

7. Пантейков С.П., Пантейкова Е.С. О температурном состоянии огнеупоров днища кислородного конвертера при его ошлаковании // Сборник трудов XIV Международного Конгресса сталеплавильщиков (г.Электросталь, Россия, 17–21 октября 2016 г.). – Москва-Электросталь, 2016. – С. 211–214.
8. Пантейков С.П., Пантейкова Е.С. Численное исследование динамики износа слоя защитного шлакового гарнисажа на днище кислородного конвертера при продувке расплава // Университетская наука 2016: Сборник тезисов докладов международной научно-технической конференции в 4-х т.: Т.1 – факультеты: металлургический, энергетический. – Мариуполь, ГВУЗ “ПГТУ”, 2016. – С. 148–150.
9. Пантейков С.П., Пантейкова Е.С. Математическая модель термонапряжённого состояния огнеупоров днища кислородного конвертера с учётом их ошлакования // “Литье. Металлургия. 2016”: Материалы XII и V Международных научно-практических конференций (24–26 мая 2016 г., г.Запорожье) / Под общ. ред. д.т.н., проф. Пономаренко О.И. – Запорожье, ЗТПП, 2016. – С. 393–395.
10. Пантейков С.П., Пантейкова Е.С. Численные исследования термических напряжений, возникающих в огнеупорах днища кислородного конвертера при его ошлаковании // “Стратегия качества в промышленности и образовании”: Материалы XII Международной конференции (30 мая–1 июня 2016 г., г.Варна, Болгария). – Днепропетровск-Варна, 2016. – С. 209–212.
11. Пантейков С.П., Пантейкова Е.С. О термических напряжений, возникающих в огнеупорах днища кислородного конвертера при его ошлаковании // Zbiór artykułów naukowych. Konferencji Międzynarodowej Naukowo-Praktycznej "Inżynieria i technologia. Współczesne problemy i perspektywy rozwoju" (Warszawa (PL), 30.01.2017–31.01.2017). – Warszawa: Wydawca: Sp. z o.o. «Diamond trading tour», 2017. – Str.21–24.
12. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. – М.: Энергия, 1979. – 344 с.
13. Крейт Ф., Блэк У. Основы теплопередачи. – М.: Мир, 1983. – 512 с.
14. Рагл Р.У. Затвердевание отливок. – М.: Машгиз, 1960. – 391 с.
15. Теплообмен и тепловые режимы в промышленных печах / В.И.Тимошпольский, И.А.Трусова, А.Б.Стеблов, И.А.Павлюченков // Под общ. ред. В.И.Тимошпольского. – Минск: Вышэйшая школа, 1992. – 217 с.
16. Самарский А.А. Введение в теорию разносных систем. – М.: Наука, 1971. – 552 с.
17. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы: Учебное пособие для вузов. – М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. лит., 1989. – 432 с.
18. Akio I. Поведение углеродсодержащих огнеупоров при высоких температурах // Тайкабуцу = Refractories. – 1988. – 40, № 10. – С.605.
19. Огнеупоры для конвертеров с комбинированной продувкой / E.Todataka, S.Hirashi, Y.Hirashi, I.Akio // Тайка дзайрё = Refrac. Mater. – 1990. – № 138. – С. 69–85.

пост. 25.10.2017

І.В. БЕЛЬМАС, д.т.н., зав каф. технології машинобудування

О.І. БІЛОУС, к.т.н., доцент

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

Д.Л. КОЛОСОВ, д.т.н., зав каф. будівельної, теоретичної та прикладної механіки

О.М. ВОРОБІЙОВА, науковий співробітник кафедри будівельної, теоретичної та прикладної механіки
Державний ВНЗ «Гірничий національний університет», м. Дніпро

Дослідження напруженого стану конвеєрної стрічки з тросами різної жорсткості

В роботі розглянуті питання визначення напруженого стану конвеєрної стрічки з ушкодженими тросами, тросами відмінної жорсткості, з урахуванням взаємодії стрічки з криволінійним барабаном. В замкненому вигляді отримані аналітичні вирази для визначення напруженого стану стрічки, як шаруваті конструкції з жорсткими шарами – тросами. Розроблені алгоритми визначення максимальних сил розтягу тросів та кутів зсуву гуми розташованих в між тросовому просторі для визначення тягової здатності стрічки, включно з частково відновленою тросовою основою та з урахуванням форми барабана на протязі життєвого циклу стрічки.

