

**ТЕХНОЛОГІЇ ТА
ОБЛАДНАННЯ ВИРОБНИЦТВА**

УДК 625.141.1:656.212.5

*Л. В. ТРИКОЗ, І. В. БАГІЯНЦ***ЗМІНЕННЯ ПЕРЕРОБНОЇ СПРОМОЖНОСТІ СОРТУВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ ЧЕРЕЗ НАДІЙНІСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕРХНЬОЇ БУДОВИ КОЛІЇ**

Розглянуто сортувальний комплекс як складну технологічну систему, що охоплює широкий перелік складових для виконання запланованих операцій. Проаналізовано метод визначення переробної спроможності сортувальної гірки та витяжних колій з метою встановлення залежності ефективної експлуатації сортувальних пристроїв від надійності використання технічного оснащення. Запропоновано розглянути та врахувати вимушені відмови пристроїв сигналізації, централізації та блокування, що використовуються для регулювання і забезпечення безперервної добової роботи залізничного транспорту.

Ключові слова: сортувальні пристрої, переробна спроможність, технічне оснащення, відмови, верхня будова колії.

Рассмотрен сортировочный комплекс как сложная технологическая система, охватывающая широкий перечень составляющих для выполнения запланированных операций. Проанализирован метод определения перерабатывающей способности сортировочной горки и вытяжных путей с целью установления зависимости эффективной эксплуатации сортировочных устройств от надежности использования технического оснащения. Предложено рассмотреть и учесть вынужденные отказы устройств сигнализации, централизации и блокировки, используемых для регулирования и обеспечения непрерывной суточной работы железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: сортировочные устройства, перерабатывающая способность, техническое оснащение, отказы, верхнее строение пути.

The article deals with the classification complex as a complicated technological system comprising a wide range of components for fulfilling scheduled operations. The method to define the capacity of a hump and lead tracks so that to establish dependencies of effective operation of the sorting equipment on reliable use of technical equipment has been analyzed. The authors have proposed to consider and take into account failures in the signaling and interlocking devices intended for regulation and fulfillment of non-stop daily rail transport operation.

On the base of calculations the graphic dependency of the number of wagons, which can be processed by a sorting hump and a lead track per a certain period, on failures in sorting equipment is presented. It has been demonstrated that increased failure rates for technical equipment decreases estimated capacity values irrespective of the set average hump technological interval which considers a time for entering, pushing, shunting, making-up, and backing. The reasons for sorting equipment failures have been elucidated.

Keywords: classification yard equipment, capacity, technique, failures, permanent way.

Вступ. Державна цільова програма реформування залізничного транспорту [1] передбачає скорочення витрат на перевезення при більш доцільному використанні транспортної інфраструктури. Для досягнення поставленої мети в умовах реструктуризації Укрзалізниці необхідно розробити технологічно-економічний підхід до управління вантажними перевезеннями.

У зв'язку з цим проблема оцінки переробної спроможності сортувальних пристроїв безумовно актуальна, а її рішення є основою для визначення якісних параметрів перевізної роботи.

Практика роботи залізниць показує, що на процес організації руху вантажних і пасажирських поїздів великий вплив має стан технічних пристроїв. Виникаючи в процесі їх експлуатації відмови призводять до зниження переробної спроможності сортувальних пристроїв і як наслідок пропускну і провізної здатності станцій і напрямків. Крім того, вони завдають втрати як для Укрзалізниці так й для вантажовласників та вагоновласників, пов'язані з пропуском поїздів і вагонопотоків.

Об'єкт дослідження. Для виконання сортувальної роботи на сортувальних, вантажних та дільничних станціях розташовують сортувальні гірки великої, середньої або малої потужності з відповідним обладнанням, сортувальні парки, витяжні колії.

Сортувальний пристрій проектується як складна технологічна система, що включає не тільки колійний розвиток зі штучним підвищенням ділянки залізничної колії для сортування вагонів з використанням сили тяжіння на ухилі для сортувальних гірок

та витяжних колій. Ця технологічна система охоплює маневрові локомотиви, технічне оснащення, ремонтну базу, службово-технічні, а також службово-побутові будівлі і приміщення з необхідними комунікаціями, пристрої освітлення, автомобільні дороги, перехідні мости, тунелі і доріжки, проїзди для електро- і автокарів [2].

Елементи колійного розвитку сортувальних пристроїв (колії насуву, гіркова горловина, сортувальні колії, з'єднувальні обхідні колії, витяжні колії) проектується з урахуванням їх періодичного часткового закриття для виконання капітальних, середніх і інших планових ремонтів колії.

При проектуванні нових або реконструкції існуючих сортувальних пристроїв виконується аналіз ймовірної максимальної кількості вагонів, яка може бути перероблена пристроєм за визначений період, тобто потрібна переробна спроможність, з урахуванням призначення станції, особливостей її розташування на мережі залізниць та в промисловому районі. Потрібна переробна спроможність основного сортувального пристрою встановлюється на основі прогнозованих середньодобових обсягів переробки, визначених економічними дослідженнями на розрахункові терміни експлуатації.

Таким чином, об'єктом дослідження є процес розформування вантажних поїздів на залізничних сортувальних пристроях та наступне їх формування згідно плану формування. Предметом дослідження є забезпечення переробної спроможності сортувальних пристроїв при оптимізованому технічному оснащенні.

