

Напруження в гумотросовому канаті з пошкодженим тросом

БІЛОУС О.І., ТАНЦУРА Г.І., КОВАЛЕНКО Є.С.

Дніпродзержинський державний технічний університет

В статье предлагается использовать дополнительный разрыв троса для уменьшения максимальных напряжений в канате на подъемных машинах с резиновых плоскими канатами в случае разрыва одного из тросов.

У статті пропонується використовувати додатковий розрив троса для зменшення максимальних напружень в канаті на підйомних машинах з гумотросовими плоскими канатами у разі розриву одного з тросів канату.

The article proposes to use an additional break tether to reduce the maximum stresses in the rope for hoisting machines with rubber-ropes in case of rupture of one of the ropes.

Вступ. Гумотросові канати мають широкого вжитку в якості врівноважувальних канатів підйомних гірничих машин, підйомних канатів ліфтів. В процесі експлуатації троси можуть руйнуватися. Руйнування тросів приводять до порушення рівномірного розподілу внутрішніх сил, що сприймають троси канату. Максимальні сили, що виникають в канаті, зменшують міцність на надійність його експлуатації. Визначення напруженого стану та розробка заходів спрямованих на зменшення максимальних навантажень тросів каната - актуальна науково-технічна задача.

Основна частина. Більше пошкоджуються крайні троси канату. Питаннями напруженого стану гумотканинних стрічок присвячено ряд робіт Колосова Л.В., Височина Е.М., Завгороднього Є.Х., Кузьменка В.І., Бельмаса І.В. [1]. У відомих роботах розглянуті питання впливу пориву тросів в гумотросовій стрічці та канаті зі значною кількістю тросів. В роботі [1] також показано, що відстань між перерізами розташування поривів тросів впливає на величину максимального зусилля навантаження тросів в канаті.

В канатах ліфтів та в останні часи в врівноважувальних гумотросових канатах виробництва Польщі кількість тросів становить 2- 8 тросів. Тому розглянемо гумотросовий канат з незначною кількістю тросів M . Відстань між перерізами розташування розривів тросів позначимо l . Для розв'язання задачі в загальному вигляді прийемо що в кожному перерізі пошкоджено декілька тросів.

Задача в такій постановці відноситься до класу задач з багатопов'язаними областями. Об'єднаємо номери тросів у (L) множин $k^{(r)}$. Переміщення тросів та внутрішні сили, що в них виникають позначимо u та P . Номера тросів i покажемо у вигляді нижнього індексу. Сформулюємо граничні умови :

а) в перерізі $x=0$

$$u_i = \begin{cases} 0 & i \notin k^{(1)}, \\ U_i^{(1)} & i \in k^{(1)}, \end{cases} P_i = 0 \quad i = k^{(1)}; \quad (1)$$

б) в перерізі $x=l$.

$$u_{i(x)} - u_{i(x+\varepsilon)} = \begin{cases} 0 & i = k^{(2)}, P_{i(x)} - P_{i(x+\varepsilon)} = 0 \\ U_i^{(2)} & i = k^{(2)}, P_i = 0 \end{cases} \quad i = k^{(2)}; \quad (2)$$

в) коли $x \rightarrow \infty$ $u_i^{(2)} - u_{i\pm 1}^{(2)} = P_i^{(2)} - P_{i\pm 1}^{(2)} = 0, \quad (3)$

де $U_i^{(1)}, U_i^{(2)}$ - невідомі величини зазорів, що утворюються поміж кінцями розірваних тросів.

