

**О. В. Данілін, к.т.н., доц.,
С.В. Зайченко, д.т.н., проф.,
С.П. Шевчук, д.т.н., проф.,
Н.І. Жукова, к.т.н., доц.,
І.М. Пасічнюк, магістр
КПІ ім. Ігоря Сікорського**

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ЗМІНИ ПРОЕКТНОГО ПОЛОЖЕННЯ ПРОФІЛЮ СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА НА НАВАНТАЖЕННЯ РОЛИКООПОР

**A. Danilin, Cand. Eng. Sc., Assoc. Prof.,
S. Zaichenko, Dr. Eng. Sc., Prof.,
S. Shevchuk, Dr. Eng. Sc., Prof.,
N. Zhukova, Cand. Eng. Sc., Assoc. Prof.,
I. Pasichnuk, master
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute**

DETERMINATION OF THE CHANGE OF THE DESIGN POSITION OF THE PROFILE OF THE BELT CONVEYOR ON THE LOAD OF THE ROLLER BEARINGS

В статті виконано спробу, на основі аналітичних розрахунків, встановити основні закономірності у формуванні навантажень у конструкції конвеєрного постапу внаслідок зміни проектного положення складових елементів, викликаний амортизаційною заміною роликкоопор і встановлення зміни прогнозованого ресурсу.

Метою роботи є дослідження взаємодії елементів стрічкового конвеєра на опуклій ділянці профілю при зміні проектного положення та визначення зміни ресурсу елементів роликкоопор. Мета роботи сформульована з аналізу незапланованих зупинок і передчасної заміни елементів конвеєра, зокрема конвеєрних роликів, на опуклій ділянці профілю.

Для досягнення поставленої мети розглянуто вплив геометричних параметрів опуклої ділянки профілю стрічкового конвеєра на силову взаємодію стрічки і роликкоопор, а також визначено зміну ресурсу підшипників роликів.

Для характеристики геометричних параметрів опуклої ділянки стрічкового конвеєра обрано кількість роликкоопор, відстань між роликкооперами, радіус кривизни профілю конвеєра, кут криволінійної ділянки. В основі математичної моделі є рівняння рівноваги стрічки, яке містить сили натягу конвеєрної стрічки і зусилля від дії роликкоопор. Особливу увагу приділено встановленню впливу зміни геометричних параметрів опуклої ділянки на ресурс підшипника ролика. Встановлено, що зменшення радіусу перехідної опуклої ділянки в результаті зміни початкового проектного положення в 2,4 рази призводить до зростання зусилля, яке діє на роликкоопору на 161 %. Встановлене збільшене зусилля є причиною швидкого виходу з працездатного стану підшипників кочення роликкоопор, про що свідчить інтенсивне падіння ресурсу роликів (в 18разів).

Запропонований алгоритм визначення основних параметрів силової взаємодії елементів стрічкового конвеєра на опуклій ділянці профілю дозволить прогнозувати ресурс і запобігти передчасного виходу з працездатного стану.

Ключові слова: конвеєр, силові параметри, опукла ділянка, роликкоопера, ролик, підшипник.

ВСТУП

Актуальність роботи. Основним видом транспорту на підприємствах гірничодобувної та металургійної промисловості, який забезпечує найвищі техніко-економічні показники є стрічкові конвеєри.

Високі техніко-економічні показники і можливість повної автоматизації транспортного процесу при використанні стрічкових конвеєрів обумовлюють постійне розширення області застосування і подальший розвиток цього виду транспорту. Характерними особливостями сучасного етапу розвитку стрічкових конвеєрів є значне постійне підвищення продуктивності і розширення їх можливостей застосування за рахунок зміни конструкції окремих елементів, істотного збільшення швидкості руху і ширини стрічки, а також довжини конвеєра в одному поставі. Так, в даний час відомі конвеєри з шириною стрічки 3000 мм (в перспективі 4000 мм) продуктивністю до 20000 т/год з і швидкістю руху до 6-8 м/с [1]-[4]. Довжина конвеєрів в одному поставі досягає 3 км.

