

## Список літератури

1. Підсумки діяльності підрозділів ДВГРЗ ДСНС України у 2016 році – Звіт ДВГРЗ ДСНС України.
2. **Акимов В.А., Воробьев Ю.Л., Фалеев М.И.** Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в ЧС природного и техногенного характера: Учебное пособие / В.А. Акимов, Ю.Л. Воробьев, М.И. Фалеев // М.: Высшая школа, 2006
3. Вогнегасні речовини: Навчальний посібник / **Антонов А.В., Боровиков В.О., Орел В.П., Жартовський В.М., Ковалишин В.В.** – К.: Пожінформтехніка, 2004. – 176 с.
4. **Трофимов В.О., Булгаков Ю. Ф., Кавера О. Л., Харьковий М.В.** Аерологія шахтних вентиляційних мереж. Норд-Прес, 2009.
5. ГОСТ 28352-89 "Головки соединительные".
6. **Чуприков А.Е., Лагутин В.И., Кузнецов А.Т.** Способы и средства для предотвращения образования пыли, для связывания, осаждения или удаления пыли; предотвращение взрывов или рудничных пожаров. - Российский научно-исследовательский институт горноспасательного дела.
7. Патент Российской Федерации номер 2498072. **Синегубов В. Ю., Беляков Н. А., Петров Д. Н., Карасев М. А.**
8. ГОСТ Р 57052-2016. Оборудование горно-шахтное. Автоматические установки пожаротушения (для подземных выработок). Общие технические требования и методы испытаний.
9. **Хорошавин Л.Б., Медведев О.А., Беляков В.А., Михеева Е.В.** и др. Торф: возгорание торфа, тушение торфяников и торфокомпозиты/ МЧС России. – М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). 2013. – 256 с.
10. [http://www.dobrepole.com.ua/news/vot\\_kuda\\_tekhnika\\_doshla\\_kitajskie\\_roboty\\_pozharnye\\_vzbudorazhili\\_set/2017-08-30](http://www.dobrepole.com.ua/news/vot_kuda_tekhnika_doshla_kitajskie_roboty_pozharnye_vzbudorazhili_set/2017-08-30).

Рукопис подано до редакції 06.04.18

УДК 622.647.2

Л.І. ЄФІМЕНКО, М.П.ТИХАНСЬКИЙ, кандидати техн. наук, доценти,  
А.М.ТИХАНСЬКА, асистент, Криворізький національний університет

## ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ДІАГНОСТИЧНИХ ОЗНАК ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПІДТРИМУЮЧИХ РОЛИКІВ ВАЖКОГО СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА

**Мета.** Метою цієї роботи є визначення основних ознак ушкоджень ролика: ушкодження оболонки ролика; ушкодження підшипника кочення (або ковзання); ушкодження обичайки ролика; ушкодження сполучних поверхонь окремих елементів; ушкодження ущільнювальних прокладок; ушкодження осей роликів; ушкодження опорних шийок; ушкодження підшипникових обойм, що необхідно для розробки сучасної системи автоматизованої діагностики та керування режимами транспортування.

**Методи дослідження.** Для вирішення цього завдання проведено аналіз теоретичних й експериментальних робіт. При цьому діагностика несучих роликів стрічкового конвеєра здійснюється різними методами, основними з яких є використання теплових або індуктивних датчиків з феромагнітних сплавів, які монтуються в стрічку, а також реалізація температурного контролю в запобіжній системі конвеєра. Застосування надійних і високоєфективних заходів технічної діагностики може значно підвищити ефективність роботи стрічкового конвеєра.

**Наукова новизна.** Наукова новизна полягає у встановленні основних діагностичних ознак роликоопор, що підтримують конвеєрну стрічку. Створення автоматизованих систем діагностики стрічкових конвеєрів у теперішній час стримується недостатністю теоретичних й експериментальних досліджень з питання визначення основних ознак ушкоджень ролика, що впливають на якість системи діагностики.

