

11. Кармазин В.В. Современные тенденции в использовании минерального сырья. Сб. «Устойчивое развитие горнодобывающей промышленности», Кривой Рог, КТУ, 2004.
Рукопис поступила в редакцию 04.04.16.

УДК 622.647.2

Л.І. ЄФІМЕНКО, канд. техн. наук, доц., М.П.ТИХАНСЬКИЙ, канд. техн. наук, доц.,
І.О.ДОЦЕНКО, ст. викладач, Криворізький національний університет

АНАЛІЗ НАВАНТАЖЕНЬ, ДІЮЧИХ НА ОПОРНІ КОНСТРУКЦІЇ КОНВЕЄРА ТА МЕТОДІВ ЇХ ПРОЕКТУВАННЯ

В роботі розглянуто існуючі методи проектування опорних конструкцій конвеєра. Загальним недоліком розглянутих методів проектуванні є те, що при визначенні навантажень на став беруться статичні складові, не враховується динаміка перехідних процесів і динамічні навантаження від дії крупних кусків вантажу, не використовуються можливості зменшення навантажень на конструкції шляхом управління режимами транспортування. Розробка методів зниження динамічних навантажень на став дозволить знизити металоємність конвеєра.

Використання регульованого приводу із змінною швидкістю транспортування викликає необхідність додаткових досліджень, як в частині насипного вантажу, так і при проходженні окремих кусків. Для дослідження динамічних процесів, що відбуваються в конструкціях конвеєра, використовують динамічні моделі. При розробці моделей динамічного навантаження ставу конвеєра проводилися дослідження залежності навантаження від типу роликкоопор, швидкості транспортування і маси крупних кусків, давалися рекомендації по вибору типу роликкоопор і максимальної швидкості транспортування залежно від маси крупного куска.

В результаті огляду і аналізу теоретичних і експериментальних робіт, встановлено, що:

навантаження на опорні конструкції стрічкового конвеєра залежать від конструктивних і технологічних чинників, режиму роботи, гранскладу вантажу, що транспортується, і інше;

забезпечення плавного пуску, регулювання швидкості стрічки знижує навантаження на конструкції і впливає на конструктивні параметри конвеєра (ширину і міцність стрічки, крок розставлення роликкоопор, металоємність ставу), підвищує ефективність використання.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. До сучасних металокопункцій лінійної частини конвеєра, а саме, конвеєрному стану пред'являється ряд вимог по міцності, амортизуючій здібності при динамічних навантаженнях, стійкості, мінімальній металоємності, довговічності. Аналіз розрахунків ряду підприємств і науково-дослідних організацій показав, що існуючі методи проектування конвеєрного ставу не повною мірою враховують дійсну картину його навантаження [1, 2, 4, 5].

Аналіз досліджень та публікацій. Основні розміри конвеєрних ставів призначаються по конструктивних міркуваннях із залученням галузевих стандартів і нормалей. По прийнятих розмірах проводяться перевірочні розрахунки, які полягають в наступному: вибирається розрахункова схема секції ставу у вигляді рами, зовнішні навантаження задаються у вигляді статично прикладених сил від мас вантажу, стрічки, роликкоопор. Крім того, вводиться коефіцієнт перевантаження, величина якого вагається від 1,2 до 1,7 без обґрунтування його величини.

Аналіз розрахунків ряду заводів виробників /Сизранського, ЗТМ, ДМЗ, Краснолучського і Александрівського МЗ, Маріупольського ПО «Азовмаш», проектних організацій /Механобрчормет, ВВДПТмаш/ та НДІ /УкрНДІпроект ІГТМ АН України/ показав, що науково-дослідні інститути працюють, в основному, над створенням нових типів конструкцій, а існуючі методи проектування жорсткого ставу не повною мірою враховують дійсну картину його навантаження. На Донецькому МЗ, в методиках ВВДПТмаша і Союзпроммеханізації додатково враховується, відповідно, частота власних коливань секції і внецентрове додаткове навантаження. У роботі [1] автор запропонував уточнений науково-обґрунтований метод розрахунку металокопункцій стрічкового конвеєра з перевіркою полегшеного ставу на стійкість, що надає можливість раціонального його проектування.

Загальним недоліком розглянутих методів проектуванні є те, що при визначенні навантажень на став беруться статичні складові, не враховується динаміка перехідних процесів і динамічні навантаження від дії крупних кусків вантажу, не використовуються можливості зменшення навантажень на конструкції шляхом управління режимами транспортування.

Питаннями навантажень що діють на опорні конструкції конвеєра загального й спеціального призначення займався ряд відомих вчених таких, як: В.М. Назаренко, О.І. Савиц-

кий, В.С. Волотковський, А.Г. Нохрин, Г.Д. Кармасв, А.О. Спиваковський, В.Г. Дмитрисв, В.И. Галкин, С.С.Новиков, В.Ф. Монастирський, В.К. Смирнов, Г.К. Демін, Л.Г. Шахмейстер.

