

D. S. D. M e t spol. s r.o.

VÝTAHY PLZEŇ

PROJEKCE

STATICKÝ VÝPOČET

Výrobní číslo :259/98/K/11

DSD Met spol. s r.o.

Kollárova 32, PLZEŇ 301 21

Tel/Fax 019 / 722 00 53

**STATICKÝ VÝPOČET HLAVNÍCH ČÁSTÍ
ELEKTRICKÉHO VÝTAHU JE PROVEDEN DLE
ČSN 81 - 1**



Technický popis a hlavní parametry výtahu.

Druh výtahu: *A-TOV 375/0,63*

Nosnost : *375 kg*

Jmenovitá rychlost: *0,63 m/s*

Klec : *š = 0,9 m, h = 1,2 m, v = 2,1 m, provedení panelová, neprůchozí*

Závaží : *650 kg*

Zdvih : *19,6 m*

Závěsné orgány: *ocelové lano 3 x ø D=10,0 mm, ČSN 02 4340.41*

Počet stanic : *8*

Počet stanic /nákladistů: *8*

Umístění výtahu: *ve zděné šachtě*

Umístění strojovny: *nahoře nad šachtou*

Ohrazení výtahu: *zdivem*

Světelné návěští: *v jizdě*

Nouzové návěští : *alarm*

Omezovač rychlosti: *HJ 200*

Nouzový koncový vypínač: *elektrický AC 11 na kleci, klíny v šachtě*

Stroj : *typ MF 28, provedení pravý, usazen na rámu*

Hnací kotouč: *ø D=520 mm , buben: -, Gallova retězka: -,*

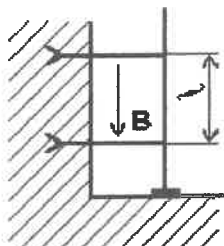
Použitý výtahový elektromotor: *4,5 kW*

El. proud : *3x380/220 V, průřez přírodních vodičů 5 x 4 mm² Cu*

Poznámka: *05/98*

Vypracoval: *Johánek Josef*

OVĚŘENÍ VODÍTEK



PŘEDPOKLADY: vodítka podepřená, z tyčí průřezu T 70/60/12

$$J_x = 40,46 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4, J_y = 21,45 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4,$$

$$W_x = 10,12 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

největší vzdál. dvou sousedních podpor vodítka $l = 2 \text{ m}$,

kolmá vzdál. brzdné síly od neutrál. osy vodítka $e = 2,0 \text{ cm}$,

$$i_x = 1,90 \cdot 10^{-2} \text{ m}, i_y = 1,38 \cdot 10^{-2} \text{ m},$$

jedn. hmotnost $m_1 = 8,82 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$, celková délka

vodítek $L = 24,0 \text{ m}$, počet vodítek $m=2$, $\sigma_D = 140 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$

Brzdná síla působící na jedno vodítko při použití samosvor. válečkových zachycovačů:

$$B = 15 (Q + P) = 15 (375 + 460) = 12525 \text{ N}$$

Q...nosnost (kg), P...hmot. prázdné klece (kg)

Namáhání vodítka na vzpěr:

$$\sigma_K = \frac{15 \cdot (Q+P) \cdot \omega}{A} = \frac{15 \cdot (375+460) \cdot 3,55}{1124} = 39,56 \text{ MPa} < \sigma_{Dov} = 140 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \text{ (MPa)}$$

A...průřez jednoho vodítka ($A = 1124 \text{ mm}^2$), ω ...součinitel vzpěrnosti, $\omega = f(\lambda_x, \lambda_y)$

Vodorovné síly pro výpočet průhybů:

$$F_X = \frac{Q \cdot c}{9 \cdot h} = \frac{3750 \cdot 1,2}{9 \cdot 2,5} = 200 \text{ N}$$

$$\lambda_X = \frac{l}{i_X} = \frac{200}{1,9} = 105,3$$

$$F_y = \frac{Q \cdot b}{6 \cdot h} = \frac{3750 \cdot 0,9}{6 \cdot 2,5} = 225 \text{ N}$$

$$\lambda_y = \frac{l}{i_y} = \frac{200}{1,38} = 144,9$$

$$\omega = 3,55 \text{ pro } \lambda = 145$$

PŘEDPOKLADY: světlná šířka klece $b = 0,9 \text{ m}$

hloubka klece $c = 1,2 \text{ m}$

svislá vzdál. mezi středy vodících čelistí $h = 2,5 \text{ m}$

Průhyby vodítka:

$$y_x = \frac{7 \cdot F_x \cdot l^3}{480 \cdot E \cdot J_x} = \frac{7 \cdot 200 \cdot 2^3}{480 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 40,46 \cdot 10^{-8}} = 0,00027 \text{ m} < 0,003 \text{ m}$$

$$y_y = \frac{7 \cdot F_y \cdot l^3}{480 \cdot E \cdot J_y} = \frac{7 \cdot 225 \cdot 2^3}{480 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 21,45 \cdot 10^{-8}} = 0,00052 \text{ m} < 0,003 \text{ m}$$

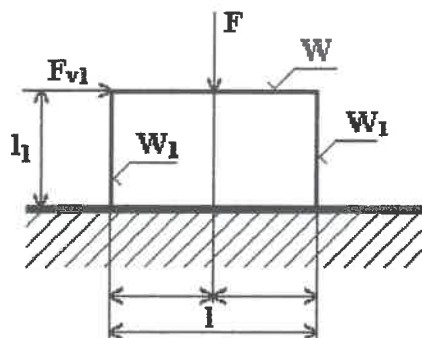
Svislá síla na podlahu prohlubně:

$$F_S = B + 10 \cdot m_v = 12525 + 10 \cdot 211,7 = 14642 \text{ N}$$

$$m_v = m_1 \cdot L = 8,82 \cdot 24,0 = 211,7 \text{ (kg)}$$

m_v hmotnost vodítka v kg

OVĚŘENÍ KOTVY VODÍTKA



PŘEDPOKLADY:

kotva rámové konstrukce z válcované tyče
průřezu L 50x50x5

boční část kotvy - průřez U 50

$$W = 3,05 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3, \quad l = 0,90 \text{ m}$$

$$W_1 = 10,6 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3, \quad l_1 = 0,29 \text{ m}$$

Vodorovná síla F_v se vypočte :

$$F_v = \frac{1}{6} \cdot (Q + P) = \frac{1}{6} \cdot (3750 + 4600) = 1392 \text{ N}$$

Normálové napětí materiálu střední části kotvy vodítka :

$$\sigma = \frac{F_v \cdot l}{6 \cdot W} = \frac{1392 \cdot 0,90}{6 \cdot 3,05} = 68,46 \text{ MPa} < \sigma_D = 110 \text{ MPa}$$

Vodorovná síla F_{v1} :

$$F_{v1} = \frac{1}{12} \cdot (Q + P) = \frac{1}{12} \cdot (3750 + 4600) = 696 \text{ N}$$

Normálové napětí materiálu boční části kotvy se vypočte :

$$\sigma = \frac{F_{v1} \cdot l_1}{W_1} = \frac{696 \cdot 0,29}{10,6} = 19,04 \text{ MPa} < \sigma_D = 110 \text{ MPa}$$

Svislá síla pod nárazníky klece na podlahu prohlubně při působení nárazníků:

$$F_K = 40 (Q + P) = 40 (375 + 460) = 33\,400 \text{ N}$$

Q...nosnost (kg), P...hmot. prázdné klece (kg)

Svislá síla pod nárazníky vyvažov. závaží na podlahu prohlubně při působení nárazníků:

$$F_Z = 40 Z = 40 \cdot 650 = 26\,000 \text{ N}$$

Z...hmotnost závaží (kg)

OVĚŘENÍ NOSNÝCH PROSTŘEDKŮ - LAN



PŘEDPOKLADY: u výtahu je použito 3 ocel. lan podle ČSN 02 4340.41
průměr $d = 0,01$ m, jmenovité nosnosti $N_T = 63\,480$ N,
tíha lana $g_l = 4,0$ Nm⁻¹, počet lan $m = 3$.