**Практична значимість.** На основі аналізу теоретичних й експериментальних робіт і досвіду експлуатації показано, що режими роботи конвеєра й характеристики вантажа мають великий вплив на технічний стан його основних вузлів, а саме, роликоопор. Отже, розробка принципів керування конвеєром за технічним станом його елементів є доцільною з технічної й експлуатаційної точок зору.

**Результати.** Створення автоматизованої системи діагностики технічного стану обладнання стрічкового конвеєра з регульованим приводом викликало необхідність розробки нових способів діагностики роликів на основі обраної діагностичної ознаки. Аналіз діагностичних ознак технічного стану роликів, методів їхнього визначення, а також завдань, поставлених вище, дозволив виділити як найбільш надійний і точний - температурний.

**Ключові слова:** конвеєрна лінія, діагностування технічного стану, діагностичні ознаки стану роликів, автоматизована система діагностики.

doi: 10.31721/2306-5451-2018-1-46-137-141

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** Стрічкові конвеєри відносяться до найбільш ефективних засобів безперервного транспорту та представляють собою складну взаємопов'язану систему механічних та електричних елементів, і тому характери-

зується частою зміною стану, технічних та технологічних параметрів. Застосування надійних і високоефективних засобів діагностування технічного стану та впровадження автоматизованої системи контролю стану основних елементів конвеєрної установки може підвищити ефективність їх роботи, зокрема, поліпшити показники надійності, такі як: коефіцієнт готовності й коефіцієнт технічного використання. Для підвищення загального коефіцієнта готовності конвеєрної установки необхідне зниження часу відновлення й працездатності, а для підвищення коефіцієнта технічного використання - виключення часу на позапланове технічне обслуговування.

**Аналіз досліджень та публікацій.** Питаннями діагностики механізмів загального й спеціального призначення займався ряд відомих вітчизняних [1-6] та закордонних вчених. Вони розробили загальні положення й принципи технічної діагностики. Визначення технічного стану стрічкового конвеєра має свою специфіку з огляду на велику довжину, наявність складних вузлів і механізмів, зв'язаних між собою гнучким тяговим органом. Тому дуже важливо здійснювати постійний діагностичний контроль за технічним станом цих елементів і прогнозувати залишковий ресурс із урахуванням ступеня їхнього впливу на загальний ресурс установки. Дослідження, пов'язані з виявленням інформативних параметрів, якими займалися В.Ф. Монастирський, В.І. Плахотнік, А.Н. Смирнов, В.І. Бесчастний [2-6], показали, що конвеєр, як складний об'єкт, має сенс розділяти на основні механізми й вузли та досліджувати їх окремо.

**Постановка завдання.** З аналізу наведених робіт видно, що необхідно створювати та модернізувати моделі діагностики, що поєднують існуючі методи визначення технічного стану основних вузлів і конвеєра в цілому. У відомих моделях вузли розбиті на окремі складені елементи, визначені основні дефекти, у ряді випадків структурні й діагностичні параметри, а також запропоновані методи, що визначають той або інший дефект. При розробці цих моделей виникли труднощі при встановленні зміни характерних діагностичних ознак, що однозначно реагують на прояв окремого виду дефекту.

**Викладення матеріалу та результати.** Технічний стан стрічкового конвеєра багато в чому залежить від справності роликів, що підтримують тяговий орган (стрічку). Ролики є найбільш численним елементом конвеєра, вихід з ладу 10-15% їх від загальної кількості значно підвищує енергоємність транспортування матеріалу, збільшує швидкість зношування верхньої й нижньої обкладок стрічки, погіршує умови експлуатації опорних конструкцій конвеєра (ролікоопор), тому що стрічка при зустрічі з роликом, що не крутиться, додатково динамічно впливає на ролікоопору.

По даним УКР НДПРОЕКТА, отриманим на підприємствах вугільній й інших галузях гірничодобувної промисловості, вартість технічного обслуговування й ремонту роликів становить 28% всіх експлуатаційних витрат на стрічкові конвеєри. Фактичний термін служби роликів становить від 4 місяців до 2 років залежно від умов експлуатації й характеристик матеріалу, що транспортується.

