

Report No.: 5ML\_2017\_059

## APLEG SYSTEMS, S.R.O.

# STANOVENÍ ÚNOSNOSTI NÁSTAVCE VRUTU EXTENSION FLANGE 60X1200-240

**Abstract:**

Zpráva obsahuje výpočet únosnosti nástavce vrutu EXTENSION FLANGE 60X1200-240, Article No. 076029.

No. of pages: 12

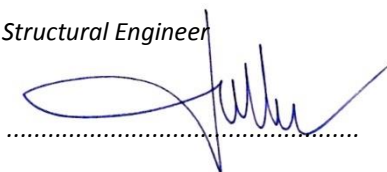
No. of appendices: 0

Initial issue: 20/09/2017

Author: Ladislav Chybík

Function: Structural Engineer

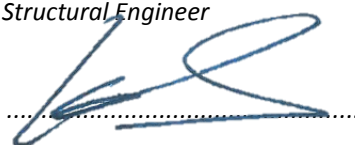
Signature:



Approved by: Luděk Krmela

Function: Structural Engineer

Signature:



Revision No.: -

Date of issue: -



## CONTENT

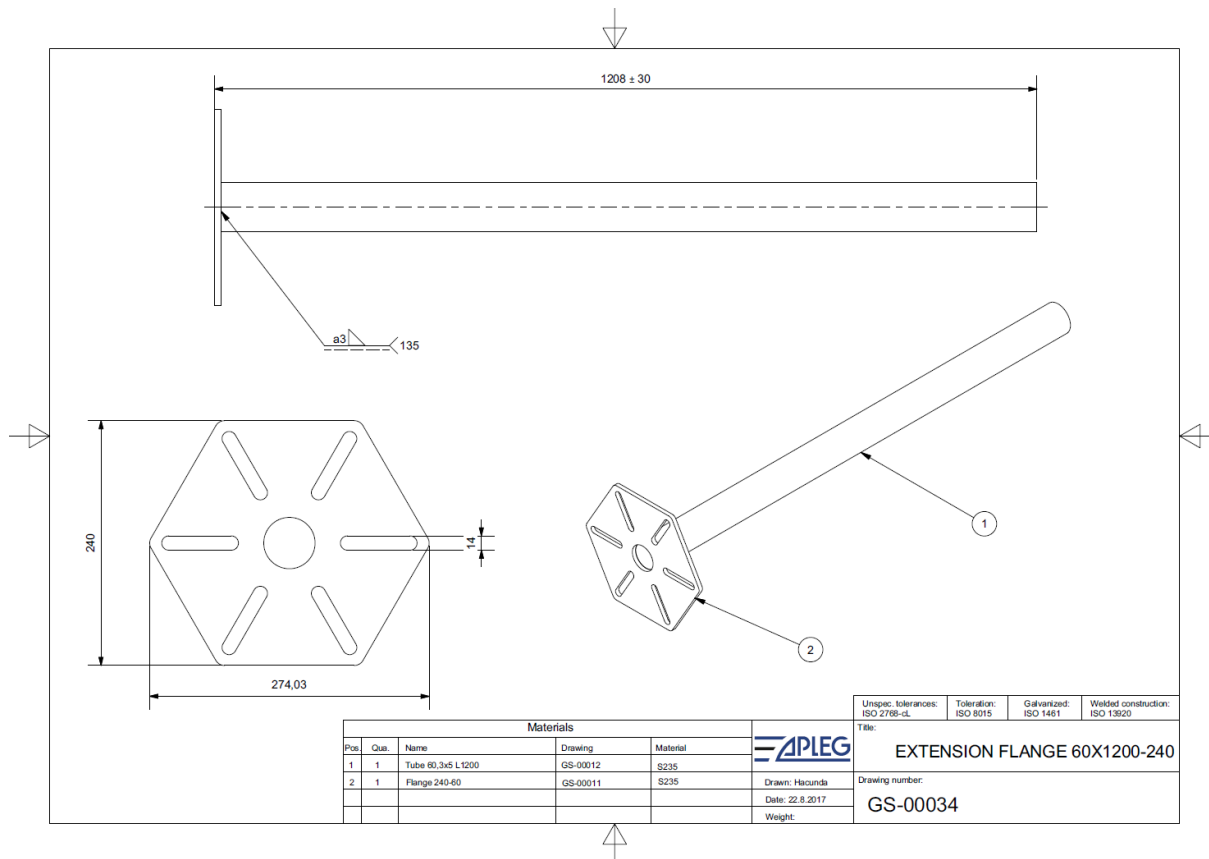
SECTION	TITLE	PAGE
<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>ZKRATKY</b> .....	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>REFERENCE</b> .....	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>POUŽITÉ MATERIÁLY</b> .....	<b>6</b>
4.1	KOVOVÉ MATERIÁLY.....	6
<b>5</b>	<b>VÝPOČET ÚNOSNOSTI</b> .....	<b>7</b>
5.1	ÚNOSNOST TRUBKY .....	7
5.1.1	<i>Tah/Tlak</i> .....	7
5.1.2	<i>Kontrola na vzpěr</i> .....	8
5.2	KOTVENÍ PŘES PŘÍRUBU.....	9
5.3	ÚNOSNOST SPOJE VRUTU S NÁSTAVCEM .....	10
<b>6</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>12</b>