The questions of determination of the tense state of conveyer ribbon are in-process considered with the damaged ropes, ropes of excellent inflexibility, taking into account co-operating of ribbon with a curvilinear drum. In the reserved kind analytical expressions are got for determination of the tense state of ribbon, as stratified construction with hard layers – ropes. The algorithms of determination of maximal forces of розтягу ropes and corners of change of rubber are developed located in between rope space for determination of hauling ability of ribbon, inclusive with the partly picked up a thread rope basis and taking into account the form of drum during the life cycle of ribbon.

Постановка проблеми

В Україні понад 80% залізної руди видобувають відкритим способом, здебільшого з використанням циклічно потокової технології на базі застосування конвеє-

рних систем. На потужних конвеєрах гірничо-металургійного комплексу застосовують гумотросові стрічки. Капітальні та експлантаційні витрати на конвеєрні стрічки складають до 50% та 30% від загальних

відповідних витрат на транспортування корисних копалин [1]. Відповідно до умов виробництва використовують різноманітні конструкції конвеєрів — круто похилі [2], конвеєри з підвішеною стрічкою [3]. Використовують гумотросову стрічку в якості канатів підйомних машин [4]. Стрічкам надають трубчасту форму [5].

Для забезпечення умов транспортування на перехідній ділянці конвеєра стрічки надають лоткову, або трубчасту форму. Надання такої форми спричиняє перерозподіл сил поміж її елементами армування. Застосування в стрічці елементів армування різної поздовжньої жорсткості дозволяє зменшити перевантаження більш навантажених тросів на перехідних ділянках конвеєрів. Різну жорсткість можуть мати троси використані при ремонті стрічки. Стрічка конвеєра огинає барабани. Утримання стрічки на осі конвеєра забезпечується опуклою формою його барабанів. Криволінійна форма барабана призводять до нерівномірного розподілу сил по ширині стрічки. Руйнування тросів в процесі експлуатації стрічки також призведе до перерозподілу сил поміж її тросами. При ремонті стрічки частково здійснюють троси, включно на троси іншої жорсткості.

Перерозподіл сил поміж тросами супроводжується деформаціями гуми розташованих поміж тросами. Руйнування гуми по поверхні взаємодії з тросами призводить до оголення останніх, їх корозії і руйнування. Руйнування стрічки може призвести до аварійної ситуації та створення небезпечних умов експлуатації конвеєра. Упередити вказане можливо шляхом контролю залишкової тягової спроможності стрічки. Розробка методу визначення залишкової міцності стрічки з довільно розташованими поривами, з тросами різної жорсткості з урахуванням взаємодії з не циліндричними барабанами актуальна науково-технічна задача.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Питання впливу поривів тросів гумотросових стрічок на розподіл сил по її ширині для різних умов розглядалося в багатьох роботах [6—8]. Розриви суцільності елементів армування призводять до зменшення довговічності стрічок, зокрема і стикових з'єднань та вимагає додаткових технічних рішень [9]. В роботі [10], побудована модель та досліджено вплив траси підвісного конвеєра на його динамічні характеристики. З використанням емпіричних залежностей запропоновано визначати довговічність стикових з'єднань конвеєрних стрічок [11]. На підвищення довговічності стикових з'єднань конвеєрних стрічок спрямована робота [12]. Питання концентрації зусиль в гумотросових стрічках з ушкодженнями на прямолінійній ділянці конвеєра досліджено в дисертації [13]. Напружений стан стрічки на перехідній ділянці досліджено в роботі [14]. Підвищенню надійності конвеєрів з гумотканинною стрічкою присвячена дисертація [15].

Формулювання мети дослідження полягає в розробці алгоритму визначення напруженого стану стрічки, що має як ушкоджені так і троси різної жорсткості, взаємодіє з криволінійним барабаном.

