

Шифр: мотор-колесо ДК

**Вибір раціонального порядку замін тягових електродвигунів
ДК-722 електромотор-колеса**

2020 рік

Зміст

Вступ	2
1. Тяговий електропривод постійного струму	3
2. Аналіз роботи тягових двигунів ДК-722 та вибір раціонального порядку замін на основі їх надійності	6
2.1. Обґрунтування необхідності проведення аналізу роботи складових тягового електроприводу	6
2.2. Початкові дані.....	8
2.3. Загальна методика проведення аналізу напрацювань тягових електродвигунів ДК-722.....	9
2.4. Визначення основних параметрів роботи тягового електродвигуна ДК-722	9
2.5. Систематизація та аналіз причин відмов тягових електродвигунів ДК-722	14
3. Вибір раціонального порядку замін тягових електродвигунів ДК-722 на основі надійності їх роботи.....	16
3.1. Методика розрахунків	16
3.2. Аналіз закономірностей зміни річного пробігу протягом терміну експлуатації кар'єрних самоскидів.	18
3.3. Розробка рекомендацій щодо порядку замін тягових електродвигунів ДК-722.....	20
Література.....	24

Вступ

Кар'єрні електромобілі з'явилися у зв'язку зі значним збільшенням об'ємів видобутку корисних копалин відкритим способом, що зажадало різкого підвищення продуктивності на транспортних операціях по транспортуванню гірничої маси. Їх використовують також на будівництві великих гідрокомплексів й інших роботах, пов'язаних з переміщенням на короткі відстані великих вантажів. В останні роки переважно поширені кар'єрні електромобілі (самоскиди й самоскидні автопоїзда) особливо великої вантажопідйомності (75...180 т і більше). Потрібна потужність енергоустановки 600...1500 кВт, що визначило використання на них теплоелектричних енергоустановок, головним чином дизель-генераторних.

У ряді випадків кар'єрні електромобілі експлуатуються під час перевезення гірської маси на трасах з позитивним ухилом (вантажний потік зверху вниз), що висуває підвищені вимоги до параметрів пристроїв електричного гальмування. Важливо підкреслити, що швидкохідні дизелі, тягове електроустаткування, шини, редуктори електромотор-коліс й інші агрегати й вузли створені спеціально для кар'єрних електромобілів з урахуванням специфіки компоновальних рішень, транспортних циклів роботи й умов експлуатації. Вітчизняна й закордонна практика створення й експлуатації кар'єрних електромобілів-самоскидів визначила наступні тенденції розвитку кар'єрних електромобілів: планомірне підвищення вантажопідйомності від 75...77 до 150...180 т і більше при збереженні класичної колісної формули 4x2; застосування швидкохідних (1500...2100 об/хв) дизелів потужністю 700...1800 кВт, великогабаритних безкамерних шин і редукторів електромотор-коліс із передатним відношенням 21,5...36,0; використання системи тягового приводу постійного струму при вантажопідйомності до 110 т і перемінно-постійного струму при більшій вантажопідйомності.

У цей час виготовлювачами кар'єрних самоскидів застосовуються два типи електромеханічних трансмісій - постійного і змінного струмів.

Основні завдання подальшого вдосконалювання систем тягового приводу кар'єрних електромобілів, це:

- розробка й оптимізація уніфікованих (по схемних рішеннях, конструктивному виконанню тягових електричних машин, блоків і вузлів,

використанню прогресивної елементної бази та ін.) системи тягового приводу постійного і перемінно-постійного токів для кар'єрних електромобілів відповідної вантажопідйомності;

1. розробка (на базі останніх науково-технічних досягнень в області силовій напівпровідникової й мікроелектроніки) перспективних систем тягового приводу змінного струму з використанням безколекторних тягових електродвигунів, що мають підвищену експлуатаційну надійність й зниженні витрати гостродефіцитних електротехнічних матеріалів. Тяговий електропривод постійного струму

1.1. Електродвигун тяговий ДК-722Е

На автомобілях установлені тягові електродвигуни постійного струму зі змішаним збудженням. Вони призначені для перетворення електричної енергії тягового генератора в механічну й передачі її до ведучих коліс автомобіля.

Електродвигуни встановлені у важелях задньої підвіски й разом з корпусом колісного редуктора кріпляться до важелів болтами.

Вал якоря електродвигуна одним кінцем з'єднаний з торсіонним валом ведучої шестірні редуктора електромотор-колеса, а до другого кінця (з боку колектору) кріпиться барабан гальмового механізму стоянкової гальмової системи.

Перелік тягових електродвигунів, що можуть бути встановлені на автосамоскидах вантажопідйомністю 120...130 т, та їх технічні характеристики наведені в таблиці 1.

Електродвигун (рис. 1) постійного струму, послідовного збудження. Він призначений для перетворення електричної енергії тягового генератора в механічну й передачі її до ведучих коліс самоскида. Електродвигун кріпиться до корпусу редуктора електромотор-колеса й разом з корпусом редуктор кріпиться болтами до картера заднього моста.

Вал якоря 1 електродвигуна одним кінцем з'єднаний з торсіонним валом ведучої шестірні редуктора електромотор-колеса, а до другого кінця (з боку колектора) кріпиться барабан гальмового механізму стоянкової гальмової системи.

Тяговий електродвигун має чотири головних 17 і чотири додаткових 18 полюси. Головні полюси призначені для створення основного магнітного

поток, а додаткові полюси - для поліпшення комутації. Обмотка якоря – петлева, зі зрівняльними з'єднаннями. Всі обмотки мають ізоляцію класу «F» й «H», що допускає нагрівання до 180⁰C.

