

УДК 629.12.066

В. І. ДОСКОЧ<sup>1\*</sup>, О. Ю. БАЛІЙЧУК<sup>2\*</sup>

<sup>1\*</sup> Каф. «Електротехніка та електромеханіка», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, м. Дніпро, Україна, тел. +38 (093) 893 79 70, ел. пошта doskoch.volodymyr@gmail.com, ORCID 0000-0002-9991-1650

<sup>2\*</sup> Каф. «Електротехніка та електромеханіка», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (097) 341 80 82, ел. пошта o.y.baliichuk@ust.edu.ua, ORCID 0000-0003-0119-1446

## ВИЗНАЧЕННЯ РЯДУ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ КРИТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ, ЯК ВИХІДНИХ ДАНИХ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ СТАБІЛЬНОСТІ ЇХ РОБОТИ

**Мета.** Забезпечення надійного перевізного процесу залізничним транспортом безпосередньо залежить від технічного стану тягового рухомого складу та його своєчасної подачі для виконання поїзної роботи. Утримання рухомого складу залізниць в технічно справному стані потребує відповідної матеріально-технічної та виробничої бази локомотивних депо та ремонтних підприємств. Обслуговування тягового рухомого складу в об'ємах технічного обслуговування та поточних ремонтів передбачає екіпірування тягових одиниць паливо-мастильними матеріалами, водою та піском. З цією метою в локомотивних депо організуються відповідні підрозділи, оснащені специфічним технологічним устаткуванням. Як правило, таке технологічне устаткування має електричний привод, побудований на основі асинхронних електродвигунів. Живлення цих електродвигунів електричною енергією низької якості, або нестабільною електричною енергією створює потенційно негативні умови для їх тривалої роботи. З метою застосування в подальшому методів прогностичного моделювання стабільності роботи електрообладнання пунктів екіпірування локомотивів проведено ґрунтовний аналіз та визначено параметри електроприводів найбільш критично важливого устаткування. **Методи.** Комплексний аналіз технічного оснащення та технології роботи залізничного транспорту. **Результати.** Встановлено, що найбільш трудомістким серед всіх процесів екіпірування рухомого складу є процес екіпірування піском, що пов'язано одночасно із специфікою піску, як робочого тіла, так і з підвищеними вимогами до його чистоти та вологості. Виявлено перелік критично важливого електрообладнання для забезпечення технологічного процесу підготовки, транспортування, зберігання та видачі піску на рухомий склад. Встановлено параметри електроприводів компресорної установки, димососів, пристрою дуття в піч та руху обертового сушильного барабану. Проаналізовано отримані дані. **Практична значимість.** Отримані результати дозволяють утворити уніфіковані ряди потужностей електроприводів обладнання локомотивних депо та ремонтних підприємств залізничного транспорту, які можуть бути використані в якості вихідних даних для прогностичного моделювання стабільності роботи цього обладнання при їх живленні електричною енергією із низькими якісними та кількісними показниками. Також на основі отриманих результатів може бути розроблено ряд рекомендацій стосовно організації безперебійного електропостачання таких нетягових споживачів залізничного транспорту із використанням енергії відновлюваним джерел. Також матеріал дослідження може бути використано при впровадженні заходів із компенсації негативного впливу кількісних та якісних показників живлячої електричної енергії на надійність нетягових споживачів залізничного транспорту.

**Ключові слова:** нетягові споживачі, електрообладнання підприємств залізничного транспорту, екіпірування тягового рухомого складу, критично важливе обладнання, якісні та кількісні показники електричної енергії

### Вступ

Рухомий склад, підприємства залізничного транспорту та всі об'єкти залізничної інфраструктури мають характер стратегічних.

Забезпечення перевізного процесу перш за все гарантує вчасне доставляння вантажів цивільного і військового призначення, а для забезпечення перевізного процесу необхідним є технічно справний тяговий рухомий склад (тепловози та електровози).

### Постановка завдання дослідження

Для утримання рухомого складу в технічно справному стані необхідною є відповідна матеріально-технічна та виробнича бази локомотивних депо та ремонтних підприємств залізничного транспорту.

