

джувані об'єкти), який у подальшому буде слугувати навчаючою вибіркою для нейронної мережі. Також, головною проблемою даного виду шумів, є спотворення корисного сигналу у випадку, коли частоти шуму та корисного сигналу співпадають, що, у свою чергу, може призвести до неправильного розпізнавання дефектів електрообладнання. Тому необхідно використовувати додаткові фільтри сигналу.

Застосування паралельних та розподілених обчислень дозволило реалізувати кластерну модель СППР на підприємстві ПП «ФЕРРОВТОР», яка дозволяє підвищити продуктивність системи в цілому, і враховує індивідуальні властивості досліджуваних об'єктів.

Розроблене програмне забезпечення на основі запропонованих рішень пройшло ряд промислових випробувань на ПАТ «Інгулецький ГЗК» у процесі моніторингу поточного стану електрообладнання, та було впроваджено на підприємствах ПП «ФЕРРОВТОР» та ТОВ «НБС Технологія».

Висновки та напрямок подальших досліджень. Удосконалено інформаційну технологію ідентифікації двигуна у електромережі на основі спектр-струменевого аналізу вищих гармонік, які утворює АД, яка відрізняється автоматичним створенням еталонного зразку роботи двигуна шляхом запам'ятовування спектрального шуму роботи та порівнянням його із поточним, що дозволяє підвищити ефективність розпізнавання аварійних режимів електродвигуна на основі стійкості визначення параметрів двигуна у відповідності до статичних та динамічних навантажень.

На основі отриманих результатів доцільно проводити дослідження в напрямку створення інтелектуальної САПР моніторингу поточного стану асинхронних двигунів у комплексі із іншими типами двигунів.

Список літератури

1. Серый Е.В. Рейтинг дефектов низковольтных электродвигателей. /Рынок Электротехники, № 2, 2007 г.
2. Петухов В.С., Соколов В.А. Диагностика состояния электродвигателей на основе спектрального анализа потребляемого тока. Журнал "Новости Электротехники" № 1(31) 2005. стр. 23.
3. Mohamed El Hachemi Benbouzid/ Induction Motors' Faults Detection and Localization Using Stator Current Advanced Signal Processing Techniques / IEEE TRANSACTIONSON POWE RELECTRONICS, VOL.14,NO.1,JANUARY1999
4. Каган А.В. / Математическое моделирование в электромеханике ч.2 письменные лекции. СПб: СЗТУ, 2002 - 13 с.
5. Кузнецов Д.І. Експертна система розпізнавання дефектів електрообладнання / Д.І. Кузнецов, А.І. Купін // Інформаційні управляючі системи та комп'ютерний моніторинг: зб. матеріалів III всеук. наук.-техн. конф. 2012. - Донецьк.: ДонНТУ, 2012. - С. 185-187.

Рукопис подано до редакції 17.03.14

УДК 622.684

А.В. ВЕСНІН, канд. техн. наук, доц., В.О. СІСТУК, канд. техн. наук,
А.О. БОГАЧЕВСЬКИЙ, аспірант, Криворізький національний університет

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗАЛІЗОРУДНОГО І ВУГІЛЬНОГО ПИЛУ У КОНТЕКСТІ ЇХ ВПЛИВУ НА НАРОБІТОК КОМПОНЕНТІВ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ ТРАНСМІСІЇ КАР'ЄРНИХ САМОСКИДІВ

На основі аналізу простоїв кар'єрних самоскидів БелАЗ-75131, що зайняті при перевезеннях гірничої маси на залізрудних кар'єрах Криворізького регіону і вугільних розрізах Кузнецького басейну, встановлено, що на залізрудних кар'єрах простої по причині технічних впливів на електромеханічне обладнання самоскидів виникають на 43 % частіше. Результати дефектоскопічного аналізу елементів тягових електричних машин даних самоскидів показують, що кількість випадків пробоїв і зносу ізоляції обмоток, виходу із строю щіток, перекидання дуги по колектору двигуна у порівнянні з такими ж несправностями тягових машин, якими комплектуються аналогічні самоскиди вугільних розрізів, більше на 33,2 %. Для пошуку причини цієї проблеми було проаналізовано гірничотехнічні умови експлуатації даної моделі самоскида на родовищах двох басейнів. Встановлено, що гірничотехнічні умови та якість сервісного обслуговування суттєво не впливають на виникнення виявленої різниці у кількості несправностей такого характеру. Оскільки найбільший відсоток несправностей займають саме знос ізоляції обмоток двигунів, висунуто припущення, що причиною цього негативного процесу є потрапляння з охолоджуючим повітрям у внутрішні порожнини тягових машин високодисперсного залізрудного пилу, який, у порівнянні із вугільним пилом, має високі показники залишкової намагніченості і схильності до налипання, утворюючи струмопровідні скупчення.

