

Особливості роботи електровозного транспорту в умовах залізорудних шахт

Кальмус^f Д. О., ORCID [0000-0001-7604-8631](https://orcid.org/0000-0001-7604-8631)
 Філіпп Ю. Б., к.т.н. доц., ORCID [0000-0003-3165-9855](https://orcid.org/0000-0003-3165-9855)
 Берідзе Т. М., д.е.н. доц., ORCID [0000-0003-2509-3242](https://orcid.org/0000-0003-2509-3242)
 Криворізький національний університет, ROR [02md2kv66](https://ror.org/02md2kv66)
 Кривий Ріг, Україна

Анотація—У статті наведені результати дослідження роботи шахтного електровозного транспорту. Відзначено, що шахтні електровози є основним видом транспорту при переміщенні гірської породи у межах одного горизонту. Реалізація максимальної продуктивності шахтного електровозу зводиться до зменшення часу простоїв, що призводить до зменшення часу рейсу та збільшення середньої швидкості руху составу. Дослідження роботи електровозного транспорту в умовах залізорудної шахти показали, що основними факторами, що впливають на роботу шахтних електровозів є такі, що безпосередньо діють на електромеханічну систему у зоні контакту колеса з рейкою (коефіцієнт зчеплення), та пантографу з контактним дротом (рівень напруги живлення електроприводу). Тому вплив цих факторів необхідно обов'язково враховувати при роботі шахтних електровозів. Інші фактори мають випадковий характер, та не діють протягом усього часу роботи електровозів, тому, для зменшення їх впливу, достатньою умовою є виконання запобіжних заходів, таких як упровадження систем плавного пуску, застосування алгоритмів енергоефективного управління, систем моніторингу та діагностики обладнання.

Ключові слова — шахтний електровоз; продуктивність; час рейсу; швидкість руху; напруга живлення; коефіцієнт зчеплення.

I. ВСТУП

Підвищення енергетичної ефективності електроукомплектування шахти є необхідною умовою для збільшення видобутку залізорудної сировини [1].

Обладнання у шахтах можна умовно поділити на основне, те що використовується для видобутку та транспортування сировини, та допоміжне, те що забезпечує умови видобутку. При цьому, за рівнем енергоспоживання та встановленою потужністю, останнє не поступається, а в деяких режимах роботи перевищує показники основного [2], [3].

Вирішення задачі збільшення видобутку залізорудної сировини невід'ємно пов'язана із розвитком та удосконаленням підземного транспорту [4], [5]. У зв'язку з цим, важливого значення набуває проблема розширення сфери застосування електровозного відкочування, збільшення робочого часу електровозів та коефіцієнту їх використання.

Метою роботи є визначення шляхів підвищення продуктивності електровозного транспорту при формуванні вантажопотоків залізорудної шахти та чинників, що впливають на ефективність роботи шахтних електровозів.

II. МАТЕРІАЛ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Формування вантажопотоку залізорудної сировини відбувається під впливом багатьох гірничо-геологічних, технічних, технологічних та організаційних

факторів, які випадковим чином впливають на величину вантажопотоку. Цим визначається випадковий характер вантажопотоку.

Шахтний електровоз є основним видом транспорту при переміщенні гірської породи з місця видобутку, рудного поля, до місця її підйому на поверхню, у межах одного шахтного горизонту.

Розглянемо модель, що описує роботу одного електровозу на одноколіїному маршруті, який обслуговує один пункт завантаження.

