

- [2] Heisler, S. (2020, March 24) Where and When Local Travel Decreased from COVID-19 around the World. MapBox. <https://blog.mapbox.com/movement-changes-around-the-world-from-covid-19-cc79db7e04c7?gi=c2399c995c69>
- [3] Wallace, T. (2022, June 11). Ukraine Conflict Prompting Major Travel Disruptions. Crisis24. <https://crisis24.garda.com/insights-intelligence/insights/articles/ukraine-conflict-prompting-major-travel-disruptions>
- [4] UNHCR. (2022, June 02). Ukraine Refugee Situation. <https://data.unhcr.org/en/situations/ukraine>.
- [5] Tolouei, R., Psarras, S., & Prince R. (2017). Origin-Destination Trip Matrix Development: Conventional Methods versus Mobile Phone Data. Transportation Research Procedia, 26, pp. 39–52. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.07.007>
- [6] Kanhere, S. S. (2011). Participatory sensing: Crowdsourcing data from mobile smartphones in urban spaces. 2011 IEEE 12th International Conference on Mobile Data Management. Lulea, Sweden, pp. 3–6. <https://doi.org/10.1109/MDM.2011.16>

**УДК 656.2**

## **ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОПУСКУ ШВИДКІСНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОЇЗДІВ НА ОСНОВІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ**

### **ORGANIZATION OF HIGH-SPEED PASSENGER TRAINS ON THE BASIS OF RISK MANAGEMENT**

*Док. техн. наук, професор Т.В. Бутько, магістрант Д.А. Гайдук,  
магістрант В.С. Гарвона*

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Dr.Sc.(Tech.), professor T.V. Butko, master's student D.A. Haiduk,  
master's student V.S. Garvona  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Темі швидкісного залізничного сполучення в Україні присвячено багато досліджень, зокрема, з останніх [1, 2], які розглядають питання пошуку оптимальних маршрутів. Проте в них не розглядаються питання організації руху поїздів в умовах невизначеності та постійних ризиків.

За останні роки залізничний транспорт зіштовхнувся з декількома надзвичайними ситуаціями державного рівня, які вимагали оперативного та гнучкого реагування в організації перевізного процесу на події: антитерористична операція на Сході України з 2014 року, що призвела до блокування руху поїздів у Східному напрямку та до АР Крим, а також втрати значної кількості тягового рухомого складу та вагонів; пандемія «COVID-2019», яка спочатку призвела до скасування пасажирського руху, а після відновлення, відбувалася організація маршрутів в обхід «червоних зон»; повномасштабне вторгнення у лютому 2022 року та активні бойові дії на Сході та Півдні країни.

Незважаючи на всі події, залізничний транспорт продовжує функціонування, а пасажирські перевезення продовжують задовольняти потреби населення в перевезеннях із підвищеними вимогами до організації роботи та безпеки руху. Окрему увагу слід приділити швидкісному

пасажирському сполученню, що має значно більші швидкості та вимоги до технології організації руху.

Тож, у зв'язку із діяльністю залізничного транспорту в умовах постійних ризиків, існує необхідність запровадження сучасних автоматизованих технологій оперативного планування та управління рухом поїздів, які здатні враховувати потенційні ризики та враховувати особливості організації такого руху, зокрема, швидкісного. Для формування таких технологій запропоновано використання підходів на основі ризик-менеджменту. В дослідженні сформовано оптимізаційну математичну модель, яка враховує потенційні ризики, що можуть бути пов'язані з руйнуванням залізничної колії, контактної мережі, тягових підстанцій та інших об'єктів залізничної інфраструктури, за критерієм вибору альтернативного маршруту, протяжність якого буде мінімальним.

Цільову функцію можна представити у такому вигляді:

$$E(S_{\text{альт}}) = S_{\text{гр}} \cdot C_{\text{пкм}} + H[(S_{\text{альт}} - S_{\text{гр}}) \cdot C_{\text{пкм}} + C_{\text{відн.інфр.}}] \Rightarrow \min, \quad (1)$$

де  $S_{\text{гр}}$  – протяжність графікового маршруту, км;

$C_{\text{пкм}}$  – вартість поїздо-кілометру, грн;

$H$  – ймовірність руйнування маршруту по графіку;

$S_{\text{альт}}$  – протяжність альтернативного маршруту, км;

$C_{\text{відн.інфр.}}$  – витрати на відновлення інфраструктури.