На гірничозбагачувальних комбінатах і інших промислових підприємствах стрічкові конвеєри встановлюються, як правило, в галереях і виробничих будівлях. При роботі конвеєрів на підтримуючі їх будівельні конструкції поряд зі статичними навантаженнями передаються навантаження, що змінюються протягом терміну експлуатації і надають часто значний вплив на напружено-деформований стан як роликкоопор, так і всього конвеєрного поставу.

Удосконалення методів розрахунку і проектування будівельних конструкцій, спрямоване на визначення необхідних запасів міцності і розробку економічних конструктивних рішень, впровадження в практику будівництва прогресивних полегшених конструкцій, а також істотне збільшення потужностей технологічного обладнання, що встановлюється в виробничих будівлях і спорудах, в значній мірі підвищують вимоги до точності і достовірності даних про навантаження, що створюються обладнанням при експлуатаційних і екстрених режимах роботи, і призводять до необхідності всебічних досліджень і розробки методів обліку цих навантажень при проектуванні нового транспортуючого обладнання. З впровадженням у виробництво потужних стрічкових конвеєрів з високими навантаженнями і складним профілем виникає необхідність уточнення розрахунків при зміні дійсного положення профіля і додаткових навантажень, які виникають у конструкції машини. Особливо гостро проблема визначення експлуатаційних і екстрених навантажень від стрічкових конвеєрів виникла після низки аварій транспортерних естакад, пов'язаних з виходом з ладу роликкоопор.

В статті виконано спробу на основі аналітичних розрахунків встановити основні закономірності у формуванні навантажень у конструкції конвеєрного поставу внаслідок зміни проектного положення складових елементів, що викликана амортизаційною заміною роликкоопор і встановлення прогнозованого ресурсу.

Аналіз стану досліджень. Загальні рекомендації, які базуються на багаторічному досвіді експлуатації стрічкових конвеєрів пропонують подвійну частоту розташування роликкоопор в залежності від лінійного навантаження на конвеєр. Даний підхід не відображає реального навантаження та потребує суттєвих уточнень, пов'язаних з особливістю геометрії профілю випуклої кривої верхньої гілки і кількістю роликкоопор.

Особливо важливим є встановлення навантажень на елементи конструкції конвеєра на криволінійних ділянках стрічкових трубчастих конвеєра для гірничої промисловості. Рухаючись по криволінійним ділянкам траси, стрічка, яка перебуває під деяким статичним натягом, більш інтенсивно впливає на ролики, що знаходяться на внутрішній стороні ділянки повороту і, навпаки, тобто відбувається перерозподіл

статичних навантажень на ролики і зміна сил опору руху. Виникає необхідність визначення зусиль взаємодії і просторових навантажень на роликоопори для конвеєрів даного типу [5]. Використання даного підходу дозволяє розробити математичну модель розрахунку додаткових статичних навантажень на ролики роликоопор для різних типів криволінійних ділянок траси, який враховує натяг стрічки на криволінійній ділянці, його радіус кривизни і кут нахилу ділянки для умов конвеєра з жолобчастою стрічкою.

Для забезпечення стабільної роботи крутопохилих конвеєрів використовують додаткову конвеєрну стрічку, яка притискає вантаж до вантажонесучої стрічки. Застосування даного типу конвеєру супроводжується інтенсивними зношуванням всіх елементів конвеєра з підвищеними статичними і динамічними навантаженнями на постав і геотехнічні споруди транспортуючого комплексу[6]-[8]. При розрахунках на крутопохилій ділянці конвеєра при спільному русі обох стрічок без відносного прослизання навантаження між притисною і вантажонесучою стрічками розподіляється відповідно до їх питомих жорсткості і твердості. Якщо відношення навантажень стрічок не відповідає відношенню їх питомої жорсткості, то відбувається перерозподіл навантажень в стрічках за рахунок появи сил тертя між бортами стрічок і зміни сил тертя між стрічками і матеріалом. При цьому сума навантажень в стрічках зберігається постійною. Врахувавши жорсткість стрічки, можливо визначити додаткові навантаження, які виникають при її вигині на криволінійних ділянках.

