

ЛИТЕРАТУРА

1. Компьютерное моделирование нагрева шлака - металлической среды в сталеплавильном конвертере/ Р.О. Рязанцев// Математичне моделювання. – Дніпродзержинськ ДДТУ – 2001. – С 65 – 68.
2. Численное моделирование перемешивания и теплообмена в конвертерной ванне при комбинированной продувке/ Е.В. Протопопов, А.Г. Чернятевич, С.Е. Самохвалов, Л. А. Ганзер, Е. С. Косухина// Изв. вузов. Чёрная металлургия. – 1997. – С 3 – 8.
3. Исследование гидродинамики процесса конвертерной плавки с помощью сопряжённой математической модели/ Р.О. Рязанцев, С.Е. Самохвалов, О.В. Рязанцев// Системні технології. – 2001. – С 86 – 94.
4. Баптизмандский В.П. Теория кислородно-конвертерного процесса.
5. Сопряженная математическая модель гидродинамических процессов в шлаковых и металлических в полости конвертера/ С.И. Семькин, С.Е. Самохвалов, В.Ф. Поляков, Р.О. Рязанцев// Математичне моделювання. – Дніпродзержинськ ДДТУ – 2000. – С 20 – 24.

пост. 22.06.06

Вплив форми барабана на напружений стан плоского канату та умови його вибракування

О.І. БІЛОУС, Д.Л. КОЛОСОВ

Дніпродзержинський державний технічний університет,
Національний гірничий університет

Досліджено залежність НДС канату, що взаємодіє з опуклим барабаном та має ушкоджені троси. Встановлено, що руйнування крайнього тросу практично не змінює напруженого стану плоского гумотросового канату на опуклому барабані, якщо кількість тросів в канаті перевищує чотири. Запас міцності канату повинен перевищувати коефіцієнти нерівномірності перерозподілу зусиль для випадку ушкодження троса ближнього до осі канату.

Исследована зависимость НДС каната, что взаимодействует с выпуклым барабаном и имеет поврежденные тросы. Установлено, что разрушение крайнего троса практически не изменяет напряженного состояния плоского резинотросового каната на выпуклом барабане, если количество тросов в канате превышает четыре. Запас прочности каната должен превышать коэффициенты неравномерности перераспределения усилий для случая повреждения троса ближнего к оси каната.

A flat organ is explored, that heaves up, co-operates with a protuberant drum and has the damaged elements. The break of extreme rope practically does not change the tense being of organ, that heaves up, if the amount of ropes in it exceeds four. Margin of safety of organ, that heaves up must exceed the coefficients of unevenness of redistribution of efforts in the case of damage of rope of fellow creature to the axis of organ, that heaves up.

Актуальність роботи. Видобуток корисних копалин здебільшого пов'язано з їх підняттям на поверхню. Надійність підйомних машин суттєво залежить від надійності тягового органа. В Україні, вперше у світовій практиці, було впроваджено гумотросовий канат в якості тягового органу – зрівноважувального канату шахтної підйомної машини. Термін служби у порівнянні з металевими канатами зріс в 6-10 раз.

Для центрування плоского тягового органа на барабані робочій поверхні останнього надають опуклу форму. Форма барабану впливає на напружено-деформований стан (НДС) канату. Розробка методики визначення НДС гумотросового канату - наукова задача. Розв'язок останньої дозволяє вирішити актуальну технічну проблему впровадження плоских гумотросових тягових органів в якості головних канатів підйомних шахтних машин.

Сучасний стан питання. В роботі [1] розроблена математична модель напружено-деформованого

стану конвеєрної стрічки на барабані, досліджено вплив форми барабана на НДС гумотросової стрічки значної ширини. Питання впливу ушкоджень тросів, їх кількості не вивчено на рівні достатньому для визначення впливу форми барабана на міцність каната з ушкодженими тросами при незначній кількості тросів в ньому та встановлені норм бракування канатів.

Постановка задачі. Розглянемо НДС гумотросового канату у якого центри перерізів тросів розташовані на поверхні обертання твірна якої – квадратична парабола. Для визначення внутрішніх зусиль розтягу тросів та переміщень їх поперечних перерізів скористаємося відповідними аналітичними залежностями в замкненому вигляді [1]. Виконаємо дослідження напружено-деформованого стану канату без ушкоджень та з ушкодженнями (розривів) тросів при різній кількості тросів в канаті. Розрахунки та побудову графіків розподілу напружень та переміщень виконаємо з використанням пакету Mathcad.

Мета роботи полягає у встановленні залежності НДС плоского гумотросового канату від наявності ушкоджених тросів у разі взаємодії каната з опуклим барабаном.

Основний зміст роботи. Характер деформування канату на барабані відрізняється від його деформування на ділянці де канат має форму близьку до площини. Надамо тросам номери k . Для усіх величин, що стосуються лише ділянки канату на якій він взаємодіє з барабаном, індекси запишемо в квадратних дужках. У інших випадках цих дужок застосовувати не будемо.