© Л. В. Трикоз, І. В. Багіянец. 2017

Мета та задачі дослідження. Мета дослідження зведення до мінімуму відмов пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ), що використовуються для регулювання і забезпечення безперервної добової роботи залізничного транспорту та дотримання норм переробної спроможності сортувальних пристроїв при додержанні правил безпеки при маневрових переміщеннях.

Для досягнення поставленої мети запропоновано:

- представити залежність між кількістю вагонів, яка може бути перероблена сортувальним пристроєм за визначений період й відмовами технічного оснащення сортувального пристрою;
- висвітлити причини виникнення відмов технічного оснащення сортувальних пристроїв;
- показати можливість зведення до мінімуму негативного впливу причин виникнення відмов технічного оснащення сортувальних пристроїв;
- запропонувати рішення, що дозволить звести до мінімуму причини відмов пристроїв СЦБ шляхом виключення впливу їх на переробну спроможність сортувальних пристроїв.

Аналіз літературних даних. Питанням покращання переробної спроможності сортувальних пристроїв приділяється достатньо уваги в багатьох публікаціях, пропонуються наступні раціональні рішення:

- визначення втрат часу в середньому за добу, на усунення несправності пристроїв, які пов'язані з переробкою вагонів [1];
- шляхом подовження витяжних колій для можливості витягування на них всього складу, що дозволяє зменшити гірковий технологічний інтервал і збільшити переробну спроможність гірки [3];
- запропоновано використовувати показники максимальна, мінімальна та технічна швидкість розпуску, проведено дослідження шляхів збільшення переробної спроможності сортувальної гірки за рахунок перерозподілу маневрової роботи між гірковою і вихідною горловинами сортувального парку. Отримано залежності, що дозволяють визначити момент перенесення маневрової роботи в іншій маневровий район сортувального парку, а також обсяги переробки вагонів, при яких необхідно збільшувати технічне оснащення станції [4];

– удосконалено методику розрахунку переробної спроможності сортувальних гірок враховуючи взаємозв'язки впливу швидкості розпуску складу на умови розділення відцепів та кількість вагонів, що потребують повторного сортування через не розділення їх на розділових стрілках [5];

– вивчаючи проблему оптимізації та моделювання сортувальних станцій протягом декількох років у Китаї пропонували: за рахунок поліпшення конструкції візка вантажного вагона та збільшення навантаження з 20,5 до 25 тон на вісь вантажного поїзда і подовження його довжини, розробки моделі для знаходження оптимальної послідовності вагонів насуву на гірку, працювали над проблемою переміщення вагонів в поїзді, запропонували і розробили інтегровану диспетчерську модель для оптимальної роботи на сортувальних станціях, застосовуючи евристичний підхід, працювали над моделлю і алгоритмом динамічно-

го розподілу вагонного потоку в умовах невизначеності [6–9];

– застосування методу YARDSIM для оцінки сортувальних гірок в Північній Америці – це візуальний інструмент для моделювання, хоча він не може автоматично вирішити проблему, але він може бути використаний для "що-якщо" аналізу, нова Computer Aided Диспетчерська система (CAD III) знаходиться в стадії розробки в США, і буде включати в себе автоматизоване планування руху вагонів використовуючи цільову функцію на основі оптимізації [10,11];

– представлено моделювання потужності сортувальної станції шляхом застосування теорії масового обслуговування для оптимізації операцій, виявлено існування додаткової можливості для більш ефективного використання персоналу та потужностей сортувальних комплексів. Зменшення часу знаходження та оброблення вагонів, можливо завдяки модернізації операцій при використанні пристрою зчитування штрих-коду і RFID (Radio Frequency Identification) технології. Ці вдосконалення можуть привести до зниження експлуатаційних витрат [12].

Таким чином, результати аналізу дозволяють зробити висновок, що в попередніх роботах недостатньо уваги приділяється аналізу параметрів, що викликають неконтрольовані відмови технічного оснащення сортувальних пристроїв та унеможливають виконання сортувальної та маневрової роботи у запланований час в робочу зміну робітниками залізничної станції та постає загроза не забезпечення переробної спроможності сортувальних пристроїв й показників оперативного планування роботи. Тому, у роботі запропоноване рішення що дозволить звести до мінімуму причини відмов пристроїв СЦБ та виключення впливу їх на переробну спроможність сортувальних пристроїв.

Визначення переробної спроможності сортувальних гірок та витяжних колій. Для сортувальних, вантажних та дільничних станцій порядок розрахунку добової переробної спроможності сортувальної гірки згідно з [13] визначається за формулою

$$N_z = \frac{\alpha_{ep} (1440 - \sum T_{nocm})}{t_z \mu_{новт} (1 + \rho_g)} m_c + N_{nocm}, \quad (1)$$

де α_{ep} – коефіцієнт, що враховує можливі перерви при використанні гірки через ворожі пересування; $\sum T_{nocm}$ – тривалість виконання постійних операцій, які не пов'язані з переробкою основного вагонопотоку, хв; t_z – середня тривалість гіркового технологічного інтервалу (з урахуванням часу на заїзд, насув, розпуск, формування, осаджування), хв; $\mu_{новт}$ – коефіцієнт, що враховує повторне сортування частини вагонів через недостатність у періоди згущеного надходження поїздів числа та довжини сортувальних колій; m_c – середня кількість вагонів в складі; N_{nocm} – кількість місцевих вагонів з колій ремонту, кутових, вагонного депо та ін., які розпускаються за час $\sum T_{nocm}$; ρ_g – коефіцієнт, що враховує відмови техні-

чних пристроїв. Відомо з [14], що ρ_e для немеханізованих гірок приймається 0,03. Для інших гірок в залежності від кількості вагонів у складі, типу сповільнювачів та тривалості гірочного технологічного інтервалу.

