

Градова Є.О., аспірант
(ДВНЗ «КНУ»)

АНАЛІЗ ПРИЧИН ВИХОДУ З ЛАДУ СКЛАДОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ КАР'ЄРНИХ САМОСКИДІВ

Градова Е.А., аспірант
(ГВУЗ «КНУ»)

АНАЛИЗ ПРИЧИН ВЫХОДА ИЗ СТРОЯ ЭЛЕМЕНТОВ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ

Gradova Ye.A., Doctoral Student
(SHEI "KNU")

ANALYSIS OF PRINCIPLE FAILURES OF ELEMENTS OF TRACTION ELECTRIC DRIVE IN THE DUMP TRUCKS

Анотація. Проаналізовано причини, які впливають на показники роботи складових елементів тягового електроприводу та призводять до їх передчасного виходу з ладу, та значних простоїв. Інтенсифікація відмов спричинена тим, що кар'єрні самоскиди більшу частину свого часу експлуатуються в умовах близьких до критичних, а тому деякі вузли та агрегати працюють з навантаженнями близьким до максимальних.

Значна частка відмов припадає на електричну частину трансмісії, а саме 62 % - тягові електричні машини і 9 % - на систему управління тяговим електроприводом, решта – на механічну частину (мотор – колесо).

Незважаючи на існуючі напрацювання в напрямку підвищення ефективності експлуатації дане питання вирішене на недостатньому рівні, а тому подальші дослідження направлені на встановлення характеру впливу гірничотехнічних умов експлуатації на ефективність показників роботи складових електромеханічної трансмісії.

Ключові слова: кар'єрний самоскид, тяговий електропривод, підвищення ефективності експлуатації.

На відкритих гірничих розробках найбільш широко використовується автомобільний технологічний транспорт незважаючи на те, що це один із найбільш затратних способів транспортування, як з урахуванням капітальних вкладень, так і в плані експлуатаційних затрат. Широке їх застосування обумовлено рядом переваг серед яких: велика вантажопідйомність, маневреність, експлуатація у важких та специфічних умовах. Наприклад, від забою до перевантажувальних пунктів транспортування гірничої маси можливе лише за допомогою кар'єрних самоскидів, суттєвою перевагою яких над конвеєрним та залізничним транспортом є висока маневреність.

На сьогоднішній день у Кривому Розі активно ведуться роботи на чотирьох гірничозбагачувальних комбінатах. Це – Північний ГЗК, Центральний ГЗК, Південний ГЗК та Інгулецький ГЗК (далі відповідно ПівнГЗК, ЦГЗК, ПівдГЗК та ІнГЗК).

В загальній кількості видобуток ведеться на восьми кар'єрах з характерними гірничотехнічними умовами експлуатації. Переважну кількість рухомого складу становлять кар'єрні самоскиди виробництва «БЕЛАЗ – ХОЛДИНГ» серії 7513 вантажопідйомністю 110 – 130 т. Такі самоскиди обладнані електромеханічною трансмісією до складу якої входять наступні вузли та агрегати: дизельний двигун, тяговий генератор, два тягових електродвигуни, редуктори електромотор коліс та приводу вентиляторів, коробка відбору потужності, карданні вали, елементи гальмівної системи, датчик обмеження швидкості, прилади контролю.

На сьогоднішній день враховуючи те, що самоскиди БЕЛАЗ серії 7513 мають 7 модифікацій (7513, 75131, 75135, 75137, 75139, 7513А, 7513В) для замовника доступно 33 варіанти компоновки системи «дизельний двигун – тяговий електропривод». Така кількість варіантів отримана в результаті виконання морфологічного аналізу, тобто систематичного перебору усіх можливих варіантів взаємної комплектації дизельного двигуна – тягового генератора – тягового електродвигуна – редуктора електромотор колеса [1].

На жаль, оновлення парку кар'єрних самоскидів відбувається на основі факторів платоспроможності замовника та наявності ремонтної бази на експлуатуючому підприємстві. Мова про врахування впливу гірничотехнічних умов підприємства на показники роботи кар'єрного самоскиду взагалі не йде. А це дає підставу стверджувати, що будь-який із складових елементів тягового електроприводу вірогідніше за усе може працювати в умовах близьких до критичних. Така експлуатація призводить не лише до скорочення ресурсу, а й до енергетичних та паливних перевитрат. В цілому, ефективність експлуатації кар'єрного самоскида знижується. Тому в подальшому доцільно проводити детальний аналіз впливу конкретних гірничотехнічних умов експлуатації на показники роботи елементів системи «дизельний двигун – тяговий електропривод».