Несправний ролик видає підвищений шум у вигляді постукування, різких періодичних звуків підвищеної частоти. Коли сили тертя в підшипникових вузлах досягають значної величини, обичайки роликів перестають обертатися й дуже швидко зношуються рушійною стрічкою. Якщо ролик, що зупинився, вчасно не замінити, на його корпусі утворюються гострі ріжучі точки. Від них на стрічці виникають глибокі порізи. На потужних стрічкових конвеєрах великої довжини контроль за станом роликів набуває особливого значення.

Під відмовою ролика в загальному випадку розуміється вихід з ладу осі, підшипників, ущільнень і корпусу, при якому номінальний момент ролика збільшується у два й більше рази. Інтенсивність відмови для роликів визначають за формулою

$$\lambda_p = \lambda_k + \lambda_0 + \lambda_{n,l} + \lambda_{n,n} + \lambda_{y,l} + \lambda_{y,n}, \quad (1)$$

де  $\lambda_k, \lambda_0, \lambda_{n,l}, \lambda_{n,n}, \lambda_{y,l}, \lambda_{y,n}$  - інтенсивність відмови відповідно корпусу, осі, лівого й правого підшипників, лівого й правого ущільнень.

Інтенсивність відмови всіх роликів конвеєра

$$\lambda = \sum n_p \lambda_{p,v} + \sum (n_p / 4) \lambda_{p,n}, \quad (2)$$

де  $\lambda_{p,v}, \lambda_{p,n}$  - інтенсивність відмови відповідно роликів верхньої й нижньої гілок стрічки;  $n_p$  - число роликів верхньої гілки.

Імовірність безвідмовної роботи всіх роликів конвеєра

$$P(t) = e^{-\int_0^{t_k} \lambda dt} = e^{-\lambda t_k}, \quad (3)$$

де  $t_k$  - час роботи конвеєра.

Завданням діагностики технічного стану роликів конвеєра є виявлення безпосередньо несправних роликів, а також їхнє місце розташування.

Довговічність роликів стрічкових конвеєрів визначається величиною навантаження на окремі елементи роликів і точністю їхнього взаємного пригону, а також ефективністю дії ущільнень між елементами, що взаємно переміщаються, і якістю застосованого змащення.

Виділяються наступні основні ознаки ушкоджень ролика: 1 - ушкодження оболонки ролика; 2 - ушкодження підшипника кочення (або ковзання); 3 - ушкодження обичайки ролика; 4 - ушкодження сполучних поверхонь окремих елементів; 5 - ушкодження ущільнювальних прокладок; 6 - ушкодження осей роликів; 7 - ушкодження опорних шийок; 8 - ушкодження підшипникових обойм.

Елементи опорних роликів можуть піддаватися ушкодженням як внаслідок зношування й тривалих навантажень, так й у результаті окремих силових впливів.

Аналіз і залежності розглянутих навантажень і технічного стану роликів показав, що найбільш ненадійним його елементом є підшипникові вузли, особливо верхні, які навіть при малому навантаженні швидше виходять із ладу. На працездатність підшипникових вузлів впливають і циклічні навантаження, викликані вигином осі ролика при навантаженні, особливо при наявності у вантажопотоці великих кусків з малою кількістю підсилення. При зустрічі куска з роликом відбувається імпульсна й ударна взаємодія. Імпульсна взаємодія полягає в зміні впливу куска вантажу в момент заходу на ролик. Навантаження з розподіленого стає зосередженим на площадці виступу куска. Різницею деформацій і визначається динаміка взаємодії куска з роликом. Ударна взаємодія виникає через розбіжність векторів швидкості куска й стрічки при підході до роликів.

На термін служби підшипникових вузлів істотно впливають циклічні навантаження, викликані вигином осі ролика при навантаженні й радіальним биттям при різностінності корпусу. При значенні невірноваженої відцентрової сили, близької до статичного навантаження, з'являється зношування шийок осей і підшипників.

Ушкодження роликів стрічкового конвеєра можна розділити на два види:

ушкодження викликані природним зношуванням елементів ролика;

ушкодження викликані внаслідок поламки окремих елементів конвеєра (вторинні поламки).