Переробна спроможність витяжної колії визначається залежно від тривалості її зайняття протягом доби передбаченими операціями, тому переробну спроможність зручно визначати за допомогою коефіцієнта використання переробної спроможності:

$$N_{\text{вир}} = \frac{n_{p,\phi}}{K}, \quad (2)$$

де $n_{p,\phi}$ – фактичне число составів за добу, які розформовують або формують на витяжній колії;

K – коефіцієнт використання переробної спроможності витяжної колії.

$$K = \frac{\mu_{\text{повт}}^c T_{\phi}}{1440\alpha_c - \sum T_{\text{пост}}^o}, \quad (3)$$

де $\mu_{\text{повт}}^c$ – коефіцієнт повторного сортування; $\sum T_{\text{пост}}^o$ – час зайняття витяжної колії протягом доби виконанням постійних операцій, які не залежать від обсягу переробки (технічним обслуговуванням колії, зміною локомотивних бригад з екіпуванням маневрового локомотива, обробкою заданого числа збірних поїздів), хв; α_c – коефіцієнт, що враховує можливі перерви у використанні витяжної колії через ворожі пересування; T_{ϕ} – сумарний час зайняття витяжної колії усіма операціями з составом протягом доби, хв;

Сумарний час зайняття витяжної колії

$$T_{\phi} = \left[\sum n_p t_p + \sum n_{\phi} t_{\phi} + \sum n_{\phi} (t_{\text{пер}}^e + t_{\text{нов}}) + \sum n_{\text{ман}} t_{\text{ман}} \right] \times (1 + \rho_e), \quad (4)$$

де n_p – число составів за добу, що розформовують на витяжній колії; t_p – тривалість розформування состава, хв; n_{ϕ} – число составів за добу, що формують на витяжній колії; t_{ϕ} – тривалість формування состава, хв; $t_{\text{пер}}^e$ – час, який витрачають на підтягування вагонів і переставлення сформованого состава на відповідну колію, хв; $t_{\text{нов}}$ – час на повернення маневрового локомотива на витяжну колію; $n_{\text{ман}}$ – число маневрових на інших пересувань по витяжній колії; $t_{\text{ман}}$ – час зайняття витяжної колії маневровими (поїзними) переміщеннями, хв; ρ_e – коефіцієнт, що враховує відмови технічних пристроїв.

В результаті підстановки виразів (3) та (4) у (2) підсумкова формула, запропонована авторами [13], отримуємо

$$N_{\text{вир}} = \frac{n_{p,\phi} (1440\alpha_c - \sum T_{\text{пост}}^o)}{\mu_{\text{повт}}^c \left(\left[\sum n_p t_p + \sum n_{\phi} t_{\phi} + \sum n_{\phi} (t_{\text{пер}}^e + t_{\text{нов}}) + \sum t_{\text{ман}} n_{\text{ман}} \right] \times (1 + \rho_e) \right)}, \quad (6)$$

Аналіз виразів (1) та (6) показує, що на переробну спроможність сортувальної гірки та витяжної колії впливають відмови технічних пристроїв станції. Станція розглядається як складна динамічна система, надійність якої визначається надійністю її елементів. Виходячи з функціональної ознаки кожного технічного пристрою системи виділяються такі її елементи: колія, стрілочні переводи, локомотиви, вагони, пристрої зв'язку та СЦБ: електрична централізація стрілок та сигналів, механізація гальмування вагонів за допомогою сповільнювачів, гіркова автоматична централізація стрілок підгіркового парку, автоматизація гальмування; пристрої електропостачання на електрифікованих лініях.

Відмови пристроїв електричної централізації викликають: зупинки - при відмові одного з стрілочних переводів будь-якої ізолюваної ділянки пересування неможливе та одночасне використання решти стрілочних переводів цієї ізолюваної ділянки для інших пересувань до з'ясування причин; зниження швидкості транспортного потоку; перерви в русі поїздів, маневрових переміщеннях, розпуску вагонів з гірки.

Таким чином, відмови пристроїв СЦБ призводять до виникнення вимушених зупинок та не дозволяють повністю використовувати добовий період часу, що обмежує переробну спроможність сортувальних пристроїв.

Час усунення відмови стрілочного переводу визначається від моменту виникнення відмови до моменту поновлення стрілки, переводу вручну або використання електричної централізації (ЕЦ)

$$t_{\phi} = t_{\text{пр}} + t_{\text{вик}}, \quad (7)$$

де $t_{\text{пр}}$ – тривалість перерв у маневрових переміщеннях, розпуску вагонів з гірки із-за відмов пристроїв; $t_{\text{вик}}$ – період часу від моменту виключення стрілки з електричної централізації до повного усунення відмови. Якщо стрілочний перевід не був виключений з ЕЦ, то $t_{\text{вик}} = 0$, якщо стрілка залишається на ручному обслуговуванні то $t_{\text{вик}}$ додається у розрахунок.