Переміщення тросів u та внутрішні зусилля P , що мають місце в тросах канату [1]:

а) для відрізка канату, що взаємодіє з барабаном

$$u_{[k]} = - \left[\sum_{n=1}^{\infty} (A_{[n]} e^{\alpha_n x} + B_{[n]} e^{-\alpha_n x}) \cos(\mu_n (k-0,5)) \right] + \frac{a_{[2]} x}{EF} + b_{[2]}, \quad (1)$$

$$P_{[k]} = \frac{(F(k) - R_{sr})}{R_{sr}} EF - \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n (A_{[n]} e^{\alpha_n x} - B_{[n]} e^{-\alpha_n x}) \cos(\mu_n (k-0,5)) EF + a_{[2]}; \quad (2)$$

б) для відрізка канату, що не взаємодіє з барабаном

$$u_k = \sum_{n=1}^{\infty} (A_n e^{\alpha_n x} + B_n e^{-\alpha_n x}) \cos(\mu_n (k-0,5)) + \frac{a_2 x}{EF} + b_2, \quad (3)$$

$$P_k = \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n (A_n e^{\alpha_n x} - B_n e^{-\alpha_n x}) \cos(\mu_n (k-0,5)) EF + a_2, \quad (4)$$

де x – вісь спрямована вздовж каната; $F(k)$ – функція залежності радіуса барабана від номера троса; R_{sr} – середній радіус барабана; A_n, B_n, a_2, b_2 – сталі інтегрування; EF – жорсткість троса на розтяг;

$$\mu_n = \frac{\pi n}{N}; \quad \alpha_n = \sqrt{\frac{2 G k_G d}{h EF} (1 - \cos(\mu_n))};$$

N – кількість тросів в канаті; G – модуль зсуву гуми гумотросового канату; k_G – коефіцієнт, що враховує вплив форми гуми розташованої поміж тросами на жорсткість гумового прошарку поміж тросами; d, h – діаметр тросів та відстань поміж ними в канаті.

Початок вісі x розташуємо в діаметральному перерізі барабана, що ділить канат на дві симетричних частини. Це дозволяє розглядати половину канату.

Прийнявши, що ушкоджено K - тий трос, маємо наступну однорідну умову для перерізу $x=0$

$$\begin{aligned} u_{[k]}(x=0) &= 0 & (k \neq k), & \quad a) \\ P_{[k]}(x=0) &= 0, & & \quad б) \end{aligned} \quad (5)$$

Граничну умову (5 а) подали у наступному вигляді

$$u_{[k]}(x=0) = K \begin{cases} 0 & \kappa \neq k \\ 1 & \kappa = k \end{cases} \quad (6)$$

де K – невідома стала, яку слід визначати з умови (5 б).

Довжину ділянки взаємодії канату з барабаном позначимо $2l$. В перерізі $x=1$ має виконуватися умова

сумісності деформування

$$\begin{aligned} u_{[k]} &= u_k, \\ P_{[k]} &= P_k. \end{aligned} \quad (7)$$

Відповідно до гіпотези Сен-Венана різниці переміщень та зусиль розтягу тросів в одному перерізі із зростанням відстані від місця локального збудження зменшуються до нуля. Таким чином маємо ще одну граничну умову.

$$\text{Коли } x \rightarrow \infty \quad \begin{cases} \frac{du_k}{dx} \rightarrow 0, \\ \frac{dP_k}{dx} \rightarrow 0. \end{cases} \quad (8)$$

Умову (6) задовольнимо прийнявши

$$u_{[k]}(x=0) = \frac{2 K}{N} \sum_{n=1}^n \cos(\mu_n (k-0,5)) \cos(\mu_n (k-0,5)) + \frac{K}{N} \quad (9)$$

Функція $\frac{(F(k) - R_{sr})}{R_{sr}}$ дискретна. Вона виконується для

значень $1 \leq k \leq N$. Її задамо у вигляді суми

$$\frac{(F(k) - R_{sr})}{R_{sr}} = \sum_{n=0}^N y_n \cos(\mu_n (k-0,5)). \quad (10)$$

Враховавши вирази (9) та (10), залежності (1) - (4) з граничних умов (5) - (8) визначимо невідомі сталі. Встановлені невідомі сталі дозволяють визначити зусилля, що діють в тросах, та їх переміщення.

Гумотросові канати мають парне число тросів. В загальному випадку мінімальна їх кількість становить два. При деформуванні канату з двома тросами на барабані з симетричною твірною радіуси згину тросів канату будуть однаковими. Відповідно кривизна барабана не вплине на перерозподіл зусиль поміж тросами. Цей випадок розглядати не будемо. Діаметр барабана приймемо рівним 2 м. Стрілу прогину твірної приймемо пропорційною кількості тросів в канаті (ширині барабану).