Процес роботи пункту завантаження опишемо рівняннями:

$$e(t) = \int_0^{t_{\phi}} [P_{з\phi}(t) - P_{ж\phi}(t)] dt, \quad (1)$$

де $e(t)$ – вантажна ємність пункту завантаження, кг;
 t_{ϕ} – час дослідження, с; $P_{з\phi}(t)$ – фактична продуктивність пункту завантаження, кг/с;

$$P_{ж\phi} = \begin{cases} P_{жн} & \text{при } 0 < e(t) < E(t), \\ P_{з\phi}(t) & \text{при } e(t) = 0, \\ 0 & \text{при } e(t) = 0 \text{ та } P_{з\phi}(t) = 0, \end{cases} \quad (2)$$

де $P_{ж\phi}(t)$, $P_{жн}(t)$ – фактична та номінальна продуктивність живильника, кг/с; під час маневрів:



$$E(t) = E_a, \quad (3)$$

у інший час:

$$E(t) = E_a + E_n, \quad (4)$$

де E_a – вантажна ємність, що акумулюється, кг;
 E_n – вантажна ємність потягу, кг.

Розглянемо електровозне відкочування як систему, яка може перебувати у двох стійких станах: простою – «нуль» та роботи – «одиниця». Останнє можна характеризувати функцією:

$$f(t) = \sum_{i=1}^n f_i(t-t_i), \quad (5)$$

$$f_i(t-t_i) = \begin{cases} 1 & \text{при } t_i \leq t \leq t_i + \tau, \\ 0 & \text{при } t_i \geq t \geq t_i + \tau, \end{cases} \quad (6)$$

де τ – час i -го періоду роботи, який умовно позначається як «1»; «0» – умовне позначення відмови.

Математичне сподівання випадкової послідовності прямокутних імпульсів одиничної висоти $f(t)$ дорівнює:

$$M[f(t)] = P_0 \cdot 0 + P_1 \cdot 1 = P_1, \quad (7)$$

де $P_0 = P[f(t) = 0]$ – вірогідність того, що функція $f(t)$ набуде у будь який момент часу значення «0»;
 $P_1 = P[f(t) = 1]$ – вірогідність того, що функція $f(t)$ набуде значення «1».

Фактичну швидкість руху потягу у часі $V_{p\phi}(t)$ представимо у наступному вигляді:

$$V_{p\phi}(t) = V_{p\phi} \cdot f(t) = \begin{cases} V_{p\phi} & \text{при } f(t) = 1, \\ 0 & \text{при } f(t) = 0, \end{cases} \quad (8)$$

де $V_{p\phi}$ – середня швидкість руху потягу.

За аналогією швидкість потягу у період маневрів $V_{m\phi}(t)$:

$$V_{m\phi}(t) = V_{m\phi} \cdot f(t) = \begin{cases} V_{m\phi} & \text{при } f(t) = 1, \\ 0 & \text{при } f(t) = 0. \end{cases} \quad (9)$$

де $V_{m\phi}$ – середня швидкість руху потягу.

Після завантаження потягу електровоз виконує маневри з фактичною швидкістю $V_{m\phi}(t)$, а після їх закінчення переміщує вантаж ємністю E_n до пункту розвантаження зі швидкістю $V_{p\phi}(t)$. Доки електровоз виконує описаний цикл робіт, у пункті завантаження виконується підготовка наступного потягу. Якщо у момент прибуття електровозу $t_{\phi} < t_i$, потяг вже завантажено, й описаний цикл робіт повторюється. Якщо $t_{\phi} > t_i$, то потяг не встигли завантажити, тобто $f_i(t) = 0$, а отже електровоз, який прибув, простоє у очікуванні закінчення процесу завантаження.

Реалізація максимально можливої продуктивності електровозу зводиться до збільшення кількості рейсів

n за робочу зміну (лімітованого проміжку часу, що відведено на реалізацію функції транспортування гірської породи). Останнє можливо за умови, що функція $f_i(t)$ не приймає нульових значень, тобто простої у роботі електровозного транспорту відсутні, що призводить до збільшення фактичної швидкості потягу (8, 9), а отже й зменшення часу одного рейсу t_i . Це надає можливості виконувати максимальну кількість рейсів за одну робочу зміну.