Таблиця 1

Параметри тягових електродвигунів постійного струму для електромеханічних трансмісій автосамоскидів

Тип електродвигуна	Номинальні параметри							Максимальні параметри				Габаритні розміри			Маса, кг	Щітки		
	Рід струму	Потужність, кВт	Напруга, В	Струм якоря, А	Частота обертання, проб/хв	Момент на валу, Нм	ККД, %	Напруга, В	Струм якоря, А	Частота обертання, об/хв	Момент на валу, Нм	Діаметр, мм	Довжина, мм	Висота, мм		Тип	Розмір	Кількість
ДК-722Е	пост.	380	750	550	1070	3390	92,1	800	-	2850	-	740	1305	370	2000	ЕГ84	(2x12,5) x32x50	12
ДК-724	пост.	560	700	900	590	9060	92	-	-	1850	-		1440		4300	ЕГ84	(2x12,5) x32x50	18
ЭК-420А	пост.	420	740	616	670	5987	92,3	900	-	2500	-	850	1429	425	3000	ЕГ841	(2x12,5) x32x50	12
ЭК 590	пост.	590	830	760	910	6200	94	-	-	-	-	867	1449	434	3300	ЕГ841	(2x12,5) x40x50	12
ТДК8940-А	пост.	584	840	750	1140	4892	92,7	1000	1400	2600	12703	875	1332	438	2800	GX245 F	(2x12)x40 x64	12
ТЭД-6	пост.	640	840	810	1140	5361	94,2	-	1500	2600	12700	875	1460	438	2990	ЕГ841 ДО	(2x12,5) x40x64	16
ТЭД-8	пост.	400	750	580	1100		94	1250	1200	2850	9650	740	1305	370	2000	ЭГ841	(2x12,5) x32x50	12
ТЭД-9	пост.	750	840	950	560		93	1000	1800	2000		1030	1535	515				

Головні й додаткові полюси закріплені на станині 14. Щіткотримачі 10 закріплені на передньому підшипниковому щиті 11. Щіткотримачі обладнанні спеціальними пристроями для регулювання зусилля натискання пальця на щітку.

Колектор 8 має сталеву основу, стягнуту болтами. Для огляду й обслуговування колектора й щіток у корпусі електродвигуна є люки.

Люки закриваються сталеву стрічкою 15, яка стягується болтами. Якір електродвигуна спирається на підшипники 4 й 26 встановлені в передньому і задньому підшипникових щитах. Підшипниковий вузол з боку привода виконаний із пристроями для додавання змащення.

Вентиляція електродвигуна примусова. Охолоджуюче повітря надходить із боку колектора через колекторний люк і виходить із протилежної сторони через отвори в задньому підшипниковому щиті. Вивідні дроти виходять через отвори з гумовими втулками в підшипниковому щиті з боку колектора.

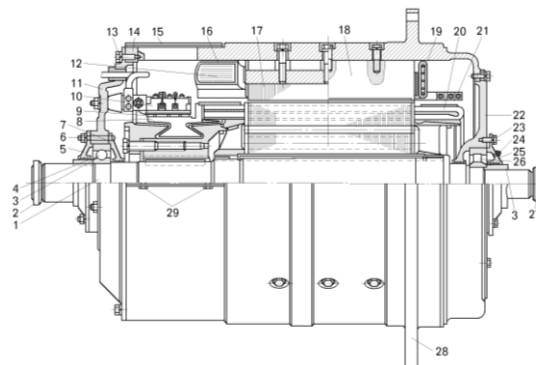


Рис. 1. Тяговий електродвигун ДК-722Е:

1 - вал якоря; 2, 6, 27 - гайки; 3 – шліцьові втулки; 4 - кульковий підшипник; 5, 25 - кришки; 7 - внутрішня кришка; 8 - колектор; 9 - щітка; 10 - щіткотримач; 11, 22 - підшипникові щити; 12 - послідовна обмотка збудження; 13 - болт кріплення підшипникового щита; 14 - станина; 15 - сталева стрічка; 16 - обмотка головного полюса; 17 - головний полюс; 18 - додатковий полюс; 19 - обмотка додаткового полюса; 20 - обмотка якоря; 21 - компенсаційна обмотка; 23 - болт; 24 - масляка; 26 - підшипник роликовий; 28 - фланець; 29 - болти

2. Аналіз роботи тягових двигунів ДК-722 та вибір раціонального порядку замін на основі їх надійності

2.1. Обґрунтування необхідності проведення аналізу роботи складових тягового електроприводу

Планами розвитку промисловості України передбачає подальше розширення відкритого способу видобутку корисних копалин застосування

на кар'єрах нового високопродуктивного гірничо-транспортного устаткування, значне підвищення продуктивності праці.

Аналіз сучасної роботи кар'єрного автомобільного транспорту свідчить про наявність значних резервів для підвищення продуктивності праці, в першу чергу за рахунок впровадження наукової організації праці і прогресивних технологічних нормативів при експлуатації і ремонті автомобілів, створення виробничо-технічної бази для зберігання, технічного обслуговування і ремонту рухомого складу, дотримання основних технічних вимог при спорудженні кар'єрних і під'їзних автодоріг [1].

При поточному плануванні з'являється можливість врахувати реальну зміну гірничотехнічних умов і застосувати разом із даними статистичної звітності розрахункові величини техніко-економічних показників роботи кар'єрного автотранспорту [4].

На даний час основним способом управління технічним станом кар'єрних автосамоскидів є планово-запобіжні системи технічного обслуговування і ремонту. Як встановлено [2] поки такі системи не є достатньо ефективними так як в основі всіх рекомендацій і розробок лежить ймовірнісно-статистичний аналіз роботи основних вузлів і агрегатів. В гірсько-транспортних цехах гірничо-збагачувальних комбінатів Кривбасу частково ведеться ручний облік роботи двигунів, агрегатів і вузлів автомобілів, але реального аналізу і практичних висновків по первинних документах підприємства не роблять, хоча система обліку і контролю паливно-мастильних матеріалів відпрацьована на високому рівні. В даний час ВАТ БЕЛАЗ робить певні кроки в налазці системи аналізу роботи вузлів і агрегатів шляхом формування на підприємствах підконтрольних груп машин. Але такі роботи знаходяться на початковій стадії.