На рис. 1 представлені деякі різновиди існуючих конвеєрних ставів.

Постановка завдання. З аналізу наведених робіт видно, що конвеєрний став є основним елементом стрічкового конвеєра, що визначає його металоемність. Зі збільшенням його довжини значно збільшується вага конвеєра. За даними робіт [1,4,6] при довжині конвеєра близько 100 м, маса жорсткого ставу складає приблизно 20 %, а при довжині близько 500 м - більше 30 %, від всієї ваги конвеєра. Вага лінійної частини секцій конвеєра визначається шириною стрічки і характером вантажу, що транспортується. Від ширини стрічки залежить довжина роликів і конструктивні розміри секцій. Розробка методів зниження динамічних навантажень на став дозволить знизити металоемність конвеєра.

Викладення матеріалу та результати. Відомо, що оцінка навантажень на елементи конвеєрного ставу при транспортуванні крупно кускового вантажу в основному, виконувалася за допомогою коефіцієнта динамічності для насипного вантажу і крупних кусків, які йдуть один за одним при постійній швидкості транспортування [1, 2, 4-6]. Використання регульованого приводу із змінною швидкістю транспортування викликає необхідність додаткових досліджень, як в частині насипного вантажу, так і при проходженні окремих кусків.

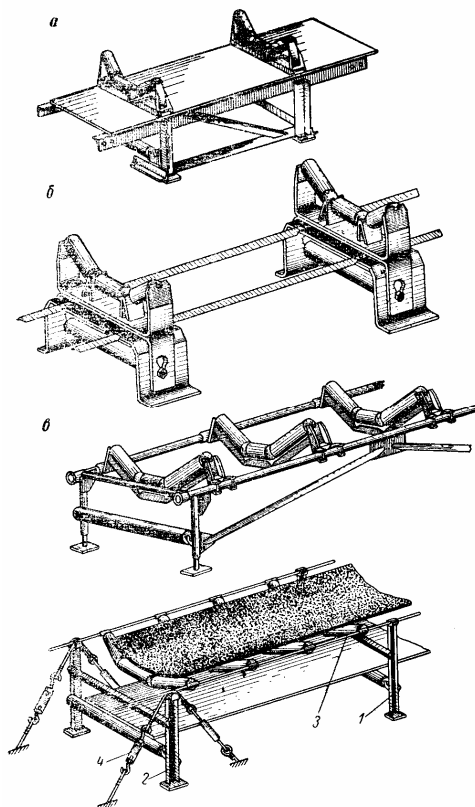


Рис. 1. Стави конвеєрів: *a* – стаціонарний із прокату, з закритою нижньою гілкою; *b* – переносний із прокату, з відкритою нижньою гілкою; *v* – стаціонарний або переносний, трубчастий, з відкритою нижньою гілкою; *z* – канатний, з відкритою нижньою гілкою; 1 – лінійна опора; 2 – анкерна опора; 3 – канат; 4 – муфта для натягу канату

З'являється необхідність враховувати вплив тягового зусилля на навантаження опорних конструкцій, як в сталому режимі, так і у момент пуску [3].

Навантаження на став від коливань, викликаних дією стрічки з вантажем, роликками і крупними кусками, в сталому режимі і у момент пуску, не враховувалися. Облік вказаних чинників дозволить точніше визначити навантаження, понизити запаси міцності елементів конструкцій, як для конвеєрів з постійною швидкістю транспортування, так і для гнучкого автоматизованого виробництва з регульованим приводом.

Аналіз і облік динамічних навантажень, а також виконання заходів щодо їх усунення вимагає знань аналітичних залежностей між характером зміни навантаження в конвеєрному ставі в нестационарних режимах роботи.

Оцінку впливу параметрів системи автоматичного управління (САУ) на динамічні характеристики елементів стрічкового конвеєра зручно виконувати за

допомогою структурного методу, широко використовуваного в теорії автоматичного управління.

У цьому випадку стрічковий конвеєр представляється математичною моделлю у вигляді структурної схеми, що складається з відповідних елементів з відомими передавальними функціями, коефіцієнти посилення і постійні часу яких залежать від конструктивних параметрів, рівня навантаження конвеєра і наявності крупних кусків вантажу на стрічці.

Для побудови математичної моделі стрічкового конвеєра проведений порівняльний аналіз методів математичного опису динамічних процесів у конвеєрі для різних конструкцій, умов і режимів роботи установок.

На рис. 2 представлено рядові роликкоопори, які призначені для підтримки стрічки й надання їй необхідної форми.