Результати досліджень переробної спроможності сортувальних пристроїв. Для наочного представлення залежностей добової переробної спроможності сортувальної гірки та витяжної колії від коефіцієнта, що враховує відмови технічних пристроїв, за формулами (1) та (6) було виконано розрахунок при різних його значеннях (рис. 1, 2). Звертає на себе увагу той факт, що збільшення значення коефіцієнту, що враховує відмови технічних пристроїв, зменшує значення переробної спроможності незалежно від величини встановленої середньої тривалості гіркового технологічного інтервалу (з урахуванням часу на заїзд, насув, розпуск, формування, осаджування), як показано на рис. 1. Вочевидь, це пов'язано з тим, що тривалість перерв у маневрових переміщеннях та розпуску вагонів з гірки із-за відмов пристроїв додають додатковий час у цикл операцій по виконанню розформування – формування составів. Найбільше значення цього коефіцієнту подане у [14] становить 0,12. При

розрахунках та виконанні графічного аналізу за формулами (1) та (6) на рис. 1 та 2 було використано збільшення значення до 0,2 та 0,3 відповідно з ціллю глибшого вивчення цього питання.

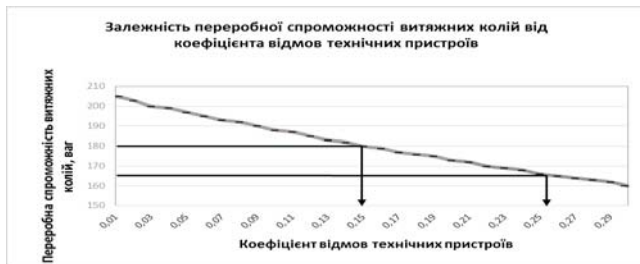


Рис. 1 – Залежність переробної спроможності сортувальних гірок від значення коефіцієнта відмов технічних пристроїв.

Подані дані з [14, 15] значення коефіцієнту, що враховує відмови технічних пристроїв ρ_e для витяжних колій є незмінною величиною - 0,01 та 0,03 відповідно, незалежно від значення переробної спроможності. Досвід показує, що відмови технічних пристроїв СЦБ виникають раптово та їх кількість за певний проміжок часу неможливо передбачити, але при більшій кількості виконаних рейсів та напіврейсів через витяжні колії й більшій кількості вагонів перероблених сортувальними пристроями, ймовірність виникнення відмов пристроїв сигналізації, централізації та блокування збільшується. Це дозволяє зробити висновок про змінність значення коефіцієнту, що враховує відмови технічних пристроїв як показано на рис. 2.

Використання незмінних коефіцієнтів ρ_e , які пропонуються в [14, 15] дають завищені значення переробної спроможності витяжних колій. Реальні значення становлять від 165 до 180 вагонів на добу, що відповідає інтервалу зміни коефіцієнта відмов технічних засобів від 0,15 до 0,25. Ці значення коефіцієнта є більш обґрунтовані, так як враховують не тільки відмову пристроїв гальмування, але й загальний стан верхньої будови колії, величину опору ізоляції, стабільну роботу засобів автоблокування.

Таблиця 1 – Економія експлуатаційних витрат, тис. грн.

Показник	N_p				
	21	22	23	24	25
E_{np}^I	838,85	878,80	918,75	958,70	998,64
E_{np}^{II}	699,13	732,43	765,72	799,01	832,31

Збільшення тривалості гіркового технологічного інтервалу пов'язане з простоем вагонів викликає зниження економії на 17 % по відношенню до 21 поїзда, та на 16,65 % по відношенню до 25 поїздів, що можуть бути розформовані за добу через ті ж самі сортувальні пристрої згідно річних підрахунків.

Вивчення цього питання дозволяє зробити певні прогнози. Для підвищення переробної спроможності сортувальних пристроїв важливе значення має підвищення надійності роботи пристроїв СЦБ, щоб не мати втрат часу в процесі розформування - формування та покращити якісні показники роботи станцій. Способи

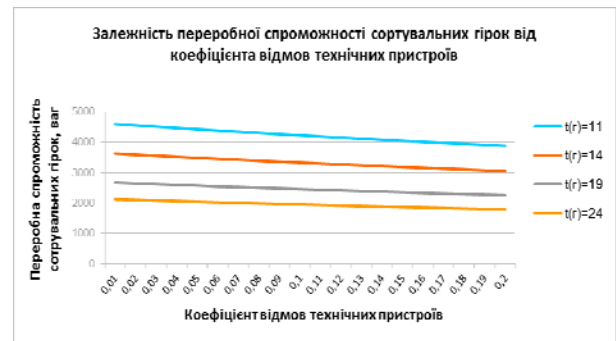


Рис. 2 – Залежність переробної спроможності сортувальних гірок від значення коефіцієнта відмов технічних пристроїв.

Для оцінки впливу відмов технічних пристроїв на собівартість вантажної роботи використаємо формулу із [3], де економія експлуатаційних витрат, пов'язаних з простоем вагонів, визначається

$$E_{np} = 0,365 * t_c * N_p * m_c * e_{ez}, \quad (8)$$

де t_c – середньозважена тривалість гіркового технологічного інтервалу год.; N_p – кількість поїздів, які надходять у розформування протягом доби; m_c – кількість вагонів в складі поїзда; e_{ez} – витрати на 1 вагоно-годину вагона вантажного парку, грн.

Розрахунки економії експлуатаційних витрат пов'язаних з простоем вагонів наведено в таблиці 1 за двома варіантами на прикладі інтервалу від 21 до 25 поїздів, що надходять у переробку до сортувальної станції, де перший варіант відображає експлуатаційні витрати при роботі технічних пристроїв без відмов, а другий варіант зі збільшеним технологічним інтервалом через відмову загального стану верхньої будови колії, опору ізоляції, не стабільну роботу засобів автоблокування та більшого значення коефіцієнту, що враховує відмови технічних пристроїв ρ_e .