При ремонті та технічному обслуговуванні рухомого складу в локомотивних депо, та ремонтних підприємствах залізниць

використовується різноманітне технологічне устаткування. Це устаткування обладнано електроприводом, як правило, побудованим на основі асинхронних електродвигунів. Тобто, для виконання операцій з технічного утримання локомотивного парку необхідним є надійне електропостачання об'єктів залізниць.

Під час повномасштабної агресії росії проти України, починаючи із 2022 року, масштабних атак зазнає саме енергетична інфраструктура країни, що безпосередньо негативно впливає на якісні та кількісні показники електричної енергії.

Погіршення якісних показників електричної енергії, якою живляться локомотивні депо та підприємства по ремонту рухомого складу, призводять до перебоїв в роботі технологічного обладнання, а також його передчасного виходу із ладу.

Проведення ґрунтового аналізу особливостей технологічних процесів утримання та ремонту рухомого складу з точки зору енергетичних показників електроприводів технологічного обладнання дозволить вирішити проблему компенсації впливу менш якісної електричної енергії, а також дозволить спрогнозувати заходи із забезпечення безперебійного живлення критично важливого обладнання локомотивних депо із використанням, наприклад, відновлюваних джерел електричної енергії.

### **Мета дослідження**

Проаналізувати особливості виконання технологічних процесів поточного утримання та екіпірування локомотивів з точки зору визначення параметрів електроприводів критично важливого для цих процесів обладнання.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Аналіз публікацій, присвячених енергопостачанню підприємств залізничного транспорту, вказує на відсутність, або неповноту досліджень по визначенню параметрів та режимів роботи електроприводів технологічного обладнання пунктів екіпірування рухомого складу.

### **Основний матеріал дослідження**

**Аналіз технології екіпірування локомотивів.** Для утримання рухомого складу в технічно справному стані необхідною є матеріально-технічна та виробнича бази локомотивних депо та ремонтних підприємств залізничного транспорту. В щоденній експлуатації, при поточних ремонтах (ПР), технічних обслуговуваннях (ТО) в

об'ємах ТО-1 та ТО-2 виїзд на лінію не є можливим без пунктів екіпірування.

Екіпірування локомотивів здійснюється на території основних і оборотних депо. В перелік обладнання пунктів екіпірування входять: склади і обладнання для приймання, зберігання, транспортування і подачі на тяговий рухомий склад екіпірувальних матеріалів (палива, мастила, води та піску), апаратура для обліку витрат і контролю якості матеріалів екіпірування; технічні засоби для виконання операцій екіпірування та необхідне оснащення робочих місць [1, 5].

Для забезпечення екіпірування дизельних локомотивів (тепловозів, мотовозів, автомотрис) паливом та мастильними матеріалами використовуються насоси та інше допоміжне обладнання, яке забезпечує перекачування палива і мастила між ємностями для зберігання та роздавальними пристроями.

Поповнення водою систем охолодження дизельних локомотивів на пункті екіпірування здійснюється за допомогою спеціального відцентрового насоса та заправними водяними колонками, які за конструкцією аналогічні паливним і мастильним роздавальним колонкам [1, 5].

Технологічний процес зберігання, транспортування, підготовки та подачі піску для забезпечення рухомого складу є більш складним та трудозатратним в порівнянні із іншими процесами екіпірування. Це пов'язано із специфікою піску, як робочого тіла, та підвищеним вимогам стосовно його вологості, наявності домішок, грудочок та ін.

