

## 1.1. Obciążenie suwnicami

Ilość suwnic = 2

Wymagany udźwig suwnicy  $Q_{h,nom} = 281 \text{ kN}$

Przyjęto suwnicę firmy ABUS o udźwigu 320 000 kg i ustalonej prędkości podnoszenia 0,06/4 m/min

S	32 m		
A1	930 mm		
K1	1640 mm		
C1	-140 mm		
L1	1080 mm		
L2	1080 mm		
Z <sub>min</sub>	270 mm		
H <sub>max</sub>	8000 mm		
R	5100 mm		
L <sub>k</sub>	3055 mm		
Nacisk kół	R <sub>max</sub>	234	kN
	R <sub>min</sub>	73,9	kN

Pełny udźwig suwnicy  $Q_{h,nom} = 320 \text{ kN}$

$$R_{max} = Q_{rmax} = 234 \text{ kN}$$

$$R_{min} = Q_{rmin} = 73,9 \text{ kN}$$

$Q_{rmax}$  – maksymalne oddziaływanie koła suwnicy z ładunkiem

$Q_{rmin}$  – minimalne oddziaływanie koła suwnicy bez ładunku

$Q_{r(max)}$  – dopełniające oddziaływanie koła suwnicy z ładunkiem

$Q_{r(min)}$  – dopełniające oddziaływanie koła suwnicy bez ładunku

$S = L = 32\text{m}$  – rozpiętość mostu suwniczego

$R = a = 5100\text{mm} = 5,1\text{m}$  – rozstaw kół wózka suwniczego

$L1 = L2 = e_{min} = 1080\text{mm} = 1,08\text{m}$

$G_s$  – ciężar suwnicy

$G_t$  – ciężar wciągarki

$$\begin{cases} \frac{1}{2}G_s + \frac{l - e_{min}}{l}(G_t + Q_{h,nom}) = 2 \cdot Q_{r,max} \\ \frac{1}{2}G_s + \frac{e_{min}}{l}G_t = 2 \cdot Q_{r,min} \end{cases}$$

Z powyższego układu równań wyliczamy ciężar suwnicy oraz ciężar wciągarki

$$G_s = 294,80 \text{ kN}$$

$$G_t = 11,80 \text{ kN}$$

### 1.1.1. Oddziaływania pionowe

Wartości sił bez uwzględnienia współczynników dynamicznych

Wymagany udźwig suwnicy  $Q_{h,nom} = 281 \text{ kN}$

Obciążenia statyczne, wartości charakterystyczne

$$Q_{r,max} = \frac{1}{4}G_s + \frac{l - e_{min}}{2l}(G_t + Q_{h,nom}) = \frac{1}{4} \cdot 294,8 + \frac{32 - 1,08}{2 \cdot 32} (11,8 + 281) = 215,16 \text{ kN}$$

$$Q_{r,(max)} = \frac{1}{4}G_s + \frac{e_{min}}{2l}(G_t + Q_{h,nom}) = \frac{1}{4} \cdot 294,8 + \frac{1,08}{2 \cdot 32} \cdot (11,8 + 281) = 78,64 \text{ kN}$$

$$Q_{r,min} = \frac{1}{4}G_s + \frac{e_{min}}{2l}G_t = \frac{1}{4} \cdot 294,8 + \frac{1,08}{2 \cdot 32} \cdot 11,8 = 73,9 \text{ kN}$$

$$Q_{r,(min)} = \frac{1}{4}G_s + \frac{l - e_{min}}{2l}G_t = \frac{1}{4} \cdot 294,8 + \frac{32 - 1,08}{2 \cdot 32} \cdot 11,8 = 79,4 \text{ kN}$$

### Grupa obciążeń 1.

Wartości sił po uwzględnieniu współczynników dynamicznych

$$0,9 < \varphi_1 \leq 1,1$$

Przyjęto  $\varphi_1 = 1,1$

$$\varphi_2 = \varphi_{2,min} + \beta_2 v_h$$

$v_h$  – ustalona prędkość podnoszenia w m/s

$$v_h = \frac{4}{60} = 0,067 \text{ m/s}$$

Klasa podnoszenia HC3 – suwnica magazynowa, praca ciągła , czyli:

$$\varphi_{2,min} = 1,15 \quad , \quad \beta_2 = 0,51$$

$$\varphi_2 = \varphi_{2,min} + \beta_2 v_h = 1,15 + 0,51 \cdot 0,067 = 1,184$$

$$Q_{\varphi,r,max} = \frac{1}{4}G_c \cdot \varphi_1 + \frac{l - e_{min}}{2l}(G_t \cdot \varphi_1 + Q_{h,nom} \cdot \varphi_2) = 248,08 \text{ kN}$$

$$Q_{\varphi,r,(max)} = \frac{1}{4}G_c \cdot \varphi_1 + \frac{e_{min}}{2l}(G_t \cdot \varphi_1 + Q_{h,nom} \cdot \varphi_2) = 89,90 \text{ kN}$$

$$Q_{\varphi,r,min} = \frac{1}{4}G_c \cdot \varphi_1 + \frac{e_{min}}{2l}G_t \cdot \varphi_1 = 81,29 \text{ kN}$$

$$Q_{\varphi,r,(min)} = \frac{1}{4}G_c \cdot \varphi_1 + \frac{l - e_{min}}{2l}G_t \cdot \varphi_1 = 87,34 \text{ kN}$$

