

УДК 622.673:539.4

**Чечель Т.О., асистент каф. будівельної, теоретичної та прикладної механіки**  
**Науковий керівник: Колосов Д.Л., д-р техн. наук, завідувач каф. будівельної, теоретичної та прикладної механіки**  
 (Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна)

**ОЦІНКА ВТРАТИ КОРИСНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ПЕРЕМІЩЕННЯ ВАНТАЖУ  
 З УРАХУВАННЯМ КОНСТРУКТИВНОЇ БУДОВИ ПЛОСКОГО  
 ГУМОТРОСОВОГО КАНАТА**

Для визначення впливу моменту, зумовленого конструкцією тросів, розглянемо рівновагу частини довільно обраного ( $i$ -того) троса довжиною  $dx$  в плоскому канаті (рис. 1).

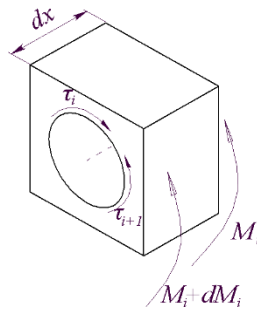


Рисунок 1 – Схема навантаження відрізка  $i$ -того троса каната

Складемо умову рівноваги відрізка троса

$$dM_i + (\oint \tau_{i+1} - \oint \tau_i)dx = 0.$$

Врахуємо те, що інтеграл дотичних напружень по поверхні взаємодії еластичної оболонки та троса залежить від кута повороту троса, викликаного дією повороту суміжного троса (від різниці кутів власного повороту та додаткового повороту, викликаного впливом суміжного) і жорсткості еластичної оболонки [1]

$$\frac{d}{dx} \frac{2}{3} P_i \sin(a) d + G_e (\alpha_{i-1} - 2\alpha_i + \alpha_{i+1}) = 0. \quad (1)$$

Момент скручування троса  $M_e$  деформує трос. Відносні кути закручування троса, як стрижня залежать від прикладеного моменту та жорсткості троса на скручування

$$M_e = G_{mp} J_\rho \frac{d}{x} \alpha, \quad (2)$$

де  $G_{mp}, J_\rho$  – відповідно, приведений модуль зсуву матеріалу троса та полярний момент інерції перерізу троса як стрижня.

Підставимо (1) в (2). Маємо

$$\begin{aligned} \frac{d^2}{dx^2} \alpha_i + \frac{3}{2} \frac{G_\theta}{G_{mp} J_\rho \sin(a) dP_i} (\alpha_{i-1} - 2\alpha_i + \alpha_{i+1}) &= 0 \quad (2 \leq i \leq N-1), \\ \frac{d^2}{dx^2} \alpha_1 + \frac{3}{2} \frac{G_\theta}{G_{mp} J_\rho \sin(a) dP_1} (\alpha_2 - \alpha_1) &= 0, \\ \frac{d^2}{dx^2} \alpha_N + \frac{3}{2} \frac{G_\theta}{G_{mp} J_\rho \sin(a) dP_N} (\alpha_{N-1} - \alpha_N) &= 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Прийmemo, що кути закручування тросів в канаті, що має  $N$  тросів змінюються за показниковим законом

$$\begin{aligned} \beta^2 \alpha_i + \frac{3}{2} \frac{G_\theta}{G_{mp} J_\rho \sin(a) dP_i} (\alpha_{i-1} - 2\alpha_i + \alpha_{i+1}) &= 0. \quad (2 \leq i \leq N-1), \\ \beta^2 \alpha_1 + \frac{3}{2} \frac{G_\theta}{G_{mp} J_\rho \sin(a) dP_1} (\alpha_2 - \alpha_1) &= 0, \\ \beta^2 \alpha_N + \frac{3}{2} \frac{G_\theta}{G_{mp} J_\rho \sin(a) dP_N} (\alpha_{N-1} - \alpha_N) &= 0. \end{aligned} \quad (4)$$

Система рівнянь (4) однорідна. Її розв'язання можна знайти за умови рівності нулю її визначника.

Добуток моменту закручування троса та кута повороту з урахуванням зміни кута повороту від нуля до максимуму становлять роботу по закручуванню окремого троса. Внаслідок пружності троса енергія його закручування не втрачається. Частково втрачається потенціальна енергія деформування еластичної оболонки каната. Для випадку відсутності зовнішнього моменту скручування, енергію деформування оболонки каната знайдемо як суму енергій деформування частин еластичної оболонки плоского гумотросового каната, що оточують його троси

$$E = \sum_{i=1}^N \int_0^L \frac{\left( \sum_n^{N-1} \left( A_n e^{\beta_n x} + B_n e^{-\beta_n x} \right) \cos(q_n (i-0,5)) \right)^2}{G_\theta} dx. \quad (5)$$

Частина потенціальної енергії (5) буде втрачена через її розсіювання. Таким чином, на переміщення вантажу однією гілкою плоского гумотросового каната буде втрачена енергія, величина якої визначається формулою

$$E_{вмп} = \zeta \sum_{i=1}^N \int_0^L \frac{\left( \sum_n^{N-1} \left( A_n e^{\beta_n x} + B_n e^{-\beta_n x} \right) \cos(q_n (i-0,5)) \right)^2}{G_\theta} dx,$$

де  $\zeta$  – коефіцієнт втрати енергії.

Коефіцієнт корисної дії на переміщенні вантажа з урахуванням прийнятого значення середнього навантаження  $N$  тросів каната силами  $P$  та визначеної способом математичного експерименту жорсткості еластичної оболонки  $G_\theta$  [1], що припадає на один трос, становить

$$\eta = \frac{2E_{вмп} + L N P}{L N P}.$$

**Висновки.** Отриманий коефіцієнт корисної дії дозволяє визначати частину втрати корисної енергії внаслідок конструктивної побудови тросів у вигляді скручених стренг та конструкції плоского гумотросового каната, в якому система тросів завулканізована в гумову оболонку.

**Перелік посилань**

1. Онищенко С.В. Обґрунтування методу розрахунку головних гумотросових канатів шахтних підйомних установок з урахуванням порушеної геометрії стовбурів / С.В. Онищенко. – Дис. канд. техн. наук: 05.02.09. – Д.: 2021. – 170 с. Режим доступу: <http://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/157936>