

DOI: [https://doi.org/10.26642/ten-2023-1\(91\)-331-335](https://doi.org/10.26642/ten-2023-1(91)-331-335)
УДК 622.2:629.3

Л.А. Ковалевич, інженер
А.О. Криворучко, к.т.н., доц.
С.С. Іськов, к.т.н., доц.
С.В. Кальчук, к.т.н., доц.

Державний університет «Житомирська політехніка»

Н.В. Багашова, к.т.н., доц.

Навчально-науковий економічний інститут
Державного університету економіки і технологій

Дослідження несправності двигунів кар'єрних самоскидів

У дослідженні розглянуто проблеми виникнення несправностей у кар'єрних автомобілях. За допомогою проведених досліджень було встановлено, що вартість ремонту зростає зі збільшенням терміну експлуатації самоскида. Ця вартість визначається вартістю ремонту на початку експлуатації та швидкістю зростання витрат на технічне обслуговування та ремонт зі збільшенням пробігу транспорту.

Практичний досвід показує, що зношення важких самоскидів під час експлуатації варіюється у різних кар'єрах і залежить від факторів, таких як видобуток корисних копалин (глибина кар'єру, насипна щільність, абразивність гірських порід та інші) та дорожньо-кліматичні умови експлуатації. Відповідно, частота виникнення поломок у деталей самоскида буде значно відрізнятися, що призводить до різної частоти проведення обслуговування. Складніша конструкція самоскида призводить до більшої кількості поломок протягом певного періоду. З іншого боку, надійність самоскида залежить від довжини транспортування та середнього ухилу дороги для перевезення гірської маси. У публікації наведено дані, отримані для Омелянівського кар'єру.

Ключові слова: поломки; ухили траси; двигуни; відстань транспортування; надійність роботи.

Вступ. Витрати на технологічний транспорт під час відкритого видобутку корисних копалин становлять значну частку від загальної собівартості видобутку. Для середніх кар'єрів ці витрати становлять 50 % (рис. 1), а для глибоких кар'єрів вони перевищують цей показник. Тому покращення ефективності транспортних систем кар'єрів має велике значення для зниження собівартості видобутку.

Аналіз підсумкових показників роботи кар'єру ускладнений і часто неможливий без докладної інформації про особливості технологічних процесів, технічне оновлення та динаміку мікро- та макроекономічних показників. Наприклад, оцінка ефективності вжитих управлінських заходів та технологічних рішень неможлива без урахування змін глибини кар'єру. При зростанні глибини, витрати на транспорт зменшуються, а частка витрат на видобуток зростає. У період стабілізації глибини кар'єру, навпаки, частка витрат на видобуток знижується, а витрати на транспорт збільшуються [1–16].

Мета дослідження – встановити залежність надійності двигуна від відстані транспортування і середнього ухилу дороги.

Викладення основного матеріалу. На основі досвіду експлуатації дизельних двигунів на самоскидах можна стверджувати, що порушення нормативних значень, необхідних для нормальної роботи двигуна, зазвичай спричиняють виникнення різних поломок [17].

Змінна надійність роботи двигунів самоскидів типу БілАЗ відображає ймовірність поломки через різні несправності, пов'язані з дизельним двигуном. Змінна надійність залежить від відстані транспортування та величини середньозваженого ухилу маршруту перевезення гірської маси [17]. Ці дані наведені в таблицях 1 та 2.

Таблиця 1

Залежність надійності двигуна від відстані транспортування і середнього ухилу дороги

Умови роботи самоскидів		Ймовірність відмови двигуна протягом зміни
Відстань транспортування, км	Середній ухил, ‰	
0,40	20,0	0,051
1,80	18,2	0,066
2,30	48,0	0,098
1,2	21,5	0,067
1,7	65,0	0,113

Спостерігається загальна тенденція до збільшення відмов двигуна зі зростанням транспортної відстані. Варто відзначити, що значення середньозваженого ухилу дороги відіграє важливу роль [17], оскільки збільшення цього показника відповідає збільшенню варіативної відмови двигуна (табл. 2. та рис. 1).