# 1 ÚVOD

Předkládaná technická zpráva je zpracována na základě objednávky firmy APLEG zaslané e-mailem dne 24.08.2017.

Požadovaným úkolem je provést výpočet únosnosti nástavce zemního vrutu.

Výkres nástavce



Nástavce se použijí na vruty:

- SCREW PIPE 76X1500-8M16
- SCREW PIPE 76X1800-8M16

Únosnost nástavce vrutu je dána únosností:

- kotvení nástavby
- průřezu kotvy
- šroubového spoje s vrutem.

## 2 ZKRATKY

--

## 3 REFERENCE

### Normy

- [1] ČSN EN 1993-1-1 (materiál)
- [2] ČSN EN 1993-1-8 ed 2. (svary)

### Literatura

- [3] Airframe - Stress analysis and sizing, Michael Chun-Young Niu, 1999
- [4] VDI 2230 - Systematic calculation of high duty bolted joints, 2003-10
- [5] 5ML\_2017\_048 SCREW PIPE 76X1500-8M16
- [6] 5ML\_2017\_045 SCREW PIPE 76X1800-8M16

### Výkresová dokumentace

- [7] GS-00034 EXTENSION FLANGE 60X2400-240

### Modely

- [8] -

### Software:

- [9] -

## 4 POUŽITÉ MATERIÁLY

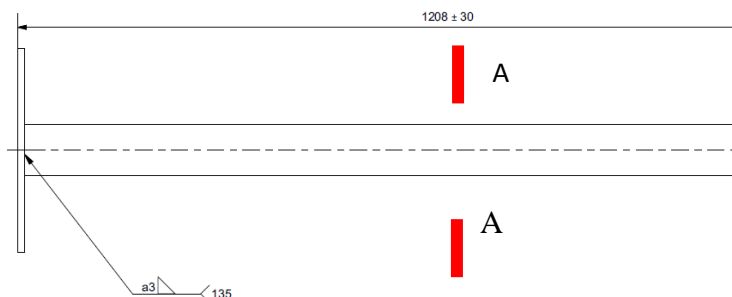
### 4.1 Kovové materiály

Dílec	Materiál	Polotovar	Mez kluzu	Mez pevnosti	Reference
			$f_y = R_{p0,2}$	$f_u = R_m$	
			[MPa]	[MPa]	
Trubka	S235	TR 60,3x5	235	360	Tabulka 3.1 lit. [1]
Šroub 16x30	8.8	--	640	880	DIN 914

## 5 VÝPOČET ÚNOSNOSTI

### 5.1 Únosnost trubky

Podle níže uvedeného postupu je stanovena únosnost trubky na tah/tlak (vytahování kotvy) a ohyb



#### 5.1.1 Tah/Tlak

Únosnost na tah neoslabeného průřezu A-A je určena dle následujícího vztahu:

$$F_{tr\_tah} = \frac{f_y * A}{\gamma_{M0}}; \quad \text{dle (6.6) [1]}$$

kde  $A$  je plocha trubky  $A = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$

$\gamma_{M0}$  je dílčí součinitel průřezu pozemní stavby (=1,0 dle 6.1 [1])

Plocha:

$$A = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} = \frac{\pi(60,3^2 - 50,3^2)}{4} = 868 \text{ mm}^2$$