Проблема та її зв'язок з науковими та прикладними завданнями. Сучасний розвиток відкритих розробок у всьому світі характеризується збільшенням продуктивності кар'єрів за рахунок прискорення темпів їх заглиблення. Це вимагає забезпечення максимальних показників використання комплексів машин, що зайняті на виробництві гірничих робіт. Дане питання особливо стосується тих транспортних засобів, які перевозять основну частину корисних копалин, що видобуваються у Криворізькому регіоні. До них відносяться самоскиди БелАЗ серії 7513, обладнані електромеханічною трансмісією змінно-постійного струму. Проте задоволення вимоги щодо підвищення продуктивності кар'єрних самоскидів ускладнюється наявністю простоїв даної техніки, більшість з яких мають організаційно-технічний характер. При цьому для самоскидів з електромеханічною трансмісією з фінансовою точки зору вагоме значення мають саме ті простоя, які викликані несправностями тягових електричних машин внаслідок великої балансової вартості останніх. Наприклад, на одному з кар'єрів регіону вихід з ладу компонентів тягового приводу викликав збільшення долі часу простоїв самоскидів БелАЗ-75131 до 17 % від сумарного часу, що витрачається на їх ремонт і технічне обслуговування. За період у 6 місяців на виконання операцій з усунення несправностей компонентів трансмісії було витрачено 1578 годин, що обумовило зменшення об'ємів перевезення гірничої маси на 66306 м³. Для компенсації таких збитків одному самоскиду необхідно провести 65 діб у безперервній роботі.

Отже, зважаючи на загострення питання наробітку тягових електричних машин, було проведено дослідження виходу за ладу їх елементів на основі інформації, яка була представлена заводом-виробником кар'єрної техніки «БелАЗ» на підставі договору від 20.01.2011 № 600-10242 «Про співпрацю в підвищенні ефективності експлуатації техніки «БелАЗ» і підготовки кваліфікаційних кадрів в Україні» між Криворізьким технічним університетом (нині Державний вищий навчальний заклад «Криворізький національний університет»), ВАТ «Білоруський автомобільний завод» (нині Холдинг «БелАЗ-Холдинг») та ВАТ «БелАЗ Сервіс Україна» (нині ТОВ «Сервісний торгово-логістичний центр БелАЗ Україна»).

У результаті аналізу отриманих даних встановлено, що для кар'єрних самоскидів БелАЗ-75131 спостерігається збільшення кількості несправностей електричних машин порівняно з машинами самоскидів тієї ж моделі, які виконують перевезення в подібних гірничотехнічних умовах на вугільних розрізах Кузнецького басейну.

У зв'язку з цим, актуальним питанням становиться виявлення причин збільшення несправностей елементів тягових електричних машин кар'єрних самоскидів, що працюють на кар'єрах Криворізького регіону, для скорочення організаційно-технічних простоїв самоскидів і витрат на ремонт тягового обладнання, що в загальному підсумку направлено на забезпечення зменшення собівартості транспортування корисних копалин автомобільним транспортом.

Аналіз досліджень і публікацій. У теперішній час велика увага приділяється технічному стану промислового транспорту, розробці та удосконаленню технологічних транспортних схем і вантажопотоків на кар'єрах, розвитку сервісної мережі кар'єрних самоскидів в Україні, вибору організації заміни нових та відремонтованих агрегатів кар'єрних самоскидів [2-5]. Однак існуючі дослідження не розкривають природи негативних факторів, що сприяють виходу з ладу компонентів електромеханічної трансмісії самоскидів Криворізьких кар'єрів.

Постановка задачі. Метою дослідження є виявлення причин збільшення кількості несправностей елементів тягових машин кар'єрних самоскидів, які відбуваються в умовах залізрудних кар'єрів, що не характерно для вугільних розрізів, на основі аналізу факторів, які впливають на спрацювання окремих елементів тягового електроприводу.

Викладення матеріалу і результати. Порівняльний аналіз відсоткового співвідношення простоїв, викликаних необхідністю технічного обслуговування і ремонту основних компонентів електромеханічної трансмісії проведено для кар'єрних самоскидів БелАЗ-75131, які зайняті при перевезенні гірничої маси на залізрудних Криворізьких кар'єрах та розрізах УК «Кузбасрозривугілля».

На підставі аналізу даних технічної документації у вигляді карток обслуговування автомобільного парку на типових кар'єрах Кривбасу та вугільних розрізів Кузбасу за період з 01.01.2012 по 01.06.2013, отриманої в рамках зазначеного вище договору та показників часу простоїв самоскидів зо причини сервісного обслуговування, профілактичних та відновлювальних ремонтів компонентів трансмісії, представлених у відкритих літературних джерелах [0,7], було зроблено вибірку з самоскидів, фактично однакових за роком введення в експлуатацію та напрацюванням.

