

**ПОБУДОВА ГРАФІКУ РУХУ ПОЇЗДІВ З МІНІМІЗАЦІЄЮ ЗАТРИМОК**  
**CONSTRUCTION THE SCHEDULE TRAFFIC WITH MINIMIZATION TIME**  
**OF THE DELAY**

*Канд. техн. наук О.А. Малахова, канд. техн. наук Г.М. Сіконенко,  
М.Є. Щербина*  
*Український державний університет залізничного транспорту (Харків)*

*O.A. Malakhova, Ph.D. (Tech.), G.M. Sikonenko, Ph.D. (Tech.), M.E. Shcherbyna*  
*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

При побудові нормативного графіка руху поїздів і плануванні часу поїздки по кожній дільниці враховується тип поїзда і характеристика дільниці. Однак в оперативних експлуатаційних умовах поїзди мають затримки з різних причин, і, оскільки вони повинні прямувати по певній дільниці, будь-яка затримка одного поїзда може привести до вторинних затримок наступних поїздів. Це особливо стосується залізничних дільниць з високою щільністю використання пропускної спроможності [1].

Чим менше запланований інтервал між поїздами, тим більше вторинна затримка при пропуску і, отже, більше очікуваний час поїздки наступних поїздів. Для перевірки і визначення затримок поїздів, необхідно провести докладне стохастичне моделювання взаємодії між поїздами при проходженні по дільницях [2]. Значення затримок, які виходять при пропуску поїздів за графіком з урахуванням первинних затримок, можуть використовуватися, наприклад:

- для використання коригувальних елементів для інших стохастичних або детермінованих моделей пропуску або диспетчерського контролю поїздів;
- для коригування розкладу руху поїздів, які в даний час проводяться без урахування первинних і вторинних затримок;
- для можливих ліквідації наслідків затримок поїздів шляхом зменшення інтервалів проходження між поїздами з урахуванням безпеки руху.

Позначимо за  $x_i(k)$   $k$ -тий час відправлення поїзда  $L_i$  зі станції  $S_i$ . Не допускається відправлення поїзда раніше часу відправлення за розкладом, із чого отримуємо обмеження за розкладом

$$x_i(k) \geq d_i(k), \quad (1)$$

де  $d_i(k)$  час  $k$ -того відправлення за розкладом поїзда  $L_i$  зі станції  $S_i$ .

У розкладі з періодом  $T$  час відправлення за розкладом може бути отримано

$$d_i(k) = d_i(0) + k \cdot T, \quad (2)$$

де  $d_i(0)$  – початковий час відправлення події  $i$ .

Перед тим як поїзд буде готовий до відправлення він повинен пройти перевірки за обмеженням пріоритету. При моделюванні враховано, що перед відправлення з даної станції поїзд повинен прибути з попередньої станції, та пасажирів повинні мати час на посадку-висадку пасажирів (чи виконання інших технологічних операцій на станціях). Це породжуватиме наступне обмеження

$$x_i(k) \geq a_{ij} + x_j(k - \mu_{ij}), \quad (3)$$

де  $a_{ij}$  – сума часу ходу від попередньої станції та мінімального часу стоянки (виконання операцій) на станції  $S_i$ ;

$x_j(k - \mu_{ij})$  – час відправлення з попередньої станції, який реалізується у тому ж самому періоді або один чи більше періодів назад;

$\mu_{ij}$  – кількість попередніх періодів.

Якщо попередня подія  $j$  запланована у той же період  $k$ , так само як і подія  $i$ , то  $\mu_{ij} = 0$ , якщо  $j$  запланована у попередньому періоді, то  $\mu_{ij} = 1$ , тощо. Також дане обмеження дозволяє врахувати час на висадку пасажирів, час на зміну локомотивних бригад, зміну локомотивів тощо. Конфлікт маршрутів поїздів також може бути описаний за допомогою даного обмеження [3]. У цьому випадку  $j$  – «номер» відправлення попереднього поїзда при конфліктному маршруті,  $a_{ij}$  – мінімальний резерв після прибуття поїзда  $j$  перед тим як конфліктний маршрут буде звільнено для прибуття поїзда  $i$ . Зазначимо також що «інфраструктурне» обмеження (занятість колій поїздами з конфліктними маршрутами) дозволяє описати порядок заняття поїздами конфліктного перегону.

Такий підхід до складання графіку руху поїздів дозволяє враховувати пріоритети при пропуску поїздів, в тому числі и при роботі у нестандартних умовах.

[1] Caimi G. Models for railway timetable optimization: Applicability and applications in practice [Text] / Gabrio Caimi, Leo Kroon, Christian Liebchen // Journal of Rail Transport Planning & Management. – 2017. - №6 (2017). – P. 285-312.

[2] Hansen, I.A. Railway timetable and traffic (Analysis, Modelling, Simulation) [Text] / I.A.Hansen, J. Pahl // Eurailpress. – 2008. – P.1158 – 1163.

[3] Jain, S. Traffic Congestion Modelling Based on Origin and Destination [Text] / S.Jain, S. Singh Jain, G. Jain // Procedia Engineering. – 2017.- Volume 187. – P. 442-450.