підвищення надійності можна розглядати як заходи, спрямовані на збільшення безвідмовності й на підвищення відновлюваності. Запропоновано для виконання сортувальної роботи на сортувальних, вантажних та дільничних станціях підтримувати стан усіх елементи верхньої будови колії, серед яких є і щебеневий баластний шар і залізобетонні шпали у задовільному стані. Для оздоровлення верхньої будови колії ведеться очищення та підрізка баласту, очищення рейок, рейкових скріплень від забруднювачів, при необхідності заміна водовідводів на блок-ділянках, капітальний ремонт колії з метою заміни верхньої будови з

рейками, що пропустили нормативний тоннаж. Виконання подібних заходів хоча й підвищує ізоляцію рейкових кіл, але практично не впливає на покращення роботи автоблокування при неминучому зниженні пропускної здатності перегонів та станцій, викликаючи затримки поїздів і збільшуючи простої та зменшуючи оборот вагонів. Роботи з очищення щебеню вручну малопродуктивні та дорого коштують. Крім того, деяка кількість забруднювачів у ньому залишається або в процесі очищення потрапляє знову. Після звичайної промивки ступінь забруднення відпрацьованого баластного матеріалу знижується не менше ніж в 2 рази. Це зможе покращити показники, але враховуючи великі витрати коштів на заміну баласту при необхідності припинити рух на час проведення робіт і обмежити швидкість руху на час стабілізації баластної призми ефект втрачається через повторне забруднення. Цей метод дає поліпшення на деяких ділянках лише на обмежений час. Планова заміна щебеню відбувається кожні 10 років його експлуатації, при цьому замінюється від 50000 до 70000 м³ баластного щебеню при його вартості від 70 до 150 грн за 1 м³. У той же час вартість очищення 1 км становить для ЩОМ-6У 97 тис. грн, а для RM-80–110 тис. грн (у цінах станом на 13.10.2016 р.). Отже, зважаючи на велику собівартість робіт із заміни або очищення колійного щебеню, актуальною є розробка методів попередження його забруднення. У процесі експлуатації верхньої будови колії баластний шар та шпали поступово забруднюються [16, 17]. При цьому знижується здатність баластного шару відводити воду, яка потрапляє на верхню будову колії. Забруднення баласту та залізобетонних шпал різноманітними речовинами призводить до зниження питомого електричного опору баластного шару. Зниження значення питомого електроопору призводить до формування рейковим колом інформації типу «несправжня зайнятість», тобто до визначення ізолюваної рейкової лінії як зайнятої при фактичній вільності. Зниження цього опору призводить до відповідного збільшення блукаючих струмів та струмів витоку, які викликають корозію арматури та руйнування конструкцій. Забезпеченням надійної роботи рейкових кіл почали займатися ще у 60-ті роки, коли залізниці почали масово переходити з дерев'яних шпал на залізобетонні. У минулі роки, як і тепер, для забезпечення безвідмовної роботи рейкових кіл в період різкого зниження питомого опору баласту застосовується метод збільшення напруги джерел живлення. Але надмірне збільшення напруги джерел живлення може призвести до порушення шунтового і контрольного режимів роботи рейкових кіл. Якщо збільшенням напруги живлення відновити нормальну роботу систем СЦБ не вдається, то таку ділянку вимикають, що накладає негативний відбиток на поїзний та маневровий роботі. На залізницях України електричний опір баласту і шпал рейкових кіл визначають вимірниками опору баласту, що дозволяє вимірювати питомий опір ізоляції без відключення діючих приладів рейкового кола. За значенням цих вимірів знаходять ділянки рейкового кола зі зниженим опором ізоляції.

Для підвищення зазначеного опору необхідно змінити електрофізичні властивості сипких матеріалів баластного шару та бетону шляхом нанесення на них покриттів з достатньо високим питомим електричним опором [16]. Як один із шляхів вирішення цієї проблеми може бути запропоновано покриття для обробки чистого щебеню перед його укладанням у колію під час ремонтів та компонентна добавка у склад бетону залізобетонних шпал для продовження термінів експлуатації баластного шару, попередження адгезійного забруднення та запобігання випадків несправжньої зайнятості рейкових кіл.

Висновки. Як виходить з одержаного вище, відмови пристроїв СЦБ на станціях не входять до значення коефіцієнту, що враховує відмови технічних пристроїв. Це дозволяє зробити висновок про можливість вдосконалення значення коефіцієнту, що враховує відмови технічних пристроїв, шляхом доопрацювання через параметри, які мають вплив на його значення й на показники переробної спроможності сортувальних пристроїв та перевірку змінності значення коефіцієнту, що враховує відмови технічних пристроїв, при маневрових переміщеннях через витяжні колії. Таким чином, забезпечення безперервної добової роботи залізничного транспорту та дотримання норм переробної спроможності сортувальних пристроїв при додержанні правил безпеки при маневрових переміщеннях можливо забезпечити шляхом підвищення надійності роботи пристроїв СЦБ, у тому числі за рахунок підвищення опору ізоляції рейкових кіл. Практично постійна наявність тонких мономолекулярних плівок води на поверхні частинок щебеню сприяє налипання забруднювачів. Тому для зменшення швидкості забруднення щебеневого баласту нами запропоновано метод обробки частинок щебеню гідрофобними речовинами з наступним відсипанням у баластну призму. Таке покриття підвищує електричний опір баластної призми та гідрофобність поверхонь частинок щебеню, що призводить до зменшення адгезії забруднювачів до нього. Для обробки частинок щебеню нами були використані бітум, силікон та спиртовий розчин каніфолі [18]. Результати дослідів показали, що найнижчу електричну провідність має щебінь, оброблений каніфольним покриттям. У порівнянні з необробленим щебенем електрична провідність зменшилась у 7,7 рази. Найкращу гідрофобізуючу дію має покриття на основі силікону, про що свідчить значення крайового кута змочування.

