

Л.А. Ковалевич
О.М. Толкач
А.В. Кірейцева
Д.М. Білобров
М.В. Качуровський

ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПАРКУ АВТОСАМОСКИДІВ В УМОВАХ ОМЕЛЯНІВСЬКОГО КАР'ЄРУ

Мета. Дослідження полягає в виявленні причини зниження продуктивності автосамоскидів в умовах Омелянівського кар'єру. В процесі дослідження аналізувалися дані щодо руху та обслуговування автосамоскидів БелАЗ 548 в умовах Омелянівського кар'єру. Обробка даних проводилась статистичними методами.

Методика. В публікації проведено статистичний аналіз розподілу часу по операціям циклу роботи автосамоскиду БелАЗ 548 в умовах Омелянівського кар'єру. Даний тип автосамоскида працює в парі з екскаватором ЭКГ-5А, який має об'єм квіша 5 м³. При побудові математичної моделі динаміки старіння автомобілів БелАЗ-548 вантажопідйомністю 40 тонн було прийнято передумову незалежності вихідних параметрів, за допомогою якої змінюється параметр відмови λ (t).

Результати. У зв'язку з тривалою експлуатацією автосамоскидів на Омелянівському кар'єрі час, який затрачається на ремонт БелАЗів становить 18...25 % від календарного фонду часу. Існуюча система технічного обслуговування та ремонту кар'єрних вантажівок характеризується тим, що із 8760...8784 годин річного календарного фонду продуктивний час становить у середньому 2500...3600 годин, тоді як на 1 годину продуктивної роботи самоскидів, час простою ремонту коливається від 0,3...1,1 години. Виробнича база Омелянівського кар'єру дозволяє проводити ремонтні роботи, але через брак оригінальних запчастин самоскиди дуже швидко повертаються в ремонтні майстерні. Також на працездатність автосамоскидів впливають мінливі умови функціонування транспортних засобів призводять до перенавантажень на вузли та частини самоскидів.

Наукову новизну: вперше для Омелянівського кар'єру було отримано залежність продуктивності автосамоскида БелАЗ 548 від відстані транспортування, яка має лінійний характер. Та було вперше встановлено залежність параметра відмови λ (t) самоскидів БелАЗ-548 від терміну служби t, яка описується логарифмічною функцією.

Практична значимість: було встановлено, що основними поломками БелАЗ 548, які становлять 90 % усіх несправностей є поломки двигуна, ведучої вісі, системи підвіски, коліс і шин, електрообладнання, системи трансмісії та гальмівної системи.

Ключеві слова: автосамоскид, простої, поломки, параметр відмови, цикл роботи.

Вступ.

Кар'єрний транспорт має ряд особливостей, що відрізняють його від громадського транспорту [1-12]:

1. Пункти завантаження та розвантаження постійно змінюють своє положення, слідує за фронтом гірничодобувної промисловості, що вимагає періодичного переміщення транспортних комунікацій та обладнання (залізниці, дороги, конвеєри).

2. Цикл кар'єрних транспортних засобів періодичних дій (залізничних, автомобільних тощо) складається з завантаження, переміщення з вантажем, вивантаження та повернення порожніх авто.

3. Транспортування з кар'єру відбувається, як правило, на великому схилі при розробці як глибинних, так і високогірних родовищ.

4. Для продуктивного використання гірничо-транспортної техніки (екскаваторів

та рухомого складу) необхідно узгодити їх параметри. Основними вимогами до кар'єрного транспорту є: забезпечення заданого вантажообігу; безперебійна робота (точне дотримання графіка – для циклічних засобів та безперервності потоку – для транспортних засобів безперервної дії); можливо, менш трудомістка робота (через використання механізації та автоматизації основних та допоміжних процесів під час транспортування); безпека руху та управління роботою. Одним з основних положень при виборі схем транспортування є відокремлення вантажного руху від розкривних і мінеральних ресурсів, що доцільно, наприклад, в умовах великої та середньої виробничої потужності кар'єрів (якщо дозволяють геологічні умови), оскільки це забезпечує ритмічність та безперебійну роботу всього підприємства. Вибір виду та засобу кар'єрного транспорту визначається низкою факторів і, насамперед,

характеристиками вантажу, що перевозиться, дальністю перевезень, масштабами робіт та темпами їх розвитку. Потужність транспортних засобів залежить від масштабів робіт (вантажообігу), а темп видобутку корисних копалин визначає вимоги до експлуатаційної надійності кар'єрних транспортних засобів.