На рис. 1 можна побачити типові рішення з розміщення технологічного обладнання в приміщенні піскосушарки локомотивного депо. Процес сушіння піску у барабанних піскосушарках йде в наступному порядку. Вогкий пісок по патрубку 4 надходить в обертовий сталевий нахилений барабан 8, в середині якого проходять гарячі гази із топкової камери 6. Переміщуючись в напрямку розвантажувальної камери 13 гвинтовою лінією пісок перемішується разом із гарячими газами всередині барабану, при цьому пісок поступово і рівномірно висушується. Продукти згоряння і волога, яка випаровується, виводиться в атмосферу за допомогою спеціальної димовсмоктувальної установки 3 та димаря. Просушений пісок просівається в розвантажувальній камері 13 через сито із отворами діаметром 2 мм і надходить із бункера сухого піску 10 по приймальним трубкам 11 в пневмотранспорту установку для подачі в баштовий склад, а потім за допомогою спеціальних витискальних

баків до роздавальних бункерів, з яких, власне, і відбувається екіпірування рухомого складу піском.

Для забезпечення роботи пневмотранспортної установки, а також витискальних баків на піскосушарці використовується компресорна установка 1 із резервуаром стисненого повітря 2.

Електричний привод компресора здійснюється від асинхронного двигуна. Також електроприводом обладнано димососи, обладнання для дуття в піч 5 та приводи барабанної сушарки 9.

Аналіз доступної технічної документації показав наступне.

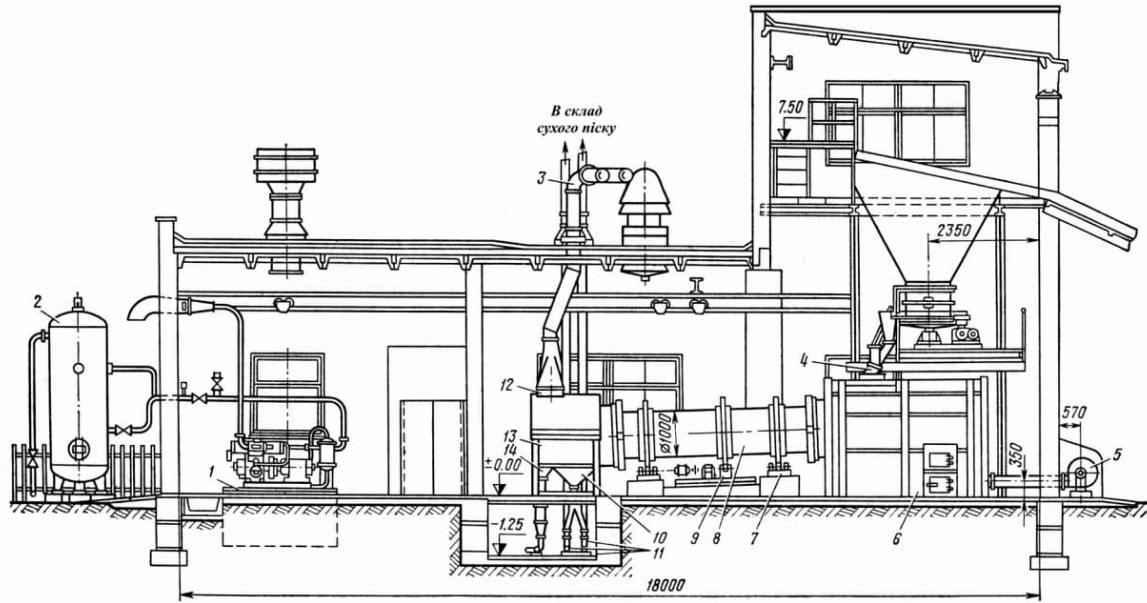


Рис. 1. Типовий варіант розташування обладнання в приміщенні піскосушарки

Для приводу компресорної установки піскосушарки використовується двигун типу АІР 180S4 в монтажному виконанні ІМ2081 (комбіноване виконання з лапами та фланцем). Основні електричні параметри цього двигуна показано в табл. 1 [6].

Привод барабанної сушарки здійснюється електричним двигуном АІР80В6 в монтажному виконанні ІМ1081 (на лапах). Електричні параметри електродвигуна АІР80В6 наведено в табл. 1 [7].

Електродвигуни димососу та пристрою дуття в піч ідентичні і мають тип АІР80В4, технічні параметри цих двигунів також показано в табл. 1 [8].