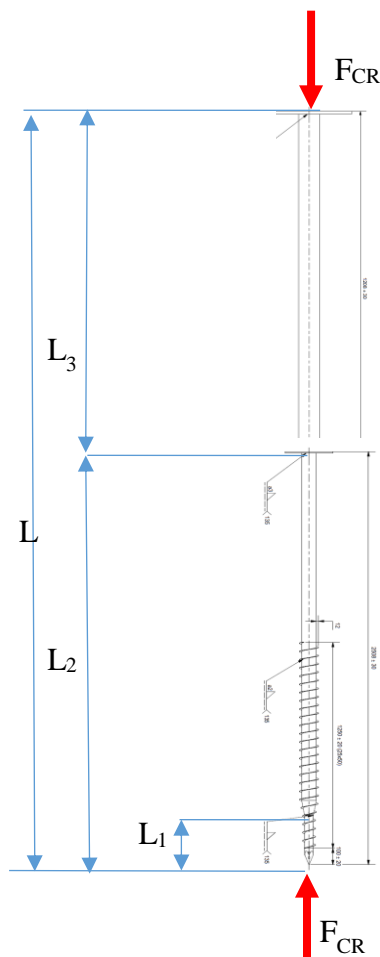
Únosnost na tah:

$$F_{tr\_tah} = \frac{f_y * A}{\gamma_{M0}} = \frac{235 * 868}{1,0} = 203\,900 \text{ N}$$

**Tahová únosnost trubky nástavce je vyšší než tahová únosnost trubky vrutu. Nástavec neomezuje tahovou únosnost vrutu.**

### 5.1.2 Kontrola na vzpěr

Kontrola na vzpěr je provedena pro neinstalovaný vrut s nástavcem s využitím metodiky [1], Kapitola 6.3.1.2. a [3], Kapitola 10.3. Délka zasunuté části nástavce je pro výpočet určena na 100mm (maximální vysunutí),  $L_3=1100\text{mm}$ .



Postup:

- Pro kritickou sílu vrutu ze specifikace určíme redukovaný moment setrvačnosti vrut pro délku  $L_2$ :  $J_{Red} = \frac{F_{kT} * L_2^2}{\pi^2 * E}$ , kde E je modul pružnosti 210 000MPa
- Pro moment setrvačnosti nástavce a redukovaný moment setrvačnosti vrutu se určí geometrické poměry  $L_3/L$  a  $\sqrt{\frac{J_3}{J_{Red}}}$ .
- Pro geometrické poměry se určí konstanta  $C_1$  z Obrázku 10.3.2 lit. [3]
- Proveďte se výpočet kritické Eulerovy síly:  $F_{cr} = C_1 * \pi^2 \frac{E J_{Red}}{L^2}$
- Proveďte se výpočet poměrné štíhlosti:  $\lambda' = \sqrt{\frac{A f_y}{F_{cr}}}$ , kde A je plocha trubky 820mm<sup>2</sup> vrutu a  $f_y$  mez kluzu 235MPa
- Určí se součinitel vzpěrnosti  $\chi$
- Vypočte se vzpěrná síla vrutu s nástavcem  $N_{b,Rd} = \chi \frac{A f_y}{\gamma_{M0}}$

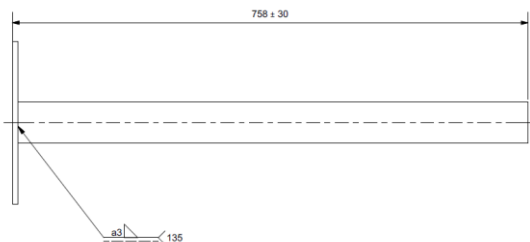


Výpočet:

Délka vrutu $L_2$	[mm]	1500	1800
Kritická síla	[N]	422 800	300 500
Redukovaný moment setrvačnosti vrutu $J_{red}$ na délce $L_2$	[mm <sup>4</sup> ]	458984	469753
Moment setrvačnosti nástavce na délce $L_3$	[mm <sup>4</sup> ]	334700	334700
Poměr $L_3/L$	[-]	0,42	0,38
Poměr $\sqrt{\frac{J_3}{J_{Red}}}$	[-]	0,85	0,84
$C_1$ z Obrázku 10.3.2 lit. [3]	[-]	0,9	0,9
Kritická Eulerova síla pro nastavený vrtu	[N]	126652	104192
Poměrná štíhlost $\lambda' = \sqrt{\frac{Af_y}{F_{cr}}}$	[-]	1,23	1,36
Součinitel vzpěrnosti $\chi$	[-]	0,47	0,4
Výsledná vzpěrná síla	[N]	<b>90 500</b>	<b>77 000</b>