Ймовірнісно-статистичний аналіз роботи основних вузлів і агрегатів електромеханічної трансмісії досліджуваних машин, встановлення закономірностей втрат працездатності агрегатами автосамоскида, законів розподілу напрацювань на відмову дозволяють побічно враховувати вплив гірничотехнічних і техніко-економічних чинників [3]. Важливим моментом при такому підході вважається оперативність надходження інформації про відмови агрегатів і видах несправностей.

2.2. Початкові дані

Аналіз виконано по картках обліку роботи двигунів, агрегатів і вузлів автосамоскидів БЕЛАЗ вантажопідйомністю 120...130 т наданих одним з типових гірничотранспортних цехів гірничо-збагачувальних комбінатів Кривбасу.

Всього було оброблено картки 12 автомобілів, що складає близько 30% всього робочого парку машин (табл. 2). В загальну кількість були включені і раніше оброблені картки [5] (номери 1-4), результати обробки яких служили як база для порівняння одержуваних результатів.

Таблиця. 2

Напрацювання досліджуваних автосамоскидів

№	Термін експлуатації	Загальний пробіг, тис.км	Середньодобовий пробіг, км
1	8 років 2 місяці	287,4	99
2	7 років 11 місяців	428,1	153
3	8 років 10 місяців	403,0	127
4	8 років 2 місяці	318,6	110
5	7 років 9 місяців	416,7	150
6	9 років 7 місяців	377,2	110
7	7 років 11 місяців	337,6	119

Загальна кількість агрегатів, що потрапили у вибірку, представлена в таблиці 3. У вибірку не включені агрегати, які в робочому стані були зняті і переставлені на іншу машину, як під час експлуатації, так і після списання автосамоскида.

Достовірність результатів визначена за формулою [4]:

$$N = \text{Lg}(1-P_x) / \text{Lg}(1-\epsilon_x)$$

Де P_x – рівень довірчої вірогідності, ϵ_x - допустима помилка.

Таблиця 3

Достовірність і надійність результатів

Агрегат	Кількість	Рівень довірчої вірогідності	Допустима помилка
Тяговий електродвигун ДК-722	204	0,99	0,02

Таким чином, більшість вибірок елементів задовольняє рівню, що вимагається для надійності і достовірності результатів. В порівнянні з раніше виконаними дослідженнями [5] достовірність отриманих даних істотно підвищилася.

Після створення електронних карток, дані були неодноразово сортовані залежно від поставленої задачі досліджень.

2.3. Загальна методика проведення аналізу напрацювань тягових електродвигунів ДК-722

Загальна методика досліджень включала:

1. Дослідження надійності роботи агрегатів.
 - обробка карток обліку за допомогою функцій «Описова статистика» і «Гістограма» надбудови «Пакет аналізу» опції «Сервіс» і функції «Фільтр» опції «Дані» електронної таблиці Excel з визначенням статистичних параметрів і побудова графіків;
 - порівняння отриманих результатів з результатами інших авторів;
2. Визначення причин відмов агрегатів.
 - обробка карток обліку за допомогою функції «Фільтр» електронної таблиці Excel з виявленням причин відмов і їх чисельних значень;
 - аналіз замін агрегатів з угрупованням по вузлах агрегату та із причин відмов;
 - побудова і аналіз графіків.
3. Вибір раціонального порядку замін агрегатів:
 - Визначення кількості замін протягом терміну експлуатації самоскида;
 - Визначення витрат, пов'язаних із заміною і ремонтом агрегату без урахування різночасності вкладень витрат;
 - Визначення витрат, пов'язаних із заміною і ремонтом агрегату з урахуванням різночасності вкладень витрат;

2.4. Визначення основних параметрів роботи тягового електродвигуна ДК-722

До складу електричної трансмісії автосамоскидів БЕЛАЗ-7512, БЕЛАЗ-7513 входять тяговий генератор ГПА-600, що приводиться в обертання дизельним двигуном, два паралельно включені тягові електродвигуни ДК-

722, допоміжні електричні машини, апаратура регулювання і управління, а також прилади контролю. Кожний тяговий електродвигун вбудований в ведуче колесо автомобіля. Технічна характеристика тягового електродвигуна ДК-722 приведена в таблиці 4.

Тяговий електродвигун (рис. 1) призначений для перетворення електричної енергії тягового генератора в механічну і передачі її до ведучих коліс автомобіля. Електродвигуни встановлені в балці заднього моста і разом з корпусом колісного редуктора кріпляться до балки болтами.

Вал якоря електродвигуна одним кінцем сполучений з торсіонним валом ведучої шестерні редуктора електромотор-колеса, а до другого кінця (з боку колектора) кріпиться барабан гальмівного механізму стоянкової гальмівної системи.

Таблиця 4

Технічна характеристика тягового електродвигуна.

Параметр	Значення
Тип	ДК-722Д
Режим роботи	тривалий
Номінальна потужність, кВт	360
Частота обертання, об/мін:	
номінальна	1100
максимальна	2850
Напруга, В:	
номінальна	750
максимальна	900
Маса, кг	2000

Вентиляція електродвигуна примусова. Повітря нагнітається спеціальними вентиляторами і поступає до вікон тягових електродвигунів з боку колектора по повітропроводах.

Результати досліджень.

Для визначення основних причин заміни ДК-722 була проведена вибірка даних з карток обліку, у вибірку потрапило 205 тягових електродвигунів, у тому числі 54 нових і 151 після ремонту, при цьому було замінено 103 лівих і 102 правих ДК (табл. 5).