Як можна бачити із табл. 1, для приводу основних механізмів піскосушарки використовуються загальнопромислові двигуни, причому варто відзначити, що всі електроприводи, за виключенням приводу компресора, є подібними за потужністю. Номінальна потужність двигуна АІР80В6 становить 1,1 кВт, а двигуна АІР80В4 – 1,5 кВт, що, як видно, є значеннями одного порядку.

Погіршення якісних показників електричної енергії створює потенційно незадовільні умови роботи для загальнопромислових електроприводів, що може вплинути на їх працездатність та строк служби [2, 3, 10].

Таблиця 1

**Параметри електродвигунів приводів основних механізмів піскосушарки**

Тип двигуна	Потужність, кВт	Синхронна швидкість обертання, об/хв	Номінальна напруга, В	Номінальний струм, А	Кількість полюсів
<b>Привод гвинтового компресора</b>					
АІР180S4	22	1500	380/660	43,2	4
<b>Привод сушильного барабану</b>					
АІР80В6	1,1	1000	220/380	3,2	6
<b>Привод димососу та пристрою дуття в піч</b>					
АІР80В4	1,5	1500	220/380	3,72	4

Найбільш суттєвим впливом на асинхронні двигуни володіє несиметрія живлячої напруги та відхилення напруги від номінального значення [9, 10].

Так, при несиметрії напруг в електричних машинах змінного струму виникають магнітні поля, які обертаються не тільки із синхронною швидкістю в напрямку обертання ротора, але й з подвійною синхронною швидкістю в напрямку, протилежному обертанню ротора. В результаті цього виникає гальмівний електромагнітний момент, а також додатковий нагрів активних частин машини, головним чином ротора, за рахунок струму подвійної частоти [9].

В асинхронних двигунах при коефіцієнтах зворотної послідовності напруг, що мають місце на практиці (0,02...0,04), зниження обертового моменту виявляється малим. Вплив несиметрії на втрати в електродвигуні і, як наслідок, нагрівання і скорочення терміну служби його ізоляції проявляються в більшій мірі.

При роботі асинхронного двигуна з номінальним обертовим моментом і коефіцієнтом зворотної послідовності напруг, що дорівнює 4%, термін служби його ізоляції скорочується приблизно в 2 рази лише за рахунок додаткового нагріву [9].

При відхиленні напруги від номінального значення також виникають додаткові перегреви асинхронного двигуна. При збільшенні напруги – через збільшення намагнічуючого струму, а при зменшенні – через зростання струму в роторі двигуна [4, 9].

### Висновки

Отже, з метою підвищення стійкості роботи електрообладнання критичних підприємств залізничного транспорту доцільним є подальше проведення досліджень з одного боку, націлених на виявлення заходів, компенсуючих вплив неякісної електричної енергії, а з іншого – забезпечення безперебійності енергопостачання критично важливого обладнання підприємств залізничного транспорту.

Отримані в ході даного дослідження параметри електроприводів дозволять використати їх при побудові прогностичних моделей для оцінки стабільності роботи критично важливого обладнання підприємств залізничного транспорту в умовах низької якості живлячої напруги.

### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бабанін О., Жалкін С. Організація та технологія екіпірування локомотивів : конспект лекцій. Харків : УкрДУЗТ, 2018. 42 с.
2. Балійчук О. Ю. Термін служби допоміжних машин електропоїздів змінного струму. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*. 2015. № 2 (56). С. 116–125.
3. Доскоч В. Деякі аспекти роботи асинхронного електропривода, що працює в мережах з електроенергією незадовільної якості. *Міжнародна науково-технічна конференція студентів і молодих учених “Молода академія-24”* : зб. тез, м. Дніпро, 23–24 трав. 2024 р. Дніпро, 2024. С. 46.
4. Дубинець Л., Момот О., Маренич О. Електричні машини. Трансформатори. Асинхронні машини. Дніпропетровськ : Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В Лазар., 2004. 208 с.
5. Експлуатація локомотивів та локомотивне господарство. Організація ремонтного та екіпірувального господарства : підручник / Б. Боднар та ін. Дніпро : Укр. держ. ун-т науки і технологій, 2022. 220 с.
6. Електродвигун AIP 180 S4 22 кВт 1500 об/хв – купити в Україні | UA-MOTOR. *UA-MOTOR*. URL: <https://ua-motor.com/uk/product/elektrodvigatel-air-180-s4-22-kvt-1500-ob-min/> (дата звернення: 28.01.2025).
7. Електродвигун AIP 80 B4 1,5 кВт 1500 об/хв – купити в Україні | UA-MOTOR. *UA-MOTOR*. URL: <https://ua-motor.com/uk/product/elektrodvigatel-air-80-v4-15-kvt-1500-ob-min/> (дата звернення: 28.01.2025).
8. Електродвигун AIP 80 B6 1,1 кВт 1000 об/хв – купити в Україні | UA-MOTOR. *UA-MOTOR*. URL: <https://ua-motor.com/uk/product/elektrodvigatel-air-80-v6-11-kvt-1000-ob-min/> (дата звернення: 28.01.2025).
9. Жежеленко И., Саенко Ю. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях. Москва : Энергоатомизат, 2000. 252 с.
10. Influence of feeding electric energy quality on heating of the auxiliary machines of ac electric rolling stock / О. Ю. Baliichuk та ін. *Science and transport progress. bulletin of dnipropeetrovsk national university of railway transport*. 2014. № 3(51). С. 34. URL: <https://doi.org/10.15802/stp2014/25800> (дата звернення: 28.01.2025).

Надійшла в редколегію 24.12.2024

Прийнята до друку 05.02.2025

## **DETERMINATION OF A NUMBER OF PARAMETERS OF ELECTRIC DRIVES OF CRITICAL EQUIPMENT OF RAILWAY TRANSPORT ENTERPRISES AS INPUT DATA FOR MODELING THE STABILITY OF THEIR OPERATION**

**Purpose.** Ensuring a reliable transportation process by rail directly depends on the technical condition of the traction rolling stock and its timely supply for the performance of train work. Maintaining railway rolling stock in a technically sound condition requires an appropriate material and technical and production base of locomotive depots and repair enterprises. Servicing traction rolling stock in the scope of technical maintenance and current repairs involves equipping traction units with fuel and lubricants, water and sand. For this purpose, appropriate units equipped with specific technological equipment are organized in locomotive depots. As a rule, such technological equipment has an electric drive built on the basis of asynchronous electric motors. Powering these electric motors with low-quality electric energy or unstable electric energy creates potentially negative conditions for their long-term operation. In order to further apply methods of predictive modeling of the stability of the operation of electrical equipment of locomotive equipment points, a thorough analysis was conducted and the parameters of the electric drives of the most critically important equipment were determined. **Methods.** Comprehensive analysis of technical equipment and technology of railway transport. **Results.** It was established that the most labor-intensive among all the processes of equipping rolling stock is the process of equipping with sand, which is associated both with the specifics of sand, both as a working medium, and with increased requirements for its purity and humidity. A list of critically important electrical equipment was identified to ensure the technological process of preparing, transporting, storing and issuing sand to rolling stock. The parameters of the electric drives of the compressor unit, smoke exhausters, the furnace blowing device and the movement of the rotary drying drum were established. The obtained data were analyzed. **Practical significance.** The results obtained allow to form unified series of capacities of electric drives of equipment of locomotive depots and repair enterprises of railway transport, which can be used as initial data for prognostic modeling of stability of operation of this equipment when they are supplied with electric energy with low qualitative and quantitative indicators. Also, on the basis of the obtained results, a number of recommendations can be developed regarding the organization of uninterrupted power supply of such non-traction consumers of railway transport using energy from renewable sources. Also, the research material can be used in the implementation of measures to compensate for the negative impact of quantitative and qualitative indicators of supply electric energy on the reliability of non-traction consumers of railway transport.

*Keywords:* non-traction consumers, electrical equipment of railway transport enterprises, traction rolling stock equipment, critical equipment, qualitative and quantitative indicators of electrical energy