В основі вказаних вище досліджень використано базові розрахункові моделі, які базуються на умовах збереження необхідної форми стрічки, допустимих напружень в бортах стрічки, допустимих навантажень на підшипники конвеєрних роликів [9]. Виконання даних умов дозволяє запобігти випинанню середньої частини стрічки і роздавлюванню підшипників конвеєрних роликів. Проте використання розрахункових моделей в цілому кінцеві залежності спираються на емпіричні коефіцієнти і формули, які встановлені на основі досвіду експлуатації, що достатньо сильно ускладнює їх застосування для нових умов роботи обладнання.

Постановка завдання – встановити залежності, які дозволяють визначити вплив зміни проектного положення профілю стрічкового конвеєра на навантаження роликоопор. Важливою умовою взаємодії конвеєрної стрічки є одночасність дії роликоопор, які знаходяться на перехідних опуклих ділянках і можлива зміна їх положення.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

При визначенні розрахункової схеми взаємодії конвеєрної стрічки, що знаходиться на перехідних опуклих ділянках. За основу можливих конструкційних рішень обрано реальний конвеєр Полтавського гірничо-збагачувального комбінату корпорації Ferrtex AG потужністю $2 \times 1,3 \text{ MW}$ довжиною 245 м з шириною стрічки 2 м (рис. 1). Слід одразу відзначити, що радіус опуклої ділянки після реконструкції менше рекомендованого [9]:

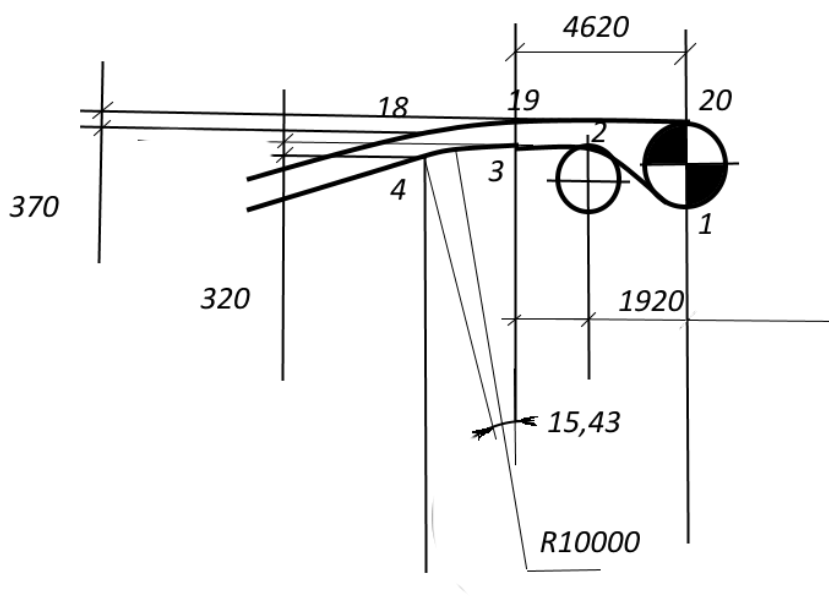
$$R \geq 12B, \quad (1)$$

де B - ширина контейнерної стрічки.

Не виконання даної умови (1) ($10 \text{ м} < 24 \text{ м}$) приводить до суттєвого зношування конвеєрної стрічки і перенавантаження роликоопор, і як наслідок – до частоті зупинки конвеєра через необхідність заміни роликів.