Модель взаємодії тросів в канаті сформульована в роботі [2]. Рішення моделі прийемо у вигляді

$$u_i^{(r)} = \sum_{m=1}^M \left(A_m^{(r)} e^{\beta_m x} + B_m^{(r)} e^{-\beta_m x} \right) \times \left[\cos(\mu_m (i - 0.5)) \right] + a^{(r)} x + b^{(r)}$$

$$P_i^{(r)} = EF \left[\sum_{m=1}^M \left(A_m^{(r)} e^{\beta_m x} - B_m^{(r)} e^{-\beta_m x} \right) \times \left[\cos(\mu_m (i - 0.5)) \right] \right], \quad (4)$$

де $A_m^{(r)}, B_m^{(r)}, a^{(r)}, b^{(r)}$ - сталі інтегрування; EF - приведена жорсткість троса на розтяг; $r=1$ коли $0 < x \leq l$; $r=2$ коли $x > l$.

Відповідно до умов (1 та 2) переміщення тросів в перерізах $x=0$ та $x=l$ повинні задовольняти наступним виразами, що описують розрив функції деформацій для ушкоджених тросів

$$u_i^{(r)} = U^{(r)} \frac{2}{M} \sum_{m=1}^M \frac{\cos(\mu_m (k^{(r)} - 0.5))}{\cos(\mu_m (i - 0.5))} \times \frac{U^{(r)}}{M}, \quad (5)$$

Отримані залежності дозволяють знайти невідомі сталі та величини зазорів, що утворюється поміж кінцями розірваних тросів:

$$b^{(1)} = \frac{U^{(1)}}{M}, \quad b^{(2)} = \frac{U^{(2)}}{M} - \frac{U^{(1)}}{M}, \quad a^{(r)} = \frac{P}{M EF},$$

$$A_m^{(1)} = \frac{U^{(2)}}{M} \left(\cos(\mu_m (k^{(2)} - 0.5)) \right) e^{-\beta_m l},$$

$$B_m^{(1)} = U_r^{(1)} \frac{2}{M} \left(\cos(\mu_m (k^{(1)} - 0.5)) \right) - A_m^{(1)},$$

$$B_m^{(2)} = U^{(1)} \frac{2}{M} \left(\cos(\mu_m (k^{(1)} - 0.5)) \right) A_m^{(1)} (e^{2\beta_m l} + 1),$$

$$A_m^{(2)} = 0.$$

З використанням отриманих залежностей визначено напружений стан канату в якому ушкоджено крайній трос в двох перерізах розташованих на відстані l . В якості канату прийнято канат типу ГТК - 1350. На графіку показана залежність коефіцієнту концентрації зусиль K від кількості тросів i та відстані поміж перерізами поривів тросів l . Під коефіцієнтом концентрації на-

пружень розуміємо відношення внутрішнього зусилля в тросі до середнього навантаження тросів в канаті

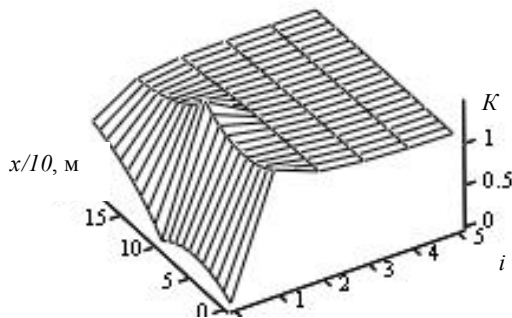


Рис. 1. Розподіл поміж тросами i коефіцієнтів концентрації зусиль розтягу K вздовж осі стрічки x

З наведеного графіка видно, що напружений стан стрічки змінюється на незначній частині стрічки. По ширині зусилля змінюються лише у двох суміжних тросах. Мінімальні значення сил дорівнюють нулю в перерізах розриву тросів. Як видно з рисунку в крайньому тросі зусилля поміж поривами дещо зростає. При зростанні відстані поміж поривами максимальне зусилля змінюється. Максимальні значення коефіцієнтів концентрації в двох перерізах з розривами тросів будуть такими як і в разі одного пориву. Вказана закономірність відповідає принципу Сен-Венана, який вказує, що локальні збурення локально впливають на напружено-деформований стан тіла.