Мета.

Дослідити причини зниження продуктивності автосамоскидів в умовах Омелянівського кар'єру.

Методи дослідження.

В процесі дослідження аналізувалися дані щодо руху та обслуговування автосамоскидів БелАЗ 548 в умовах Омелянівського кар'єру. Обробка даних проводилась статистичними методами.

Викладення основного матеріалу.

Розробка параметрів автосамоскидів та екскаваторної техніки безпосередньо взаємозв'язане. Як правило, вибір оптимального співвідношення ємності ковша екскаватора та вантажопідйомності автосамоскида складає виконання умов завантаження кузовів у 5–12 циклів екскавацій [4].

Очевидно, що зменшення кількості циклів завантажує екскаватор автосамоскидів, дозволяє підвищити продуктивність усього екскаваційно-транспортного комплексу. Це здійснюється за рахунок збільшення потужності екскаватора при незмінній вантажопідйомності автосамоскиду.

Продуктивність екскаватора та транспортної машини визначається кількістю (місткість, маса) вантажу, що переміщується за одиницю часу (секунда, час, зміна, рік). Розрізняють технічну та експлуатаційну продуктивність. Технічна продуктивність Q визначає технічні параметри машин та властивості транспортування вантажу. Експлуатаційне виробництво Q_e залежить не лише від технічних параметрів машин та вантажу, а й від фактичних умов експлуатації.

Технічна та експлуатаційна продуктивність, пов'язана між собою співвідношенням

$$\frac{Q_e}{Q} = K_e, \quad (1)$$

де K_e – загальний експлуатаційний коефіцієнт використання машин, що представляє собою добуток коефіцієнтів нерівномірності завантажень машини K_n , використання у часі K_b та готовності машини K_r . При безперервній роботі з нормальним завантаженням $K_e = 1$, при неповному завантаженні та простоях $K_e < 1$.

За значенням технічної продуктивності розраховують головні конструктивні параметри машин, що забезпечують цю продуктивність.

Виробництво автомобільного транспорту визначається як сумарна продуктивність усіх одиниць транспорту (автосамоскидів).

$$Q = \sum Q_a. \quad (2)$$

Індивідуальна продуктивність окремих одиниць (самоскидів) в одиниці часу визначається як

$$Q_a = r q_i, \quad (3)$$

де $r = \frac{1}{T_p}$ – кількість рейсів в одиниці часу;

q_i – маса вантажу (в кузові автосамоскиду);

T_p – час рейсу.

Час рейсу автосамоскиду складається з часу завантаження t_z та розвантаження t_r , а також часу руху в вантажному $t_{p,v}$ та порожньому напрямку $t_{p,n}$:

$$T_p = t_z + t_{p,v} + t_{p,n} + t_r. \quad (4)$$

Якщо розглядати дані про час рейсу, то з них, відповідно, основна частина припадає на час руху. При значних відстанях транспортування часом завантаження та розвантаження можна знехтувати.

Якщо ж відстань транспортування не перевищує 2 кілометри (середня відстань транспортування гірничої маси в кар'єрах), то нехтувати цими величинами не можна.

Час розвантаження, що складається з часу піднімання та опускання кузова практично не залежить від вантажопідйомності автосамоскида (складає в середньому 40 секунд).

Час завантаження залежить від часу циклу екскаватора та відповідно з паспортом завантаження кількості циклів (кількості завантажених ківшів).

На рис. 1 наведено статистичні дані розподілу часу по операціям циклу роботи автосамоскида БелАЗ 548 в умовах Омелянівського кар'єру. Даний тип автосамоскида працює в парі з екскаватором ЭКГ-5А, який має об'єм ковша 5 м³. З даної діаграми ми бачимо, що значний час циклу роботи автосамоскида витрачається на простій порожньої машини. На це впливає два чинники: відсутність автоматизованої системи керування рухом авто та значною кількістю негабаритних шматків у зірваному розвалі гірської породи (10-15 %) [6, 7].