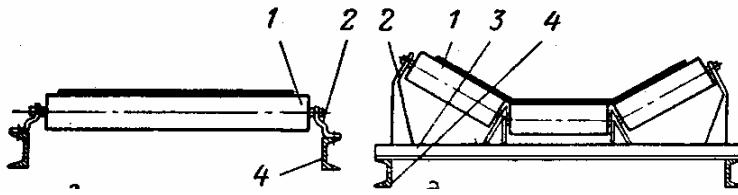


Рис. 2. Рядові роликоопори стрічкових конвеєрів: 1 - ролик; 2 - кронштейн; 3 - балка; 4 - рама конвеєра

Основи теорії несталого руху конвеєра розглянуті в роботах провідних вчених, для яких ха-

рактерний математичний опис лише тягового органу. Результати цих робіт не дозволяють отримати передавальні функції стрічкового конвеєра, де вхідною величиною було б тягове зусилля, що розвивається приводом, а вихідною – навантаження на опорні конструкції.

У роботі Л.Г. Шахмейстера і В.Г. Дмитрієва методом математичного моделювання отримана передавальна функція одно приводного стрічкового конвеєра.

Проте запропонований метод визначення параметрів передавальної функції стрічкового конвеєра трудомісткий і не дозволяє на стадії проектування оцінити по конструктивних параметрах динамічні характеристики стрічкового конвеєра і, тим більше, синтезувати пристрої, що корегують навантаження на опорні конструкції з точки зору екстремального управління.

Найбільш поширеним методом математичного опису стрічкового конвеєра є метод кусочно-лінійної апроксимації, основи вживання якого для математичного опису пуско-гальмівних режимів роботи стрічкового конвеєра викладені в роботах І.В. Запеніна, В.Е. Бельфора. і ін.

Використання цього методу для побудови структурних схем розглянуте в роботах В.М. Назаренко, О.І. Савицького, Л.І. Єфіменко.

Проте урахування прослизання стрічки і зміни натягу приводить до ускладнення структурних схем.

Огляд робіт в області опису стрічкового конвеєра як об'єкту регулювання показав, що розроблені структурні схеми основних різновидів конвеєрів не охоплюють опорних конструкцій конвеєра як об'єкту дослідження.

Існують математичні моделі навантаження опорних конструкцій конвеєра [1,3, 6-10], що описують дію крупнокускового вантажу на елементи ставу.

Вони отримані в результаті обробки експериментальних даних, або вихідними даними є параметри, що описують структуру вантажопотоку, геометричні і фізичні характеристики конвеєра.

У цих моделях навантаження, що сприймається роликоопорою, розділяється на статичне, обумовлене натиском матеріалу, що транспортується, і динамічне, обумовлене дією окремих крупних кусків вантажу. Ряд чинників враховується коефіцієнтами запасу міцності.

Проте, в цих роботах навантаження на опорні конструкції оцінюють при існуючих способах і режимах управління конвеєром.

Таким чином, огляд робіт з математичного опису стрічкового конвеєра показав, що існуючі математичні моделі у вигляді структурних схем не охоплюють опорних конструкцій конвеєра, а математичні моделі навантаження елементів конвеєрного ставу не враховують впливи автоматизованого приводу.

Розширення об'єму специфічних вимог, обумовлених особливостями гнучкого автоматизованого виробництва, вдосконалення засобів автоматизації, викликало необхідність розробки уточненої математичної моделі у вигляді структурної схеми, що враховує вплив режимів роботи автоматизованого конвеєра і що розглядає його як об'єкт, що складається з наступних основних елементів: привод - конвеєрна стрічка-став [7-11].

Ефективність використання стрічкових конвеєрів пов'язана із зниженням металоємності конвеєрного ставу, що є основним елементом, що визначає загальну металоємність конвеєра.

Металоємність знижується зі створенням нових конструкцій, що мають мінімальну металоємність при забезпеченні необхідної міцності, уточненням існуючих розрахунків, виконуються розрахунки на ЕОМ з подальшою оптимізацією конструкцій [3,4,10].

Автор роботи [8] розробив методику, що враховує особливості гірничотранспортного устаткування, отримав функціонал, що виражає металоємність залежно від статичного навантаження, геометричної схеми, матеріалу конструкцій.

Використання автоматизованого регульованого приводу надало додаткові можливості для підвищення ефективності використання стрічкових конвеєрів шляхом зниження металоємності,

оскільки гарантоване зниження динамічної дії приводу і крупних кусків вантажу на опорні конструкції дозволяє знизити їх металоємність.

При цьому з'явилася необхідність на основі розробленої моделі отримати функціонал металоємності ставу, що враховує особливості автоматизованого приводу [11].