Дослідження роботи шахтного електровозного транспорту в умовах ПАТ «Кривбасзалізорудком» показує, що час рейсу знаходиться у межах від 440 до 530 с, середня швидкість при цьому змінюється від 1,2 до 1,78 м/с, а відстань, яку проходить електровоз за час одного рейсу, становить від 596,7 до 796 м. На рис. 1 наведена одна з отриманих експериментальним шляхом діаграм струму тягового електродвигуна за час одного рейсу. Аналіз рейсових діаграм показує, що близько 50 % часу електропривод шахтного електровозу працює у перехідних режимах, що обумовлює важливість режимів пуску та гальмування для реалізації максимальних зчипних властивостей та збільшення продуктивності шахтних електровозів [4], [6], а також з міркувань безпеки [4], [7].

Розглянемо фактори, що впливають на роботу шахтних електровозів у режимі гальмування. Електромеханічна система шахтного електровозу містить редуктор, закріплений на рамі, який з одного боку механічно з'єднано з електричним двигуном, а з іншого з віссю коліс електровозу. Розвиток напівпровідникової техніки, за останні роки, ініціював перехід до систем електроприводу з перетворювачами на базі IGBT – транзисторів [8]–[10], які використовуються для керування електричними двигунами.

Живлення шахтних електровозів відбувається через струмомічач, пантограф, за допомогою контактного дроту від тягової підстанції. Для максимальної реалізації тягових та гальмівних зусиль необхідно умовою є надійний контакт між пантографом та контактним дротом, постійне значення вихідної напруги тягової підстанції, а також таке значення коефіцієнту зчеплення коліс електровозу з рейками, що не досягає критичних значень за умов юзу чи буксування [6]. Окремо слід зазначити, що відрив пантографу від контактного дроту може призвести до виникнення аномальних режимів роботи обладнання [11].