Основна причина передчасної відмови роликів - заклинювання підшипників через порушення роботи ущільнень, які зношуються в результаті влучення в підшипник атмосферних опадів, агресивного середовища, абразивних часток вантажу, що транспортується. У середньому 66% відмов роликів доводиться на засмічення підшипників пилом і потрапляння в них вологи. Для роликів з кульковими підшипниками характерне збільшення кільцевих зазорів, а для роликів з конічними підшипниками - збільшення люфтів. Основними причинами виходу з ладу підшипників кочення при природному зношуванні є ушкодження жолобів, кілець й елементів кочення, що виникають від втоми матеріалу, а також зношування робочих поверхонь.

Найменування деталей, що зношуються, і причини зношування роликів наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Найменування деталей, що зношуються, і причини зношування роликів

Найменування деталей	Причини зношування й виходу з ладу роликів
Корпус ролика (обичайка) футерування	Биття й перекоси через неточність виготовлення й монтажу Абразивна взаємодія з вантажем і стрічкою, особливо при гальмуванні. Ударна взаємодія стрічки з вантажем
Шийки осей ролика, висі ролика	Биття й перекоси через неточне виготовлення й монтаж. Ударна взаємодія стрічки й вантажу
Ущільнення	Неточність виготовлення й монтажу Засмічення частками пилу. Вплив вологи й температури
Підшипники	Биття й перекоси через неточне виготовлення й монтаж Засмічення частками пилу. Вплив вологи й температури. Відсутність або недостатність змащення, погана його якість

Руйнування окремих елементів підшипника викликає зміну параметрів вібрації, підвищен-

ня температури, порушення робочої функції (тобто відсутність обертання), опускання ролика відносно нормального положення. Всі ці відхилення від нормального технічного стану характеризуються відповідними діагностичними ознаками.

Аналіз діагностичних ознак технічного стану роликів, методів їхнього визначення, а також завдань, поставлених вище, дозволив виділити як найбільш надійний і точний - температурний.

При цьому діагностика несучих роликів стрічкового конвеєра здійснюється різними методами, основними з яких є використання теплових або індуктивних датчиків з феромагнітних сплавів, які монтуються в стрічку, а також реалізація температурного контролю в запобіжній системі конвеєра.

Створення автоматизованої системи діагностики технічного стану обладнання стрічкового конвеєра з регульованим приводом викликало необхідність розробки нових способів діагностики роликів на основі обраної діагностичної ознаки.

Спосіб полягає у визначенні й порівнянні температури поверхні стрічки й поверхні закриваючого механізму датчика інфрачервоного випромінювання.

При цьому робимо діагностичну зупинку конвеєра на заданий час для нагрівання поверхні стрічки несправними роликами, вимір температури навколишнього середовища й температури стрічки під час наступного діагностичного запуску конвеєра за допомогою датчика інфрачервоного випромінювання, вимірюємо кількість імпульсів, що відповідають проходженню міток, нанесених на барабан конвеєра, із кроком, кратним відстані між його роликпоперами, визначаємо час, що пройшов з початку діагностичного запуску конвеєра, з обліком якого коригуємо величину температури нагрітої поверхні стрічки до величини, що характеризує початкове нагрівання роликами, визначаємо відхилення скоригованої температури над температурою навколишнього середовища й зрівнюємо його із гранично допустимим відхиленням, при цьому визначення наявності несправних роликів ведемо по перевищенню гранично допустимого відхилення, а визначення місця їхнього положення здійснюємо за кількістю імпульсів.

Як відомо, зменшення температури нагрітої поверхні залежно від часу  $\tau$  відбувається за експонентним законом  $t_{zm} = t_{naz} \cdot e^{-\alpha\tau}$ , де стосовно до стрічкового конвеєра:  $t_{zm}$  - вимірювана температура поверхні стрічки;  $t_{naz}$  - температура нагрівання ділянки стрічки від дефектних роликів;  $\alpha$  - коефіцієнт, що характеризує швидкість охолодження матеріалу (гуми);  $\tau$  - час від початку повторного (діагностичного) запуску до моменту виміру. Тоді  $t_{naz} = t_{zm} \cdot e^{\alpha\tau}$ . Врахування цього фактору дозволяє підвищити точність виявлення дефектних роликів, що особливо важливо на довгих конвеєрах, тому що ділянки стрічки, нагріті дефектними роликами, просуваючись на заданій (зниженій) швидкості до місця установки датчика, прохолоджуються й можуть досягти температури, що запобіжна система, що не враховує швидкості охолодження, може не виявити.