Виклад основного матеріалу

Напружено-деформований стан гумотросової стрічки визначається рівновагою її тросів. Рівняння рівноваги [6].

$$\frac{d^2 u_i}{dx^2} + \frac{Gdk_G}{(h-d)EF} (u_{i-1} - 2u_i + u_{i+1}) = 0, \quad (1 < i < M),$$

де i — номер троса; E, F — приведений модуль пруж-

ності на розтяг та площа поперечного перерізу троса;

$$\beta_m = \sqrt{2 \frac{G b k_G}{(h-d)EF} [1 - \cos(\mu_m)]}; \quad \mu_m = \frac{\pi m}{M}; \quad M —$$

кількість тросів в стрічці; h — відстань поміж тросами; b — товщина стрічки; d — діаметр троса; G — модуль зсуву матриці; k_G — коефіцієнт впливу форми гуми, розташованої поміж тросами, на жорсткість її зсуву; j — номер ушкодженого троса; M — кількість тросів в стрічці.

Для крайніх тросів відповідні рівняння мають вигляд

$$\frac{d^2 u_M}{dx^2} + \frac{Gdk_G}{(h-d)EF} (u_{M-1} - u_M) = 0,$$

$$\frac{d^2 u_1}{dx^2} + \frac{Gdk_G}{(h-d)EF} (u_2 - u_1) = 0.$$

Напружено-деформований стан гумотросової стрічки регулярної структури та з ушкодженим тросом визначено на основі побудови та розв'язання рівнянь рівноваги тросів в стрічці [6]. Переміщення тросів u , сили їх розтягу p , тангенси кутів зсуву T гуми розташованої поміж тросами стрічки безмежної довжини ($-\infty < x < \infty$) та з ушкодженням в перерізі ($x = 0$) j -тим тросом визначено наступними залежностями:

$$u_i = \frac{P \sum_{m=1}^{M-1} e^{-\beta_m x} \cos\left(\mu_m \left(i - \frac{1}{2}\right)\right) \cos\left(\mu_m \left(j - \frac{1}{2}\right)\right)}{M E F \sum_{m=1}^{M-1} \cos^2\left(\mu_m \left(j - \frac{1}{2}\right)\right) \beta_m} + \frac{P}{M E F} x, \quad (1)$$

$$p_i = \frac{P}{M} \left[1 - \frac{\sum_{m=1}^M e^{-\beta_m x} \cos\left(\mu_m \left(i - \frac{1}{2}\right)\right) \beta_m \times \cos\left(\mu_m \left(j - \frac{1}{2}\right)\right)}{M \sum_{m=1}^{M-1} \cos^2\left(\mu_m \left(j - \frac{1}{2}\right)\right) \beta_m} \right], \quad (2)$$

$$T_i = \frac{u_i - u_{i+1}}{h}. \quad (3)$$

Відзначимо, кути зсуву гуми малі. Їх значення практично збігаються зі значенням їх тангенсів. Залежності (1)—(3) побудовані на основі математичної моделі взаємодії системи тросів рівної жорсткості. Приймемо, що в стрічці трос за номером Ω має меншу жорсткість на розтяг. Відношення його жорсткості на розтяг до відповідної жорсткості основних тросів приймемо рівним Θ . Заміна в конструкції стрічки безмежної довжини будь-якого троса на трос іншої жорсткості не призведе до викривлень її перерізів. Сили поміж тросами розподіляться пропорційно їх жорсткостям. Як і при побудові виразів (1)—(3) будемо вважати, що в стрічці, в перерізі ($x = 0$) ушкоджено j -тий трос. Запишемо ті самі граничні умови.

В перерізі ($x = 0$).

$$u_i = 0 \quad (i \neq j), \quad p_i = 0. \quad (4)$$

Якщо $x \rightarrow \infty$

$$u_{i \mp 1} = u_i, \quad p_{i \mp 1} = p_i \quad (1 < i < M). \quad (5)$$

Врахуємо умову (5). Згідно неї, з безмежним зростанням координати x , значення переміщень та внутрішніх сил, зумовлених розтягом стрічки, не зростають безмежно та їх значення наближаються до рівних величин.

Прийmemo рішення в переміщеннях в наступній формі [6].

$$u_i = \frac{P}{M E F} \left(\sum_{m=1}^{M-1} B_m e^{-\beta_m x} \cos(\mu_m (i-0,5)) + x \right) + b, \quad (6)$$

де B_m, b — невідомі сталі інтегрування.