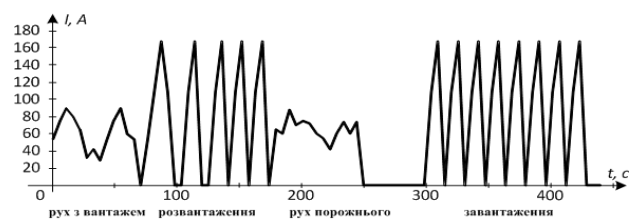


Рис. 1 Діаграма струму тягового електродвигуна за час одного рейсу



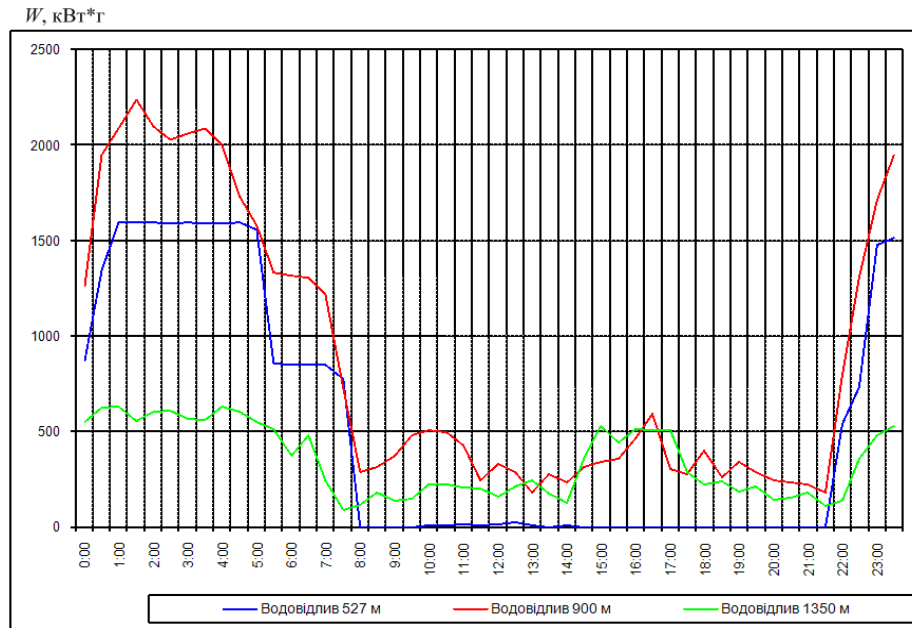


Рис. 2 Добовий графік енергоспоживання шахтної водовідливної установки

До того ж необхідно додати, що на значення вихідної напруги тягової підстанції суттєво впливає той факт, що вона живиться від секції шин, до якої приєднані інші, більш енергоємні споживачі. Так, наприклад, при пуску головної вентиляційної установки, потужністю 1600 кВт, спостерігається значне зниження вихідної напруги, значення якої були зафіксовані у межах від 195 до 276 В. Це стає можливим унаслідок режимів взаємовпливу у групових системах живлення [12]. Частково це питання можна вирішити за рахунок встановлення систем полегшеного пуску [13], [14].

Таких саме особливостей у роботу електровозного транспорту надають шахтні водовідливні установки. Розглянемо графік енергоспоживання шахтної водовідливної установки (рис. 2), який побудовано за даними показань лічильників, що встановлено у схемах живлення обладнання. Бачимо, що з 22-ї до 8-ї години відбувалося відкачування води з трьох водонесних горизонтів. При цьому на горизонтах 527 та 900 м обладнання працювало з піковим навантаженням. З 8-ї до 22-ї години спостерігається суттєве зменшення навантаження, а на горизонті 527 м обладнання водовідливу не задіяне взагалі. Застосування енергоефективних алгоритмів керування шахтними водовідливними установками [15] дозволяє зменшити їх вплив на енергосистему.

Але робота шахтної водовідливної установки не обмежується впливом на енергосистему. У часи простою агрегатів водовідливу відбувається надходження води з нижніх рівнів водозабору та часткове підтоплення шляхів відкочування електровозів. Також, слід зазначити, що є ділянки шляху на яких рівень води залишається незмінним, поза залежністю від роботи установок водовідливу, унаслідок природного притоку води. Перемішування води з ґрунтом (глиною) призводить до виникнення ділянок на яких

значення коефіцієнту зчеплення системи «колесо – рейка» буде знаходитись нижче критичного за умовою підвищеного проковзування коліс.

Визначенню коефіцієнта зчеплення присвячено багато наукових робіт, але не можна не відзначити значний вклад у дослідження зміни коефіцієнта зчеплення для пуско-гальмівних режимів, який вніс О. О. Ренгевич. У своїй докторській дисертаційній роботі [16], яка дала поштовх для багатьох майбутніх поколінь науковців, він показав експериментальні дані по визначенню коефіцієнта зчеплення для різного стану рейкового шляху. У роботі [17] була показана та обумовлена необхідність враховувати залежність коефіцієнта зчеплення від стану рейок для систем гальмування.

На рис. 3, 4 та 5 наведені значення коефіцієнту зчеплення Ψ , які було отримано експериментальним шляхом, в умовах залізрудної шахти. Можна бачити, що у залежності від стану рейок коефіцієнт зчеплення змінюється у значних межах (n – кількість вибірок). Так для чистих рейок (рис. 3) найчастіше зустрічається значення $\Psi = 0,176$ ($n = 12$), для рейок забруднених залізрудним пилом (рис. 4) $\Psi = 0,255$ ($n = 13$), для рейок, що покриті рідким брудом та глиною (рис. 5) $\Psi = 0,121$ ($n = 17$).

До особливостей роботи електровозного транспорту слід додати, що у місцях завантаження гірської породи швидкість пересування вагонеток складає близько 0,3 – 0,5 м/с. Для цього достатнім є значення напруги на тягових електродвигунах, що дорівнює половині від номінального, тобто 125 В. При русі поза зоною завантаження швидкість може досягати 3,5 – 4 м/с, для чого рівень напруги на електродвигунах має бути не меншим 250 В для завантаженого составу.