Результати подамо у вигляді коефіцієнтів нерівномірності розподілу зусиль P_0 . Під коефіцієнтом нерівномірності будемо розуміти відношення дійсного навантаження n трос до середнього. Графіки розподілу коефіцієнтів нерівномірності розподілу зусиль P_0 відносних подовжень тросів канату типу РТК-3150 наведені на рисунку.

Графіки побудовані для однієї половини поперікні контакту канату та барабана у відносних координатах

$$X = \frac{10x}{\pi R_{cp}}$$

Значення координати $X=5$ відповідає перерізу, що розділяє відрізок канату на дві частини - частину, що взаємодіє з барабаном та частину, що не взаємодіє з ним.

З наведених графіків видно, що наявність поривів тросів збільшує нерівномірність розподілу навантажень на троси. Більш небезпечний порив троса ближнього до осі симетрії канату. Така залежність розподілу зусиль від місця розташування тросів зумовлена тим, що опукла форма барабана призводить до зростання навантажень на середні троси при зменшенні таких навантажень на крайні. В таблиці наведені максимальні значення коефіцієнтів нерівномірності розподілу зусиль P_0 .

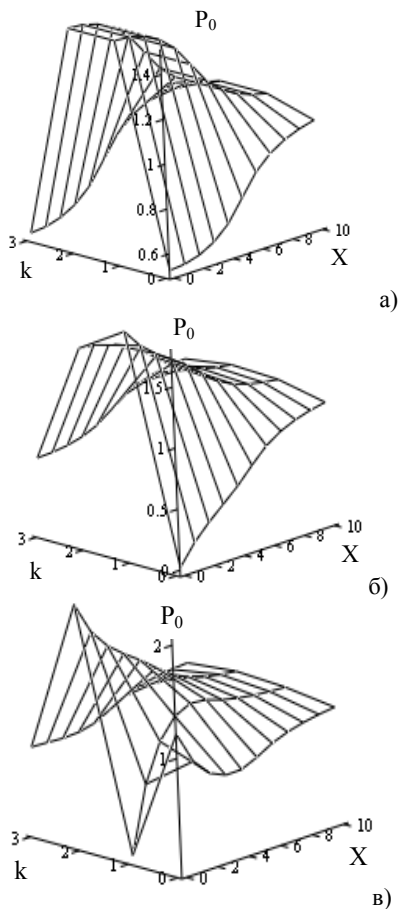


Рис. 1. Графіки розподілу коефіцієнтів нерівномірності розподілу зусиль P_0 розтягу тросів с номерами k вздовж каната (вісь X): а – для каната без ушкоджень тросів, б – для каната з ушкодженням крайнім тросом, в – для каната з ушкодженням тросом ближнього до осі симетрії канату.

Наведені в таблиці данні показують, зі зростанням кількості тросів та пропорційному зростанню стріли прогину твірної барабану коефіцієнт P_0 зростає. Зростає цей коефіцієнт при розриві троса ближнього до середини канату. Порив крайнього троса практично не впливає на значення коефіцієнту P_0 . Це зумовлено тим,

що на опуклому барабані крайні троси каната з кількістю тросів 6 та 8 практично не навантажені.

Таблиця. Максимальні значення коефіцієнтів нерівномірності розподілу зусиль P_0

Кількість тросів в канаті	Максимальні значення коефіцієнтів нерівномірності розподілу зусиль P_0^*		
	без ушкоджених тросів	з ушкодженим крайнім тросом	з ушкодженим ближнім до середини каната тросом
4	1,49/1,49	1,83/1,83	2,1/2,1
6	1,6/1,4	1,64/1,48	2,19/1,91
8	1,66/1,33	1,66/1,37	2,25/1,8

* В числівнику значення коефіцієнту P_0 наведені для випадку коли стріла прогину пропорційна кількості тросів в канаті, в знаменнику - при стрілі прогину, що не залежить від кількості тросів.

У випадку незмінної величини стріли прогину твірної барабану зростання кількості тросів в канаті призводить до зменшення максимальних зусиль розтягу тросів канату.

Висновки. Наявність поривів тросів канату, що взаємодіє з опуклим барабаном, збільшує нерівномірність розподілу навантажень на троси. Більш небезпечний порив троса ближнього до осі симетрії канату. Запас міцності повинен перевищувати знайдені коефіцієнти нерівномірності перерозподілу зусиль. Отримані результати будуть використані при розробці методики вибравки плоских гумотросових головних канатів шахтних підйомних машин.

ЛІТЕРАТУРА

1. Білоус О.І. Обґрунтування допустимого відхилення робочої поверхні барабанів потужних конвеєрів від циліндра: Автореферат дис. канд. техн. наук: 21.05.2002. – Дніпропетровськ Національна гірничо академія України, 2002. – 19с.

пост. 05.09.06.