Жорсткість Ω — того троса задамо сумою ряду Фур'є на інтервалі $(1 < i < M)$ дискретної осі.

$$\frac{2}{M} \sum_{m=1}^M \Theta \cos(m(\Omega - 0,5)) \cos(m(i - 0,5)). \quad (7)$$

Врахуємо форму рішення в переміщеннях (6), отриману форму жорсткості троса (7), закон Гука, запишемо вираз сил розтягу тросів.

$$p_i = \frac{P}{M} \left(1 - \sum_{m=1}^{M-1} \left(B_m \beta_m e^{-\beta_m x} + \frac{2 \Theta}{M} x \right) \times \cos(m(\Omega - 0,5)) + \sum_{m=1}^M \Theta \cos(\mu_m (i - 0,5)) \right) \times \quad (8)$$

Граничну умову (4) доповнимо не суперечливою їй умовою — $u_j = U$ переміщенням краю розірваного троса на невідому величину U . Невідоме переміщення, як δ — функцію, задамо рядом Фур'є.

$$\frac{2}{M} \sum_{m=1}^M U \cos(m(j - 0,5)) \cos(m(i - 0,5)) + \frac{2}{M} U. \quad (9)$$

Поставимо функції (9) у відповідність функцію переміщень тросів (6) в перерізі $x=0$. В результаті маємо.

$$\frac{P}{E F} \left(\sum_{m=1}^{M-1} B_m \cos(\mu_m (i - 0,5)) + b \right) = 2 \sum_{m=1}^M U \cos(m(j - 0,5)) \cos(m(i - 0,5)) + 2U.$$

Звідки

$$B_m = \frac{2 E F U}{P} \cos(m(j - 0,5)); \quad (10)$$

$$b = \frac{E F U}{P}. \quad (11)$$

Підставимо знайдене B_m у вираз (8). Врахуємо умову рівності нулю сили розтягу j -того троса. Визначимо переміщення краю uszkodженого тросу.

$$U = \frac{\frac{2 P}{M} - \Theta \sum_{m=1}^{M-1} \cos(m(\Omega - 0,5)) \times \cos(\mu_m (j - 0,5))}{E F \sum_{m=1}^{M-1} \cos(m(j - 0,5))^2 \beta_m}. \quad (12)$$

Залежності (6) та (8), з урахуванням (10)—(12), дозволяють визначати навантаження тросів та їх переміщення в канаті з uszkodженим тросом меншої жорсткості. Відомі переміщення (6) та вираз (3) дозволяють визначати значення максимальних кутів зсуву гумових прошарків, відповідно і напруження в матеріалі гумової

оболонки стрічки.

На графіках (рис.1 та рис. 2) показані поверхні, що відповідають розподілу коефіцієнтів концентрації внутрішніх сил розтягу тросів стрічки та кутів зсуву гуми в стрічці типу ГТС 3150 з uszkodженими крайніми та середніми тросами для випадків її армування тросами рівної жорсткості та з обірваним тросом вдвічі меншої жорсткості.



Рис. 1. Параметри напруженого стану гумотросової стрічки з uszkodженим середнім тросом

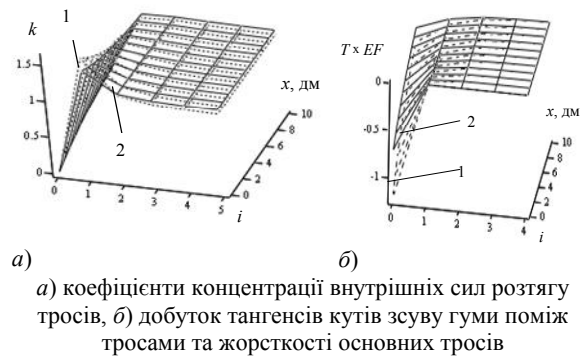


Рис. 2. Параметри напруженого стану гумотросової стрічки з uszkodженим крайнім тросом

Основні закономірності розподілу сил, як і переміщень тросів, відповідають принципу Сен-Венана — локалізації напружено-деформованого стану твердого тіла при його локальному навантаженні або локальній зміні властивостей. На відстані від uszkodження в 1м. максимальні значення коефіцієнтів концентрації сил зменшилися більш ніж на 80%. Довжини потужних конвеєрів, які обладнані гумотросовими стрічками, перевищують десятки метрів. Це вказує на прийнятність припущення про безмежну довжину стрічки.