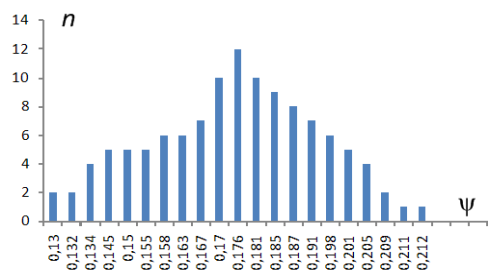


Рис. 3 Значення коефіцієнту зчеплення для чистих рейок

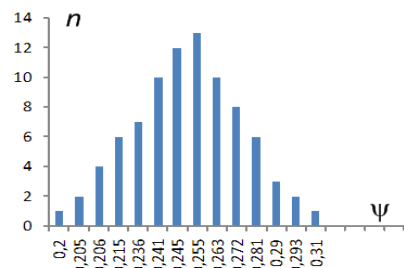


Рис. 4 Значення коефіцієнту зчеплення для рейок забруднених залізородним пилом

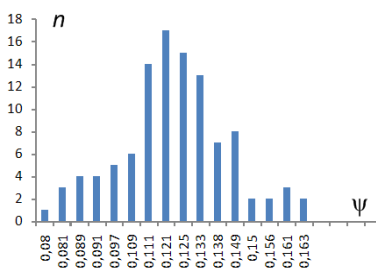


Рис. 5 Значення коефіцієнту зчеплення для рейок, що покриті рідким брудом та глиною

Наявність широкого діапазону початкових умов, як то варіація коефіцієнту зчеплення та швидкості руху, обумовлює складність розрахунку характеристик системи гальмування [18], [19].

Слід також зазначити, що при роботі тягового електроприводу протягом зміни суттєво змінюється температура обмоток електричних двигунів (рис. 4), що необхідно враховувати при розрахунку їх параметрів [20].

Наявність нелінійностей у електромеханічних системах, що пов'язані з люфтами та зазорами у механічній передачі, також здійснює негативний вплив на роботу електричного приводу, що супроводжується динамічними ударами та uszkodженнями обладнання. Реалізація алгоритмів керування з компенсацією та корекцією нелінійностей [21] дозволяє вирішити цю проблему. Але слід зазначити, що такі процеси у роботі шахтних електровозів є скоріш випадковими й більш притаманні для систем прецизійного електроприводу, а задача точності позиціонування вагонеток у пункті завантаження це питання недалекого, але все ж таки майбутнього.

ВИСНОВКИ

Шахтний електровоз є основним видом транспорту при переміщенні гірської породи у межах одного горизонту. Реалізація його максимальної продуктивності зводиться до збільшення кількості рейсів протягом однієї робочої зміни, що стає можливим при відсутності простоїв і призводить до збільшення середньої швидкості руху составу та зменшення часу одного рейсу.