Таблиця 2

Залежність ймовірності відмови двигуна від середнього ухилу дороги

V	0,066	0,051	0,067	0,063	0,071	0,098	0,094	0,113	0,134
i, %	18,2	20	21,5	32	32	48	53	65	71

Залежність відмови двигуна від середнього ухилу дороги є важливою для роботи транспортного засобу і реальних умов експлуатації. При проектуванні кар'єрних автодоріг враховуються мінімальні обсяги земляних робіт, а також необхідність забезпечення безпеки руху при великих швидкостях.

Дорога складається з прямих ділянок, які з'єднуються кривими. На кривих ділянках швидкість руху автомашин знижується, але використання кривих малого радіуса дозволяє максимально використовувати переваги автотранспорту щодо маневреності.

Мінімально допустимі радіуси закруглень для автосамоскидів на постійних дорогах становлять 50–60 метрів, на тимчасових дорогах у кар'єрі 15–20 метрів, на петлевих заїздах під навантаження 9–15 метрів.

Повздовжній профіль автодороги проектується у формі плавної лінії, що складається з майданчиків, ухилів і вертикальних кривих, які з'єднують ділянки з різними ухилами.

Підвищення ефективності роботи кар'єрного автотранспорту залежить від урахування впливу складності гірничотехнічних та дорожніх умов експлуатації, таких як висота підйому та глибина спуску гірничої маси, на робочі показники (продуктивність, витрата дизельного палива, собівартість транспортування і т.д.). При цьому фактичну довжину траси зводять до умовної горизонтальної відстані транспортування. Такий підхід до вибору оптимального ухилу автодороги розвивається у дослідженнях закордонних вчених гірників і застосовується в низці гірничодобувних підприємств для оцінки впливу гірничотехнічних та дорожніх умов на роботу кар'єрного автотранспорту. При виборі оптимального ухилу автодороги враховуються техніко-економічні показники, специфічні для конкретних гірничотехнічних умов, а також враховується тягова здатність машини і безпека руху.

Для сучасних типів автосамоскидів з колісною формулою 4×2, вибір керівного підйому обмежується значенням від 70 до 120 % з огляду на ці міркування. Ухили в порожняковому напрямку обмежуються безпековими умовами руху і зазвичай не перевищують величину від 80 до 110 %.

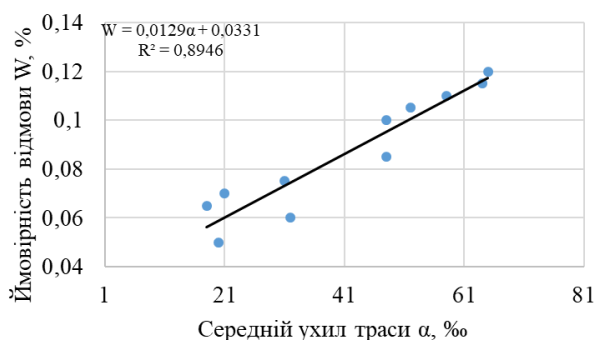


Рис. 1. Залежність величини відмови двигуна ЯМЗ-240 Н самоскида БілАЗ-548 від значення середнього ухилу дороги

Існує залежність між середнім нахилом дороги та відмовою двигуна, яка відображає як режим роботи транспортного засобу, так і реальні умови експлуатації. Ця залежність використовується для обґрунтування розрахункової відмови двигунів самоскидів.

В результаті проведених досліджень встановлено, що вартість ремонту зростає зі збільшенням терміну служби самоскида. Це пов'язано з технічним зношенням конструктивних вузлів та складністю використання оригінальних запчастин.

На практиці спостерігається, що ступінь зношення важких самоскидів варіюється в залежності від умов експлуатації в різних кар'єрах. Цей знос залежить від різних факторів, таких як обсяг видобутку корисних копалин (враховуючи глибину кар'єру, насипну щільність, абразивність гірських порід і т. д.), а також від дорожньо-кліматичних умов, у яких здійснюється експлуатація транспорту. Отже, частота відмов окремих деталей самоскида значно відрізняється, що призводить до необхідності різної частоти обслуговування цих деталей (табл. 3).