Порівняльну гістограму простоїв, виникаючих внаслідок технічних впливів на агрегати електро-механічної трансмісії самоскидів Кузнецького та Криворізького басейнів, представлено на рис. 1.

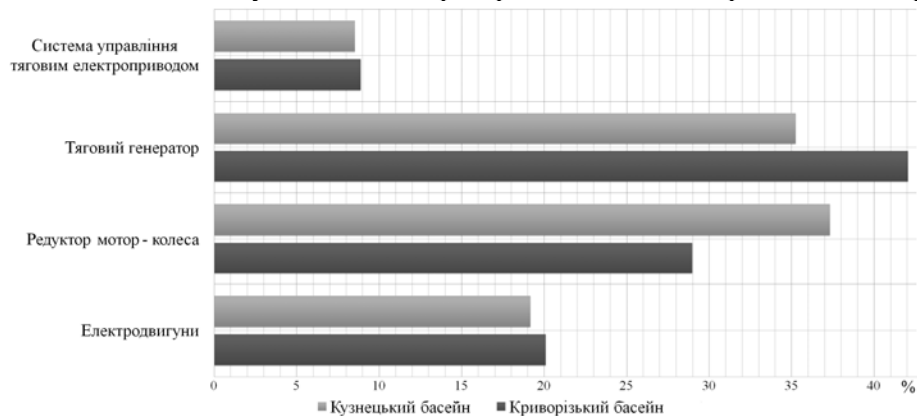


Рис. 1. Гістограма фактичних простоїв по причині технічних впливів на компоненти електромеханічної трансмісії БелАЗ-75131

З гістограми простоїв можна бачити, що на ремонт або заміну тягових електричних машин (тяговий генератор і електродвигун) припадає 62 % від загальних простоїв тягового приводу для самоскидів Криворізького регіону та 54 % - для самоскидів Кузбасу. При цьому випадки простоїв, зв'язаних з ремонтом тягового генератора зустрічаються на Криворізьких кар'єрах на 24 % частіше, а електродвигуна - на 14 %.

У той час, кількість відмов механічної частини трансмісії переважає саме для вугільних розрізів. Так, у 2008 р., з причини відмови редуктора-мотор колеса Кедровським розрізом було втрачено 18286,7 мотогодин (26,05 % від загального часу простоїв), Моховським - 5855,7 мотогодин (45,63 %), Бачатським - 23100,8 мотогодин (29,86 %) і Калтанським розрізом - 10977,4 мотогодин (31,83 %). У цілому по причині відмови редуктора розглянутими шістьма розрізами УК «Кузбасрозрізвугілля» втрачено 80699,7 мотогодин, що склало 23 % від загального часу простоїв технологічного автотранспорту [0].

Основними причинами, що викликають порушення працездатності генератора і тягового електродвигуна, є зниження опору ізоляції обмоток, пробій ізоляції обмотки на корпус, надмірне іскріння під щітками, розпаювання обмотки статора або її виводів у лобовій частині, вигоряння виводів котушок полюсів ротора або їх перемичок, вигоряння або обрив з'єднувальної шини між обмоткою збудження та контактними кільцями, міжвіткове замикання в обмотках, перекидання по колектору електричної дуги, розрив і розмотування склобандажу обмотки якоря. Крім того, робота тягових електричних машин характеризується підвищеним нагрівом контактних кілець і підшипників [0].

Розподіл названих причин, що викликають зменшення ресурсу і збільшення вірогідності відмови тягового генератора і електродвигуна, встановлено за результатами дефектоскопії (рис. 2).

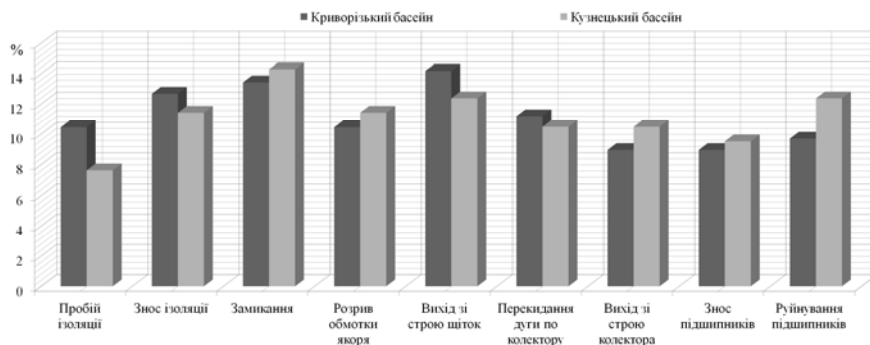


Рис. 2. Розподіл причин порушення працездатності тягового генератора і електродвигуна за результатами дефектоскопії

Для тягових електричних машин самоскидів БелАЗ-75131, які працюють на Криворізьких кар'єрах, характерним є пробій і знос ізоляції обмоток, вихід із строю щіток, перекидання дуги

по колектору. У порівнянні з генераторами і двигунами самоскидів Кузбасу, кількість даних несправностей більше на 42,0; 29,4; 31,5; 26,6 % відповідно, а у середньому - на 32,3 %, що є суттєвими показниками.