Для дослідження динамічних процесів, що відбуваються в конструкціях конвеєра, використовують динамічні моделі.

При розробці моделей динамічного навантаження ставу конвеєра проводилися дослідження залежності навантаження від типу роликкоопор, швидкості транспортування і маси крупних кусків, давалися рекомендації по вибору типу роликкоопор і максимальної швидкості транспортування залежно від маси крупного куска [8-11].

На відміну від раніше проведених досліджень, в пропонованій роботі динамічні характеристики опорних конструкцій оцінюються спільно з процесами, що виникають в конвеєрній стрічці, з величиною і характером тягового зусилля, що розвивається приводом.

Внаслідок чого отримана модель динамічного навантаження системи «привод - конвеєрна стрічка - став», яка враховує реологічні властивості стрічки, особливості транспортування крупнокускового вантажу; розроблено на рівні винаходів окремі блоки системи управління.

Висновки та напрямки подальших досліджень.

У результаті огляду і аналізу теоретичних і експериментальних робіт, встановлено, що: навантаження на опорні конструкції стрічкового конвеєра залежать від конструктивних і технологічних чинників, режиму роботи, гранскладу вантажу, що транспортується, і інше; забезпечення плавного пуску, регулювання швидкості стрічки знижує навантаження на конструкції і впливає на конструктивні параметри конвеєра (ширину і міцність стрічки, крок розставляння роликкоопор, металоємність ставу), підвищує ефективність використання.

Проте, питання, пов'язані із зниження навантажень на опорні конструкції і металоємності ставу за допомогою впровадження автоматизованого приводу, вимагають додаткового дослідження, оскільки:

динамічний вплив приводу на збільшення навантажень на став і його металоємність не враховується;

існуючі структурні схеми стрічкового конвеєра не включають опорні конструкції, як об'єкт дослідження;

вибір параметрів системи автоматичного управління конвеєром не передбачає розрахунку і введення гнучких зворотних зв'язків, що забезпечують обмеження динамічних навантажень на конструкції.

Список літератури

1. Бейгул О.А. Исследование и обоснование параметров несущих металлоконструкций ленточных конвейеров: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – М., 1980. – 14 с.
2. Дмитриев В.Г., Егоров П.Н. Система автоматизированного расчета и оптимизации металлоконструкций става ленточного конвейера // Шахтный и карьерный транспорт. – М.: 1990. – С. 52-63.
3. Ефименко Л.И., Тиханский М.П. Определение нагрузок на конвейерный став от воздействия тягового усилия / Вісник КТУ: Кривий Ріг, 2010. - Вип. 26. - С. 250-254.
4. Коваль А.В. Исследование динамических нагрузок на выбор конструктивных параметров роликкоопор шахтных ленточных конвейеров: Дисс. канд. техн. наук. – М., 1975.
5. Козлов Е.М. Определение нагрузок на основные элементы тяжелых ленточных конвейеров ГОКов // Шахтный и карьерный транспорт. – М.: Недра, 1990. – С. 24-27.
6. Поляков Н.С., Смирнов В.Н., Монастырский Р.Ф. Энергоёмкость транспортирования ленточными конвейерами крупнокузовых грузов. – М., 1977. – 8 с. – Деп. в ВИНТИ, №2772. – 77 Деп.
7. Савицький О.І., Єфіменко Л.І. Вплив вибору конструктивних параметрів конвеєра на його експлуатаційні характеристики / Механобрчермет «Енергосбережение в технологии, технике при переработке минерального сырья» Сб. научных трудов ОАО НИПИ - Кривой Рог: Изд-во Механобрчермет, 2010. - Вып.46. - С. 59-68.
8. Ефименко Л.И., Тиханский М.П. Оценка влияния отдельных нагрузок, действующих на формирование металлоёмкости става ленточного конвейера / Вісник КТУ: Кривий Ріг, 2013. - Вип. 33. - С. 211-215.
9. Єфіменко Л.І., Тиханський М.П. Моделивання навантаження на опорні конструкції важких стрічкових конвеєрів / Вісник КНУ: Кривий Ріг, 2013. - Вип. 34. - С. 34-37.
10. Yefimenko L. Dynamic load reduction techniques for the flight of the belt conveyor / L.Yefimenko, M. Tykhanskyi // Metallurgical and Mining Industry, 2015. – № 3. – Metallurgical and Mining Industry, 2015. – № 3. – 47-51 pp.
11. Комп'ютеризовані системи управління конвеєрними установками: монографія / В.Й. Лобов, Л.І.Єфіменко, М.П.Тиханський, С.А.Рубан. – Кривий Ріг: Видавничий центр ДВНЗ «КНУ», 2015. – 450 с.

Рукопис подано до редакції 18.03.16