127	153160	70	67000	229764	854
45x3	1398	127	177540	85	77000	265321	1050
48x3	1604	127	203700	95	88500	305093	1282
52x3	1900	127	241300	105	105500	361650	1636
56x4	2144	127	272280	125	119000	407469	2019
60x4	2485	127	315590	140	138000	471718	2490
64x4	2851	127	362070	155	159000	542011	3036
68x4	3242	127	411730	185	180000	614882	5972
72x4	3658	127	464560	205	203000	693220	4331
76x4	4100	127	520700	220	228000	778030	5113
80x4	4566	127	579880	240	254000	866155	5972