Дослідження роботи шахтного електровозного транспорту в умовах ПАТ «Кривбасзалізорудком» показали, що основними факторами, які впливають на роботу шахтних електровозів є такі, що безпосередньо діють на електромеханічну систему у зоні контакту колеса з рейкою (коефіцієнт зчеплення), та пантографу з контактним дротом (рівень напруги живлення електроприводу). Тому вплив цих факторів необхідно обов'язково враховувати при роботі шахтних електровозів. Інші фактори мають випадковий характер та не діють протягом усього часу роботи електровозів, тому, для зменшення їх впливу, достатньою умовою є виконання запобіжних заходів, таких як упровадження систем плавного пуску, застосування алгоритмів енергоефективного управління, систем моніторингу та діагностики обладнання.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] I. O. Sinchuk, I. V. Kasatkina, A. N. Yalovaya, and N. N. Yurchenko, "Otsenka napravleniy povyisheniya energoeffektivnosti dobyichi zhelezorudnogo syrira podzemnyim sposobom," *J. Kryvyi Rih Natl. Univ.*, vol. 42, pp. 145–151, 2016, URL: <http://visnykknknu.com.ua/wp-content/uploads/file/42/BKHY-42.pdf>.
- [2] O. M. Sinchuk, S. M. Boiko, F. I. Karamanyts, I. A. Kozakevych, M. L. Baranovska, and A. M. Yalova, *Aspects of the problem of applying distributed energy in iron ore enterprises electricity supply systems*. Warsaw: iScience Sp. z O.O., 2018.
- [3] I. O. Sinchuk et al., *Brief commentaries on the problem of power consumption management at iron ore underground mines*. Warsaw: iScience Sp. z O.O., 2019.
- [4] I. O. Sinchuk, E. S. Guzov, V. L. Debelyiy, and L. L. Debelyiy, *Shahitnyy elektrovoznyy transport. Teoriya, konstruktivnyy, elektrooborudovaniye [Shaft electric transport. Theory, construction, electrical equipment]*. 2015.
- [5] V. P. Stepanenko, "Povysheniye energoeffektivnosti i resurso-sberezheniya rudnichnogo elektrovoznoho transporta," *Visnyk Kryvoriz'koho tekhnichnogo universytetu. Zbirnyk Nauk. Pr.*, vol. 42, pp. 20–25, 2016. URL: <http://visnykknknu.com.ua/wp-content/uploads/file/42/5.pdf>
- [6] I. O. Sinchuk and D. O. Kalmus, "Formalizatsiya faktoriv shcho vplyvayut' na robotu tyahovoho elektromekhanichnogo kompleksu kontaktnoho elektrovozu v umovakh zalizorudnykh shakht [Formalization of factors influencing the operation of the traction electromechanical complex of a contact electric locomotive in the conditions of iron ore mines]," *Visnyk Kryvoriz'koho tekhnichnogo universytetu. Zbirnyk Nauk. Pr.*, vol. 46, pp. 112–118, 2018. URL: <http://iomining.in.ua/wp-content/uploads/VKNU/%D0%92%D0%9A%D0%9D%D0%A3-46.pdf>
- [7] O. N. Sinchuk, E. S. Guzov, I. O. Sinchuk, A. V. Omelchenko, D. A. Shokarev, and E. I. Skapa, "K voprosu strategii sozdaniya energoeffektivnogo i bezopasnogo v ekspluatatsii dvukhosnogo elektrovoza dlya rudnykh shakht [To the question of the strategy of creating an energy-efficient and safe in operation two-axle electric locomotive for ore mines]," *Hirnychyy visnyk*, vol. 95, pp. 139–143, 2012.
- [8] B. Wu, *High-Power Converter and AC Drives*. IEEE Press, 2006, ISBN: 978-0-471-73171-9.



