

УДК 622.684-83

**АНАЛІЗ МОЖЛИВИХ ВАРІАНТІВ КОМПЛЕКТАЦІЇ ТЯГОВОГО
ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ВЕЛИКОВАНТАЖНИХ КАР'ЄРНИХ
САМОСКИДІВ БЕЛАЗ СЕРІЇ 7513**

Веснін А.В., Почужевский О.Д. к.т.н., доценти

Криворізький національний університет, кафедра автомобільного транспорту

Градова Є.О. асистент

Криворізький національний університет, кафедра автомобільного транспорту

Abstract

This article analyzes the reasons that affect the performance of the components of the traction electric drive and lead to the premature failure, and significant downtime. Failure intensification is due to the fact that dump trucks most of their time are exploited in conditions close to critical, and therefore some units and aggregates operate with loads close to the maximum.

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

Despite the existing work in the direction of increasing the efficiency of operation, this issue is solved at insufficient level, and therefore further research is aimed at establishing the nature of the influence of mining technical conditions on the performance of the performance indicators of the components of electromechanical transmission.

Keywords. Dump truck, traction electric drive, increase efficiency in operation.

Вступ

Гірничодобувна промисловість є однією із бюджетоформуючих для України. Залізні, марганцеві, свинцеві та цинкові руди, графіт, гіпс, глини і, навіть, золото – все це міститься у підземних коморах нашої держави. Провідне місце у гірничодобувній галузі займає видобуток та обробка залізних руд. Налічується близько 83 родовищ, 60 з яких розташовані на території Криворізького басейну, поклади якого складають 19 млрд. т.

Криворізький залізорудний басейн, характеризується не тільки локалізацією рідкісних покладів залізної руди, а й своєю будовою та особливим її заляганням, що обумовлює видобуток двома способами – відкритим та підземним. Широкого розповсюдження набув саме відкритий спосіб видобутку, адже загальна річна продуктивність таких підприємств перевищує у декілька разів.

Кар'єри Криворізького залізорудного басейну відносяться до глибоких (понад 400 м) з характерними специфічними умовами експлуатації, а саме поздовжні ухили технологічних трас на сьогоднішній день складають 7 – 10 %, середні відстані транспортування 8-10 км, до критичних розмірів скорочено робочий простір необхідний для виконання маневрових та навантажувально-розвантажувальних робіт.

Аналіз попередніх досліджень

Багаторічний досвід свідчить про те, що головною проблемою на відкритих гірничих роботах (ВГР) постає транспортування гірничої маси, а тому значна увага приділяється дослідженням в області експлуатації кар'єрного транспорту.

На сьогоднішній день існує багато напрацювань різного напрямку, а саме підвищення ефективності експлуатації за рахунок оптимізації технічних параметрів технологічного транспорту та режиму його експлуатації, вдосконалення транспортних систем кар'єрів та технології видобутку, чи взаємодії декількох видів транспорту з метою скорочення простоїв одного із них.

Значний внесок в області підвищення ефективності експлуатації великовантажних кар'єрних самоскидів зробили такі науковці та вчені: Арєф'єв С.О., Васильєв М.В., Веснін А.В., Горшков Е.В., Єгоров О.М., Зирянов І.В., Зотов В.В., Кудрявцев О.О., Кузнецов С.Р., Кулєшов О.О., Лель Ю.І., Марієв П.Л., Монастирський Ю.А., Почужевський О.Д., Сістук В.О., Тарасов П.І., Фефєлов Є.В., Яковлєв В.Л.

В умовах, які свідчать про подальше стрімке зростання темпів виймальних робіт, одним із найбільш дієвих рішень підвищення ефективності експлуатації кар'єрних самоскидів є скорочення витрат дизельного пального та підвищення продуктивності шляхом врахування впливу гірничотехнічних умов експлуатації на показники роботи основних складових тягового електроприводу кар'єрних самоскидів. Це є досить актуальним питанням, адже в собівартості транспортної роботи затрати на дизельне пальне на сьогоднішній день складають лівову частку, а постійне зростання цін на паливно-мастильні матеріали ще більш загострює проблему.

Постановка проблеми

Прогресивне заглиблення гірничих робіт – це є негативний фактор, що спричиняє ускладнення умов експлуатації, які мають найсуттєвіший вплив на експлуатаційні показники роботи технологічного транспорту, адже зростають витрати дизельного пального; частішають випадки перекидання рухомого складу; фіксується інтенсифікація виходу з ладу складових елементів тягового електроприводу. І як наслідок, це призводить до зростання собівартості готової продукції.

Враховуючи той факт, що основний об'єм перевезень виконують великовантажні кар'єрні самоскиди гостро постає проблема підвищення ефективності їх експлуатації.

Безпосередньо, ефективність експлуатації великовантажних кар'єрних самоскидів визначається дією комплексу організаційних, технічних та

технологічних факторів, аналіз яких дозволяє встановити характер впливу кожного, на ступінь використання рухомого складу.