Автоматизована система зменшила б простої на 10-20 % простою самоскидів, але через високу вартість таких систем та технічної підтримки немає доцільності встановлення на такому відносно невеликому кар'єрі. Негабаритні шматки знижують продуктивність не лише автосамоскидів, а й екскаваторів. Екскаватори вимушені витратити час на обкопування негабаритних шматків у розвалі гірської породи та складування. Часто через обмеженість робочого майданчика негабаритні шматки ускладнюють операцію під'їзду автосамоскида до екскаватора.

Разом з тим зі збільшенням відстані транспортування зменшується продуктивність автосамоскидів, залежність для Омелянівського кар'єру наведена на рис. 2.



Рис. 1. Діаграма часу циклу автосамоскида за добу на Омелянівському кар'єрі

Для Омелянівського кар'єру залежність продуктивності автосамоскида БелАЗ 548 від відстані транспортування має лінійний характер.

У зв'язку з тривалою експлуатацією автосамоскидів на Омелянівському кар'єрі час, який затрачається на ремонт БелАЗів становить 18...25 % від календарного фонду часу. Існуюча система технічного обслуговування та ремонту кар'єрних вантажівок характеризується тим, що із 8760...8784 годин річного календарного фонду продуктивний час становить у середньому 2500...3600 годин, тоді як за 1 годину продуктивної роботи самоскидів, час простою ремонту коливається від 0,3...1,1 години. Виробнича база Омелянівського кар'єру дозволяє проводити ремонтні роботи, але через брак оригінальних запчастин самоскиди дуже швидко повертаються в ремонтні майстерні. Також постійно мінливі умови функціонування транспортних засобів призводять до перенавантаження на вузли та частини самоскидів, а отже призводить до відмов.

Було відібрано статистичні дані про ефективність експлуатації самоскидів БелАЗ-548. Статистичні дані були взяті з гаражних документів (табл. 1).

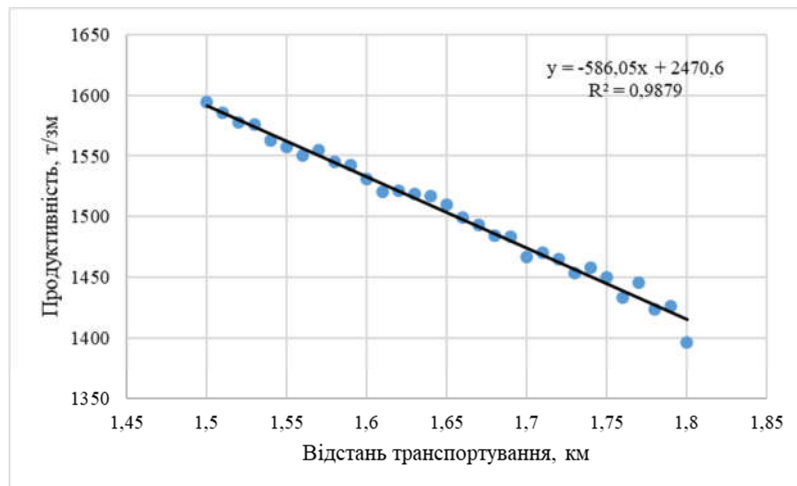


Рис. 2. Залежність продуктивності автосамоскида БелАЗ 548 від відстані транспортування в умовах Омелянівського кар'єру

Таблиця 1. Статистика поломок самоскидів БелАЗ 548

Система	Кількість поломок, шт.		
	Загальна кількість поломок	Кількість поломок при плюсових температурах	Кількість поломок при мінусових температурах
Силовий агрегат	789	523	266
Двигун	598	425	173
Ведуча вісь	423	247	176
Колеса та шини	365	200	165
Гальмівна система	367	203	164
Електрична система	280	198	82
Трансмісійна система	275	152	123
Кабіна, кузов	145	76	69
Передня вісь	92	47	45
Система керування	82	40	42
Механізм скидання	45	27	18
Всього	3461	2138	1323

Обговорення результатів.

З рис. 3 видно, що несправності двигуна, ведучої вісі, системи підвіски, коліс і шин, електрообладнання, системи трансмісії та гальмівної системи становлять 90 % усіх несправностей. Ці системи обмежують продуктивність самоскидів.