Залежність максимальних значень коефіцієнту концентрації навантажень K від кількості тросів в канаті M та від відстані поміж перерізами поривів троса l наведена на рисунку 2.

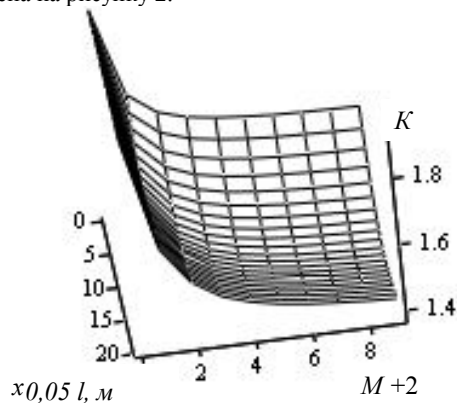


Рис. 2. Залежність коефіцієнта перевантаження тросів K від кількості тросів в канаті M та від відстані поміж поривами крайнього троса l

З наведеного графіка можна зробити висновок, що для канатів з різною кількістю тросів M , різні i відстані L за яких має місце мінімальне значення коефіцієнтів концентрації зусиль K . Відповідні залежності показані у формі графіків (рис. 3).

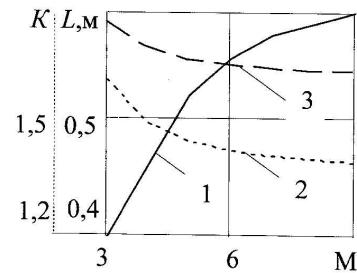


Рис. 3. Залежність коефіцієнтів концентрації навантажень тросів K та відстаней за яких вони реалізуються L від кількості тросів в канаті M : 1 - відстані поміж поривами при яких коефіцієнти концентрації напружень досягають мінімальних значень; 2 - мінімальні значення коефіцієнтів концентрації навантажень тросів K ; 3 - значення коефіцієнтів концентрації навантажень при одному розриві троса

З наведеного графіку видно, що із зростанням кількості тросів від трьох до дев'яти мінімальні значення коефіцієнтів концентрації навантажень тросів K (крива 2) зменшуються від 1,6 до значення 1,4, а відстань поміж поривами, за яких ці мінімальні значення реалізуються, зростає від 0,4 до 0,6 м (крива 1). В той же час, коли трос ушкоджено лише в одному перерізі (крива 2), значення коефіцієнтів концентрації навантажень тросів K зменшуються від 1,73 до 1,6.

Наведене показує, що наявність другого розриву одного та того ж самого троса призводить до зменшення максимальних коефіцієнтів концентрації навантажень тросів. Відповідно, штучне нанесення пориву троса дозволить зменшити максимальні напруження зменшаться на 8-14%. Цю особливість доцільно використовувати для збільшення довговічності роботи канату з ушкодженим тросом.

Висновки

1. Напружений стан стрічки у разі пориву троса змінюється на незначній частині стрічки. По ширині зусилля змінюються лише у двох суміжних тросах.

2. При незначній кількості тросів в канаті максимальні коефіцієнти концентрації навантажень тросів залежать від кількості тросів в канаті, як при одному так і при двох поривах крайнього троса.

3. Додатковим розривом тросу можна зменшити максимальні напруження в канаті на 8-14% при кількості тросів в канаті в межах 3 - 9.

4. Отримані результати мають використовуватися на підйомних машинах з гумотросовим тросом для зменшення максимальних напружень у разі розриву одного з тросів канату.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бельмас И.В. Основы теории и расчета резинотросовой конвейерной ленты с учетом его пространственной формы. - Дис. докт. наук: 05.05.06, 01.02.06. - Днепропетровск, 1993. - 312 с.
2. Танцура Г.І. Модель конвейерної стрічки з несучільною прокладкою. Математичне моделювання. Науковий журнал. №5. - 2000. - С. 45-47.

пост. 12.05.11