Таблиця 5.

Результати первинної статистичної обробки картотек обліку

Показники	Всі	Нові	Після ремонту
Кількість	205	54	151
Середнє	40671	85531	24629
Стандартна помилка	3111	6971	2285
Медіана	23412	75826	17287
Стандартне відхилення	44548,23	51223	28077
Дисперсія вибірки	1,98*109	2623803707	788368924
Сума	8337558	4618652	3718906

Середньоарифметичне значення пробігу нового ДК-722 до заміни складає 85,5 тис. км, після ремонту – близько 25 тис. км, по всіх ДК – 41 тис.км. (рис. 2 - 7). Вибірка по нових агрегатах характеризується середньою правосторонньою асиметрією ($A=0,63$), а вибірки по всіх агрегатах і агрегатах після ремонту – високою правосторонньою асиметрією (відповідно $A=1,71$ і $A=2,73$). Екссес вибірки по нових агрегатах – туповершинний, по відремонтованих і сумарної вибірки – гостровершинний. Це пояснюється відмінністю у межах інтервалів, унаслідок якого більшість відремонтованих агрегатів потрапляє в перший інтервал сумарної вибірки.

Досліджуючи напрацювання на відмову основних агрегатів і систем автосамоскида БЕЛАЗ-549 1985 року випуску, обладнаного аналогічним тяговим електродвигуном, було отримано [5] значення в 92,8 тис.км. Звичайно, що автосамоскиди більш пізнього випуску мають збільшене напрацювання на відмову.

Отримані середні значення по всіх двигунах вище ніж встановлені в умовах ВАТ «Олкон» [2, 3], де середнє значення склало 38,0 тис.км для лівих тягових двигунів і 29,6 тис.км для правих. Враховуючи, що базові моделі автосамоскидів були однаковими – БЕЛАЗ-7512 та БЕЛАЗ-7513, відмінність в отриманих результатах може бути обумовлена відмінністю в гірничотехнічних умовах експлуатації автомобілів в кар'єрах і відмінністю у виробничо-технічних базах транспортних підрозділів ГЗК. Вказана відмінність зайвий раз підтверджує необхідність проведення статистичного аналізу роботи вузлів і агрегатів автосамоскидів на кожному гірничому підприємстві, і на підставі отриманих результатів коректувати норми напрацювання вузлів і агрегатів. В обох випадках надійність правих

електромотор-коліс нижче, ніж лівих, що дає підставу для цього вивчення питання заводу-виробнику.



Рис. 2.



Рис. 3.



Рис. 4.

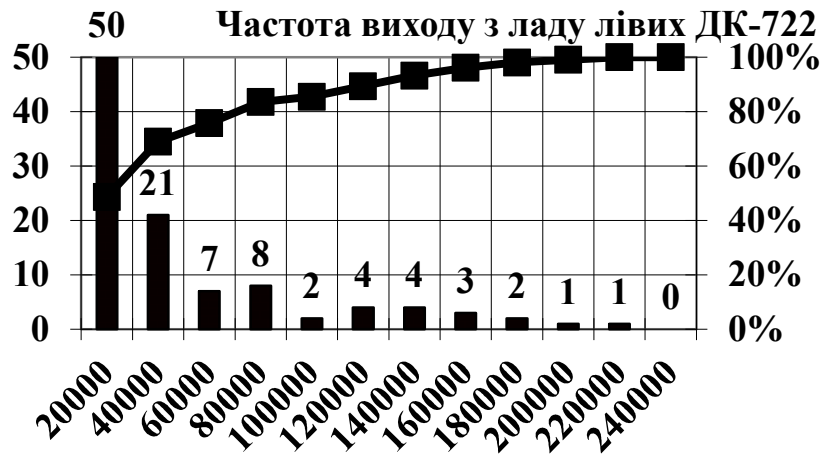


Рис. 5.



Рис. 6.

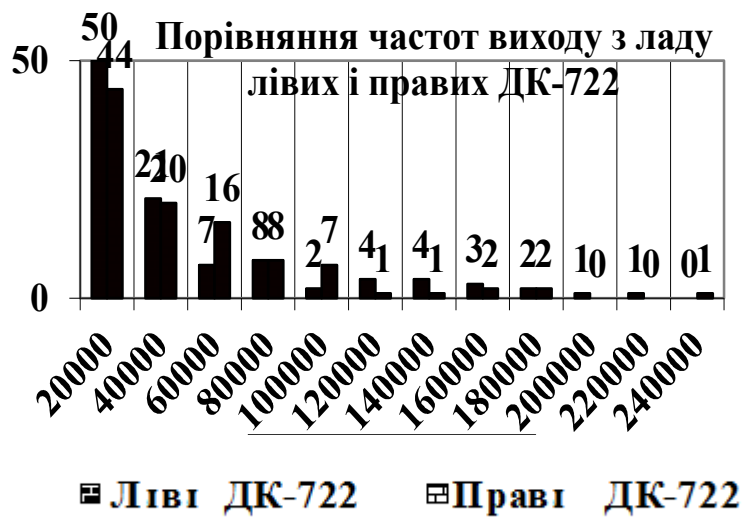


Рис. 7.

2.5. Систематизація та аналіз причин відмов тягових електродвигунів ДК-722

Всього у вибірку потрапило 203 виходу з ладу ДК. Основні причини, по яких необхідна заміна ДК-722, наступні:

1. Розрив бандажа	66;
2. Пробій ізоляції якоря	45;
3. Переставлений	13;
4. На профілактику	9;
5. Знос шліців валу якоря	8;
6. Руйнування валу якоря	8;
7. Підгоряння вузла щітково-колектора	6;
8. Міжвиткове замикання якоря	5;

Аналіз розподілу відмов показав, що основна їх частина доводиться на частку бандажа і якоря, а потім в значно меншому ступені (в 4...6 разів менше) обмоток, підшипника і щітково-колекторного вузла і інших елементів тягового двигуна, між собою пайовий розподіл основних відмов таке, як показано на рисунку 8.