За статистичними даними в Україні мінусових середньомісячну температуру мають три місяці, з цим пов'язана менша кількість поломок при мінусових температурах.

При побудові математичної моделі динаміки старіння автомобілів БелАЗ-548 вантажопідйомністю 40 тон було прийнято

передумову незалежності вихідних параметрів, за допомогою якої змінюється параметр відмови $\lambda(t)$ [2].

У результаті досліджень була побудована крива зміни параметра відмови $\lambda(t)$ залежно від терміну служби t , яку можна наблизити залежністю:

$$\lambda(t) = 0,0066 \ln(t) + 0,0381. \quad (5)$$

Однак ризик невдач зростає в процесі тривалої експлуатації машини (рис. 4).

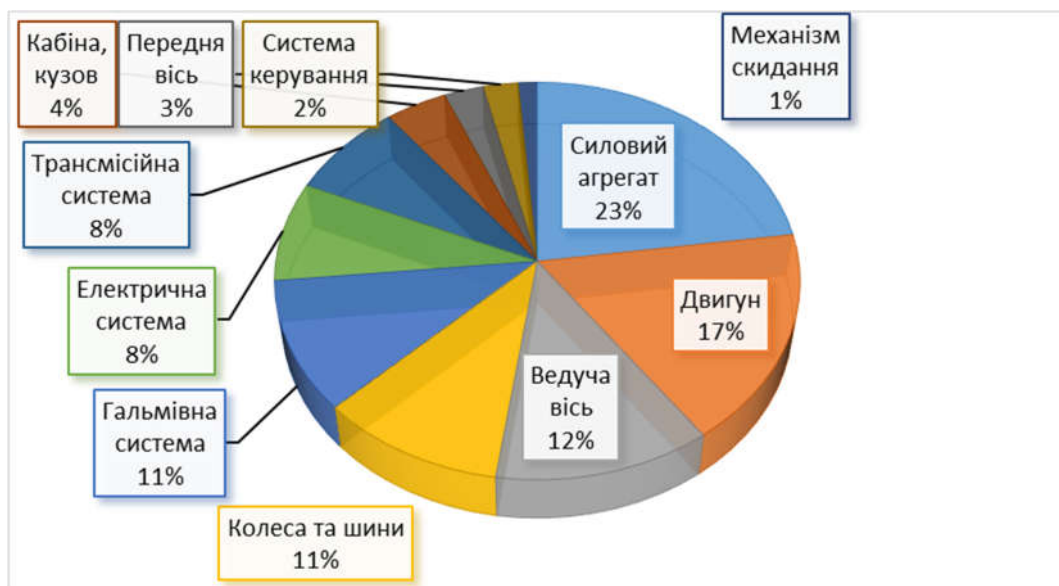


Рис. 3. Статистика несправностей автосамоскидів БелАЗ 548

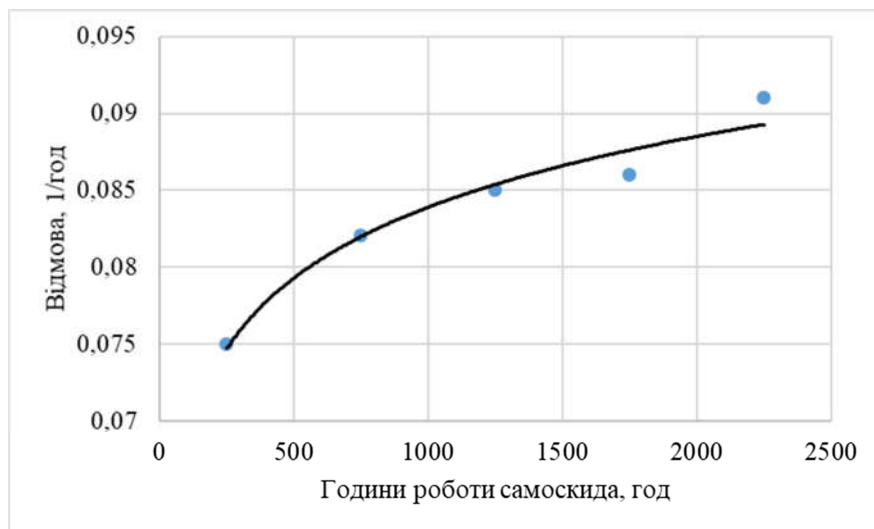


Рис. 4. Залежність параметра відмови $\lambda(t)$ самоскидів БелАЗ-548 від терміну служби t (год)