Список літератури:

1. Про схвалення Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/1555-2009-p>
2. Галузеві будівельні норми України. Споруди транспорту. Сортувальні пристрої залізниць. Норми проектування ГБН В.2.3-37472062-1:2012 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=66056
3. Журавель, В. В. Дослідження впливу реконструкції витяжних колій на ефективність функціонування сортувальної станції [Текст] / В. В. Журавель, А. І. Маслюк, І. Л. Журавель // Збірник наукових праць ДНУЗТ. Транспортні системи та технології перевезень. – 2013. – № 5. – С. 23–27.

4. Болвановська, Т. В. Розрахунок переробної спроможності сортувальних комплексів [Текст] / Т. В. Болвановська // Збірник наукових праць ДНУЗТ. Транспортні системи та технології перевезень. – 2014. – № 8. – С. 27–34.
 5. Козаченко, Д. М. Дослідження впливу швидкості розпуску составів на переробну спроможність сортувальних гірок [Текст] / Д. М. Козаченко, І. Ю. Левицький, Т. В. Болвановська // Вісник ДНУЗТ. – 2014. – № 41. – С. 61–63.
 6. Anderson, E. P. Overcoming capacity constraints on Chinese railways [Electronic resource] / E. P. Anderson. – Available at: <http://siteresources.worldbank.org/INTTRANSPORT/Resources/336291-1119275973157/td-rw7.pdf>
 7. Dahlhaus, E. The train marshalling problem [Text] / E. Dahlhaus, P. Horak, M. Miller, J. F. Ryan // Discrete Applied Mathematics. – 2000. – № 103 (1-3). – P. 41–54. doi: [10.1016/S0166-218X\(99\)00219-X](https://doi.org/10.1016/S0166-218X(99)00219-X)
 8. He, S. An integrated dispatching model for rail yards operations [Text] / S. He, R. Song, S. S. Chaudhry // Computers & Operations Research. – 2003. – № 30. – P. 939–966. doi: [10.1016/S0305-0548\(02\)00064-3](https://doi.org/10.1016/S0305-0548(02)00064-3)
 9. Jing, Y., Wang, C., Li, Z., Xue, F., Model and algorithm of dynamic wagon-flow allocation on uncertainty conditions [Text] / Y. Jing, C. Wang, Z. Li, F. Xue // 2009 Second International Symposium on Computational Intelligence and Design. – 2009. doi: [10.1109/iscid.2009.145](https://doi.org/10.1109/iscid.2009.145)
 10. Lin, E. Simulation and analysis of railroad hump yards in North America [Text] / E. Lin, C. Cheng // Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference (WSC). – 2011. doi: [10.1109/wsc.2011.6148064](https://doi.org/10.1109/wsc.2011.6148064)
 11. Dalal, M. L. Simulation modelling at Union Pacific Railroad [Text] / M. L. Dalal, L. P. Jensen // Proceeding of the 2001 Winter Simulation Conference (Cat. No.01CH37304). – 2001. doi: [10.1109/wsc.2001.977413](https://doi.org/10.1109/wsc.2001.977413)
 12. Stanić M. Model for the optimization of technology and capacity in marshalling station [Text] / M. Stanić, G. Stojić, I. Tanackov, D. Aleksić // 20th International scientific conference “TRANSPORT 2011”. – 2011. – № 3. – P. I-36–I-45. Available at: http://www.mtc-aj.com/conf_2011/dok_511.pdf
 13. Берестов І.В. Залізничні станції та вузли [Текст]: навч. пос. / І. В. Берестов, Г. В. Шаповал, М. Ю. Куценко, М. В. Баздыр, М. М. Божко, Н. І. Дробаха, І. О. Забіяка, Л. П. Мусій, В. О. Сафонов. – Харків, 2012. – 464 с.
 14. Акулиничев В. М. Железнодорожные станции и узлы [Текст]: учеб. для вузов / В.М. Акулиничев, Н.В. Правдин, В.Я. Болотный, И.Е. Савченко. – Москва: Транспорт, 1992. – 480 с.
 15. Негрей, В. Я. Пропускная и перерабатывающая способность сооружений и устройств железнодорожного транспорта [Текст]: учеб.-метод. пос. / В. Я. Негрей, В. А. Подкопаев, Е. А. Филатов, В. С. Могил, К. Р. Байков. – Гомель: БелГУТ, 2013. – 183 с.
 16. Trykoz, L. V. Investigation into Electrical Conductivity of the Multicomponent System of Trackbed [Text] / L. V. Trykoz, I. V. Bagiyanc, V. Yu. Savchuk, O. M. Pustovoitova, S. M. Kamchatnaya, O. S. Saiapin // International Journal of Engineering Research in Africa. – 2016. – Vol. 25, – P 52–57. doi: [10.4028/www.scientific.net/jera.25.52](https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/jera.25.52)
 17. Impact of the type of a contaminant on electric resistance of treated track ballast [Text] / L. Trykoz, I. Bagiyanc // Technika Transportu Szynowego. – 2016. – № 23. – P. 38–40.