- [9] O. N. Sinchuk et al., *Kombinatorika preobrazovatelye napryazheniya sovremennykh tyagovykh elektroprivodov rudnichnykh elektrovozov [Combinatorics of voltage converters of modern traction electric drives of mine electric locomotives]*, ISBN: 966-02-4067-8.
- [10] Steven W. Blume, *Electric Power System Basics for the Nonelectrical Professional, 2nd Edition*. Wiley-IEEE Press, 2016, ISBN: 978-1-119-18019-7.
- [11] I. O. Sinchuk, "Analiz anomalnykh situatsiy v asinhronnykh tyagovykh elektroprivodakh rudnichnykh kontaktnykh elektrovozov [Analysis of abnormal situations in asynchronous traction electric drives of mine contact electric locomotives]," *Visn. Natsionalnoho Teh. Univ. «HPI» Zb. Nauk. Pr.*, vol. 30, pp. 365–367, 2008.
- [12] A. P. Sinolytsyy, V. A. Kol'sun, E. V. Strashko, and D. O. Kal'mus, "Rezhymy vzayemoplyvu v hrupovykh systemakh zhyvlennya i keruvannya vyrobnychymy ustanovkamy [Modes of interaction in group power supply systems and control of production facilities]," *Razrobotka rudnykh mestorozhdeniy*, vol. 95, pp. 206–209, 2012.
- [13] Cherny A.P., A. I. Gladar, Y. G. Osadchuk, I. R. Kurbanov, and A.N.Oshun, *Starting systems of unregulated electric drives*, Scherbatyuk. Kremenchug: Scherbatyukh AV, 2006.
- [14] I. I. Peresunko, O. M. Sinchuk, D. O. Kalmus, V. V. Horshkov, and D. A. Mikhailichenko, "Influence of Various Forms Voltage of the Power Converter in the Complex of Fans of the Main Air Handling", *Microsyst., Electron. & Acoust.*, vol. 24, no. 3, pp. 57–63, Jun. 2019. DOI: [10.20535/2523-4455.2019.24.3.172680](https://doi.org/10.20535/2523-4455.2019.24.3.172680).
- [15] D. O. Kalmus and Y. H. Osadchuk, "Power Effective Control of Pumping Out Water from the Mine", *Microsyst., Electron. & Acoust.*, vol. 25, no. 2, pp. 33–36, Aug. 2020. DOI: [10.20535/2523-4455.mea.208273](https://doi.org/10.20535/2523-4455.mea.208273).
- [16] A. A. Renhenovych, *Issledovaniye ekspluatatsionnykh rezhimov rudnichnoy elektrovoznoy otkatki: avtoref. dis. d-ra tekhn. nauk [Research of operating modes of mine electric locomotive haulage: author. theses Dr.Sc.(Eng.)]*. Moscow: Mining Institute, 1962.
- [17] A. A. Renhenovych, "Koeffitsiyent stsepleniya rudnichnykh elektrovozov [Coefficient of adhesion of mine electric locomotives]," *Voprosy rudnichnogo transporta sb. nauch. st. – Moskva*, vol. 5, pp. 227–246, 1960.
- [18] A. N. Koptovets, "Otsenka tekhnicheskogo urovnya podvizhnogo sostava shakhtnogo rel'sovogo transporta po effektivnosti tormozheniya [Assessment of the technical level of the rolling stock of mine rail transport in terms of braking efficiency]," *Hirnycha elektromekhanika ta avtomatyka nauk.-tekh. zb. – Dnipropetrovsk*, vol. 84, pp. 178–188, 2010.
- [19] A. N. Koptovets, L. N. Shirin, E. M. Shlyakhov, A. V. Denishchenko, V. V. Zil', and V. V. Yavorskaya, *Modelirovaniye rabochikh protsessov treniya v kolodochno-M74 kolesnom tormoze shakhtnykh lokomotivov [Modeling the working processes of friction in the M74 shoe wheel brake of mine locomotives]*. 2017, ISBN: 978-617-7379-83-5.
- [20] O. N. Sinchuk, E. S. Guzov, I. O. Sinchuk, V. O. Chornaya, and D. O. Kal'mus, "K voprosu povysheniya konstruktivnoy nadozhnosti i stroyeniya sistemy monitoringa temperaturnykh rezhimov tyagovykh elektricheskikh dvigateley rudnichnykh elektrovozov [On the issue of increasing the structural reliability and structure of the monitoring system for temperature regimes of traction electric motors of mine electric locomotives]," *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University. –Kremenchuk*, vol. 87, no. 4, pp. 44–50, 2014. URL: http://www.kdu.edu.ua/PUBL/statti/2014_4_44.pdf
- [21] D. O. Kalmus, I. S. Bednov, and I. O. Iutin, "Features of the Compensation of Nonlinearities in the Electric Drives Associated with the Failure of the Mechanical Transmission System", *Microsyst., Electron. & Acoust.*, vol. 23, no. 5, pp. 43–47, Oct. 2018. DOI: [10.20535/2523-4455.2018.23.5.133197](https://doi.org/10.20535/2523-4455.2018.23.5.133197)

Надійшла до редакції 14 липня 2021 р.