Сучасний стан кар'єрів Криворізького регіону характеризується глибинами в 300-400 м, досягненням середнього ухилу технологічних трас величини 7%, що є підвищеною для кар'єрних самоскидів; збільшенням відстані транспортування гірничої маси [2.3] та випередженням темпів видобутку над темпами виймання розкриття. Характер розподілу ухилів технологічних трас на Ганівському кар'єрі представлено на рис. 1 [4].

Зазначені фактори призводять до погіршення експлуатаційних показників роботи кар'єрних автосамоскидів, які виражаються в збільшенні витрат дизельного пального, а також зниженні середньотехнічної швидкості руху, збільшенні навантажень на вузли і агрегати трансмісії, ускладненні процесів маневрування при завантаженні – розвантаженні, що спричиняє збільшення тривалості транспортного циклу. Як наслідок, усе перелічене призведе до подорожчання робіт з утримання техніки, технічного обслуговування та ремонту і у кінцевому підсумку відображається на зростанні частки транспортних витрат у загальній собівартості видобутку корисної копалини. Через це до великовантажних кар'єрних автосамоскидів висувають більш

високі вимоги в області тягово-швидкісних характеристик, електричних навантажень, нагріву електричного обладнання та паливної економічності.

В нинішніх економічних умовах гостро постає питання розвитку та удосконалення тягового електроприводу, який саме і визначає тягово-динамічні характеристики великовантажних кар'єрних самоскидів, впливає на паливно – економічні показники.

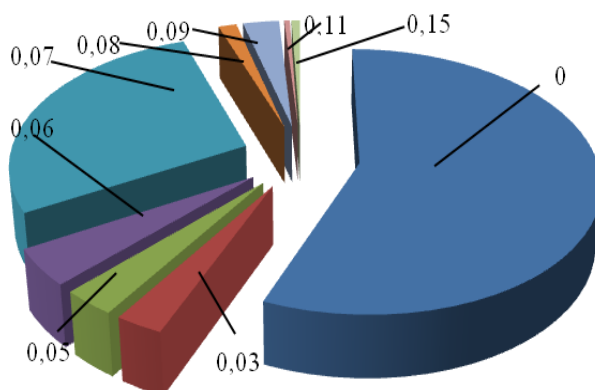


Рисунок 1 – Розподіл ухилів технологічних трас Ганівського кар'єру

Енергетична ефективність тягового електроприводу і продуктивність автосамоскиду залежать перед усім від кута підйому технологічної траси, її покриття і швидкості обертання ведучих коліс автосамоскида в тяговому режимі, що прямо пропорційно залежить від передаточного числа редуктора електромотор-колеса (РМК).

На даний момент загальний стан доріг залізородних кар'єрів Криворізького регіону відповідає будівельним нормам і правилам (БНіП). Характерною рисою таких трас є стійкість не залежно від водного чи температурного режиму. Їх дорожнє полотно переважно щебенева, що дозволяє сприймати великі навантаження від рухомого складу та запобігати руйнуванню. Геометрично, технологічні траси представляють собою набір прямолінійних ділянок, які з'єднані між собою кривими. 98 % основного робочого часу самоскид рухається з вантажем на підйом, а це свідчить, що в загальній довжині траси переважають ділянки з ухилом більшим від 0 %.

Під час руху самоскидів на трасах з ухилами більшими від 0 % відбувається перерозподіл осьових навантажень. У випадку руху нагору навантаження на задню вісь збільшується, а на передню зменшується; відповідно при русі на спуск розподіл навантажень відбувається навпаки.

Таким чином, з ускладненням гірничотехнічних умов експлуатації, збільшенням парку автосамоскидів із електромеханічною трансмісією, актуальною задачею стає пошук ефективних та дієвих рішень направлених на зниження собівартості експлуатації самоскида в цілому та окремих його вузлів і агрегатів.

Аналіз досліджень і публікацій. На сьогоднішній день існує багато напрацьованих різного напрямку, а саме підвищення ефективності експлуатації за рахунок оптимізації технічних параметрів технологічного транспорту та режиму його експлуатації, удосконалення транспортних систем кар'єрів, чи взаємодії декількох видів транспорту з подальшим скороченням простоїв

транспортного і відносно підвищення ефективності експлуатації великовантажних кар'єрних самоскидів зробили такі вчені: Ареф'єв С.О., Васильєв М.В., Горшков Е.В., Єгоров О.М., Зирянов І.В., Зотов В.В., Кудрявцев О.О., Кузнецов С.Р., Кулешов О.О., Лель Ю.І., Марієв П.Л., Монастирський Ю.А., Тарасов П.І., Фефелов Є.В., Яковлєв В.Л.