Найбільше навантажені троси суміжні з uszkodженим. Зменшення жорсткості uszkodженого елемента армування призводить до менших значень максимальних напружень. Ушкодження крайніх тросів більш небезпечне. Так в останньому випадку коефіцієнти концентрації сил розтягу тросів становлять 1,63 для стрічки армованої тросами рівної жорсткості та 1,43 з uszkodженим тросом меншої жорсткості. Відзначимо, на перехідній ділянці конвеєра найбільше навантажні крайні троси. В процесі експлуатації стріки, в наслідок її контакту з нерухомими елементами конвеєра, в більшості випадків руйнуються саме крайні троси. Для стрічки з uszkodженим середнім тросом відповідні показники

становлять 1,36 та 1,28.

Менші і кути зсуву гуми розташованої поміж елементами армування. Менші максимальні значення показників напруженого стану реалізуються і в стрічці коли елемент армування меншої жорсткості розташований поряд з ушкодженням.

Встановлені аналітичні залежності розподілу напружень в стрічці дозволяють визначати максимальні їх значення. Максимальні внутрішні сили розтягу виникають в тросах суміжних з ушкодженням в перерізі його розриву. Максимальні напруження в гумових прошарках — в тих самих перерізах поміж ушкодженням та цілими тросами.

Екстремальні сили розтягу тросів та кути зсуву гуми визначаються відповідними залежностями.

$$P_{extr} = \frac{P}{M} \left[1 - \sum_{m=1}^{M-1} \left(\frac{B_m \beta_m + 2 \Theta \cos(m(\Omega - 0,5))}{M} \right) \times \cos(\mu_m(j \pm 1 - 0,5)) \right], \quad (13)$$

$$T_{extr} = \frac{P}{M E F h} \sum_{m=1}^{M-1} B_m \begin{pmatrix} \cos(\mu_m(j - 0,5)) - \\ -\cos(\mu_m(j \pm 1 - 0,5)) \end{pmatrix}. \quad (14)$$

В загальному випадку ушкоджений трос розташований поміж двома цілими. Винятком є крайній трос. Екстремальні значення сил та кутів зсуву гуми діють в суміжних тросах та в гумових прошарках розташованих поміж ушкодженням та суміжними тросами. В загальному випадку, пари сил та пари кутів зсуву визначені за виразами (13) та (14), не збігаються поміж собою. За значенням більших з них і визначають максимальні напруження в гумотросових стрічках.

З метою визначення рівня достовірності отриманих результатів, з використанням залежності (13), визначали максимальні сили розтягу стрічки з трьох тросів ($M=3$). Жорсткість середнього (ушкодженого) в перерізі $x=0$ троса безмежної довжини прийняли рівною половині жорсткості основних тросів стрічки ($\Omega=0,5$). Стрічку вважали навантаженою одиничною силою $P=1$. Максимальні значення сил розтягу тросів (коефіцієнти концентрації сил), суміжних з ушкодженням, відповідно до виразу (13) становить 1,25. Такий результат збігаються з єдиною можливим розподілом сил розтягу поміж паралельними елементами жорсткість двох з яких однакова, а жорсткість третього ушкодженого вдвічі менша. Така відповідність результатів дозволяє вважати розроблений алгоритм таким, що достовірно описує механізм перерозподілу сил поміж тросами з різною жорсткістю на розтягування, включно і у випадку пориву троса.

Гумотросові стрічки шаруватої побудови. Троси її армування мають значно більшу жорсткість на розтяг ніж гума, що їх з'єднує. За вказаними ознаками вона відноситься до композитних шаруватих матеріалів з жорсткими шарами. Відповідно, отримані результати можуть бути поширені на композитні матеріали з жорсткими шарами.

В процесі роботи конвеєра стрічка рухається відносно барабанів, яким надана криволінійна форма. Прийmemo, що твірна барабана має форму параболи. Відносні подовження тросів, зумовлені формою його твірних.

$$\phi_i = 2 \left(\frac{R_{max}}{(R_{max} - R_{min})} - \left(\frac{i}{M} \right)^2 \right). \quad (17)$$

де R_{min} , R_{max} — мінімальний та максимальний радіуси згину тросів на барабані.