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 не тільки виявити закономірність впливу кожного із факторів на продуктивність кар'єрної техніки, а й максимально ефективно використовувати потенціал закладений у складові елементи тягового електроприводу кар'єрних самоскидів.

Мета та завдання

Отже, головною метою, яка постає на сьогоднішній день, як перед науковцями, так і власниками гірничодобувних підприємств, є підвищення ефективності експлуатації великовантажних кар'єрних самоскидів з електромеханічною трансмісією, що експлуатуються у специфічних умовах глибоких кар'єрів, шляхом вибору основних технічних параметрів складових елементів тягового електроприводу.

Для вирішення сформульованої мети необхідно дослідити характер впливу діючих гірничотехнічних умов кар'єрів Криворізького залізорудного басейну на показники роботи кар'єрних самоскидів з електромеханічною трансмісією та відповідно до цих умов експлуатації обґрунтувати раціональну комплектацію тягового електроприводу шляхом застосування розробленої методики вибору основних технічних параметрів складових елементів тягового електроприводу.

Результати вирішення основних завдань

Сьогодні, на гірничодобувних підприємствах Криворізького залізорудного басейну, серед автотранспорту переважну кількість складають кар'єрні самоскиди БелАЗ 7513 оснащені електромеханічною трансмісією змінного струму. Їх широке використання обумовлено декількома факторами: по-перше – можливістю перевозити за один раз велику кількість гірничої маси (130 т і більше) на значні відстані транспортування, по-друге – застосування гідромеханічних передач обмежено високою вартістю, габаритами та масою, і найголовніше – низьким ККД.

Електромеханічна трансмісія змінного струму має беззаперечні переваги: покращуються тягово-швидкісні властивості, розширюється діапазон роботи у режимі електродинамічного гальмування, знижується зношування шин за рахунок поліпшеного рушання з місця та захисту від буксування та юзу. Важливою перевагою електромеханічної трансмісії змінного струму також є можливість індивідуального управління мотор-колесами самоскида при

використанні відповідного програмного забезпечення мікропроцесорної системи управління приводом [1].

Ефективність роботи електромеханічної трансмісії та кар'єрного самоскида в цілому залежить від гірничотехнічних умов конкретного родовища. На фоні погіршення умов експлуатації одночасно спостерігається динамічне оновлення парку кар'єрних самоскидів. Його формування відбувається на основі двох факторів: платоспроможності замовника при купівлі нового самоскида та наявності ремонтної бази на експлуатуючому підприємстві. Мова про врахування впливу гірничотехнічних умов експлуатації на показники роботи складових елементів тягового електроприводу взагалі не йде. А, отже можна теоретично допустити, що придбаний самоскид з комплектацією заздалегідь визначеною заводом-виробником в подальшому більшу частину робочого часу працюватиме в неефективних режимах, на яких не можливо отримати максимальний ККД з одиниці спаленого пального.

До того ж 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 [2, 3].

Більш вірогідно, що інтенсифікація кількості відмов може бути спричинена експлуатацією самоскида в гірничотехнічних умовах, які є критичними, а через це більшу частину часу складові елементи тягового електроприводу працюють з максимальним навантаженням.

Враховуючи вищевикладене, було проведено морфологічний аналіз, який показав, що на сьогоднішній день для кар'єрних самоскидів БелАЗ серії 7513, що має 7 модифікацій – БелАЗ – 7513, БелАЗ – 7513А, БелАЗ – 7513В, БелАЗ – 75131, БелАЗ – 75135, БелАЗ – 75137, БелАЗ – 75139 існує щонайменше 55 варіантів комплектацій тягового електроприводу до складу якого входять: дизельний двигун, тяговий генератор, два тягових електродвигуни та редуктори електромотор коліс.

Найбільшого розповсюдження для вказаної серії мають дизельні двигуни КТА 38-С, КТА 50-С, QSK 45-С, MTUDD 12V4000, що мають різну потужність та питому витрату пального. Серед тягових генераторів найбільш часто застосовуються: GST-800, GST-1, GSN-500, SGT-1000, 5GTA22. Серед тягових електродвигунів – ТАД-5, ЕК-590, ЕДП-600, ТЕД-6, ЕД-136, ЕК-420А, 5ГЕВ31А, 5ГЕВ23Е. На сьогоднішній день на кар'єрних самоскиди БелАЗ серії

7513 встановлюють редуктора мотор-коліс з передаточними числами 28,8 та 30,36.

Необхідно розуміти, що для самоскидів оснащених однаковою комплектацією, але поміщених в різні умови експлуатації, наприклад на підприємства по видобутку різних корисних копалин, характерною відмінністю буде експлуатаційна витрата пального.