Таблиця 3

Час безперервної роботи різних агрегатів самоскида

Агрегат	Кількість відмов у зміну	Пробіг безперервної роботи, км
Карданна коробка передач	0,087	900–1000
Стартер	0,054	1400–1500
Насос	0,043	1800–1950
Компресор	0,040	1950–2100
Генератор	0,024	3250–3400
Паливна система	0,015	4500–4700
Гідромеханічна система	0,015	4500–4700
Циліндри пневмогідролічної підвіски	0,013	5400–5600
Гальмівні колодки	0,012	7200–9000

Один із показників, який використовується для визначення частоти технічного обслуговування і ремонту самоскида, – це пробіг, а не кількість годин роботи. Наприклад, самоскид може працювати безперервно протягом близько 1000 км перед виникненням несправності в найменш надійному агрегаті – карданній коробці передач, тоді як найбільш надійний агрегат, такий як гальмівні колодки, може працювати до 9000 км. Складність конструкції самоскида впливає на кількість відмов протягом зміни. Крім того, надійність самоскида залежить від відстані перевезення та середнього ухилу дороги, по якій він перевозить гірську масу. Ці дані зібрані в таблиці 4.

Таблиця 4

Залежність надійності самоскида від відстані транспортування і середнього ухилу дороги

Умови роботи транспорту		Ймовірність відмови транспорту, W_a
Відстань транспортування, км	Ухил дороги, %	
0,50	21,5	0,0316
1,90	19,6	0,0184
2,40	48,0	0,0222
1,30	22,5	0,0241
1,80	68,0	0,0326

Аналіз даних в таблиці 5 показав, що між величиною ймовірності виходу з ладу самоскида та відстанню транспортування, а також нахилом дороги не існує стабільного взаємозв'язку, який можна було б описати аналітичним співвідношенням.

Таблиця 5

Залежність ймовірності виходу з ладу самоскида від співвідношення L/a

W	0,0193	0,0195	0,034	0,0229	0,0225	0,0242	0,0314	0,0322	0,0332
L/a	0,1	0,063	0,054	0,049	0,043	0,039	0,033	0,025	0,022

Існування стійкого взаємозв'язку між проаналізованими значеннями, які характеризують роботу самого транспорту та гірничотехнічні умови, в яких він експлуатується, дозволяє застосовувати цю залежність як обґрунтування проектного значення виходу з ладу самоскидів, не виконуючи надскладних статистичних спостережень. Для забезпечення постійної готовності самоскида необхідно регулярно проводити технічне обслуговування та ремонт, що впливають на продуктивність та тривалість простоїв кар'єрних транспортних засобів.

Висновки. У результаті проведення технічного обслуговування та ремонту простої самоскидів становлять приблизно 20–30 % від загального календарного часу, а витрати на обслуговування та ремонт можуть досягати 35 % від загальних експлуатаційних витрат, залежно від вантажопідйомності самоскида.

Дослідженнями було встановлено, що надійність самоскида залежить від відстані транспортування та середнього ухилу дороги. Ця залежність може бути описана лінійною функцією.

Список використаної літератури:

1. Feasibility study to reduce injuries and fatalities caused by contact of cranes, drill rigs, and haul trucks with high tension lines / H.K. Sacks, J.C. Cawley, G.Homce, M.Yenchek // IEEE Trans. Ind. Applicat. – 2001. – Vol. 37. – P. 914–919.
2. Криворучко А.О. Розробка узагальненої методики геометризації масивів природного каменю з метою отримання комплексної моделі родовища / А.О. Криворучко, В.В. Коробійчук, С.С. Іськов // Вісник ЖДТУ. – 2012. – № 4 (63). – С. 190–202.
3. Weakening of rock strength under the action of cyclic dynamic loads / V.Korobiichuk, V.Kravets, R.Sobolevskiyi and other // Eastern European Journal of Advanced Technologies. – 2018. – Issue 2 (5). – P. 20–25.
4. Shamrai V. Management of waste of stone processing in the framework of Euro integration of Ukraine / V.Shamrai, V.Korobiichuk, R.Sobolevskiyi // Вісник ЖДТУ. Сер. : Технічні науки. – 2017. – № 2 (1). – С. 234–239.