а



б

Рисунок 1 – Зовнішній вигляд (а) і схема перехідної опуклої ділянки (б)

Виходячи з рис. 1, а складемо розрахункову схему визначення навантажень на роликкоопору опуклої ділянки. Для розглянутого випадку кількість роликкоопор складає 7 на куту 15,43° (рис. 2). Припущенням даної розрахункової схеми є рівномірність розподілу сил між роликкооперами.

Рівняння рівноваги системи:

$$\sum_{i=1}^n S_i = \sum_{j=1}^k F_j, \quad (2)$$

Де S_i - натяг конвеєрної стрічки; F_j - зусилля роликкоопори; j - кількість роликкоопор.

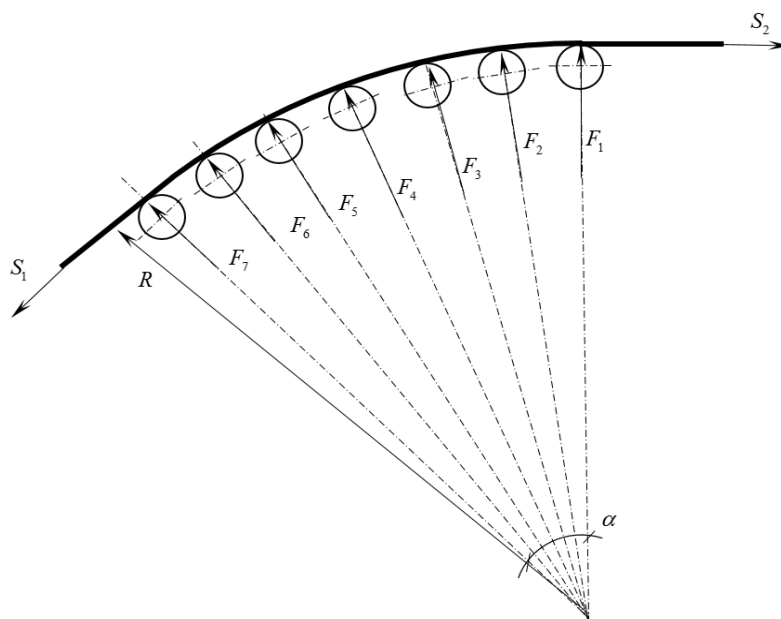


Рисунок 2 – Розрахункова схема визначення навантажень на роликкоопору опуклої ділянки

Зусилля від дії натягу у стрічці пропонується представити рівними $S_1 = S_2$. Сумарне зусилля від дій сил натягу:

$$\vec{F} = \vec{S}_1 + \vec{S}_2 = \sqrt{S^2 + S^2 - 2S^2 \cos \alpha} = \sqrt{2S^2(1 - \cos \alpha)}, \quad (3)$$

де S - середнє значення натягу на перехідній опуклій ділянці; α - кут криволінійної ділянки.

Середнє значення натягу на перехідній опуклій ділянці, враховуючи її максимальне наближення до приводної стації, точки 18, 19 і 20 (рис. 1, б) можливо визначити наступним чином:

$$S \approx \frac{N}{v}, \quad (4)$$

де N - потужність приводу конвеєра; v - швидкість конвеєрної стрічки.

Враховавши залежності [1-3] зусилля, яке діє на роликкоопору:

$$\vec{F}_j = \sqrt{2S^2(1 - \cos \frac{\alpha}{j-1})}. \quad (5)$$

Кількість роликкоопор j , кут α і радіус R опуклої ділянки пов'язані співвідношенням:

$$j = \frac{R\alpha}{l_1}, \quad (6)$$

де l_1 - відстань між роликкооперами.

Таким чином зусилля, яке діє на роликкоопору залежить від радіусу опуклої ділянки і кількості роликкоопор:

$$\vec{F}_j = \sqrt{2S^2(1 - \cos \frac{l_1}{R(1 - \frac{1}{j})})}. \quad (7)$$

При визначенні зусиль, які діють на роликкоопори для розглянутого випадку і з виконанням рекомендації за мінімальним радіусом, перевищення сили складає 161%. Враховуючи співвідношення між довговічністю і в мільйонах обертів і

співвідношенням розрахункового навантаження і стандартної каталожної динамічної вантажопідйомності ресурс підшипників роликів зменшується у 18 разів [10].