З метою усунення більшості з перерахованих пошкоджень потрібне розбирання агрегату і заміна або ремонт його складових частин, що потребує значних витрат часу і призводить до збільшення частки простоїв самоскидів [0]. Згідно даних вищезгаданих карток обслуговування, встановлено, що 13,1 % від сумарного часу простоїв кар'єрного автотранспорту припадає саме на усунення несправностей агрегатів електричної частини тягового приводу. У загальному виразі, незалежно від кліматичної зони та виду корисної копалини, що транспортується, основна доля простоїв кар'єрної техніки викликана наявністю організаційно-технічних причин. Вона досягає 88 % від загальної кількості простоїв самоскидів на залізрудних кар'єрах Криворізького регіону та відповідно 94 % на вугільних розрізах Кузнецького басейну [0].

Збільшення кількості пробітів і інтенсивності зносу ізоляції обмоток, вихід із строю щіток і перекидання дуги по колектору тягових електричних машин, що встановлено методом дефектоскопії, може виникати внаслідок інтенсивного нагріву тягових електричних машин [10]. У зв'язку з цим, необхідною стає оцінка температурного режиму роботи тягових електродвигунів, який залежить від конкретних гірничотехнічних умов роботи кар'єрного самоскида.

Для встановлення ступеня впливу гірничотехнічних умов залізрудних кар'єрів Криворізького басейну та вугільних розрізів Кузнецького на нагрів тягових електричних машин виконано їх порівняння.

Залізрудні кар'єри Криворізького регіону характеризуються глибоким заляганням продуктивних пластів, значною глибиною розробки, невеликими розмірами робочої зони у нижній частині [0]. Продуктивні відкладення Кузнецьких розрізів складає група пластів з пологим заляганням крил [11]. У табл. 1 представлено гірничотехнічні умови і показники використання кар'єрної техніки БелАЗ на гірничих підприємствах, що розглядаються. Для Інгулецького й Петровського кар'єрів середня відстань перевезень і коефіцієнти використання вантажопідйомності визначено відповідно даних бортових контролерів системи контролю завантаження і витрат пального СКЗіП.

Таблиця 1

Гірничотехнічні умови експлуатації кар'єрних самоскидів БелАЗ-75131 на кар'єрах Кривбасу і розрізах Кузбасу

Залізрудний кар'єр Криворізького басейну	Вугільний розріз Кузнецького басейну	Параметри					
		глибина кар'єру, м		середня відстань перевезень, км		середній коефіцієнт використання вантажопідйомності	
Ингулецкий	Талдинский	360	120	2,3	3,2	0,921	0,930
Кар'єр ПівдГЗК	Бачатський	385	320	2,6	3,6	0,900	0,913
Глеюватський	Червонобродський	382	280	3,2	2,6	0,910	0,930
Ганівський	Калтанський	300	174	3,5	2,0	0,890	0,900
Першотравневий	Мохівський	380	104	3,4	4,0	0,920	0,910
Петровський	Кедровський	300	230	2,8	2,1	0,870	0,920
Середнє значення		351	204	3,0	2,9	0,900	0,916

Як видно з табл. 1, незважаючи на суттєву різницю у глибині розробок, середня відстань транспортування гірничої маси автомобільним транспортом становить 3,0 і 2,9 км для Криворізького і Кузнецького басейнів відповідно. Великі відстані транспортування на кар'єрах пояснюються їх значними глибинами, а на розрізах - їх протяжністю. Так, експлуатаційні дільниці Мохівського розрізу віддалені на відстані від 5 до 25 км [0]. При середній різниці глибин родовищ порівнювальних басейнів у 153 м, середньозважений повздовжній ухил трас на залізрудних кар'єрах складає 6 %, а на вугільних розрізах - 5 % [0]. Іншим показником, що впливає на температурний режим роботи тягових електродвигунів є коефіцієнт використання вантажопідйомності машин, який визначає вертикальні навантаження на деталі підвіски, раму, платформу й необхідну тягову силу. Для залізрудних кар'єрів та вугільних розрізів його середнє значення становить 0,900 й 0,916 відповідно, що обумовлює порівняні величини вертикальних навантажень.