### Grupa obciążeń 5 i 6

Do obciążeń od ciężaru suwnicy oraz ciężaru podnoszonego stosuje się współczynnik dynamiczny  $\varphi_4 = 1,0$  .

$$Q_{\varphi,r,max} = 215,16 \text{ kN}$$

$$Q_{\varphi,r,(max)} = 78,64 \text{ kN}$$

$$Q_{\varphi,r,min} = 73,90 \text{ kN}$$

$$Q_{\varphi,r,(min)} = 79,40 \text{ kN}$$

### 1.1.2. Oddziaływania poziome spowodowane przyśpieszeniem lub opóźnieniem suwnicy.

#### Grupa obciążeń 1.

Siły działające wzdłuż toru.

$$H_{L,i} = \varphi_5 K \frac{1}{n_r}$$

Dla układów gdzie siły zmieniają się łagodnie  $1,0 \leq \varphi_5 \leq 1,5$

Przyjęto  $\varphi_5 = 1,5$

K – siła napędu, jeżeli nie jest stosowany system kontroli kół to siłę napędu K można obliczyć następująco:

$$K = K_1 + K_2 = \mu \sum Q_{r,min}^*$$

$\mu$  – współczynnik tarcia, dla stal – stal  $\mu = 0,2$

$\sum Q_{r,min}^*$  dla pojedynczego koła napędzanego, jest równa  $m_w \cdot Q_{r,min}$ , gdzie  $m_w$  jest liczbą kół napędzanych indywidualnie.

$$m_w = 2$$

$$Q_{r,min} = 73,9 \text{ kN}$$

$$\sum Q_{r,min}^* = m_w \cdot Q_{r,min} = 2 \cdot 73,9 = 147,8 \text{ kN}$$

$$K = K_1 + K_2 = \mu \sum Q_{r,min}^* = 0,2 \cdot 147,8 = 29,56 \text{ kN}$$

$n_r$  – liczba belek toru jezdneho

$$n_r = 1$$

$$H_{L,i} = \varphi_5 K \frac{1}{n_r} = 1,5 \cdot 29,56 \cdot \frac{1}{1} = 44,34 \text{ kN}$$

Siły prostopadłe do toru.

Moment M wynikający z sił napędu, który działa w środku masy, jest równoważony przez poprzeczne siły poziome  $H_{T,1}$  i  $H_{T,2}$ , które można wyznaczyć następująco :

$$H_{T,1} = \varphi_5 \xi_2 \frac{M}{a}$$

$$H_{T,2} = \varphi_5 \xi_1 \frac{M}{a}$$

a-Rozstaw rolek prowadzących lub kół z obrzeżami

$$a = 5,1 \text{ m}$$

$$\xi_1 = \frac{\sum Q_{r,max}}{\sum Q_r}$$

$$\xi_2 = 1 - \xi_1$$

$$\sum Q_r = \sum Q_{r,max} + \sum Q_{r,(max)}$$

$$\sum Q_{r,max} = m_w \cdot Q_{r,max} = 2 \cdot 214,54 = 429,08 \text{ kN}$$

$$\sum Q_{r,(max)} = m_w \cdot Q_{r,(max)} = 2 \cdot 78,64 = 157,28 \text{ kN}$$

$$\sum Q_r = \sum Q_{r,max} + \sum Q_{r,(max)} = 429,08 + 157,28 = 586,36 \text{ kN}$$

$$\xi_1 = \frac{\sum Q_{r,max}}{\sum Q_r} = \frac{429,08}{586,36} = 0,732$$

$$\xi_2 = 1 - \xi_1 = 1 - 0,731 = 0,268$$

$$M = Kl_s$$

$$K = K_1 + K_2 = \mu \sum Q_{r,min}^* = 0,2 \cdot 147,8 = 29,56 \text{ kN}$$

$$l_s = (\xi_1 - 0,5)l$$

$l$ - rozpiętość mostu suwnicy

$$l_s = (\xi_1 - 0,5)l = (0,732 - 0,5) \cdot 32 = 7,416 \text{ m}$$

$$M = Kl_s = 29,56 \cdot 7,416 = 219,23 \text{ kNm}$$

$$H_{T,1} = \varphi_5 \xi_2 \frac{M}{a} = 1,5 \cdot 0,268 \cdot \frac{219,23}{5,1} = 17,296 \text{ kN}$$

$$H_{T,2} = \varphi_5 \xi_1 \frac{M}{a} = 1,5 \cdot 0,732 \cdot \frac{219,23}{5,1} = 47,184 \text{ kN}$$