Відмови по елементах ДК-722 представлені в таблиці 6 і на рисунку 9.

Таблиця 6

Кількість відмов по елементах ДК-722

Елемент тягового двигуна ДК-722	Кількість відмов
Бандаж	70
Якір	67
обмотки	14
Підшипник	13
Вузол щітково-колектора	10
Інші елементи	30

Причини виходу з ладу бандажа наступні:

- розрив (94%)
- розмотування (6%).

Причини виходу з ладу якоря наступні:

- пробій ізоляції (68%)
- знос шліців валу (12%)

- руйнування і деформація валу (12%)
- міжвиткове замикання (8%)

Основні причини виходу з ладу обмоток наступні:

- обрив (52%)
- пробій ізоляції (21%)
- обгорання (14%).

Причини виходу з ладу вузла щіткоколектора наступні:

- підгорання (60%)
- знос (40%).

Частковий розподіл основних відмов за елементами ДК-722

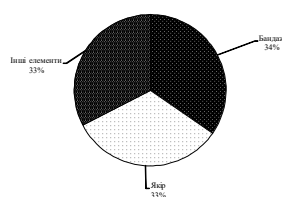


Рис. 8.

Частковий внесок елементів ДК-722 у порушення працездатності автосамоскида



Рис. 9.

Розподіл відмов за характером причини представлений в таблиці 7 і рисунку 10.

Таблиця 7

Розподіл відмов за основним характером причини

Характер причини	Кількість
Розрив бандажа	66
Пробій ізоляції	57
Механічне руйнування	23
Знос	16
Підгорання	6
Обрив обмотки	6

Виконані дослідження підтверджують низьку надійність тягового електродвигуна ДК-722. Крім того, практично триразова відмінність в середніх значеннях пробігах нових і відремонтованих агрегатах свідчить про необхідність вдосконалення технології ремонту, який в даний час виконується власними силами або розгляді питання про відмову від виконання ремонтів такої якості з виконанням ремонтних робіт на спеціалізованому підприємстві. Низька якість власного ремонту обумовлена низькою якістю запасних частин і відносно рідким виконанням ремонтів, при існуючому парку машин на підприємстві – не більше 1...2 в місяць.



Рис. 10. 3. Вибір раціонального порядку заміन тягових електродвигунів ДК-722 на основі надійності їх роботи

3.1. Методика розрахунків

1. Визначення поточних витрат, пов'язаних з простоем автомобілів демонтажу – монтажу тягових двигунів:

$$C = C_{np} + C_{м.д.}$$

де C_{np} – витрати, пов'язані з простоем автомобіля, грн.;

$C_{м.д.}$ – витрати, пов'язані з монтажем, демонтажем, грн.

$$C_{np} = C_{ч.} * T_{р.} * K_{н.}$$

$C_{ч.}$ – витрати 1 год. простою автомобіля, грн./год;

$T_{р.}$ – час, затрачуваний на демонтаж – монтаж агрегату, година;

$K_{н.}$ – коефіцієнт, що ураховує очікування в поставці агрегату, $K_{н.}=2$.

$$C_{м.д} = 3П_{pp} * K3П \quad \text{грн.}$$

$3П_{pp}$ = зароблена платня ремонтних робітників.

Почасова, зароблена платня ремонтних робітників, що розраховується як результат з годинних тарифних ставок, середнього розряду ремонтних робочих норм часу на виконання і – го виду роботи.

$$3П_{pp} = T_p * C_{ч.ср.} \quad \text{грн.}$$

де $C_{ч.ср.}$ – годинна тарифна ставка ремонтних робітників середнього розряду.

$$C_{ч.ср.} = C_{ч.ср.} + (P_{ср} - P_{м}) (C_{чб} - C_{ч.м}), \text{ грн/година}$$

де $C_{ч.м}$, $C_{чб}$ – годинна тарифна ставка відповідно меншого і більшого розряду.

$P_{ср}$, $P_{м}$ – відповідно середній і менший розряд робітників.

Інші доплати і премії ремонтним робітником, що приймається у розмірі 30% від почасової заробленої платні.

Відрахування на соціальні заходи визначаються по діючих нормах від загальної фундації заробітної платні (37%).

$K3П$ – коефіцієнт, що ураховує частку заробітної платні ремонтних робітників в загальних витратах підприємства на монтаж-демонтаж вузла або агрегату $K3П = 11$ (зарплата складає 9% витрат від загальних витрат).

Об'єм вкладень, необхідних підприємству для утворення стабільної величини перехідних запасів агрегатів, розраховуються виходячи з потреби по кошторису витрат:

$$K = \sum_{i=1}^n K_n + \sum_{i=1}^m K_p$$

де : K_n – вартість нового агрегату;

n - кількість нових агрегатів, встановлених на один автомобіль;

K_p – вартість ремонту агрегату;

m – кількість агрегатів після ремонту, встановлених на один автомобіль.

$$\beta_t^H = (1 + \gamma_t e_H)^{t_p - t}$$

$$\beta_t = (1 + e_H)^{t_p - t}$$

де γ_t – частина прибутку, який йде на накопичення в t-м році;

e_H – норма платні за капітал, приймається рівній фактичній ставці відсотка по довгострокових позиках в частинах одиниці;

t_p – розрахунковий рік, до якого приводяться всі різночасні приходи і відтоки засобів.