**Висновки та напрямок подальших досліджень.** Існуючі методи діагностування технічного стану й прогнозування працездатності конвеєрної установки недостатньо ефективні. Багато які з них вимагають зупинки встаткування на огляд, дослідження, що передбачає також часткове його розбирання. У цьому зв'язку, назріла необхідність повніше досліджувати стрічковий конвеєр як об'єкт діагностування, розробити прогресивні й технічно реалізовані способи й пристрої, на базі яких сформувані принципи автоматизованої системи діагностування й прогнозування.

Нові можливості в роботі й застосуванні системи діагностування й прогнозування з'являються при експлуатації стрічкового конвеєра, постаченого регульованим приводом й автоматичною системою керування режимами транспортування.

#### Список літератури

1. Гуленко Г.Н. Совершенствование средств для предупреждения разрушения и контроля целостности конвейерных лент в СССР и за рубежом. - М.: Черметинформация. - 1986. - 37с.
2. Монастирський В.Ф., Плахотник В.И. Прогнозування технічного стану стрічкових конвеєрів за допомогою діагностики. Шахтний і кар'єрний транспорт. - М.: Надра, 1986. - Вып. 10. - С. 38-42.
3. Технічні засоби діагностування: Довідник. В.В. Ключев, П.П. Пархоменко, В.Л. Абрамчук й ін.; Під заг. ред. В.В. Ключева. - М.: Машинобудування, 1989. - 672 с.
4. Вібрація й вібродіагностика суднового електроустановування. Александров А.А., Барків А.В., Баркова Н.А., Шафранський У.А. - Л.: Суднобудування, 1986. - 276 с.
5. Воробйов В.А., Тубис А.Б., Нікітіна И.В. Стан і перспективи вдосконалювання температурного захисту електродвигунів. Електротех. пр-сть. Сірий. 07. Електр. апарати й пристрої низької напруги: Огляд інформ. - 1990. - Вып. 15. - 36 с.
6. Генкин М.Д., Соколова А.Г. Віброакустична діагностика машин і механізмів. - М.: Машинобудування, 1987. - 288 с.

7. Тиханський М.П., Єфіменко Л.І. Методи й системи діагностики та прогнозування технічного стану стрічкових конвеєрів / Вісник КТУ. Збірник наукових праць. Вип.21.- Кривий Ріг-2008.- С.163-167
8. Савицький О.І., Єфіменко Л.І. Вплив вибору конструктивних параметрів конвеєра на його експлуатаційні характеристики / Механобрчермет «Енергосбереження в технології, техніке при переробці мінерального сировини» Сб. научних трудов ОАО НИПИ - Кривий Ріг: Изд-во Механобрчермет.-2010.-Вип.46.- С.59-68.
9. Тиханський М.П., Єфіменко Л.І. Принципи побудови автоматизованої системи діагностики технічного стану конвеєра / Вісник КТУ. Збірник наукових праць. Вип.25.- Кривий Ріг-2010.- С.250-254
10. Єфіменко Л.І., Тиханський М.П. Діагностическіє признакі і моделі технічєского состоєння привоного двигатєля / Вісник КТУ. Збірник наукових праць. Вип.28.- Кривий Ріг-2011.- С.213-218
11. Савицький А.І., Єфіменко Л.І. Діагностика електродвигатєлєй і параметров конвеєрє по сигналу мощності (тока) / Новое в технології і технікє перєработкі мінерального сировини» Сб. научних трудов ПАО НИПИ «Механобрчермет» - Кривий Ріг: Изд-во Механобрчермет.-2011.- С.208-215
12. Назарєнко В.М., Тиханський М.П., Єфіменко Л.І. Методы вибродіагностики механізмєв лєн точного конвеєрє. Вибрация и вибродіагностика. Проблемы стандартизации. Тєз. докл. 3 Всєсоюз. конф.-Нижний Новгород 1991.с. 78-79.