Отже, родовища розглянутих басейнів дуже близькі за гірничотехнічними умовами і показниками, а саме, відстанню транспортування, повздовжнім ухилом трас, коефіцієнтом викорис-

тання вантажопідйомності самоскидів, що обумовлює роботу тягових електродвигунів у фактично ідентичних діапазонах навантажень.

На цьому підґрунті та після проведення розрахунків нагріву тягових електродвигунів за існуючою методикою [0], встановлено, що для самоскидів, зайнятих на двох басейнах, двигуни будуть мати практично однакові показники інтенсивності нагріву, які наближаються до максимальних значень, але їх не перевищують.

Отже, гірничотехнічні умови експлуатації кар'єрного автотранспорту не можуть створити суттєвої різниці у кількості відмов окремих елементів тягових електричних машин.

Відомо, що однією з причин спрацювання елементів тягового приводу кар'єрного самоскида може бути якість сервісного обслуговування даної техніки [0]. Навіть поверхневий аналіз цього питання дозволяє стверджувати, що вона особливо не відрізняється для гірничодобувних підприємств, що порівнюються, оскільки регіональні сервісні центри «БелАЗ» здійснюють операції з технічного і гарантійного обслуговування згідно стандартів підприємств СТП 2158, 2164, 0050 та відповідають високим стандартам якості ISO 9001 на кожному з цих підприємств [0].

Продовжуючи розгляд умов виникнення несправностей внутрішніх елементів тягових електричних машин, будемо спиратися на їх характер, а саме, те, що більшість з них пов'язана із спрацюванням ізоляції обмоток (див. рис. 2). Відомо, що основною причиною даного руйнівного процесу є різке зниження їх електричної міцності внаслідок забруднення при потраплянні у середину тягових електричних машин промислового струмопровідного пилу. При накопиченні певного об'єму пилу ізоляція обмоток втрачає механічну міцність, стає крихкою та гігроскопічною [0].

Вірогідність потрапляння струмопровідного пилу у внутрішні порожнини корпусів тягових машин безпосередньо залежить від чистоти охолоджуючого повітря системи вентиляції та охолодження кар'єрного самоскида, яка забезпечує забір повітря з найменш запиленої зони самоскида і примусове його очищення від сторонніх домішок через циклони, змонтовані на силовій шафі. При цьому забезпечується притік повітря по усмоктувальному повітропроводу у вхідний патрубок тягового генератора, по нагнітальному повітропроводу і каналам у корпусах редукторів мотор-колес - у вентилятор охолодження тягових двигунів і картер заднього моста, а вихід повітря - через вентиляційні вікна заднього моста [0].

Конструкція фільтруючого елемента передбачає можливість уловлювання 95 % загального об'єму пилу із розміром часток 10 мкм й 83 % - при діаметрі часток 5 мкм [0].

Для оцінки можливості потрапляння промислового пилу у середину тягових машин представимо відсотковий розподіл максимальних фракцій залізрудного і вугільного пилу, які утворюються при буровибухових роботах, екскавації й транспортуванні гірничої маси (див. рисунок 3). Розглядаючи дисперсний склад промислового пилу з урахуванням різних факторів пилоутворення, слід відмітити, що більшість часток пилу мають високу дисперсність. Спостерігається велика розбіжність у максимальному відсотку вискодисперсної фракції до 5 мкм залежно від виду промислового пилу: у загальному об'ємі залізрудного пилу дана фракція складає 48 %, а у об'ємі вугільного - вже 95 %. При цьому фільтр системи вентиляції та охолодження допускає проникнення 17 % часток пилу повітря діаметром до 5 мкм і 5 % - від 5 до 10 мкм. Область фракцій високодисперсного пилу, які не затримуються фільтром, становлять частки із розміром до 10 мкм, що виділено окремим кольором на рис. 3.

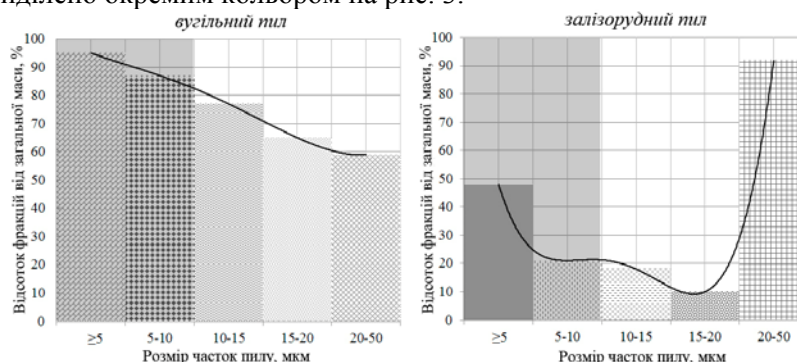


Рис. 3. Відсотковий розподіл максимальних фракцій залізрудного і вугільного пилу

Отже, фільтрувальної здатності циклону недостатньо для повного уловлювання високодисперсного промислового пилу, що обумовлює його потрапляння до внутрішніх порожнин корпусів тягових машин.

