

(ESS). 2022. P. 133–138. DOI: 10.1109/ESS57819.2022.9969337.

[3] Sathiyarayanan J., Simon S. P., Sundareswaran K. Energy audit in a railway traction substation (a real case study). *J. Inst. Eng. India Ser. B*. 2020. Vol. 101. P. 411–416. DOI: 10.1007/s40031-020-00460-x.

[4] Nerubatskyi V. P., Plakhtii O. A., Hordiienko D. A., Syniavskiy A. V., Philipjeva M. V. Use of modern technologies in the problems of automation of data collection in intellectual power supply systems. *Modern engineering and innovative technologies*. 2022. Issue 19. Part 1. P. 38–51. DOI: 10.30890/2567-5273.2022-19-01-058.

[5] Al-Ghaili A. M., Kasim H., Al-Hada N. M., Jorgensen B. N., Othman M., Wang J. Energy management systems and strategies in buildings sector: a scoping review. *IEEE Access*. 2021. Vol. 9. P. 63790–63813. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3075485.

**УДК 656.212**

## **ВИЗНАЧЕННЯ ПАРКУ РУХОМОГО СКЛАДУ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ПРОМИСЛОВОМУ ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ**

### **DETERMINATION OF THE ROLLING STOCK PARK FOR TRANSPORTATION ON INDUSTRIAL RAIL TRANSPORT**

*д.т.н. Д.М. Козаченко, Д.В. Хилькевич, М.К. Шевченко*  
*Український державний університет науки і технологій (м. Дніпро)*

*DSc(Eng) D. M. Kozachenko, D. V. Khylykevych, M. K. Shevchenko*  
*Ukrainian State University of Science and Technologies*

Розрахунок парку вагонів та локомотивів, необхідного для виконання заданого об'єму перевезень, є одним з основних видів розрахунків, що виконується проектувальниками та технологами залізничного транспорту.

Метод аналітичного розрахунку парку вагонів був запропонований в 1878 інженером Кульжинским. Цей метод ґрунтується на зв'язку між роботою  $U$ , оборотом вагона  $q$  та потрібним парком вагонів  $N$

$$N = [U\theta], \quad (1)$$

де  $[ ]$  - операція здобуття більшого цілого числа.

Метод інженера Кульжинского в різних його інтерпретаціях широко використовується в роботі магістрального та промислового залізничного транспорту і до теперішнього часу. Перевагою застосування виразу (1) є його простота, а також простота отримання статистичних чи розрахункових даних для проведення обчислень. Недолік методу пов'язаний з тим, що він не враховує цілочисельний характер задачі. Особливо гостро ця проблема проявляється при розрахунку парку рухомого складу промислових підприємств. Об'єктивними умовами роботи залізничного транспорту на підприємствах є неможливість поділу комплексу операцій на частини; поділ доби на зміни, при цьому, при цьому зміни бригад повинні відбуватися лише в чітко встановлених місцях; необхідність виконання огляду, екіпірування та технічного обслуговування рухомого складу, при чому в багатьох випадках

лише у денну зміну і т.і. В умовах відносно невеликого парку вагонів та локомотивів промислових підприємств в роботі рухомого складу виникають резерви часу, які не можуть бути використані іншими одиницями рухомого складу. Тому в багатьох випадках формула (1) дає занижену оцінку парку. Для перевірки результатів розрахунку здійснюється графічне моделювання роботи залізничного транспорту шляхом побудови добових планів-графіків. Побудова планів графіків виконується ітеративно. В якості початкового розміру парку локомотивів і вагонів обираються розраховані за формулою (1) значення. У випадку можливості побудови добового плану-графіка робиться висновок про достатність парку рухомого складу для виконання плану перевезень. У випадку неможливості – здійснюється побудова добового плану графіка з іншим порядком виконання операцій, або зі збільшеним парком рухомого складу. Такий підхід вимагає значних витрат часу на виконання обчислень та моделювань. У зв'язку з цим для промислового залізничного транспорту актуальною є вирішення задачі розрахунку парку вагонів та локомотивів, необхідного для виконання заданого об'єму перевезень, у цілочисельній постановці.