Якнайкращий варіант оцінюється по максимуму економічного ефекту, тобто

$$E^{(t)} > MAX$$

Проте даний критерій в роботі не може бути використаний, тому що спочатку прийняті однакові пробіги і термін експлуатації, тому прибуток від роботи одного самоскида, незважаючи на те, що різні часи простою повинна бути однакою. Крім того, не можна віднести вартість нових агрегатів, термін служби яких не перевищує одного року до капітальних витрат.

На підставі рекомендованого критерію ефективності запропонований критерій ефективності оцінки заміни агрегатів кар'єрних самоскидів – мінімум сумарних витрат, пов'язаних з простоем самоскида, заміною агрегату, вартістю нового або ремонтом вживаного агрегату. Всі ці різночасні витрати приведені до початку експлуатації кар'єрного самоскида. Розрахункова формула має вигляд:

$$Z_c = \sum_{t=1}^8 C\beta_t + \sum_{t=1}^8 K\beta_t$$

Критерій ефективності варіанту:

$$Z_c \rightarrow MIN$$

3.2. Аналіз закономірностей зміни річного пробігу протягом терміну експлуатації кар'єрних самоскидів.

При визначенні фінансових вкладень в різний час від точності визначення часу вкладення залежить кінцевий результат розрахунків, тому були проведені дослідження закономірності зміни річного пробігу протягом терміну експлуатації кар'єрних самоскидів. Дослідження виконані за відфільтрованими даними по окремо взятих правих і лівих двигунах колесам,

оскільки при такій фільтрації можна простежити динаміку зміни річного пробігу протягом всього терміну експлуатації кар'єрного самоскида.

Підібрані рівняння представлені на мал. 25.

Був виконаний підбір параметра до досягнення величини достовірності апроксимації R^2 більше 0,5. (рис. 12). Такій умові задовольнила логарифмічна апроксимація з рівнянням

$$L_2 = -14532 \ln(t) + 69309$$

$$R^2 = 0,5028$$

де t – рік експлуатації.

Рівняння і величина достовірності апроксимації R^2 для інших ліній тренда приведені на рисунку 12.

По отриманому рівнянню отримані значення планових річних пробігів кар'єрних самоскидів по роках експлуатації (табл. 8).

Таблиця 8

Планові річні пробіги кар'єрних самоскидів по роках експлуатації

Рік	Розрахункові значення		Прийняті значення	
	Річний пробіг, км	Сумарний пробіг з початку експлуатації кар'єрного самоскида, км	Річний пробіг, км	Сумарний пробіг з початку експлуатації кар'єрного самоскида, км
1	69309	69309	70000	70000
2	59236	128545	60000	130000
3	53344	181889	55000	185000
4	49163	231053	50000	235000

Прийняті і розрахункові значення пробігів відповідають середнім значенням, отриманим раніше.

Прийняті значення використані нижче для визначення року періодичності заміни агрегату.

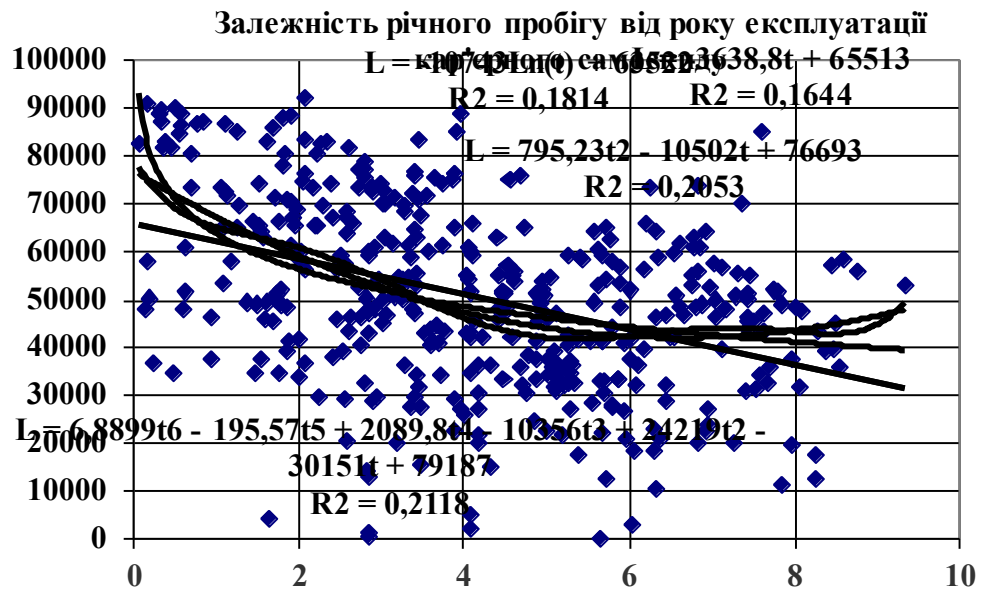


Рис. 11.

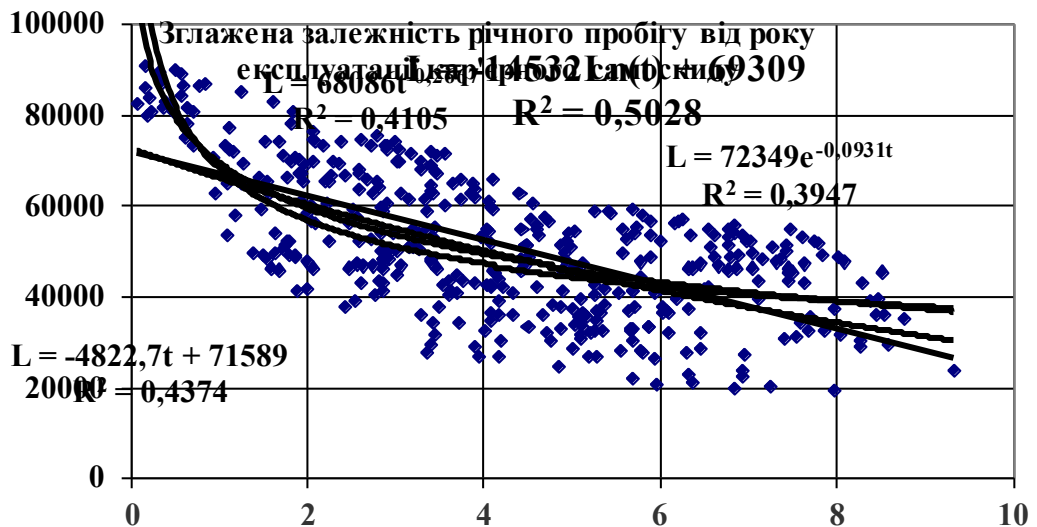


Рис. 12.