5. Коробійчук В. Геометризація супутньої корисної копалини в умовах Лезниківського родовища гранітів та гірничо-геометричний аналіз його показників / В.Коробійчук // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Сер. : Технічні науки. – 2012. – № 58. – С. 175–184.
6. Дослідження шляхів мінімізації втрат при буровибуховому способі видобування блоків декоративного каменю / Р.В. Соболевський, О.О. Кісель, В.В. Коробійчук, О.А. Зубченко // Вісник ЖДТУ. Сер. : Технічні науки. – 2006. – № 4 (39). – С. 301–307.
7. A procedure for modeling the deposits of kaolin raw materials based on the comprehensive analysis of quality indicators / R.Sobolevskiy, A.Vaschuk, O.Tolkach and other // Eastern European Journal of Advanced Technologies. – Issue 3 (87). – P. 54–66.
8. Коробійчук В.В. Дослідження тріщинуватості Лезниківського родовища гранітів з перспективою видобутку блочної продукції / В.В. Коробійчук // Східно-європейський журнал передових технологій. – Харків : Технологічний центр, 2013. – Вип. 6/5 (66). – С. 23–27.
9. Korobiichuk V.V. European integration: treatment of stone processing enterprises waste in Ukraine / V.V. Korobiichuk, O.M. Sidorov, R.V. Sobolevskiy // Вісник ЖДТУ. Сер. : Технічні науки. – 2017. – № 1 (79). – С. 182–190.
10. Evaluation of the effectiveness of natural stone surface treatment from Ukraine by mechanical and chemical methods / V.Korobiichuk, V.Shamrai, V.Levytskyi and other // Rudarsko Geolosko Naftni Zbornik. – 2018. – Vol. 33 (4). – P. 15–22.
11. Optimization of the process of efficiency management of the primary kaolin excavation on the curved face of the conditioned area / V.Korobiichuk, R.Sobolevskiy, V.Levytskyi and other // Rudarsko Geolosko Naftni Zbornik. – 2020. – Vol. 35, Issue 1. – P. 123–137.
12. Коробійчук В.В. Дослідження тріщинуватості Лезниківського родовища гранітів з перспективою видобутку блочної продукції / В.В. Коробійчук // Східно-європейський журнал передових технологій. – Харків : Технологічний центр. – 2013. – Вип. 6/5 (66). – С. 23–27.
13. Korobiichuk V.V. European integration: treatment of stone processing enterprises waste in Ukraine / V.V. Korobiichuk, O.M. Sidorov, R.V. Sobolevskiy // Вісник ЖДТУ. Сер. : Технічні науки. – 2017. – № 1 (79). – С. 182–190.
14. Вплив технології відпрацювання розвалу гірської породи на розміри та форму розвалу негабариту / В.В. Коробійчук та ін. // Технічна інженерія. – 2022. – № 2 (90). – С. 147–152. DOI: 10.26642/ten-2022-2(90)-147-152.
15. Супутнє видобування блоків природного каменю в умовах щебеневого кар'єру / В.В. Коробійчук та ін. // Технічна інженерія. – 2022. – № 2 (90). – С. 153–160. DOI: 10.26642/ten-2022-2(90)-153-160.
16. Руйнування гірських порід і промислова сейсміка : навч. посіб. для студ. спец. 184 «Гірництво» / В.В. Коробійчук, В.Г. Кравець, В.В. Бойко та ін. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 408 с.
17. Якимчук Ю.С. Визначення техніко-економічних показників роботи кар'єрного автотранспорту на щебених кар'єрах / Ю.С. Якимчук, Н.М. Остафійчук // Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів : Тези VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених, 21–22 жовтня. – 2021. – С. 107–110.