 18. Трикоз, Л.В. Розробка методу підвищення надійності баластної призми шляхом збільшення терміну її служби / Л. В. Трикоз, С. В. Романович, І. В. Багіянц // Залізничний транспорт України. – 2016. – № 5/6. – С. 16–22.
- Bibliography (transliterated):**
1. Pro shvalennya strategiyi rozvitku zaliznynohogo transportu na period do 2020 roku. Available at: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/1555-2009-p>
 2. Galuzevi budivelni normi Ukrayini. Sporudi transportu. Sortovalni pristroyi zaliznits. Normi proektuvannya GBN V.2.3-37472062-1:2012. Available at: http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page?id_doc=66056
 3. Zhuravel, V. V., Maslyuk, A. I., Zhuravel, I. L. (2013). Doslidzhennya vplyvu rekonstruktsiyi vityazhnykh kolyi na efektyvni funktsionuvannya sortovalnoyi stantsiyi. Zbirnik naukovykh prats DNUZT. Transportni sistemi ta tehnologiyi perevezenn, 5, 23–27.
 4. Bolvanovska, T. V. (2014). Rozrahunok pererobnoyi spromozhnosti sortovalnykh kompleksiv. Zbirnik naukovykh prats DNUZT. Transportni sistemi ta tehnologiyi perevezenn, 8, 27–34.
 5. Kozachenko, D. M. Levitskiy, I. Yu., Bolvanovska, T. V. (2012). Doslidzhennya vplyvu shvidkosti rozpusku sostaviv na pererobnu spromozhnist sortovalnykh girok. Visnyk DNUZT, 41, 61–63.
 6. Anderson, E. P. (1993). Overcoming capacity constraints on Chinese railways. Available at: <http://siteresources.worldbank.org/INTTRANSPORT/Resources/336291-1119275973157/td-rw7.pdf>
 7. Dahlhaus, E., Horak, P., Miller, M., Ryan, J. F. (2000). The train marshalling problem. Discrete Applied Mathematics, 103 (1-3), 41–54. doi: [10.1016/S0166-218X\(99\)00219-X](https://doi.org/10.1016/S0166-218X(99)00219-X)
 8. He, S., Song, R., Chaudhry, S. S. (2003). An integrated dispatching model for rail yards operations. Computers & Operations Research, 30 (7), 939–966. doi: [10.1016/S0305-0548\(02\)00064-3](https://doi.org/10.1016/S0305-0548(02)00064-3)
 9. Jing, Y., Wang, C., Li, Z., Xue, F. (2009). Model and Algorithm of Dynamic Wagon-flow Allocation on Uncertainty Conditions. 2009 Second International Symposium on Computational Intelligence and Design. doi: [10.1109/iscid.2009.145](https://doi.org/10.1109/iscid.2009.145)
 10. Lin, E., Cheng, C. (2011). Simulation and analysis of railroad hump yards in North America. Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference (WSC). doi: [10.1109/wsc.2011.6148064](https://doi.org/10.1109/wsc.2011.6148064)
 11. Dalal, M. A., Jensen, L. P. (2001). Simulation modeling at Union Pacific Railroad. Proceeding of the 2001 Winter Simulation Conference (Cat. No.01CH37304). doi: [10.1109/wsc.2001.977413](https://doi.org/10.1109/wsc.2001.977413)
 12. Stanić, M., Stojić, G., Tanackov, I., Aleksić, D. (2011). Model for the optimization of technology and capacity in marshalling station. 20th International scientific conference “TRANSPORT 2011”, 3, I-36–I-45. Available at: http://www.mtc-aj.com/conf_2011/dok_511.pdf
 13. Berestov, I. V., Shapoval, H. V., Kutsenko, M. Iu., Bazdyr, M. V., Bozhko, M. M., Drobakha, N. I., Zabiakha, I. O., Musii, L. P., Safonov, V. O. (2012). Zaliznychni stantsii ta vuzly. Kharkiv, 464.
 14. Akulinichev, V. M., Pravdin, N. V., Bolotnyy, V. Ya., Savchenko, I. E. (1992). Zheleznodorozhnyie stantsii i uzlyi. Moscow: Transport, 480.
 15. Negrey, V. Ya., Podkopaev, V. A., Filatov, E. A., Mogila, V. S., Baykov, K. R. (2013). Propusknaya i pererabatyvayuschaya sposobnost sooruzheniy i ustroystv zheleznodorozhnogo transporta. Gomet: BelGUT, 183.
 16. Trykoz, L. V., Bagiyanc, I. V., Savchuk, V. Y., Pustovoitova, O. M., Kamchatnaya, S. M., Saiapin, O. S. (2016). Investigation into Electrical Conductivity of the Multicomponent System of Trackbed. International Journal of Engineering Research in Africa, 25, 52–57. doi: [10.4028/www.scientific.net/jera.25.52](https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/jera.25.52)
 17. Trykoz, L., Bagiyanc, I. (2016). Impact of the type of a contaminant on electric resistance of treated track ballast. Technika Transportu Szynowego. 23, 38–40.
 18. Trykoz, L. V., Romanovych, Ie. V., Bahians, I. V. (2016). Rozrobka metodu pidvyshchennia nadiinosti balastnoi pryzmy shliakhom zbilshennia terminu yii sluzhby. Zaliznychniy transport Ukrainy, 5/6. 16–22.