Покращити гірничотехнічні умови експлуатації з метою скорочення їх негативного впливу на показники роботи кар'єрних самоскидів повністю або частково не можливо, а тому в подальшому виникає необхідність у пошуку рішень, впровадження яких надасть змогу максимально ефективно використовувати потенціал закладений у великовантажну кар'єрну техніку.

В умовах, які свідчать про подальше стрімке зростання темпів виймальних робіт, одним із найбільш дієвих рішень є підвищення ефективності експлуатації кар'єрних самоскидів за рахунок скорочення витрат дизельного пального та підвищення їх продуктивності.

Метою дослідження є пошук дієвого рішення, впровадження якого дозволить підвищити ефективність експлуатації великовантажних кар'єрних самоскидів на залізородних кар'єрах Криворізького регіону.

Багаторічний досвід дозволяє відокремити декілька головних напрямків підвищення ефективності експлуатації великовантажних самоскидів, які активно експлуатуються на залізородних кар'єрах.

З позиції економії та заощадження варто виділити наступні основні напрямки [5]: удосконалення технології гірничих робіт; періодичне вдосконалення схеми розкриття родовища й транспортної системи; покращення навантажувально – розвантажувальних робіт за рахунок скорочення простоїв обладнання; оновлення парку технологічного транспорту шляхом заміни застарілих транспортних засобів новими; створення досконалої ремонтної бази та впровадження інноваційних рішень для діагностики, технічного обслуговування та ремонту рухомого складу; покращення стану технологічних трас, що дозволить максимально повно використати тягово-динамічні властивості автосамоскида.

Безпосередньо, ефективність експлуатації великовантажних кар'єрних автосамоскидів визначається дією комплексу організаційних, технічних та технологічних факторів, аналіз яких дозволяє встановити характер безпосереднього впливу кожного на ступінь використання рухомого складу.

Найбільш суттєвий вплив мають гірничотехнічні умови експлуатації, а саме величина поздовжніх ухилів, середня відстань перевезень та технічна швидкість.

Виявивши закономірність впливу факторів на продуктивність роботи кар'єрних самоскидів виникає можливість максимально повно використовувати закладений в них потенціал.

На практиці продуктивність рухомого складу визначають по об'єму перевезень (т) та вантажообігу (тонно-кілометри). Досвід вказує на те, що ефективність експлуатації кар'єрних самоскидів залежить від швидкості руху та номінальної вантажопідйомності. Коливання швидкості руху може бути

спричинено якістю дорожнього покриття, інтенсивністю руху на ділянці, шириною проїзної частини, величиною поздовжніх ухилів. Названий параметр є регульованим та впливає не лише на продуктивність, а й на паливну економічність, зношуваність вузлів та агрегатів автосамоскида.

Аналіз досліджень по витратах дизельного пального свідчить, що доля пального, яке витрачається під час руху самоскида з вантажем під ухил нагору, складає близько 70 – 80 % усієї витрати пального за рейс. Під час руху порожнього самоскида, навантаження, розвантаження, виконання маневрових операцій витрати пального досягають 20 – 30 %. До того ж варто відмітити та врахувати те, що під час збільшення ухилу технологічних трас спостерігається збільшення витрат пального в обох напрямках, як вгору, так і на спуск.

Аналіз сучасних досліджень показав, що останній час спостерігається збільшення кількості відмов компонентів електромеханічної трансмісії, що є суттєвим та призводить до значних простоїв. Виходячи з даних карток обслуговування самоскидів, що зайняті на Криворізьких кар'єрах, значний відсоток відмов припадає на електричну частину трансмісії, а саме 62 % випадків виходу з ладу – на тягові електричні машини і 9 % - на систему управління тяговим електроприводом, та тільки 29 % - на механічну частину трансмісії (рис.2) [6,7].