Рукопис подано до редакції 12.04.2018

УДК 622. 807

О. Є. ЛАПШИН, д-р техн. наук, проф., О. О. ЛАПШИН, д-р техн. наук, доц.,  
Д. О. ЛАПШИНА, канд. техн. наук, ст. викладач, Криворізький національний університет

### ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ РУДНИКОВОГО ПОВІТРЯ В ГІРНИЧИХ ВИРОБКАХ ШАХТ

**Метою цього дослідження** є підвищення ефективності очищення рудникового повітря, яке здійснюється за допомогою гідравлічної завіси високого гідростатичного тиску.

**Метод дослідження.** Застосовувався комплексний метод дослідження основних параметрів цього способу якими є: дисперсність крапель і відносна швидкість їх польоту, щільність водного аерозолу, розміри зони зрошення, ступінь турбулізації забрудненого потоку, напрямок руху забрудненого повітря і струменя гідравлічної завіси. Величини отриманих параметрів зрошення залежать від механізму уловлення шкідливих домішок і коливаються у широких межах.

**Новизна отриманих результатів** полягає у тому, що при диспергуванні води за допомогою завіси високого тиску водний аерозоль утворює електростатичне поле негативної полярності, а ступінь електрзарядженості факелу залежить від тиску води в трубопроводі.

**Практична цінність** запропонованого способу очищення рудникового повітря визначається тим, що його використання в умовах гірничих виробок дає можливість знизити концентрації пилу і шкідливих газів у повітрі до санітарних норм. Гідравлічна завіса спрямовується на забруднене повітря, її факел розширюється під кутом  $12^{\circ} 25'$  і розповсюджується у виробці, утворюючи при цьому зрошувальний простір, в якому відбуваються процеси конденсації вологи на поверхні пилу і адсорбції газів на краплях води. Наявність електростатичного поля негативної напруженості в межах 500-600 В/м підсилює коагуляцію змоченого пилу і адсорбцію газів в зрошувальному просторі. Гідравлічні завіси діють в автоматичному режимі і регулюються в залежності від ступеня забруднення повітря шляхом змінення тиску води що надходить в завісу.

**Результати випробувань** завіси засвідчили, що ефективність очищення повітря залежить від наступних параметрів: вмісту вологи у потоці водоповітряної суміші – щільності зрошення  $q$ , г/м<sup>3</sup>; середнього діаметру крапель води у струмені  $d_c$ , мкм; напруженості електростатичного поля  $E$ , В/м; загальної електричної зарядженості аерозолу  $Q_z$ , нКл/кг. Випробування гідравлічної завіси здійснювалося в умовах промислових майданчиків і в гірничих виробках шахт Кривбасу. Завіса діє в автоматичному режимі і регулюється в залежності від ступеня забруднення рудникового повітря шляхом змінення тиску води у підвідному трубопроводі.

**Ключові слова:** повітря, шахта, вода, завіса, коагуляція пилу, адсорбція газів.

doi: 10.31721/2306-5451-2018-1-46-141-147

**Проблема та її зв'язок з науковими і практичними задачами.** Актуальність досліджуваної проблеми пролягає у тому, що видобування залізних руд супроводжується надходженням в рудникову атмосферу шкідливого пилу і отруйних газів. Розробці заходів захисту рудникової атмосфери від забруднення присвячені роботи ведучих наукових установ України та зарубіжних організацій. Незважаючи на значні досягнення у цьому напрямку рівень забруднення повітря в гірничих виробках залишається високим.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Вагомий внесок у вирішенні цієї задачі внесли відомі учені, серед яких роботи В. П. Журавльова, Ф. Г. Гагауза, В. Б. Гого, В. В. Кудряшова,

© Лапшин О. Є., Лапшин О. О., Лапшина Д. О., 2018