## 5.2 Kotvení přes přírubu

Únosnost kotvicího bodu je dána únosností svaru mezi přírubou a trubicí. Na výkrese je předepsaný koutový svar o velikosti 3mm:



Návrhová pevnost svaru je určena dle (4.4) lit [2]:

$$f_{w,d} = \frac{f_u/\sqrt{3}}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}},$$

kde  $\beta_w$  je korelační součinitel, pro koutový svar a S235  $\beta_w = 0,80$

$\gamma_{M2}$  je dílčí součinitel pro styčníky – svarový spoj (=1,25 dle 2.2 [2])

$$f_{w,d} = \frac{f_u/\sqrt{3}}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360/\sqrt{3}}{0,8 \cdot 1,25} = 208 \text{ MPa}$$

Nosnost jednotkové délky svaru:

$$F_{w,d} = f_{w,d} \cdot a = 208 \cdot 3 = 624 \text{ Nmm}^{-1}$$

kde  $a$  je účinná tloušťka svaru

Délka svaru se rovná obvodu trubky:

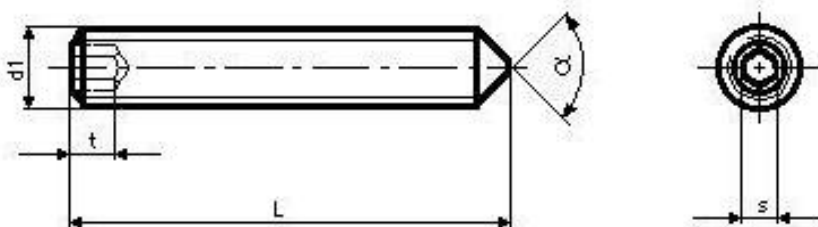
$$L = \pi D = \pi * 76,1 = 239mm$$

Únosnost svaru na tah:

$$F_{sv} = L * F_{w,d} = 239 * 624 = 149\,000N$$

### 5.3 Únosnost spoje vrutu s nástavcem

Pro spoje nástavce s trubicou vrutu jsou navrženy šrouby dle specifikace v 4.1 v počtu 8ks na spoj.



Spoj přenáší zatížení třením a tvarovou vazbou. Špička šroubu se vtlačí do připojované trubky. Výpočet vychází z předpokladu maximálního utažení šroubu na 50% meze kluzu. Síla předpětí je určena dle tabulek VDI 2230 [4], Tabulka A1:

- pro utažení na 90% meze kluzu a součinitel tření v závitu 0,10 je tlaková síla 82,9kN a utahovací moment 180Nm
- s ohledem na způsob utahování bude uvažováno utažení pouze na 55% výše uvedeného momentu, tj. 99Nm což vyvede předpětí 45,5kN
- pro výpočet únosnosti třením je uváženo součinitel tření  $f=0,1$  dle Tabulky A6 VDI, lit. [4]
- na sílu předpětí je dále uplatněn součinitel bezpečnosti na nejistotu přenosu zatížení spojem  $\gamma_{M2} = 1,5$

Síla přenášená třením jedním šroubem:

$$F_{1fr} = \frac{F_Q * f}{\gamma_{M2}} = \frac{45000 * 0,1}{1,5} = 3000N$$

Síla přenášená otláčením po zatlačení 2mm špičky šroubu do vnitřní trubky:

- otláčná plocha  $A=2*4=8mm^2$
- mezní měrný tlak  $p=1,5R_m=540MPa$
- součinitel bezpečnosti je uváženo pro tento typ přenosu zatížení  $\gamma_{M2} = 1,25$
- maximální síla přenášená jedním šroubem přes otláčení v trubce