Для підтвердження можливості впливу промислового пилу на спрацювання елементів тягової машини необхідно розглянути його фізико-механічні, магнітні та електропровідні властивості (табл. 2), дослідженнями яких займалися такі вчені і спеціалісти як Батугін С. А., Москжерин В. В., Смірнов А. Ф., Сарманов И. С., Тохтюев Г. В., Борісенко В. Г., Тітлянов А. А., Бублик Ф. П., Яворський Б. І., Койфман М. І., Чірков С. Є., Скрябін Л. Я. [14-20].

Таблиця 2

Основні фізико-механічні, магнітні та електропровідні властивості залізорудного та вугільного пилу

Показник	Залізорудний пил	Вугільний пил
Механічні властивості		
Питома вага, г/см ³	1,3	1,3-1,5
Середній вихід летких речовин, %	18-25	33-39
Вологість, %	0,3-0,5	2,1
Магнітні властивості		
Класифікація	феромагнетик	парамагнетик
Середнє значення точки Кюрі, °С	850-900	100-150
Електричні властивості		
Класифікація	сильний електропровідник	напівпровідник (іноді діелектрик)
Діелектрична проникність	31000-45000	16-25
Питомий електроопір, Ом·м	$1,6 \cdot 10^4 = 3,9 \cdot 10^4$	$9 \cdot 10^6 - 6,5 \cdot 10^7$

Згідно досліджень названих вчених, існує чітка залежність між фізико-механічними властивостями пилу й властивостями твердого тіла, з якого він утворений. Однією з таких властивостей є питома вага, тобто та, яка звільнена від повітря та не має зв'язків з водою, але містить у собі мінеральні домішки. З табл. 2 можна бачити, що питома вага залізорудного пилу складає 1,3 г/см³, а вугільного пилу знаходиться в діапазоні 1,3-1,5 г/см³. За рахунок збільшення питомої ваги вугільних домішок у повітрі легкість даного пилу зростає майже у 2 рази в порівнянні з залізорудним пилом. З одного боку, значна легкість вугільного пилу відіграє важливу роль, оскільки у такому разі його більша кількість може потрапити до середини тягової машини. З іншого боку, вугільний пил, не маючи схильності до намагнічування та налипання, може з легкістю продуватися крізь машину з охолодженим повітрям та виходити назовні через її вентиляційні вікна за рахунок створюваного внутрішнього тиску. Але все ж слід зазначити, що вугільний пил містить на 14-23 % більше вологи у порівнянні із залізорудним, тобто він дещо більше схильний до гігроскопічності, що може призвести до утворень місцевих забруднень.

Однак найсуттєвіший вплив на знос і пробій ізоляції обмоток мають саме електромагнітні властивості, які досить різні залізорудного та вугільного пилу. Перш за все, це пов'язано з тим, що залізорудний пил відноситься до класу феромагнетиків, особливістю яких є можливість спонтанного намагнічування за рахунок зовнішнього магнітного поля, а вугільний пил, у свою чергу, є парамагнетиком, величина магнітного поля якого в більшості випадків або наближається до мінімальних значень або зовсім відсутнє.

Для визначення переходу елементів пилу з феромагнітного в парамагнітний стан, зазвичай використовують точку Кюрі, у якій практично зникає спонтанне намагнічування. Для залізорудного пилу діапазон точки Кюрі становить 850-900 °С, а для вугільного – 100-150 °С. Якщо робоча температура елементів тягового електродвигуна досягає 180°С, що перевищує точку Кюрі, вугільний пил потрапляючи до його середини, втрачає навіть остаточні магнітні властивості. Залізорудний пил, навпаки, зберігає магнітні властивості, маючи великі значення температури Кюрі, які не можуть бути досягнуті у середині тягових машин.

Інтенсивна взаємодія магнітного поля залізорудного пилу із магнітним полем тягової електричної машини може спровокувати забруднення складних по формі елементів корпусу, ізоляції обмоток. При високій вологості оточуючого повітря струмопровідні скупчення сприяють виникненню плівки води на лаковому покритті ізоляції. Через тріщини й пори волога і частинки пилу потрапляють всередину ізоляції, знижуючи її електричний опір.