3.3. Розробка рекомендацій щодо порядку заміन тягових електродвигунів ДК-722

Для досліджень вибрані варіанти порядків виконання замін агрегату, представлені в таблиці 9.

Таблиця 9

Варіанти порядків виконання замін генераторів ДК-722

№	Суть порядку замін
1.	Існуючий порядок замін, який полягає в заміні агрегатів через пробіг, рівний середньому пробігу всіх агрегатів між замінами. (базовий)
2.	Порядок із заміною на нові агрегати, який полягає в заміні агрегатів через пробіг, рівний пробігу нових агрегатів між замінами

№	Суть порядку заміन
3.	Із заміною на 1 новий агрегат. Полягає в роботі нового агрегату, який встановлений на новій машині до заміни. При подальшій експлуатації машини при необхідності проводять заміни на відремонтовані агрегати і 1 заміну на новий агрегат. Загальна кількість заміи складає 9, з них 8 – на відремонтовані агрегати. А) новий агрегат встановлюють першим; Б) новий агрегат встановлюють в середині терміну експлуатації; В) новий агрегат встановлюють останнім, в кінці терміну експлуатації.
4.	Із заміною на 2 нові агрегати. Полягає в роботі нового агрегату, який встановлений на новій машині до заміни. При подальшій експлуатації машини при необхідності проводять заміни на відремонтовані агрегати і 2 заміни на нові агрегати. Загальна кількість заміи складає 7 заміи, з них 5 – на відремонтовані агрегати. А) нові агрегати встановлюють на початку терміну експлуатації; Б) нові агрегати встановлюють в середині терміну експлуатації; В) нові агрегати встановлюють останніми, в кінці терміну експлуатації.

Для кожного варіанту і його видів визначені планові значення пробігів з початку експлуатації кар'єрного самоскида, при яких необхідна заміна агрегату (рис. 13) і кількість заміи по варіантах (табл. 10).

Таблиця 10

Кількість заміи по варіантах

Варіант	1	2	3А, 3Б, 3В	4А, 4Б, 4В	5А, 5Б, 5В	6
Кількість заміи	7	4	9	7	4	12

Мінімальна кількість заміи в 2 варіанті - із заміною на нові агрегати - 4, максимальне в 6 варіанті – із заміною на агрегати після ремонту – 12. Максимальне значення від мінімального відрізняється в 3 раз.

По вище приведеній методиці визначені поточні витрати, пов'язані з простоем самоскида і заміною агрегату, витрати на придбання нових і ремонт з ладу агрегатів, що вийшли, а також сумарні витрати, які представлені на рис. 14 - 16.

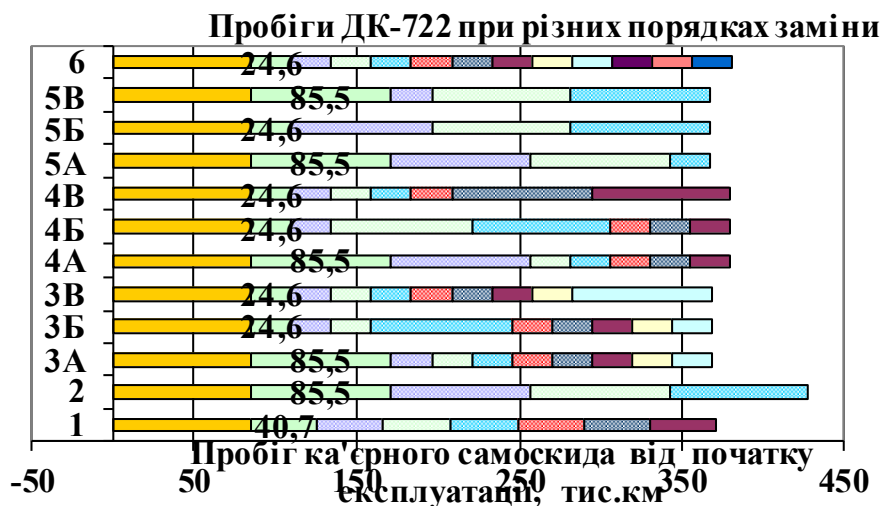


Рис. 13.

Встановлено:

- Мінімальні поточні витрати, пов'язані з простоєм самоскида і заміною агрегату у варіанті 5Б – 20,1 тис.грн., це в 1,9 раз менше ніж при існуючій системі замін агрегатів (варіант 1 – 37,7 тис.грн.), найбільш близькі до них витрати у варіанті 5В, які практично їм рівні і складають 20,7 тис.грн. Максимальні поточні витрати, пов'язані з простоєм самоскида і заміною агрегату у варіанті 6 (із заміною на відремонтовані агрегати) – 68,0 тис.грн, що в 1,8 раз вище, ніж в базовому варіанті.
- Мінімальні витрати на придбання нових і ремонт з ладу агрегатів, що вийшли, у варіанті 5Б – 298,8 тис.грн, що в 1,6 раз нижче ніж в базовому (483,3 тис.грн.). В межах 10% відхилення знаходяться витрати по варіантах 5А і 5В. Максимальні витрати по даній статті у варіанті 6 – 645,9 тис.грн, що на 33% перевищує існуючі витрати (варіант 1).
- Мінімальні сумарні витрати як і мінімальні витрати на придбання нових і ремонт з ладу агрегатів, що вийшли, у варіанті 5Б – 319,0 тис.грн. і практично рівні ним у варіантах 5А – 333,8 тис.грн. і 5В – 325,2 тис.грн.