Як і вище, будемо вважати стрічку безмежно довгою. Довжину ділянки взаємодії стрічки з барабаном прийmemo рівною l . Дослідимо напружено-деформований стан стрічки з ушкодженням тросом та тросом відмінної жорсткості. Найнебезпечнішим є випадок пориву троса посередині дуги контакту стрічки та барабана. Площиною, що проходить через порив троса розділимо стрічку на дві симетричні половини. Розглянемо одну. Частини стрічки, що не взаємодіє з барабаном надамо номер один. Іншій — два. Позначення величин доповнимо номерами частин стрічки до яких вони віднесені. Вісь x спрямуємо вздовж тросів. Початок осі розташуємо в перерізі ушкодження троса.

Граничні умови аналогічні умовам (4). З урахуванням прийнятої нумерації та позначень номерів ділянок мають наступний вигляд.

В перерізі $x=0$.

$$u_{2,i} = 0 \quad (i \neq j), \quad p_{2,i} = 0. \quad (18)$$

Якщо $x \rightarrow \infty$

$$u_{i \mp l} = u_i, \quad p_{i \mp l} = p_i \quad (1 < i < M). \quad (19)$$

Умови сумісності деформування ділянок стрічки

$$x = l/2 \quad u_{1,i} = u_{2,i}, \quad p_{1,i} = p_{2,i}. \quad (20)$$

Рішення будемо шукати у відомій формі [6] з урахуванням рішення (13), граничної умови (19), прийнятих відносних подовжень тросів (17) з урахуванням наявності в стрічці троса меншої жорсткості, відсутності викривлень на барабані перерізів стрічки радіальними площинами.

$$u_{1,i} = \sum_{m=1}^M B_{1,m} e^{\beta_m x} \cos(\mu_m(i - 0,5)) + \frac{Px}{MEF}, \quad (21)$$

$$p_{1,i} = -E F \sum_{m=1}^{M-1} B_{1,m} e^{\beta_m x} \beta_m \cos(\mu_m(i - 0,5)) + \frac{P}{M}, \quad (22)$$

$$u_{2,i} = \sum_{m=1}^{M-1} (A_{2,m} e^{\beta_m x} + B_{2,m} e^{-\beta_m x}) \times \cos(\mu_m(i - 0,5)) + \frac{P}{ME F} x, \quad (23)$$

$$p_{2,i} = \frac{P}{M} \left[1 + EF \sum_{m=1}^{M-1} \left(\frac{(A_{2,m} e^{\beta_m x} - B_{2,m} e^{-\beta_m x}) \beta_m -}{M} \right) \times \cos(\mu_m(i - 0,5)) \right] + EF \phi_i, \quad (24)$$

де $A_{2,m}$ — невідомі сталі величини.

Умова сумісності (20) дозволяє встановити наступні співвідношення

$$B_{1,m} = A_{2,m} e^{\beta_m l} + B_{2,m}, \quad (25)$$

$$A_{2,m} = \frac{2P \left(\frac{\Theta \cos \left(m \left(\Omega - \frac{1}{2} \right) \right)}{M} + \sum_{j=1}^M \phi_j \cos \left(\mu_m \left(j - \frac{1}{2} \right) \right) \right)}{M \beta_m e^{\beta_m \frac{l}{2}} \left(1 + \frac{P}{M} \right)} - \frac{B_{2,m} \left(1 - \frac{P}{M} \right)}{e^{\beta_m l} \left(1 + \frac{P}{M} \right)}. \quad (26)$$

Невідомі сталі $B_{2,m}$ визначимо скориставшись граничною умовою (18) як і вище, доповненою не суперечливою їй умовою — переміщенням на не відому величину U краю розірваного троса $u_j = U$. Отримаємо

$$B_{2,m} = \frac{2E F U}{P} \cos(m(j-0,5)), \quad (27)$$

З граничної умови (18) знайдемо невідоме переміщення краю обірваного троса.

$$U = \frac{P \left(\frac{1}{EF} + \sum_{m=1}^{M-1} \frac{2 \Theta \cos(m(\Omega-0,5))}{M} \right) \times \left(\begin{array}{l} A_{2,m} \beta_m \times \\ \times \cos(\mu_m(j-0,5)) - \\ \times \cos(\mu_m(j-0,5)) \end{array} \right) + M \phi}{2E F \sum_{m=1}^{M-1} \cos(m(j-0,5))^2 \beta_m}. \quad (28)$$

Аналітичні залежності (21—24), вирази для визначення сталей (25—28) дозволяють визначити напружено-деформований стан конвеєрної стрічки з тросом дискретно змінної жорсткості з урахуванням взаємодії стрічки з барабаном криволінійної форми. Відзначимо, що прийнявши $\phi = 0$, за вказаними виразами можна визначити напружено-деформований стан стрічки з ушкодженим тросом та тросом з відмінною жорсткістю і на прямолінійній ділянці конвеєра — за межами її взаємодії з барабаном.