Tíha lana při zdvihu H

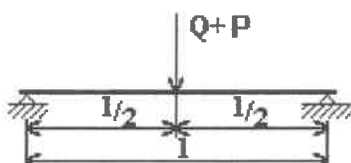
$$L = m \cdot g_l \cdot H = 3 \cdot 4,0 \cdot 20 = 240 \text{ N}$$

Bezpečnost lana:

$$k = \frac{m \cdot N_{(70)}}{Q+P+L} = \frac{3 \cdot 44436}{3750+4600+240} = 15,52 > 12 \text{ dle normy ČSN-EN 81-1}$$

OVĚŘENÍ ZÁVĚSNÝCH NOSNÍKŮ KLECE

PŘEDPOKLADY:



nosník je vytvořen ze dvou válcovaných tyčí o průřezu
 U_{100} , $J_x = 2 \cdot 206 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$,
 $W_x = 2 \cdot 41,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$, $l = 0,94$ m, počet nosníků $m = 2$

Normálové napětí materiálu nosníku :

$$\sigma = \frac{(Q+P) \cdot l}{4 \cdot W_x \cdot 2} = \frac{(3750+4600) \cdot 0,94}{4 \cdot 41,2 \cdot 10^{-6} \cdot 2} = 23,8 \text{ MPa} < \sigma_D = 96 \text{ MPa}$$

Průhyb nosníku :

$$\gamma = \frac{(Q+P) \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot J_x \cdot 2} = \frac{(3750+4600) \cdot 0,94^3}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 206 \cdot 10^{-8} \cdot 2} = 0,000167 \text{ m} < 1 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 0,94 \cdot 10^{-3} \\ = 0,0094 \text{ m}$$

OVĚŘENÍ SVISLÝCH TÁHEL RÁMU KLECE

PŘEDPOKLADY: táhla jsou ze dvou válcovaných tyčí průřezu $50 \times 50 \times 5$

$$W_x = 2 \cdot 3,05 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3,$$

$$S_o = 2 \cdot 4,80 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2, \text{ světlá šířka klece } b = 0,985 \text{ m},$$

délka svislých táhel $l = 3,00$ m, vzdálenost středů vodících čelistí

$$h = 2,7 \text{ m}.$$

Napětí materiálu v rovině rámu kostry klece:

$$\sigma = \frac{(Q+P)}{2 \cdot S_o} + \frac{Q \cdot b \cdot l}{6 \cdot h \cdot W_x} = \frac{(3750+4600)}{2 \cdot 4,8 \cdot 10^{-4}} + \frac{(3750 \cdot 0,985 \cdot 3,0)}{6 \cdot 4 \cdot 2,7 \cdot 3,05 \cdot 10^{-6}} = 8,70 + 22,13 = 28,03 \text{ MPa} < \sigma_{Dov} \\ \sigma_{Dov} = 96 \text{ MPa}$$

OVĚŘENÍ VÝTAHOVÉHO STROJE

PŘEDPOKLADY: stroj má převodovku s převodem $i_s = 58$,
 hnací kotouč $D_h = 520$ mm, otáčky motoru $n = 1500$ min⁻¹,
 tíha lan při zdvihu H je $L = 240$ N,

Tíha vyvažovacího závaží : $Z = 0,5 \cdot Q + P = 0,5 \cdot 3750 + 4600 = 6500$ N

Provozní rychlost je :

$$v_v = \frac{\pi \cdot D_h \cdot n}{60 \cdot i_c} = \frac{\pi \cdot 0,520 \cdot 1360}{60 \cdot 58} = 0,63 \text{ m.s}^{-1} \text{ Obvodová síla na hnacím kotouči :}$$

$$F_o = Q + P + Z + L = 3750 + 4600 - 6500 + 240 = 2090 \text{ N}$$

Obvodová rychlost při je $v_o = 0,63$ m.s⁻¹

Celkový převodový poměr $i_c = i_s = 58$

Celková účinnost výtahu je:

$$\eta_c = \eta_l \cdot \eta_s \cdot \eta_{ck} \cdot \eta_h \cdot \eta_k \cdot \eta_v = 0,76 \cdot 0,94 \cdot 0,9 \cdot 0,85 \cdot 0,96 = 0,52$$

Potřebný výkon elektromotoru :

$$P = \frac{F_o \cdot v_o}{1000 \cdot \eta_c} = \frac{2090 \cdot 0,64}{1000 \cdot 0,52} = 2,6 \text{ kW}$$

=> dodaný stroj s elektromotorem o výkonu 4,5 kW - VYHOVUJE

OVĚŘENÍ TŘECÍ SCHOPNOSTI KOTOUČE

Musí být splněna rovnice: $\left(\frac{T_1}{T_2}\right) \cdot C_1 \cdot C_2 < e^{\alpha f}$ (1)

$\frac{T_1}{T_2}$... poměr mezi větší a menší silou ve větvích lan na obou stranách třecího kotouče v těchto případech:

1.) Klec zatížená na 125 % nosnosti v dolní krajní stanici:

$$T_1 = 1,25 \cdot Q + P + L = 1,25 \cdot 3750 + 4600 + 240 = 9527,5 \text{ N}$$

$$T_2 = Z = 6500 \text{ N}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{9527,5}{6500} = 1,466$$

2.) Prázdná klec v horní krajní stanici:

$$T_1 = P = 4600 \text{ N}$$

$$T_2 = Z + L = 6500 + 240 = 6740 \text{ N}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{6740}{4600} = 1,465$$

$$C_1 = \frac{g_n + a}{g_n - a}, \quad g_n \dots \text{normální tíh. zrychlení (ms}^{-2}\text{)}, \text{ a } \dots \text{zpoždění klece (ms}^{-2}\text{)}$$

Platí minimální hodnota C_{\min} pro jmen. rychlost $v_K = 0,63 \text{ ms}^{-1}$: $C_{\min} = 1,1$

C_2 ... zahrnuje změnu tvaru drážky opotřebením

$C_2 = 1$... polokruhové drážky

$C_2 = 1,2$... klínové drážky

$e = 2,7183$.. základ přiroz. logaritmu

α ... úhel opásání lana na třecím kotouči (rad), $\alpha = 180^\circ$

$$\alpha = 180 \cdot \frac{\pi}{180} = 3,14 \text{ rad}$$

f ... součinitel tření lana v drážce

Klínové drážky: $f = \frac{\mu}{\sin \frac{\gamma}{2}} = \frac{0,09}{\sin \frac{40}{2}} = 0,263$

$\mu = 0,09$... souč. tření mezi lanem a litin. kotoučem

$\gamma = 40^\circ$... úhel klínové drážky

Dosazení hodnot do rovnice (1):

$$\left(\frac{T_1}{T_2}\right)_{\max} \cdot C_1 \cdot C_2 = 1,465 \cdot 1,1 \cdot 1,2 = 1,934 \quad (a)$$

$$e^{\alpha f} = 2,7183^{3,14 \cdot 0,263} = 2,28 \quad (b)$$

výraz (a) < výraz (b)

VYHOVUJE

OVĚŘENÍ TLAKU V DRÁŽCE TŘECÍHO KOTOUČE

PŘEDPOKLADY: $D = 520 \text{ mm}$... průměr třecího kotouče
 $d = 10 \text{ mm}$... průměr lana
 $n = 3$... počet lan

$$T = Q + P + L = 3750 + 4600 + 240 = 8590 \text{ N}$$

T ... statická síla v lanech na straně klece, která je zatížená na 100% nosnosti a stojí v dolní krajní stanici.

Tlak působící v drážce:

$$1.) \quad p = \frac{T}{n \cdot d \cdot D} \cdot \frac{8 \cdot \cos \frac{\beta}{2}}{\pi - \beta - \sin \beta} = \quad \text{MPa}$$

Platí pro polokruhové drážky se zářezem i bez zářezu ($\beta = 0^\circ$)

$$2.) \quad p = \frac{T}{n \cdot d \cdot D} \cdot \frac{4,5}{\sin \frac{\gamma}{2}} = \frac{8590}{3 \cdot 10 \cdot 520} \cdot \frac{4,5}{\sin \frac{40}{2}} = 7,24 \text{ MPa}$$

Platí pro klínové drážky ($\gamma = 40^\circ$)

Podmínka:

Tlak p v drážce musí být při 100% zatížení klece menší nebo roven hodnotě vypočítané podle rovnice:

$$p \leq \frac{12,5 + 4 \cdot v_c}{1 + v_c} = \frac{12,5 + 4 \cdot 0,63}{1 + 0,63} = 9,21 \quad (a)$$

$$p = 7,24 \leq 9,21 \text{ vyhovuje (splněna podm. výrazu (a))}$$

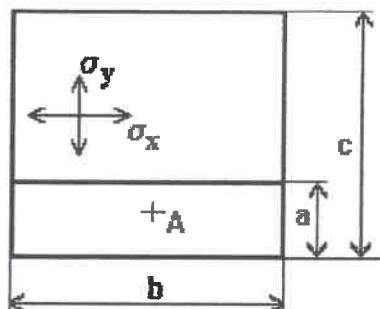
$v_c = 0,63 \text{ ms}^{-1}$... rychlost lana odpovídající jmen. rychlosti
klece $v_c = 0,63 \text{ ms}^{-1}$

PODLAHA KLECE

Prvky podlahy jsou dimenzovány tak, aby snesly osamitou sílu o velikosti $0,25 Q$, působící v kterémkoliv místě podlahy.