### 1.1.3. Oddziaływania poziome spowodowane ukosowaniem.

#### Grupa obciążeń 5.

Założono koła z obrzeżami. Dla przedniej pary kół  $e_1=0$  dla drugiej pary  $e_2=R=5,1\text{m}$ .

Siły działające wzdłuż toru  $H_{S,i,1,L}$

$$H_{S,1,1,L} = f \lambda_{S,1,1,L} \sum Q_r$$

$$H_{S,2,1,L} = f \lambda_{S,2,1,L} \sum Q_r$$

Założono układ napędów kół: niezależne, umocowane/umocowane – IFF

$$\lambda_{S,1,1,L} = \lambda_{S,2,1,L} = 0$$

$$H_{S,1,1,L} = H_{S,2,1,L} = 0$$

Siły działające prostopadle do toru  $H_{S,i,1,T}$

$$H_{S,1,1,T} = f \lambda_{S,1,1,T} \sum Q_r$$

$$H_{S,2,1,T} = f \lambda_{S,2,1,T} \sum Q_r$$

$$f = 0,3(1 - \exp(-250\alpha)) \leq 0,3$$

$$\alpha = \alpha_F + \alpha_V + \alpha_0$$

$$\alpha_F = \frac{0,75x}{a_{ext}}$$

$a_{ext}$  – rozstaw kół z obrzeżami

$$a_{ext} = R = 5,1 \text{ m}$$

Przyjęto:  $0,75x=10\text{mm}$

$$\alpha_f = \frac{0,01}{5,1} = 0,00196$$

$$\alpha_V = \frac{y}{a_{ext}}$$

$$y=0,1b$$

$b$  – szerokość główki szyny

Przyjęto szynę dźwigową SD 75  $b=75 \text{ mm}$

$$y=0,1 \cdot 75=7,5 \text{ [mm]}$$

$$\alpha_V = \frac{0,0075}{5,1} = 0,00147$$

$$\alpha_0 = 0,001$$

$$\alpha = 0,00196 + 0,00147 + 0,001 = 0,00443 < 0,015 \text{ rad}$$

$$f = 0,3(1 - \exp(-250 \cdot 0,00443)) = 0,201$$

$$\lambda_{S,1,1,T} = \frac{\xi_2}{n} \left(1 - \frac{e_j}{h}\right)$$

$$\lambda_{S,2,1,T} = \frac{\xi_1}{n} \left(1 - \frac{e_j}{h}\right)$$

$$e_j = R = 5,1 \text{ m}$$

$$h = \frac{m\xi_1\xi_2 l + \sum e_j^2}{\sum e_j}$$

m=0 dla kół niezależnych

$$h = \frac{5,1^2}{5,1} = 5,1 \text{ m}$$

n=2

$$\lambda_{S,1,1,T} = \frac{0,268}{2} \left(1 - \frac{0}{5,1}\right) = 0,134$$

$$\lambda_{S,2,1,T} = \frac{0,732}{2} \left(1 - \frac{0}{5,1}\right) = 0,366$$

$$H_{S,1,1,T} = f \lambda_{S,1,1,T} \sum Q_r = 0,201 \cdot 0,134 \cdot 586,36 = 15,79 \text{ [kN]}$$

$$H_{S,2,1,T} = f \lambda_{S,2,1,T} \sum Q_r = 0,201 \cdot 0,366 \cdot 586,36 = 43,17 \text{ [kN]}$$

$$\lambda_{S,1,2,T} = 0,268 \left(1 - \frac{5,1}{5,1}\right) = 0$$

$$\lambda_{S,2,2,T} = 0,732 \left(1 - \frac{5,1}{5,1}\right) = 0$$

$$H_{S,1,2,T} = H_{S,2,2,T} = 0$$

1.1.4. Oddziaływania poziome spowodowane przyspieszaniem/hamowaniem wózka suwnicy.

**Grupa obciążeń 6.**

$$\begin{aligned}2H_{T3} &= 0,1(Q_t + Q_{h,nom}) \\2H_{T3} &= 0,1(11,8 + 281) = 29,28 \text{ kN}\end{aligned}$$

Siła przypadająca na jedno koło:

$$H_{T3} = 0,5 \cdot 29,8 = 14,64 \text{ kN}$$