Прийнята до друку 02 серпня 2021 р.



Features of Work of Electric Locomotive Transport in the Conditions of Iron-Ore Mines

D. O. Kalmus^f, ORCID [0000-0001-7604-8631](https://orcid.org/0000-0001-7604-8631)

Yu. B. Filipp, PhD Assoc.Prof., ORCID [0000-0003-3165-9855](https://orcid.org/0000-0003-3165-9855)

T. M. Beridze, Dr.Sc.(Econ.) Assoc.Prof., ORCID [0000-0003-2509-3242](https://orcid.org/0000-0003-2509-3242)

Kryvyi Rih National University, ROR [02md2kv66](https://ror.org/02md2kv66)

Kryvyi Rih, Ukraine

Abstract—In the article the results of research of work of mine electric locomotive transport are driven. It is marked that increase of power efficiency of electrical equipment of mine are a necessary condition for the increase of booty of iron-ore raw material. Decision of task of increase of booty of iron-ore raw material related to development and improvement of underground transport. Forming of structure of moving of iron-ore raw material takes place under influence of many mining-and-geological, technical, technological and organizational factors that influence on the size of stream of the moved loads casual character. This is determine casual character of stream of raw material that is transported.

Mine electric locomotives are the basic type of transport that is used for moving of minerals within the limits of mountain drift. A model, that describes work of one electric locomotive enroute, that serves one point in that there is loading of minerals with one claotype ways, was considered. Realization of burst performance of mine electric locomotive is possible at reduction of time of his outages, that results in reduction of time of voyage and increase of middle rate of movement of rolling stock.

Research of work of electric locomotive transport in the conditions of iron-ore mine was shown, that time of voyage was in limits from 440 to 530 seconds, middle speed here changes a from 1,2 to 1,78 m/s, and distance, that passes an electric locomotive in times of one voyage, makes from 596,7 to 796 meters.

Importance of the modes of starting and braking was shown for realization of maximal properties on coupling of wheels of electric locomotive with rails and increase of the productivity of mine electric locomotives, and also factors that influence to work of mine electric locomotives in the mode of braking are considered.

For the power supply of mine electric locomotives a device is used for connecting to parts being under electric tension. This device, pantograph, by means of the special wire, carries out a contact and connecting of electric parts of electric locomotive to the electric station. On the value of tension of the electric station influences circumstance that she is connected to the sections of tires that conduct an electric current, to that other, more power-hungry consumers are connected. So, for example, at starting of a main vent setting, by power 1600 kilowatts, there is a considerable decline of output tension value of that were fixed in limits from 195 to 276 Volt. It becomes possible because of influence of powerful electrical equipment on work of other electrical equipment in the group systems of power supply. Partly this question can be decided due to the use of the systems facilitating starting of electrical equipment.

Basic factors, that influence to work of mine electric locomotives there are such that directly operate on the electromechanics system in the zone of contact of wheel with a rail (coefficient of rolling friction of wheels of electric locomotive with rails), and pantograph with a pin wire (level of tension of power supply of electromechanic). Therefore influence of these factors must be necessarily taken into account during work of mine electric locomotives. Other factors have casual character, and works of electric locomotives do not operate at all time, therefore, for reduction of their influence, a sufficient condition is implementation of preventive measures, such as introductions of the systems of the smooth starting, application of algorithms power effective management, systems of monitoring and diagnostics of work of equipment. The presence of wide range of initial conditions, such as variation of coefficient of rolling friction and rate of movement of electric locomotive, stipulates complication of calculations of descriptions of retrosystem.

Keywords — mine electric locomotive; productivity; time of voyage; rate of movement; tension of source of feed; coefficient of rolling friction.