В якості методу вирішення задачі обрано методи дослідження операцій. Задача визначення парку рухомого складу, необхідного для виконання заданого об'єму перевезень, може бути зведена до задачі розкрою матеріалів (задачі про мінімізацію відходів) в одномірній постановці. Будемо вважати, що заданий час роботи рухомого складу розбитий на зміни тривалістю  $T_{zm,k}$  (тут  $k$  – номер зміни). Тривалості змін можуть відрізнятися у зв'язку з прийнятим на підприємствах регламентом, а також у зв'язку з необхідністю виконання технічного обслуговування рухомого складу протягом певних змін. В такому формулюванні зміна відповідає окремому шматку матеріалу в стандартній постановці задачі розкрою. Рухомий склад повинен виконувати  $m$  видів операцій тривалістю  $t_j$ ,  $j = \overline{1..m}$ . Кількість операцій  $j$ -го виду складає  $q_j$ . Окрема операція відповідає окремому замовленню в стандартній постановці задачі розкрою. Протягом зміни можна виконати певну кількість повних операцій  $j$ -го виду так, що загальна тривалість операцій дорівнює чи є меншою тривалості зміни. Окрема комбінація операцій, що виконується протягом зміни, утворює карту розкрою. Характеристикою карти розкрою є невикористаний резерв часу  $c_i$ . Позначимо  $x_i$  – кількість разів, що використовувалась  $i$  карта розкрою,  $i = \overline{1..n}$ ;  $a_{ij}$  – булева змінна, що показує факт входження  $j$ -ї операції в карту розкрою  $i$ ;  $n$  – кількість карт розкрою. Тоді задача визначення парку рухомого складу підприємства формулюється як

$$\sum_{i=1}^n x_i \rightarrow \min \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} x_i = q_j, j = \overline{1..m} \quad (3)$$

$$x_i \geq 0$$

Враховуючи, що склад операцій у денну та нічну зміну відрізняється практичне вирішення задачі полягає не в пошуку мінімального значення за

виразом (2), а у перевірці можливості виконання обмежень (3) при заданому числі змін роботи рухомого складу. При цьому, неможливість виконання умов (3) вказує на необхідність додавання почергово денної та нічної зміни. Мінімальна кількість змін може бути визначена на підставі виразу (1). Враховуючи що, як правило, виконання обмежень (3) може бути досягнуто при різних комбінаціях  $x_i$ , то практичний інтерес також має отримання усіх можливих комбінацій  $x_i$  з можливістю сортування за величиною резервів часу  $c_i$  окремих одиниць рухомого складу.

Застосування запропонованого підходу не усуває потребу у побудові добових планів графіків, так як при розрахунках не враховується необхідність узгодження у часі окремих технічних засобів. В той же час пропонуємий метод дозволяє отримати більш точну оцінку потреби в рухомому складі у порівнянні з виразом (1) і скоротити обсяг роботи з побудови добових планів графіків.

Апробація запропонованого методу виконана при вирішенні задачі розрахунку парку рухомого складу для перспективних обсягів перевезення руди, скелі та глини Першотравневого гірничозбагачувального комбінату.

**УДК 656.025.2**

## **УЗАГАЛЬНЕНА ФУНКЦІЯ ВИТРАТ НА ПРОЇЗД В МІСЬКІЙ ПАСАЖИРСЬКІЙ ТРАНСПОРТНІЙ СИСТЕМІ**

### **GENERALIZED FUNCTION OF TRAVEL COSTS IN THE URBAN PASSENGER TRANSPORTATION SYSTEM**

*канд. пед. наук Д.М. Копитков, канд. тех. наук Г.О. Самчук  
Харківський національний університет міського господарства  
ім. О.М. Бекетова*

*Cand. Sc. (Ped.) D. Kopytkov, Cand. Sc. (Tech.) G. Samchuk  
O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv*

Використання міським населенням масового пасажирського транспорту щільно пов'язане з витратами різних ресурсів – економічних (вартість проїзду), часових (час поїздки) та енергетичних (витрати енергії людини протягом переміщення). Дослідження свідчать, що пасажери, орієнтуючись на відомі кількісні показники поїздки (час, комфорт, вартість проїзду, кількість пересадок) [1], також підсвідомо обирають маршрут, пересування яким найменш негативно позначиться на організмі з точки зору психофізіологічного стану, витрат енергії та ін. [2, 3]. Незважаючи на відчутне зростання кількості приватних автомобілів, більшість трудових поїздок все ще відбувається саме з використанням міського транспорту, що обумовлює питання вибору пасажиром шляхів пересування та залежностей для їх опису. Враховуючи комплексність прийняття рішень пасажиром щодо маршруту пересування та