Основними напрямками покращення транспорту на Омелянівському кар'єрі є:

- заміна двигунів ЯМЗ-240Н на двигуни фірми Caterpillar;
- заміна металевого футерування кузова на гумове зменшує ударні навантаження на машину в 20 разів, що підвищує строк служби всіх вузлів кар'єрного автотранспорту.

Висновки.

На Омелянівському кар'єрі найбільше часу в циклі роботи автосамоскида БелАЗ 548 займає операція простою порожнього автосамоскида. Це пов'язано з відсутністю автоматизованої системи керування рухом авто та значною кількістю негабаритних шматків у зірваному розвалі гірської породи (10-15 %). Для Омелянівського кар'єру залежність продуктивності автосамоскида БелАЗ 548 від відстані транспортування має лінійний характер. Залежність параметра відмови $\lambda(t)$ самоскидів БелАЗ-548 від терміну служби t описується логарифмічною функцією. Несправності двигуна, ведучого моста, системи підвіски, коліс і шин, електрообладнання, системи трансмісії та гальмівної системи становлять 90 % усіх несправностей автосамоскидів БелАЗ 548 на Омелянівському кар'єрі. Ці системи обмежують продуктивність самоскидів.

Список літератури

- 1.Ksenevich V.I. Career trolley transport and environmental issues. Mountain Journal. №2. 1998. pp 22-24
- 2.Andreeva L. I., Krasnikova T.I. The relationship of failure and the aging process of mining machines. Technological equipment for the mining and oil and gas industry: Sat. Proceedings of the X Intern. scientific tech. conf "Readings in memory of V R Kubachek" April 19-20 2012 (Ekaterinburg. Yekaterinburg: UGGU). 2012. pp 345-350
- 3.Potapov M.G. Career transport. Ed. 4th. 1980. 225 p.
- 4.Кольга А.Д., Горячих В.Д. Современное развитие транспорта на горнопромышленных предприятиях. *Современные проблемы транспортного комплекса России*. 2013. № 4 (4). С. 115-120.
- 5.Korobiichuk V. Study of ultrasonic characteristics of Ukrainian red granites at low temperatures Systems. Control and Information Technology. Warsaw. p. 20-21.
- 6.Закусило Р.В., Кравець В.Г., Коробійчук В.В. Засоби ініціювання промислових зарядів вибухових речовин : монографія. Житомир : ЖДТУ, 2011. 212 с.

7.Коробійчук В.В., Соболевський Р.В., Подчашинський Ю.О., Зубченко О.А., Ремезова О.О. Дослідження впливу буровибухових робіт на якість блочної продукції кар'єру на основі визначення геометричних характеристик її тріщинуватості. *Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки*. 2007. № 3 (42). С. 143-150.

8.Коробійчук В.В. Залежність внутрішньопорового тиску від пружних властивостей природного каменю. *Вісник Житомирського державного технологічного університету. Технічні науки*. 2012. № 1 (60). С. 123-126

9.Korobiichuk V. Study of Ultrasonic Characteristics of Ukraine Red Granites at Low Temperatures. *International Conference on Systems, Control and Information Technologies 2016*. Springer International Publishing, 2016. P. 653-658.

10. Korobiichuk V.V., Sidorov O.M., Sobolevskyi R.V., Shlapak V.O., Kryvorushko A.O. European integration: treatment of stone processing enterprises waste in Ukraine. *Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки*. 2017. № 1 (79). С. 182-190.

11. Shamrai V.I., Korobiichuk V.V., Sobolevskyi R.V. Management of waste of stone processing in the framework of Euro integration of Ukraine. *Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія : Технічні науки*. 2017. № 2 (80). Т. 1. С. 234-239.