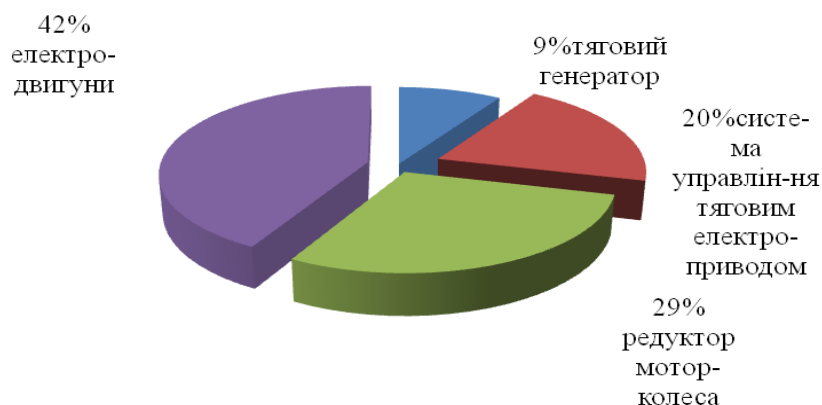


Рисунок 2 - Процентне співвідношення виходу з ладу компонентів трансмісії

Відмова у роботі електричної частини трансмісії найбільш вірогідно може бути спричинена пробоем ізоляції обмоток як електродвигунів, так і тягових генераторів. До того ж причиною частих відмов є знос та підгоряння щітково – колекторних вузлів. Механічна частина трансмісії характеризується виходом із ладу мотор-колес. Слід відмітити, що надійність правого та лівого редуктора не однакова, а тому необхідно детально вивчати причини, що призводять до подібного.

Більш вірогідно, що така кількість відмов може бути спричинена експлуатацією самоскида в гірничотехнічних умовах, які є критичними, а через це більшу частину часу складові трансмісії працюють з максимальним навантаженням.

З метою попередження передчасного виходу з ладу елементів механічної частини трансмісії необхідно провести детальний аналіз впливу

гірничотехнічних умов експлуатації на показники роботи. А далі, виходячи із результатів, встановити характер впливу та обрати більш дієве передаточне число редуктора для вказаних гірничотехнічних умов, враховуючи задані габарити та номінальне навантаження.

Сучасні методики вибору редуктора основані на визначенні його типорозміру. Критеріями для цього слугують: розрахункові крутні моменти на вихідному валу; радіальні консольні навантаження на кінцях валів та недопустимість перегріву складових елементів редуктора. Задавши вихідні дані (кінематична схема привода, необхідне передаточне число редуктора, характеристики режиму експлуатації) виконується розрахунок.

Висновки та напрямок подальших досліджень. На сьогоднішній день єдиної методики вибору редуктора для кар'єрного самоскида, що експлуатується в конкретних умовах, які є специфічними, немає. Отже, подальше дослідження направлене на встановлення залежностей ефективності показників роботи редуктора електромотор колеса від впливу гірничотехнічних умов та розробка методики вибору передаточного числа редуктора кар'єрних самоскидів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Оптимізація параметрів трансмісії кар'єрного автосамоскида як резерв зменшення витрат пального / Ю.А. Монастирський, А.В. Веснін, О.Д. Почужевський / Вісник Криворізького технічного університету : зб. наук. пр. – Кривий Ріг, 2010.– Вип. 25. – С. 183-186.
2. New methods of reducing environmental pollution / Є. О. Градова // Розширюючи обрії: зб. тез X Міжнар. форуму студ. і молодих учених, 14 – 15 квітня 2016 р. – Дніпропетровськ, 2016. – С.65.
3. План развития сырьевой базы Северного горно-обогатительного комбината до 2015 года. – Кривой Рог: ОАО «Укрگیпроруда», 2010 – 108 с.
4. Сістук, В.О. Підвищення показників маневреності кар'єрних самоскидів з електромеханічною трансмісією: дис... канд. техн. наук : 05.12.22 / Володимир Олександрович Сістук. – Кривий Ріг, 2014 – 171 с.
5. Казариз, О.А Эксплуатация карьерных самосвалов с электромеханической трансмиссией / О. А. Казариз, А. О. Кулешов – М.: Недра, 1988.– 267с.
6. Веснін, А.В. Порівняльний аналіз залізородного і вугільного пилу у контексті їх впливу на наробіток компонентів електромеханічної трансмісії кар'єрних самоскидів / А. В. Веснін, В. О. Сістук, А. О. Богачевський // Вісник Криворізького технічного університету. - Кривий Ріг: КНУ, 2014. – Вип. 38. – С. 112–119.
7. Монастирський, Ю.Ф. Координация процессов технического обслуживания и ремонта карьерных автосамосвалов в условиях ГТЦ-2 ОАО «СевГОКа»/ Ю.А. Монастирський, А.В. Веснін, О.Д. Почужевський / Разработка рудных месторождений. - Кривой Рог: КТУ, 2010. - Вып. 93. - С. 47-49.