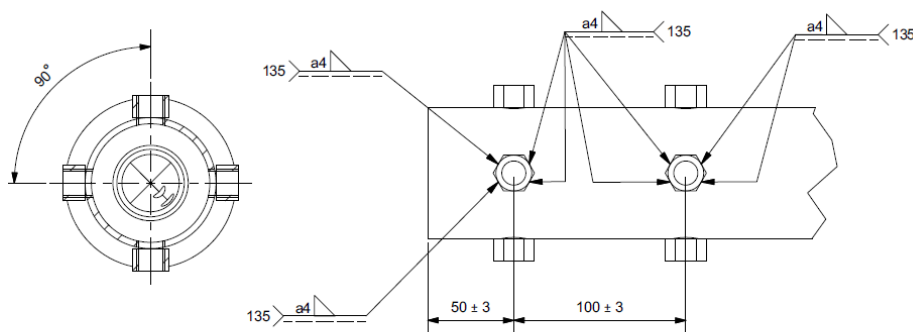
$$F_{1br} = \frac{p * A}{\gamma_{M2}} = \frac{540 * 8}{1,25} = 3450N$$

Celková síla přenášená přes celý spoj (8 šroubů) bude potom:

$$F_{SCR8} = n(F_{1fr} + F_{1br}) = 8(3000 + 3450) = 51\,600N$$

**Únosnost spoje je limituje tahovou/tlakovou sílu na 51 000N.**

Kontrolní výpočet svarového spoje matice s trubkou je proveden za předpokladu maximálního utažení na 60% meze kluzu – síla předpětí 45 000N a síla v jednom šroubu 3660N+3450N = 7110N.



Celková síla přenášená přes spoj jedním šroubem:

$$F = \sqrt{F_Q^2 + F_{SCR8}^2} = \sqrt{45\,000^2 + 7\,110^2} = 45\,500\text{N}$$

Maticí se bude přenášet síla úměrná výšce matice 16mm ku tloušťce celého spoje (výška matice 16mm+tloušťka trubky 3,6mm):

$$F_{NUT} = \frac{16}{16+3,6} * 45500 = 37140\text{N}$$

**Nosnost 8 matic byla stanovena v [5] a [6] na 319 400N. Nosnost 1 matice je 39925N > 37 140N. VYHOVUJE.**

## 6 ZÁVĚR

Ve zprávě je provedena pevnostní kontrola nástavce vrutu EXTENSION FLANGE 60X750-240. Prodlužované vruty nejsou vhodné pro přenos horizontálních sil.

Limitujícím prvkem pro únosnost nastaveného vrutu je únosnost šroubového spoje.

Únosnost vrutu SCREW PIPE 76X1500-8M16 + EXTENSION FLANGE 60X1200-240 bude:

SCREW PIPE 76X1500-8M16 + EXTENSION FLANGE 60X1200-240				
Úroveň pevnosti zeminy		1	2	3
Description	-	Málo únosné jemnozrnné zeminy	Středně soudržné - písčité a štěrkové zeminy	Pevné soudržné zeminy
Mez pevnosti v tlaku $R_{d,t}$	[MPa]	0,08-0,15	<b>0,15-0,4</b>	0,4-0,5
Únosnost na vytažení z terénu	[N]	15 000	<b>26 600</b>	51 000
Únosnost na tlak	[N]	25 100	<b>45 600</b>	51 000
Únosnost v horizontálním směru	[N]	Neaplikovat	Neaplikovat	Neaplikovat

Základní únosnost převzata z 5ML\_2017\_045.

Únosnost vrutu SCREW PIPE 76X1800-8M16 + EXTENSION FLANGE 60X1200-240 bude:

SCREW PIPE 76X1800-8M16 + EXTENSION FLANGE 60X1200-240				
Úroveň pevnosti zeminy		1	2	3
Description	-	Málo únosné jemnozrnné zeminy	Středně soudržné - písčité a štěrkové zeminy	Pevné soudržné zeminy
Mez pevnosti v tlaku $R_{d,t}$	[MPa]	0,08-0,15	<b>0,15-0,4</b>	0,4-0,5
Únosnost na vytažení z terénu	[N]	16 900	<b>29 300</b>	51 000
Únosnost na tlak	[N]	27 500	<b>49 300</b>	51 000
Únosnost v horizontálním směru	[N]	Neaplikovat	Neaplikovat	Neaplikovat

Základní únosnost převzata z 5ML\_2017\_048.