Враховуючи вище сказане, рішенням проблеми перевантаження роликкоопор внаслідок зміни проектного положення профілю є збільшення кількості роликкоопор з застосуванням підшипників більш важкої серії і виправлення радіусу перехідної опуклої ділянки.

ВИСНОВКИ

Розроблена схема взаємодії елементів стрічкового конвеєра перехідної опуклої ділянки дозволяє встановити взаємозв'язок силових і геометричних параметрів системи. Встановлено, що зменшення радіусу перехідної опуклої ділянки в результаті зміни початкового проектного положення в 1,2 рази, призводить до зростання зусилля, яке діє на роликкоопору на 161 %. Встановлене збільшене зусилля є причиною швидкого виходу з працездатного стану підшипників кочення роликкоопор, про що свідчить інтенсивне падіння ресурсу роликів (в 18разів).

REFERENCES

- [1] G. M. Voloshin, V. N. Garnec, O. O. Vovk, S. V. Zajchenko, and V. A. Shalenko, "Study design parameter elements of conveyor rollers for energy efficiency criteria", *Girnichy, budivel'ni, dorozhni ta meliorativni mashini*, vol. 88, pp. 40-46, 2016. <http://gbdmm.knuba.edu.ua/article/view/216439>
- [2] S. V. Zaichenko, and S. P. Shevchuk, "Improving the technology of beneficiation of energy minerals modernizing elements of the transport complex", *Naukovij zhurnal «Energy: Economics, Technology, Ecology»*, vol. 1, pp. 64-69, 2017. doi: <https://doi.org/10.20535/1813-5420.1.2017.102823>.
- [3] S. P. Shevchuk, S. V. Zajchenko, and V. V. Vapnichnaja, "Obosnovanie massogabaritnyh parametrov rolikov lentochnyh konvejerov po kriteriju nadezhnosti", *Perspektivy razvitiya vostochnogo donbassa*, pp. 221-228, 2016.
- [4] S. V. Zaichenko, O. O. Vovk, and N. A. Shevchuk, "Backgrounding of parameters of conveyor rollers design elements by durability criteria", *Herald of the national technical university of ukraine «Kyiv polytechnic institute». series of «Mining»*, vol. 31, pp. 65-73.2016. doi: <https://doi.org/10.20535/2079-5688.2016.31.69402>.
- [5] N. Ju. Ivanov, "Opredelenie nagruzok na roliki kol'cevoj rolikoopory lentochnogo trubchatogo konvejera na krivolinejnom uchastke trassy", *Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal)*, no. S1-8, pp. 8-13, 2013.
- [6] S. V. Dinjak, Rozrobka ciklichno-potochnoi tehnologii virobnictva shhebenju na granitnih kar'erah, PhD in Engineering sciences, Kyiv, Ukraine, 2016.
- [7] E. E. Sheshko, A.A. Kasatkin, "Vlijanie naprjazhenno-deformirovannogo sostojaniya lent krutonaklonnogo konvejera s prizhimnoj lentoj na ego rabotosposobnost'", *Gornyj zhurnal*, no. 1, pp. 79-82, 2009.
- [8] A. Dryzhenko, A. Shustov, S. Moldabayev, "Justification of parameters of building inclined trenches using belt conveyors", *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM*, no. 17(1.3), pp. 471-478, 2017. doi:10.5593/sgem2017/13/S03.060
- [9] L. G. Shahmejster, V. G. Dmitriev, *Teorija i raschet lentochnyh konvejerov*. M.: Mashinostroenie, 1987.
- [10] N. F. Kirkach, R. A. Balasanjan, *Raschet i proektirovanie detalej mashin*. H.: Osnova. 1991.

Стаття надійшла 24.11.2020