Рекомендується для практичного застосування варіант із заміною на 3 нові агрегати.

Економічний ефект від упровадження раціонального порядку замін ДК-722 на одному самоскиді складе різницю між першим варіантом і варіантом

5Б – 201,9 тис.грн. за термін експлуатації самоскида або 25,2 тис.грн/год, що для парку з 40 машин ЦТА ІнГЗК, який є типовим для гірничо-збагачувального Кривбасу, складе 1,01 млн.грн/год.

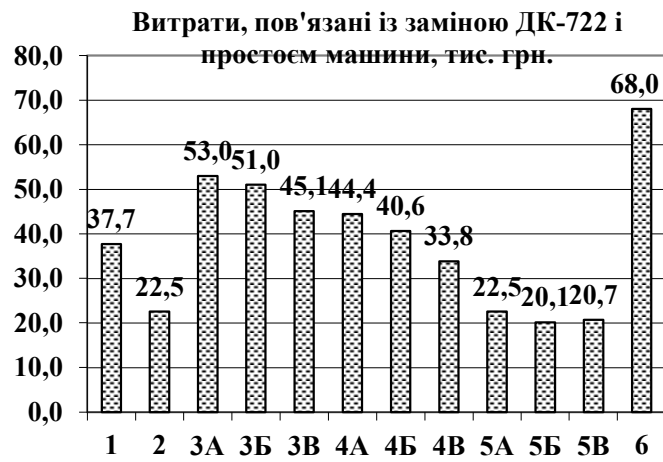


Рис. 14.

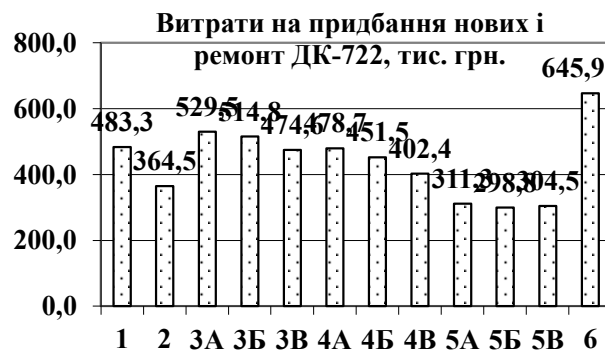


Рис. 15.



Рис. 16.

Література

1. Мариев П.Л., Кулешов А.А., Егоров А.Н., Зырянов И.В. Карьерный автотранспорт: состояние и перспективы. – СПб.: Наука, 2004. – 429 с.
2. Казарез А.Н. Кулешов А.А. Эксплуатация карьерных самоскидов с электромеханической трансмиссией. -М,: Недра, 1988.-264 с.
3. Кулешов А.А., Беликов А.А. Управление техническим состоянием большегрузных самоскидов на основе теории надежности / Горный журнал, 2001. № 8 – с. 60 – 63.
4. Карьерные самосвалы БЕЛАЗ-7514-10, БЕЛАЗ-75145 БЕЛАЗ-75131, БЕЛАЗ-75132 и их модификации Руководство по ремонту 7513-3902080 РС.- БЕЛАЗ.- 2015.
5. Карьерные самосвалы БЕЛАЗ-7514-10, БЕЛАЗ-75145 Руководство по эксплуатации 7514-3902015 РЭ.- БЕЛАЗ.- 2015
6. Положение о техническом обслуживании, диагностировании и ремонте карьерных самосвалов БелАЗ. - Жодино: РУПП «Белорусский автомобильный завод», 2004. – 44 с.
7. Зотов А.А., Зырянов И.В., Пацианский С.Ф. Нормы расхода запасных частей самосвалов грузоподъемностью 120-136т в условиях АК "Алроса"/Горный журнал.-2000.-№2.с.39-40.

8. Зотов А.А., Зырянов И.В., Пацианский С.Ф. Оптимальные сроки службы самосвалов грузоподъемностью 120-136т на карьерах АК "Алросса" /Горный журнал.-2000.-№1.с.46-48.
9. Зырянов И.В., Цымбалова А.Н. Показатели работы технологического автотранспорта на карьерах АК"Алросса"/Горный журнал.-1999.-№5.с.73-75.
10. Зырянов И.В., Пацианский С.Ф. Совершенствование технического обслуживания карьерных самосвалов грузоподъемностью 110-136т /Горный журнал.-1999.-№7.с.66-68.
11. Алифанов А.Л. Об эффективности применения предварительной информации при прогнозировании в ремонте и эксплуатации автомобилей/Горный Журнал. Известия Вузов.-2000.-№1.с.63-67.
12. Прогнозирование потребности в ремонтах самосвалов эксплуатирующихся в северном районе/Горный Журнал. Известия Вузов.-1998.-№5-6.с.72
13. Шадрин А.И. Управление качеством эксплуатации горнотранспортного оборудования на горных предприятиях Севера/Горный Журнал. Известия Вузов.-2000.-№2.с.107-109.
14. Зотов А.А., Зырянов И.В., Цымбалова А.Н. Сравнительная эффективность эксплуатации самосвалов БЕЛАЗ 7512 и БЕЛАЗ 75125 в условиях Айхайского ГОКа/Горный журнал.-1999.-№5.с.58-61.