Висновки

Отримані вирази для розрахунку напруженого стану стрічки з урахуванням наявності в ній тросів меншої жорсткості, розривів тросів, взаємодії стрічки з барабаном не циліндричної форми.

Визначений напружений стан стрічки в процесі її використання дозволяє визначити втрату її тягової спроможності, забезпечувати безаварійні та безпечні умови експлуатації конвеєра.

Отримані результати достатньо достовірні та можуть бути поширені на композитні матеріали шаруватої побудови з жорсткими шарами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Волотковский В.С. Знос и долговечность конвейерных лент / Волотковский В.С., Нохрин Е.Г., Герасимова М.Ф.; Москва: Недра, 1976. 176 с.
2. Картавый А.Н. обоснование основных параметров крутонаклонного конвейера с прижимной лентой для карьеров с большими грузопотоками: Дисс. . канд. техн. наук: 5.05.06 / Картавый А.Н. М.: МГГУ, 2000. 211 с.
3. Конвейеры с подвесной лентой [В.И. Аверченков, С.В. Давыдов, В.П. Дунаев, В.Н. Ивченко и др.] М.: Машиностроение 1, 2004. 255 с.
4. Бельмас И.В., Колосов Д.Л. Напряжено-деформованный стан плоского каната зумовлений поривами тягових елементів та конструкцією підйомної машини. Збірник наукових праць національного гірничого університету № 50, Дніпро, 2017 с. 163–170.
5. Бельмас И.В., Колосов Д.Л., Колосов О.Л. Исследование напряженно-деформированного состояния резинотросового каната на участке перехода к трубчатой форме. Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2014. № 12. с. 48–55.
6. Бельмас И.В., Білоус О.І. Напружений стан гумовотросової стрічки при розтягу. Сборник научных трудов Днепродзержинского государственного технического университета (техническое науки), юбилейный выпуск (1999-2000), м. Дніпродзержинськ, том 2, с. 331–333.
7. Бельмас И.В., Сабурова И.Т., Задорожна И.М. Упередження руйнування тягового органу крутопохилого підйомача // Сборник научных трудов Керченского морского технологического института. Механизация производственных процессов рыбного хозяйства, промышленных и аграрных предприятий. Выпуск 9, 2008, с 132–136.
8. Блохин С.Е., Колосов Д.Л., Колосов А.Л. Напряженно-деформированное состояние плоского резинотросового тягового органа на барабане // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – № 30. – С. 88–91.
9. Танцур Г.І. Гнучкі тягові органи. Стикові з'єднання конвеєрних стрічок. – Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2010 –127 с.
10. Педченко О.С. Математическая модель подвесной конвейерной ленты на конвейере с изгибом трассы в вертикальной плоскости. / ГИАБ. – М.: МГГУ, 2007, № 1, с 322–324.
11. Прушак В.Я. Численная оценка долговечности соединений резинотросовых конвейерных лент. Вестник БНТУ № 1, 2008 с. 35–38 Белорусский национальный технический университет, Минск
12. Левченя Ж.Б. Повышение надежности стыковых соединений конвейерных лент на горнодобывающих предприятиях: На примере РУП "ПО "Беларуськалий": диссертация кандидата технических наук : 05.05.06 / Левченя Ж.Б. – Солигорск, 2004. – 152 с.
13. Волоховский В.Ю., Радин В.П., Рудяк М.Б. Концентрация усилий в тросах и несущая способность резинотросовых конвейерных лент с повреждениями Вестник МЭИ № 5, 2010, с. 5–12.
14. Бельмас И.В., Сабурова И.Т. Модель напряженно-деформированного состояния резинотросовой ленты на переходном участке // Подъемно-транспортная техника. – 2003. – № 3. – С. 93 – 99.
15. Ищенко Р.В. Повышение надежности быстроизнашивающихся деталей ленточных конвейеров в воздушно-соляной среде: диссертация . кандидата технических наук : 05.05.06 / Ищенко Роман Владимирович. – Москва, 2013. – 204 с.

пост. 26.10.2017