Враховуючи перелічені конструктивні особливості тягового електроприводу кар'єрних самоскидів БелАЗ серії 7513 та їх можливі варіанти комплектування між собою для власників гірничодобувних підприємств виникає реальна можливість сформулювати парк рухомого складу відповідно до конкретно діючих специфічних умов експлуатації, а, разом із цим, не лише скоротити витрати дизельного пального, а й підвищити загальну річну продуктивність підприємства в цілому.

Останнім часом витрати дизельного пального кар'єрними самоскидами визначаються шляхом застосування аналітичних та експериментальних методів, що засновані на класичній теорії автомобіля. Широкого розповсюдження набули: розрахункова методика О.О. Кулешова та методика РУПП «БелАЗ». Суттєвим недоліком є те, що вони не враховують ні тип трансмісії, ні її конструкцію, і найголовніше – особливості кожного із складових елементів трансмісії.

Згідно методики О.О. Кулешова сумарна експлуатаційна витрата пального при русі кар'єрного самоскида визначається, як сума витрат пального самоскидом на горизонтальних ділянках та при русі навантаженого самоскида на підйом фор.1.

$$Q_{\text{сум}} = Q_n^{\text{гориз}} + Q_n^{\text{верт}} = \frac{Q_n^{\text{ном}}}{3600 \cdot \rho_m \cdot \eta_{\text{мп}}} \cdot [(100 \cdot k_{\text{ок}} \cdot (2 \cdot k_m + 1) \cdot G_{\text{вант}}) + (0,1 \cdot H \cdot (k_m + 1) \cdot G_{\text{вант}})] \quad (1)$$

де $Q_n^{\text{ном}}$ - питома витрата пального двигуном при номінальній потужності, г/кВт·год; ρ_m - густина дизельного пального при 20° С (0,83 г/см³), $\eta_{\text{мп}}$ - ККД трансмісії самоскида; $k_{\text{ок}}$ – коефіцієнт опору кочення, k_m – коефіцієнт тари самоскида, $G_{\text{вант}}$ - вантажопідйомність самоскида, т; H - висота переміщення навантаженого самоскиду по вертикалі [4, ч. VII].

Сумарні експлуатаційні витрати пального за методикою РУПП «БелАЗ» визначаються як сума від подолання ділянки завантаженим та порожнім самоскидом фор.2.

$$Q_n^e = Q_n^{\text{ноп}} + Q_n^{\text{зас}} = 0,25 \cdot \frac{q_n^{\text{ном}} \cdot F_{\text{д}} \cdot k_{\text{нр}}}{360000 \cdot \rho_n \cdot \eta_{\text{мп}}} + 0,2 \cdot \frac{q_n^{\text{ном}} \cdot F_{\text{д}} \cdot k_{\text{нр}}}{360000 \cdot \rho_n \cdot \eta_{\text{мп}}} \quad (2)$$

Де q_n^{num} - питома витрата пального при номінальній потужності, г/кВт·год; F_d – сила опору дороги, Н; k_{np} – коефіцієнт використання пробігу з вантажем; ρ_n – густина дизельного пального при 20°C (0,83 г/см³); η_{mp} – ККД трансмісії самоскида [4, ч. VII].

До того ж, варто відмітити, що при збільшенні номінальної потужності двигуна скорочуються витрати пального, а це перш за все обумовлено зростанням швидкості руху та скороченням часу, який необхідний для подолання конкретної ділянки технологічної траси.

На сьогоднішній день не має методики, яка дозволила враховувати довжину транспортування, поздовжній ухил технологічної траси та висоту підйому гірничої маси при визначенні експлуатаційних витрат пального, а відповідно до цього самостійно обирати оптимальні технічні параметри складових елементів тягового електроприводу.

Висновки

Отже, подальше дослідження направлене на обґрунтування критерію вибору оптимальних технічних параметрів складових елементів тягового електроприводу з урахуванням характеру впливу різних гірничотехнічних умов експлуатації на зміну ефективних показників кар'єрних самоскидів.

Література

1. Сістук В.О. Підвищення показників маневреності кар'єрних самоскидів з електромеханічною трансмісією: дис. на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук : спец. 05.12.22 / Володимир Олександрович Сістук. – КривийРіг, 2014 – 171 с.

2. Веснін А.В. Порівняльний аналіз залізорудного 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.

3. Координация процессов технического обслуживания и ремонта карьерных автосамосвалов в условиях ГТЦ-2 ОАО “СевГОКа”/ Ю.А. Монастирский, А.В. Веснин, О.Д. Почужевский / Разработка рудных месторождений, Кривой Рог. - КТУ. - Вип. 93, 2010. - С. 47-49.

4. Справочник эксплуатационных характеристик БелАЗ. - «ПО Белорусский автомобильный завод», 2004.

5. Hrynkiw A. Operational evaluation of motor oils of trucks by their thermal oxidative stability. Технологический аудит и резервы производства. - Харків : Технологічний центр. 2019. - № 3 (1). - С. 25-30.