References:

1. Sacks, H.K., Cawley, J.C., Homce, G. and Yenchek, M. (2001), «Feasibility study to reduce injuries and fatalities caused by contact of cranes, drill rigs, and haul trucks with high tension lines», *IEEE Trans. Ind. Applicat*, Vol. 37, pp. 914–919.
2. Kryvoruchko, A.O., Korobiichuk, V.V. and Iskov, S.S. (2012), «Rozrobka uzahalnoyi metodyky heometryzatsii masyviv pryrodnoho kameniu z metoiu otrymanna kompleksnoi modeli rodovyshcha», *Visnyk ZhDTU*, No. 4 (63), pp. 190–202.
3. Korobiichuk, V., Kravets, V., Sobolevskiy, R. et al. (2018), «Weakening of rock strength under the action of cyclic dynamic loads», *Eastern European Journal of Advanced Technologies*, Issue 2 (5), pp. 20–25.
4. Shamrai, V., Korobiichuk, V. and Sobolevskiy R. (2017), «Management of waste of stone processing in the framework of Euro integration of Ukraine», *Visnyk ZhDTU. Ser. Tekhnichni nauky*, No. 2 (1), pp. 234–239.
5. Korobiichuk, V. (2012), «Heometryzatsiia suputnoi korysnoi kopalyny v umovakh Leznykivskoho rodovyshcha hranitiv ta hirnycho-heometrychnyi analiz yoho pokaznykiv», *Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia. Ser. Tekhnichni nauky*, No. 58, pp. 175–184.
6. Sobolevskiy, R.V., Kisiel, O.O., Korobiichuk, V.V. and Zubchenko, O.A. (2006), «Doslidzhennia shliakhiv minimizatsii vtrat pry burovybukhovomu sposobi vydobuvannia blokiv dekoratyvnoho kameniu», *Visnyk ZhDTU. Ser. Tekhnichni nauky*, No. 4 (39), pp. 301–307.
7. Sobolevskiy, R., Vaschuk, A., Tolkach, O. et al., «A procedure for modeling the deposits of kaolin raw materials based on the comprehensive analysis of quality indicators», *Eastern European Journal of Advanced Technologies*, Issue 3 (87), pp. 54–66.
8. Korobiichuk, V.V. (2013), «Doslidzhennia trishchynuvatosti Leznykivskoho rodovyshcha hranitiv z perspektyvoiu vydobutku blochnoi produktsii», *Skhidno-yevropeyskyi zhurnalпередовых технологий*, Tekhnolohichniy tsentr, Kharkiv, Issue 6/5 (66), pp. 23–27.
9. Korobiichuk, V.V., Sidorov, O.M. and Sobolevskiy, R.V. (2017), «European integration: treatment of stone processing enterprises waste in Ukraine», *Visnyk ZhDTU. Ser. Tekhnichni nauky*, No. 1 (79), pp. 182–190.
10. Korobiichuk, V., Shamrai, V., Levytskyi, V. et al. (2018), «Evaluation of the effectiveness of natural stone surface treatment from Ukraine by mechanical and chemical methods», *Rudarsko Geolosko Naftni Zbornik*, Vol. 33 (4), pp. 15–22.
11. Korobiichuk, V., Sobolevskiy, R., Levytskyi, V. et al. (2020), «Optimization of the process of efficiency management of the primary kaolin excavation on the curved face of the conditioned area», *Rudarsko Geolosko Naftni Zbornik*, Vol. 35, Issue 1, pp. 123–137.
12. Korobiichuk, V.V. (2013), «Doslidzhennia trishchynuvatosti Leznykivskoho rodovyshcha hranitiv z perspektyvoiu vydobutku blochnoi produktsii», *Skhidno-yevropeyskyi zhurnalпередовых технологий*, Tekhnolohichniy tsentr, Kharkiv, Issue 6/5 (66), pp. 23–27.