Електричні властивості залізородного та вугільного пилу також мають суттєво різний характер. Залізородний пил за рахунок свого елементного складу входить до класу найвищих електропровідників, а вугільний – до класу напівпровідників, а інколи діелектриків. Основними електричними властивостями промислового пилу є питомий електроопір та діелектрична проникність. Питомий електроопір вугільного пилу з підвищенням температури з 20°C до 200°C змінюється від $9 \cdot 10^6$ до $6,5 \cdot 10^7$ Ом·м, а залізородний пил у тих же межах теплового нагріву, в свою чергу, - від $1,6 \cdot 10^4$ до $3,9 \cdot 10^4$ Ом·м. Діелектрична проникність має наглядну різницю між залізородним та вугільним пилом майже в 5000 разів. Наявність такої різниці дозволяє думати, що можливі випадки, коли під впливом електричної напруги залізородних часток пилу, які потрапили у тріщини лакового покриття обмоток, останнє втрачає ізоляційні властивості, що призводить у кінцевому підсумку до пробую ізоляції.

Таким чином, промисловий пил даних типів відноситься до протилежних магнітних та електричних класів, що по-різному впливає на спрацювання елементів тягових машин. Можна сміливо припускати, що основним із факторів, що викликає наявність приведеної різниці у кількості виходів з ладу ізоляції обмоток тягових електродвигунів є саме залізородний пил, який потрапляє до середини електричної машини з охолоджуючим повітрям.

Висновки та направлення подальших досліджень. 1. На основі аналізу карток обслуговування кар'єрних самоскидів БелАЗ-75131, які працюють на Криворізьких кар'єрах, встановлено, що спостерігається збільшення їх простоїв по причині сервісного обслуговування і ремонту електромеханічного обладнання порівняно із самоскидами вугільних розрізів на 43 %, внаслідок, перед усім, пробую і зносу ізоляції обмоток, виходу із строю щіток, перекидання дуги по колектору тягових генераторів і двигунів. На самоскидах Криворізького регіону дані несправності зустрічаються у середньому на 32,3 % частіше у порівнянні з електричними машинами самоскидів Кузнецького басейну, що є суттєвим показником.

2. Аналіз відкритих розробок Криворізького залізородного і Кузнецького вугільного басейнів дозволив встановити, що родовища близькі за умовами транспортування гірничої маси, такими як середня відстань перевезень, повздовжній ухил трас, а також коефіцієнт використання вантажопідйомності самоскидів, що обумовлює роботу тягових електродвигунів у близьких діапазонах навантажень, які наближаються до максимальних значень, що викликає практично однакові показники інтенсивності нагріву двигунів і не може суттєво вплинути на отриману різницю несправностей їх елементів.

3. Більшість випадків виходу за ладу елементів тягових електричних машин, визначена за результатами дефектоскопії (42 %), пов'язана із спрацюванням ізоляції обмоток. Даний руйнівний процес може бути пов'язаний із зниженням електричної міцності під впливом зволоження обмоток, забруднення їх поверхні при попаданні електропровідного пилу у внутрішні порожнини корпусів тягових машин, тривалої роботи електродвигунів при підвищеній температурі обмоток.

4. На основі порівняльного аналізу залізородного і вугільного пилу встановлено, що одним із негативних факторів, що викликає збільшення спрацювання елементів тягових машин, є ярко виражені магнітні та електропровідні властивості залізородного пилу, який потрапляє до внутрішніх порожнин тягових електродвигунів з охолоджуючим повітрям, а саме, можливість спонтанного намагнічування пилу, велика діелектрична проникність (31000-45000) і малий питомий електроопір у $1,6 \cdot 10^4$ до $3,9 \cdot 10^4$ Ом·м порівняно з вугільним пилом.

Подальші дослідження направлені на перевірку запропонованої гіпотези щодо впливу залізородного пилу на спрацювання компонентів електромеханічної трансмісії кар'єрних самоскидів шляхом створення математичної моделі механізму його накопичення у середині корпусів тягових електромашин та руйнування ізоляції обмоток при взаємодії їх електромагнітного поля з власним електромагнітним полем частинок пилу.

Список літератури

1. Системы управления и диагностики электромеханического оборудования горно-транспортного комплекса / А. Е. Козярук, С. И. Таранов // Електромеханічні і енергозберігаючі системи, 2012 – Вип. 3(19). – С. 603-604.
2. К. Anistratov ANV Group Ltd. Experience of operation of BelAZ dump trucks in Russian open-pit mines. Eighteenth International Symposium on Mine Planning & Equipment Selection (MPES 2009). November 16-19, 2009. - Banff, Alberta, Canada.