У свою чергу, витрати на відновлення інфраструктури за допомогою однорідної логічної функції враховуватимуть витрати на відновлення колії та (або) контактної мережі:

$$C_{\text{відн.інфр.}} = \Gamma_1 \cdot C_{\text{відн.кол.}} + \Gamma_2 \cdot C_{\text{відн.к.м.}} \quad (2)$$

де  $C_{\text{відн.кол.}}$  – вартість відновлення колії, грн;

$C_{\text{відн.к.м.}}$  – вартість відновлення контактної мережі або тяговою трансформаторної підстанції, грн;

$\Gamma_1, \Gamma_2$  – булеві змінні.

Булева змінна повертає одне із двох значень, що відповідають стану події:

$$\Gamma = \begin{cases} 0, & \text{подія (руйнування) не відбулася;} \\ 1, & \text{подія (руйнування) відбулася.} \end{cases} \quad (3)$$

Для досягнення мінімізації сформованої цільової функції  $E(S_{\text{альт}})$  необхідно виконання умов системи обмежень:

$$\begin{cases} R \geq 0,8 \\ K \leq 9 \\ N \leq N_{\text{наявна}} \\ V_{\text{ход}} \leq 160 \text{ км/год,} \end{cases}$$

де  $R$  – населеність поїзда;

$K$  – кількість вагонів у поїзді;

$N$  – пропускна спроможність лінії;

$V_{\text{ход}}$  – ходова швидкість, км/год.

Альтернативний маршрут буде обиратися за допомогою теорії графів, а у якості ваги ребра буде виступати протяжність дільниці. Модель може бути інтегрована в структуру інформаційно-керуючої системи АСК ПП УЗ і стати додатковою задачею для автоматизованого робочого місця поїзного диспетчера (АРМ ДНЦ) у вигляді системи підтримки прийняття рішень.

[1] Бутко Т.В. Організація інтермодальних швидкісних пасажирських перевезень на основі цифрових технологій / Т. В. Бутко, Т. Ю. Стомін, Ю. М. Белоусов // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. - 2020. - № 3 (додаток). - С. 39-40.

[2] Пархоменко Л. О. Розробка процедури формування схеми маршрутів поїздів для автоматизованої системи управління швидкісними пасажирськими перевезеннями / Л. О. Пархоменко, В. М. Прохоров, Т. Ю. Калашнікова, А. О. Галуцька, І. І. Шешеня // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. - 2021. - Т. 26. № 3. - С. 18-26.

**УДК 624.012.4:699.812**

## **ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ НА ОСНОВІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ**

### **ORGANIZATION OF WORK OF THE SORTING STATION BASED ON RISK MANAGEMENT**

*Д-р. техн. наук., професор, Т. В. Бутко, магістрант, А. В. Топчій  
магістрант, К. А. Ступницька*

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Dr.Sc.(Tech), professor, T. V. Butko, master's student, A. V. Topchii  
master's student, K. A. Stupnytska*

*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkov)*

Сортувальні станції (СС) є одними з найважливіших елементів системи залізничних вантажних перевезень, тому актуальним є питання розробки сучасної технології управління оперативною роботою СС. Розроблення сучасної технології управління СС є можливим лише за умови здійснення якісного переходу від інформаційних до автоматизованих керуючих систем, які здатні розв'язувати складні математичні задачі у реальному часі для своєчасного формування рішень [1].

Сучасні автоматизовані технології оперативного планування та управління СС повинні адекватно відтворювати особливості та умови їх функціонування, зокрема - наявність в структурі вагонопотоків небезпечних та спеціальних вантажів, а також потенційні ризики, обумовлені воєнним станом в країні. Для формування таких технологій запропоновано використання підходів на основі ризик-менеджменту. З урахуванням цього аспекту в дослідженні сформовано оптимізаційну математичну модель за критерієм мінімізації загальних витрат з урахуванням можливих ризиків, пов'язаних з руйнуванням інфраструктури СС