Konstrukce podlahy klece tvoří tuhý celek - peronový plech tloušťky $t = 0,005 \text{ m}$, přivařený na svařovaném rámu UE 80, vyztuženém nosníky L 50x50x5.

1.) Kontrola peronového plechu tl. $t = 0,005 \text{ m}$, hmot. 1 m plechu $\rho = 500 \text{ N/m}^2$.



a/b	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
A_x	3	2,9	2,6	2,2	1,5	1,2
A_y	0,8	0,9	1	1,25	1,25	1,2

$$A_x = 2,6, A_y = 1$$

$$a = \frac{c}{n} = \frac{1,15}{3} = 0,38$$

$$\frac{a}{b} = \frac{0,38}{0,9} = 0,426$$

a - volná plocha plechu v rámu

b - šířka kabiny = 0,9 m

c - hloubka kabiny = 1,15 m

n - počet volných polí plechu v rámu = 3

Zatížení od tíhy volného pole plechu v rámu $Q_p = a \cdot b \cdot \rho = 0,38 \cdot 0,9 \cdot 500 = 171 \text{ N}$

Nejnepříznivěji působí zatížení $0,25 Q$ v bodě A:

$$p = \frac{0,25 \cdot Q + Q_p}{a \cdot b} \cdot 10^{-6} = \frac{0,25 \cdot 3750 + 171}{0,38 \cdot 0,9} \cdot 10^{-6} = 0,0032 \text{ MPa}$$

$$\sigma_x = \frac{A_x \cdot p \cdot a^2}{t^2} = \frac{2,6 \cdot 0,0032 \cdot 0,38^2}{0,005^2} = 48,06 \text{ MPa}$$

$$\sigma_y = \frac{A_y \cdot p \cdot a^2}{t^2} = \frac{1 \cdot 0,0032 \cdot 0,38^2}{0,005^2} = 18,48 \text{ MPa}$$

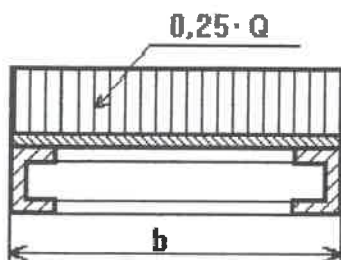
$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} = \sqrt{48,06^2 + 18,48^2} = 51,49 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{red} < \sigma_{dov} = 96 \text{ MPa}$$

2.) Kontrola nosníků L 50 x 50 x 5, které vyztužují rám podlahy:

$$W_x = 3,05 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3, \quad J_x = 11,0 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4, \quad b = 0,9 \text{ m}.$$

Protože na rámu svařeném z nosníků UE 80 je navařen plech tl. 0,005 m působí síla $0,25 Q$ na nosníky jako rovnoměrné zatížení.



$$\sigma = \frac{0,25 \cdot Q \cdot b}{12 W_x} = \frac{0,25 \cdot 3750 \cdot 0,9}{12 \cdot 3,05 \cdot 10^{-6}} \cdot 10^{-6} = 23,05 \text{ MPa}$$

Průhyb:

$$y = \frac{0,25 \cdot Q \cdot b^3}{384 \cdot E \cdot J_x} = \frac{0,25 \cdot 3750 \cdot 0,9^3}{384 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 11 \cdot 10^{-8}} = 0,000077 \text{ m} < \frac{b}{1000} = \frac{0,9}{1000} = 0,0009 \text{ m}$$

Nástupní nosník:

- je tvořen UE 80 + peronovým plechem tl. 5 mm, $W_x = 22,4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$, $b = 0,9 \text{ m}$.

Nosník se počítá na ohyb jako prostý nosník zatížený uprostřed silou $0,4Q$:

$$\sigma = \frac{0,1 \cdot Q \cdot b}{W_x} = \frac{0,1 \cdot 3750 \cdot 0,9}{22,4 \cdot 10^{-6}} \cdot 10^{-6} = 15,06 \text{ MPa} < \sigma_{dov} = 96 \text{ MPa}$$