REFERENCES

1. Monastyrskiy, Yu.A., Vesnin, A.V. and Pochuzhevskiy, O.D. (2010), «Optimization parameters of transmission of open-pit dump truck as reserve of decreasing expenses of fuel», *Visnyk Kryvorizkoho tekhnichnogo universytetu : zb. nauk. pr.*, Kryvyi Rig, UA, pp. 183-186.
2. Gradova, Ye.O. (2016), «New methods of reducing environmental pollution», *Rozshyryuyuchy obrii: zbirnyk tez X Mizhnarodnogo Forumu studentiv I molodykh uchennykh* [Widening our horizons: The 11th International Forum for Students and Young Researchers], Dnipropetrovsk, Ukraine, 14 – 15 April 2016, p. 65.
3. *Plan razvitiya syryevoy bazy Severnogo gorno-obogatitel'nogo kombinata do 2015 goda* [The plan for development of resource base of the Northern mining and processing plant until 2015] (2015), OAS «Ukrگیproruda», Kryvyi Rig, UA.

4. Sistuk, V.O. (2014), «Increased maneuverability of dump trucks with electromechanical transmission: dis. on competition of a scientific degree of candidate of technical sciences», Abstract of Ph.D. dissertation, Industrial transport, State Higher Educational Institution “Kryvyi Rig National University”, Kryvyi Rig, Ukraine.

5. Kazariz, O.A. and Kuleshov, A.O. (1988), *Ekspluatatsiya kariernykh samosvalov c elektro-mekhanicheskoy transmissiiey* [Exploitation of open-pit dump truck tippers with an electromechanics transmission], Nedra, Moscow, SU.

6. Vesnin, A.V., Sistuk V.O. and Bogachevskiy, A.O. (2014), “Comparative analysis of iron ore and coal dust in the context of their impact on the life of Electromechanical components transmission of open-pit dump truck”, *Bulletin of Krivoy Rog Technical University*, Krivyi Rig, no 38, pp. 112–119.

7. Monastyrskiy, Yu.A., Vesnin, A.V. and Pochuzhevskiy, O.D. (2010), «Co-ordination proces-ses of technical service and repair of open-pit dump trucks in the conditions of SHP-2 OAS «NorthMPIW»», *Razrabotka rudnykh mestorozhdeniy*, KTU, Krivoj Rog, UA, no. 93, pp. 47-49.

Про автора

Градова Євгенія Олександрівна, аспірантка кафедри гірничих машин і обладнання, Державний вищий навчальний заклад «Криворізький національний університет» (ДВНЗ «КНУ»), м. Кривий Ріг, Україна, eugeniyag@yandex.ua.

About the author

Gradova Evgeniya Oleksandrivna doctoral student in the Department of Mining Machinery and Equipment, State Higher Educational Institution «Kryvyi Rig National University» (SHEI «KNU»), Krivyi Rig, Ukraine, eugeniyag@yandex.ua.

Аннотация. Проанализованы причины, которые влияют на показатели работы составных элементов тягового электропривода и приводят к их преждевременному выходу из строя, и значительных простоев. Интенсификация отказов вызвана тем, что карьерные самосвалы большую часть своего времени эксплуатируются в условиях близких к критическим, поэтому некоторые узлы и агрегаты работают с нагрузками близким к максимальным.

Значительная часть отказов приходится на электрическую часть трансмиссии, а именно 62 % - тяговые электрические машины и 9 % - на систему управления тяговым электроприводом, остальные - на механическую часть (мотор - колесо).

Несмотря на существующие наработки в направлении повышения эффективности эксплуатации данный вопрос решен на недостаточном уровне, поэтому дальнейшие исследования направленные на установление характера влияния горнотехнических условий эксплуатации на эффективность показателей работы составляющих электромеханической трансмиссии.

Ключевые слова. карьерный самосвал, тяговый электропривод, повышение эффективности эксплуатации.

Abstract. Reasons, which affect performance of elements of traction electric drive and lead to the premature failure and long downtime, were analyzed. Failure intensification is caused by the fact that dump trucks most of the time are exploited in conditions close to critical, and, therefore, some units and aggregates operate with loads close to maximum.

A significant proportion of failures falls on electric part of the transmission, namely 62% are traction electric machines; 9% are control system of the traction electric drive; and the rest falls on mechanical part (motor - wheel).

Despite the existing solutions for increasing efficiency of operation, this problem is not fully solved yet, and, therefore, further research should be focused on nature of influence of mining and technical conditions on indicators of electromechanical transmission element performance.

Keywords. dump truck, traction electric drive, increase of operation efficiency.

Статья поступила в редакцию 13.06. 2017

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук, проф. М.С. Четвериком