12. Ковалевич Л.А., Левицький В.Г., Білобров Д.М., Кириленко Н.П., Шамрай В.І. Динаміка споживання паливно-мастильних матеріалів самоскидами на Омелянівському родовищі гранітів. *Технічна інженерія*. № 1. (87). 2021. С. 142-148.

References

- 1.Ksenevich V.I., 1998, Career trolley transport and environmental issues. Mountain Journal, № 2, pp 22-24, English
- 2.Andreeva L.I., Krasnikova T.I., 2012, The relationship of failure and the aging process of mining machines, Technological equipment for the mining and oil and gas industry: Sat. Proceedings of the X Intern. scientific tech. conf "Readings in memory of V R Kubachek" April 19-20 (Ekaterinburg. Yekaterinburg: UGGU), pp 345-350, English
- 3.Potapov M.G., 1980, Career transport. Ed. 4th, 225 p., English.
- 4.Kolga A.D., Goryachih V.D., 2013, Modern development of transport at mining enterprises, [Sovremennoe razvitiye transporta na gornopromyshlennyih predpriyatiyah], Sovremennyye problemyi transportnogo kompleksa Rossii, № 4 (4), P. 115-120, Russian language.
- 5.Korobiichuk V., 2016, Study of ultrasonic characteristics of Ukrainian red granites at low temperatures Systems, Control and Information Technology, Warsaw, p. 20-21, English.
- 6.Zakusylo R.V., Kravets V.H., Korobiichuk V.V., 2011, Means of initiating industrial explosive charges [Zasoby initsiuvannya promyslovykh zariadiv vybukhovoykh], Zhytomyr: ZhDTU, 212 p., Ukrainian language.
- 7.Korobiichuk V.V., Sobolevskyi R.V., Podchashynskyi Yu.O., Zubchenko O.A., Remezova O.O., 2007, Research of influence of drilling and blasting works

on quality of block production of a quarry on the basis of definition of geometrical characteristics of its fracture [Doslidzhennia vplyvu burovybukhovoykh robot na yakist blochnoi produktsii karieru na osnovi vyznachennia heometrychnykh kharakterystyk yii trishchynuvatosti], Visnyk Zhytomyrskoho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytetu. Seriya: Tekhnichni nauky, № 3 (42), P. 143–150, Ukrainian language.

8. Korobiichuk V.V., 2012, Dependence of intraporous pressure on the elastic properties of natural stone, [Zalezhnist vnutrishnoporovoho tysku vid pruzhnykh vlastyvosti pryrodnoho kameniu], Visnyk Zhytomyrskoho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytetu. Seriya: Tekhnichni nauky, № 1 (60). P. 123–126, Ukrainian language.

9. Korobiichuk V., 2016, Study of Ultrasonic Characteristics of Ukraine Red Granites at Low Temperatures. International Conference on Systems, Control and Information Technologies, Springer International Publishing, P. 653–658, English.

10. Korobiichuk V.V., Sidorov O.M., Sobolevskyi R.V., Shlapak V.O., Kryvorushko A.O.,

2017, European integration: treatment of stone processing enterprises waste in Ukraine, Visnyk Zhytomyrskoho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytetu. Seriya: Tekhnichni nauky, № 1 (79). P. 182–190, English.

11. Shamrai V.I., Korobiichuk V.V., Sobolevskyi R.V., 2017, Management of waste of stone processing in the framework of Euro integration of Ukraine, Bulletin of Zhytomyr State Technological University. Series: Technical Sciences. № 2 (80). T. 1. C. 234–239, English.

12. Kovalevych L.A., Levytskyi V.H., Bilobrov D.M., Kyrylenko N.P., Shamrai V.I., 2021, Dynamics of fuel and lubricant consumption by dump trucks at the Omelyanivka granite deposit [Dynamika spozhyvannia palyvno-mastylnykh materialiv samoskydany na Omelianivskomu rodovyshchi hranitiv], Tekhnichna inzheneriia, № 1. (87). P. 142–148, Ukrainian language.

Надійшла до редакції 15.10.2021

Ковалевич Людмила Анатоліївна – старший викладач кафедри макейдерії Державного університету «Житомирська політехніка», (м. Житомир, Україна).