Поступила (received) 26.04.2017

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Змінення переробної спроможності сортувальних пристроїв через надійність характеристик верхньої будови колії/ Л. В. Трикоз, І. В. Багіянц // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – № 16(1238). – С.68–74. – Бібліогр.: 18 назв. – ISSN 2079-5459.

Изменение перерабатывающей способности сортировочных устройств от надежности характеристик верхнего строения пути/ Л. В. Трикоз, И. В. Багианц // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – № 16(1238). – С.68–74. – Бібліогр.: 18 назв. – ISSN 2079-5459.

Change the capacity classification yard equipment through reliability features of permanent way/ L. V. Trykoz, I. V. Bagiyanc // Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2017. – № 16 (1238). – P. 68–74. – Bibliogr.: 18. – ISSN 2079-5459

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Трикоз Людмила Вікторівна – доктор технічних наук, професор кафедри «Будівельні матеріали, конструкції та споруди», Український державний університет залізничного транспорту, пл. Фейербаха, 7, м. Харків, Україна, 61050.

Багианц Ірина Вікторівна – інженер, Український державний університет залізничного транспорту, пл. Фейербаха, 7, м. Харків, Україна, 61050.

Трикоз Людмила Викторовна – доктор технических наук, профессор кафедры «Строительные материалы, конструкции и устройства», Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, пл. Фейербаха, 7, г. Харьков, Украина, 61050.

Багианц Ирина Викторовна – инженер, Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, пл. Фейербаха, 7, г. Харьков, Украина, 61050.

Trykoz Liudmyla – Doctor of Technical Sciences, professor Department of Building Materials, Constructions and Structures, Ukrainian State University of Railway Transport; sq. Feyerbach, 7, Kharkiv, Ukraine, 61050.

Bagiyanc Irina – engineer, Ukrainian State University of Railway Transport, sq. Feyerbach, 7, Kharkiv, Ukraine, 61050.

УДК 621.7.047.7

С. Л. НЕГРУБ, Є. Г. ВОЛОДЬКО

ОГЛЯД ДОСЯГНЕНЬ В ОБЛАСТІ ЕЛЕКТРОЛІТНО-ПЛАЗМОВОГО ПОЛІРУВАННЯ ВИРОБІВ З ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ

У даному огляді систематизовані відомості про сучасний метод фінішної обробки поверхні виробів із титанових сплавів – електролітно-плазмове полірування (ЕПП). Розглянуті дослідження технології, механізм формування поверхневого шару при обробці, система електроліт-плазма-метал та її особливості, основні уявлення про процес ЕПП та його механізми, проведений порівняльний аналіз наукових досягнень електролітно-плазмове полірування поверхні сталевих та титанових виробів (електроліти, режими, шорсткість поверхні), проаналізована практика електролітно-плазмове полірування.

Ключові слова: електроліт, плазма, розряд, полірування, технологічний процес, шорсткість поверхні, вольтамперна характеристика, парогозова оболонка.

В данном обзоре систематизированы сведения о современном методе финишной обработки поверхности изделий из титановых сплавов – электролитно-плазменном полировании (ЭПП). Рассмотрен ход исследований по данному вопросу, основные представления о процессе ЭПП и его механизме, механизм формирования поверхностного слоя при обработке, система электролит-плазма-металл и его особенности, проведен сравнительный анализ научных достижений электролитно-плазменного полирования поверхности стальных и титановых изделий (электролиты, режимы, шероховатость поверхности), проанализирована практика электролитно-плазменного полирования.

Ключевые слова: электролит, плазма, разряд, полирование, технологический процесс, шероховатость поверхности, вольтамперная характеристика, парогозовая оболочка.

In this review, systematic information on the current method of surface finishing products from titanium alloys – electrolytic-plasma polishing (EPP). Reviewed the research on the subject, basic representation of the process EPP and its mechanism, mechanism of surface layer formation during processing, electrolyte-plasma-metal system and its features, carried out comparative analysis of scientific achievements EPP surface of steel and titanium products (electrolytes, regimes, surface roughness), was analyzed practice of electrolytic-plasma polishing. It is shown that, due to lack of experimentally justified scattering ability of the electrolyte at EPP, caring out complex experimental studies of the effect of EPP on such operational characteristics of the surface as corrosion resistance, resistance to intergranular corrosion, coefficient of friction, adhesion strength of galvanic and vacuum-plasma coatings will significantly expand the scope of the application of EPP technologies, nomenclature of processed alloys and increase the reliability of parts and assemblies for various purposes.

Keywords: electrolyte, plasma, discharge, polishing process, the surface roughness, the current-voltage characteristics, vapor-gas shell.

Вступ. В умовах сучасного рівня розвитку машинобудування однією з основних проблем, що вирішуються на етапі виготовлення деталей різного призначення, є забезпечення стабільно високої якості оброблених поверхонь. Якість, надійність і довговічність виробів істотно залежать від ступеня досконалості застосовуваних при їх виробництві технологій фінішної обробки, що формують якість поверхні. З вітчизняного та закордонного досвіду відомо, що

трудомісткість фінішних операцій в об'ємі загальної трудомісткості виготовлення деталей може перевищувати 20 %. Складність і різноманіття форм оброблених поверхонь ускладнюють створення універсальних способів фінішної обробки. У вітчизняній і світовій практиці при виконанні обробно-зачистної обробки застосовується широкий арсенал методів механічної і фізико-технічної обробки: методи обробки лезовими інструментами, пов'язаними й вільними

© С. Л. Негруб, Є. Г. Володько. 2017