13. Korobiichuk, V.V., Sidorov, O.M. and Sobolevskiy, R.V. (2017), «European integration: treatment of stone processing enterprises waste in Ukraine», *Visnyk ZhDTU. Ser. Tekhnichni nauky*, No. 1 (79), pp. 182–190.
14. Korobiichuk, V.V. et al. (2022), «Vplyv tekhnologii vidpratsiuvannya rozvalu hirs'koi porody na rozmiry ta formu rozvalu nehabarytu», *Tekhnichna inzheneriia*, No. 2 (90), pp. 147–152, doi: 10.26642/ten-2022-2(90)-147-152.
15. Korobiichuk, V.V. et al. (2022), «Sputnie vydobuvannya blokiv pryrodnoho kameniu v umovakh shchebenevoho kariery», *Tekhnichna inzheneriia*, No. 2 (90), pp. 153–160, doi: 10.26642/ten-2022-2(90)-153-160.
16. Korobiichuk, V.V., Kravets, V.H., Boiko, V.V. et al. (2020), *Ruinuvannya hirs'kykh porid i promyslova seismika*, navch. posib. dlia stud. spets. 184 «Hirnytstvo», KPI im. Ihoria Sikorskoho, Kyiv, 408 p.
17. Yakymchuk, Yu.S. and Ostafichuk, N.M. (2021), «Vyznachennia tekhniko-ekonomichnykh pokaznykiv roboty kariernoho avtotransportu na shchebenevykh karierah», *Perspektyvy rozvytku hirnychoi spravy ta ratsionalnoho vykorystannia pryrodnykh resursiv*, Tezy VIII Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii studentiv, aspirantiv ta molodykh vchenykh, 21–22 zhovtnia, pp. 107–110.

Ковалевич Людмила Анатоліївна – інженер кафедри маркшейдерії Державного університету «Житомирська політехніка».

Наукові інтереси:

- транспортні роботи;
- гірництво.

Криворучко Андрій Олексійович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри маркшейдерії Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0000-0003-3332-2631>.

Наукові інтереси:

- геометрія надр;
- видобування блочного каменю;
- геолого-економічна оцінка рудних та нерудних родовищ корисних копалин.

E-mail: km_kao@ztu.edu.ua.

Іськов Сергій Станіславович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри маркшейдерії Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0000-0002-9618-489X>.

Наукові інтереси:

- видобуток та обробка природного каменю;
- гірництво.

Кальчук Сергій Володимирович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри гірничих технологій та будівництва ім. проф. М.Т. Бакка Державного університету «Житомирська політехніка».

Наукові інтереси:

- технологічні процеси видобування корисних копалин;
- автоматизація технологічних процесів видобування корисних копалин;
- організація та планування гірничих робіт.

Багашова Наталя Володимирівна – кандидат геологічних наук, доцент кафедри економіки та цифрового бізнесу Навчально-наукового економічного інституту Державного університету економіки і технологій.

<https://orcid.org/0000-0002-5242-1224>.

Наукові інтереси:

– енергоефективність технологій відкритої розробки родовищ та конкурентоспроможність гірничодобувних підприємств.

E-mail: bahashova_nv@kneu.dp.ua.

Kovalevich L.A., Kryvoruchko A.O., Iskov S.S., Kalchuk S.V., Bagashova N.V.

Investigation of engine failures of quarry dump trucks

This work deals with malfunctions of career cars. Thanks to the conducted research, it was found that the cost of repair increases with the increase in the service life of the dump truck, and it is determined by the cost of repairs at the beginning of the operation of the dump truck, as well as the rate of increase in maintenance and repair costs as the mileage of the vehicle increases.

Practice shows that the wear and tear of heavy dump trucks during operation differs in different quarries and depends both on the extraction of minerals (depth of the pit, bulk density, abrasiveness of rocks, etc.), and on the road and climatic conditions of transport operation. Thus, the failure rate of dump truck parts will vary significantly, which causes different frequency of their maintenance. The more complex the design of the dump truck, the greater the number of rejections per shift. On the other hand, the reliability of the dump truck is determined by the distance of transportation and the size of the average slope of the road transporting the rock mass, in the publication the data for the Omelianivsk quarry were obtained.

Keywords: breakdowns; road slopes; engines; transportation distance; reliability of work.

Стаття надійшла до редакції 05.04.2023.