3. **Мариев П.Л.** Карьерный автотранспорт: состояние и перспективы / **П.Л. Мариев, А.А. Кулешов, А.Н. Егоров, И.В. Зырянов** – СПб: Наука, 2004. – 429 с.
4. **Монастырский Ю. А.** Перспективы развития сервисной сети карьерных автосамосвалов в Украине / **Монастырский Ю. А., Веснин А. В.** // Вісті Автомобільно-дорожного інституту, 2009. – вип. 1. – С. 77-81.
5. **Монастырский Ю. А.** Выбор организации замены основных агрегатов автосамосвалов БелАЗ грузоподъемностью 120 т. // Разработка рудных месторождений, 2008. – Кривой Рог: КТУ. -вып. № 92. – с. – 148–152.
6. **Стенина Н. А.** Влияние условий эксплуатации на температурный режим редукторов мотор-колес карьерных автосамосвалов: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.05.06 / **Стенина Наталья Александровна**; [Место защиты: Кузбас. гос. техн. ун-т]. – 19 с.
7. **Мариев П. Л.** Карьерный автотранспорт стран СНГ в XXI веке / **П. Л. Мариев** [и др.] /– М.: Недра, 2006.– 392 с.
8. **Хорешок А. А.** Метод комплексного диагностирования редукторов мотор-колес карьерных автосамосвалов (на примере ОАО «УК Кузбассразрезуголь») / **Хорешок А. А. Кудреватых А. В.** // Горная промышленность – 2010 – №5 (93). – С.60 – 64
9. Карьерный самосвал БелАЗ-75131 и его модификации. Руководство по ремонту 7513 –3902080 РС, РУПП «Белорусский автомобильный завод», 2007. – 208 с.
10. **Деро А.Р.** неполадки в работе асинхронного двигателя / Деро А.Р. - Библиотека электромонтера. Вып. 444. - Л.: Энергия, 1976. – 96 с.
11. Моховский угольный разрез является филиалом ОАО "Угольная компания "Кузбассразрезуголь" [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.tetralab.ru/pages/viewpage.action?pageId=327919>
12. Кривбасс-БелАЗ – Сервис СП. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.belaz.com.ua/centres/krivbass/about/>
13. Циклон — статья на «Инженерной энциклопедии». [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://engineeringssystem.ru/c/ciklon.php>
14. Справочник (кадастр) физических свойств горных пород / Под ред. **Н. В. Мельникова, В. В. Ржевского, М. М. Протодяконова**. М.:Недра, 1975. – 279 с.
15. **Коузов П. А.** Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов. – 3-е изд. перераб. – Л.: Химия, 1987.– 264 с.
16. **Скрябина Л. Я** Атлас промышленных пылей (Обзорная информация. Сер. ХМ-14). М.: ЦИНТНхимнефтемаш, 1980. – 47 с.
17. **Reed W. R., Organiscak J. A.** Haul Road Dust Control / Coal Age; Oct. 2007.– Vol. 112.– Issue 10.– p 34.
18. NIOSH/Industry Collaborative Efforts Show Improved Mining Equipment Cab Dust Protection. Organiscak J. A. [and others] In: Yernberg WR, ed. Transactions of Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. – Vol. 314. – 2003 – p. 145–152.
19. **Jose I. Huertas, Dumar A. Camacho, Maria E. Huertas.** Standardized emissions inventory methodology for open-pit mining areas. Environmental Science and Pollution Research, August 2012.– Volume 19.– Issue 7.– pp 2784-2794.
20. **Chaulya S. K.** Air Quality Status of an Open Pit Mining Area in India. / Environmental Monitoring and Assessment. - 2005 - №105(1-3) - p. 369-89.

Рукопис подано до редакції 17.03.14

УДК622.235

С.С. ТКАЧЕНКО, директор ООО «Укрспецолива», г. Кривой Рог

ВОЗМОЖНОЕ РАСШИРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭМУЛЬСИОННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

Описаны свойства безводных эмульсий расплавов смеси аммиачной, кальциевой и натриевой селитры в индустриальных маслах, в том числе физические свойства, термостойкость, горение, детонация. Приведена технология их применения в горном деле, даны характеристики разработанного для этого оборудования.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. В первом патенте США на эмульсионное взрывчатое вещество типа «вода в масле» [1] содержание воды во взрывчатом веществе (ВВ) составляет 15-35%. Эта вода не вступает в химические реакции, обеспечивающих тепловыделение при взрыве, является балластом снижает взрывную эффективность. Очевидным путем повышения удельной энергии взрыва служит направление по снижению содержания воды в составе эмульсионного ВВ. Например, в некоторых патентах предлагаются составы с содержанием воды 14-17 % [2] или 10-12 % [3].

Анализ исследований и публикаций. Указанную задачу повышения удельной энергии можно решить путем введения в состав высокоэнергетических окислителей, например хлоратов