E-mail: kovalevych.zt@gmail.com

Толкач Олександр Миколайович, к.т.н., доц., доцент розробки родовищ корисних копалин ім. проф. Бакка М.Т. Державного університету «Житомирська політехніка», (м. Житомир, Україна).

E-mail: oltolkach@gmail.com

Кірейцева Ганна Вікторівна, доцент, к.е.н., доцент кафедри екології Державного університету «Житомирська політехніка», (м. Житомир, Україна).

E-mail: anna.kireyceva@gmail.com

Білобров Дмитро Миколайович, аспірант кафедри розробки родовищ корисних копалин ім. проф. Бакка М.Т. Державного університету «Житомирська політехніка», (м. Житомир, Україна).

E-mail: mishakachurovsiy97@gmail.com

Качуровський Михайло Валентинович, аспірант кафедри розробки родовищ корисних копалин ім. проф. Бакка М.Т. Державного університету «Житомирська політехніка», (м. Житомир, Україна).

E-mail: mishakachurovsiy97@gmail.com

RESEARCH OF RELIABILITY OF VEHICLE DUMP PARK IN THE CONDITIONS OF OMELYAN'S CAREER

Purpose. The aim of the study is to identify the reasons for the decrease in the productivity of dump trucks in the conditions of the Yemelyanovskoye open pit. In the course of the study, data on the movement and maintenance of BelAZ 548 dump trucks in the conditions of the Yemelyanovsky quarry were analyzed. Data processing was carried out by statistical methods.

Methods. The publication provides statistical data on the distribution of time for the operations of the cycle of the BelAZ 548 dump truck in the conditions of the Yemelyanovskoye open pit. This type of dump truck is paired with an EKG-5A excavator, which has a bucket volume of 5 m³.

In connection with the long-term operation of dump trucks at the Yemelyanovsky quarry, the time spent on the repair of BelAZ is 18...25 % of the calendar time fund. The existing system of maintenance and repair of mining trucks is characterized by the fact that from 8760...8784 hours of the annual calendar fund, the productive time averages 2500...3600 hours, while for 1 hour of productive work of dump trucks, the repair downtime ranges from 0,3...1,1 hours. The production base of the Yemelyanovsky quarry allows for repair work, but in the absence of original spare parts, the dump trucks very quickly return to the repair shops. Also, the performance of dump trucks is affected by the changing conditions of the functioning of vehicles leading to overloads of units and parts of dump trucks.

When constructing a mathematical model of the aging dynamics of BelAZ-548 vehicles with a carrying capacity of 40 tons, it was assumed that the output parameters are independent, with the help of which the failure parameter $\lambda(t)$ changes.

Results. Scientific novelty: for the first time for the Yemelyanovsky quarry, the dependence of the performance of the BelAZ 548 dump truck on the transportation distance, which has a linear character, was obtained. And for the first time, the dependence of the failure parameter $\lambda(t)$ of BelAZ-548 dump trucks on the service life t , which is described by a logarithmic function, was established.

Practical significance: it was found that the main breakdowns of BelAZ 548, which make up 90% of all malfunctions, are breakdowns of the engine, drive axle, suspension system, wheels and tires, electrical equipment, transmission system and brake system.

Key words: dump truck, downtime, breakdowns, failure parameter, work cycle.

Kovalevych Liudmyla – Senior Lecturer of the Department of Mine Surveying, Zhytomyr Polytechnic State University, (Zhytomyr, Ukraine).

E-mail: kovalevych.zt@gmail.com

Tolkach Oleksandr – Ph.D., associate professor, associate professor of the Department of Mining named after Professor Bakka M.T., Zhytomyr Polytechnic State University, (Zhytomyr, Ukraine).

E-mail: oltolkach@gmail.com

Kireitseva Hanna – Ph.D., associate professor, associate professor of the Department of Ecology, Zhytomyr Polytechnic State University, (Zhytomyr, Ukraine).

E-mail: anna.kireyceva@gmail.com

Bilobrov Dmytro – graduate student Zhytomyr Polytechnic State University, (Zhytomyr, Ukraine).

E-mail: mishakachurovsiy97@gmail.com

Kachurovskiy Mykhailo – graduate student Zhytomyr Polytechnic State University, (Zhytomyr, Ukraine).

E-mail: mishakachurovsiy97@gmail.com