

середня, можна резервувати більше вагонів. Якщо прогноз менш точний або попит виявляється середнім, резервування здійснюється більш обережно. Цей механізм дає змогу приймати рішення, що враховують розмитість як самих даних, так і оцінок прогнозів.

Ключова перевага нечіткої логіки другого типу полягає в тому, що вона дозволяє враховувати невизначеність двох рівнів: як у змінних, так і у функціях належності. Це робить її надзвичайно корисною для задач з високою мінливістю даних, таких як прогнозування попиту на залізничні ресурси чи управління запасами вагонів. У порівнянні з класичними методами, які прагнуть до отримання точних значень, нечітка логіка другого типу надає широкий діапазон можливих рішень, що зменшує ризик неправильних дій у непередбачуваних ситуаціях.

Математично нечітку логіку другого типу можна описати через функції приналежності другого типу, які задаються діапазоном можливих значень для кожної змінної. Кожна функція приналежності нечіткого множини другого типу має верхню і нижню границі, що дозволяє моделювати невизначеність у самих границях функцій. Це розширює можливості прийняття рішень у задачах управління експлуатаційною роботою, де зміни можуть відбуватись швидко та непередбачувано.

Застосування нечіткої логіки другого типу в управлінні залізничними ресурсами дозволяє створювати більш гнучкі та надійні стратегії планування, які враховують всі можливі варіації даних та зменшують ризики у випадку їх неточності. Такий підхід особливо корисний у ситуаціях, коли дані можуть змінюватись або прогнозовані значення важко точно визначити, що дозволяє забезпечити надійніше та ефективніше управління експлуатаційною роботою в умовах невизначеностей і ризиків.

[1] Mittal K., Jain A., Vaisla K. S., Castillo O., Kacprzyk J. A comprehensive review on type 2 fuzzy logic applications: Past, present and future. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. 2020. 95(1). 103916. DOI: 10.1016/j.engappai.2020.103916.

## УДК 656.2; 62-5

*Кандидати техн. наук С.М. Продацюк, Г.С. Бауліна, Г.Є. Богомазова, аспірант М.В. Продацюк  
Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків*

## УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ФУНКЦІОНУВАННЯ КОНТЕЙНЕРНОГО ТЕРМІНАЛУ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Контейнерні термінали є невід'ємною частиною транспортної інфраструктури залізниць та відіграють важливу роль у забезпеченні успішного транспортного процесу. Сьогоднішній рівень переробки контейнерів на терміналах не задовольняє у повній мірі зростання попиту на якісні транспортні послуги та вимоги всіх учасників транспортно-виробничого ланцюга транспортування вантажу. Залізниці та інші суб'єкти транспортного процесу мають збитки через непродуктивні простой контейнерів і навантажувально-розвантажувальних машин (НРМ) на контейнерних терміналах та збільшення експлуатаційних витрат через військові події (блекаут, повітряна тривога, руйнування та ін.).

Для ліквідації незбалансованості операційної завантаженості ресурсів контейнерного терміналу в [1] розглянуто рішення щодо інноваційного режиму планування та оптимізації операції розвантаження. У роботі [2] запропоновано двоетапну модель розподілу площ для зберігання з метою мінімізації її обсягів, яка враховує технологію штабелювання й обсяги надходження та відправлення контейнерів. Наведено алгоритм моделювання відпалу на основі евристики (SAAH) і вдосконалений евристичний алгоритм на основі рухомого горизонту (HARH). Але в моделі враховані обмеження тільки за часом та вагою і не взято до уваги технічне оснащення контейнерного терміналу. Для оптимальної організації контейнерних перевезень у дослідженні [3] сформовано ризик-орієнтовану технологію управління роботою припортової станції та порту. При цьому було враховано ризики виникнення втрат станції та порту через настання ризикових подій, не враховуючи оптимального технічного оснащення контейнерного терміналу.

За таких умов було розроблено стохастичну модель визначення оптимальної технології функціонування контейнерного терміналу з метою мінімізації як експлуатаційних витрат так і фінансових втрат, що безпосередньо пов'язані з переробкою контейнерів. Для формалізації технології роботи терміналу застосовано теорію управління запасами. Цільова функція моделі визначення оптимальної технології функціонування контейнерного терміналу враховує витрати на зберігання контейнерів, ризик фінансових втрат від простою НРМ (річстакерів) та витрати на переробку контейнерів. При формуванні моделі враховано оптимальну переробну спроможність контейнерного терміналу з оптимальним технічним оснащенням і певними параметрами роботи. Визначено час на виконання вантажних операцій з контейнерами  $i$ -го

типу на контейнерному терміналі, час на виконання маневрових операцій та час роботи НРМ при обробці контейнерів  $i$ -го типу.

Для моделювання фінансових втрат, пов'язаних з можливістю настання небажаних подій було використано поняття ризику. При цьому було враховано ризик виникнення втрат при простоях НРМ через настання ризикових подій, що загрожують стабільній та безпечній роботі контейнерного терміналу. До ризикових подій запропоновано віднести пошкодження і технічні несправності НРМ та їх неробочий стан у зв'язку з блекаутом, повітряною тривоною.

При визначенні величини ризику фінансових втрат враховано випадковий характер досліджуваних складових. Використано поліноміальний закон розподілу та функцію щільності розподілу Ерланга 2-го порядку. Врахування таких параметрів в математичній моделі дає можливість оцінити втрати та збитки, що можуть виникнути при виконанні технологічних операцій з контейнерами, а також в процесі їх зберігання. Запропонована технологія може бути використана у подальшому при проектуванні нових контейнерних терміналів та при модернізації існуючих.

1. Zhang P. Innovative Application of Container Terminal Operation Improvement. Proceedings of the 2nd International Symposium on Social Science and Management Innovation (SSMI 2019). *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*. 375, 2019. P. 340-345. DOI: [10.2991/ssmi-19.2019.57](https://doi.org/10.2991/ssmi-19.2019.57)
2. Chang Y., Zhu X. A Novel Two-Stage Heuristic for Solving Storage Space Allocation Problems in Rail-Water Intermodal Container Terminals. *Symmetry*. 11 (10), 2019. P. 1229. DOI: <https://doi.org/10.3390/sym11101229>
3. Baulina N., Bohomazova N., Prodashchuk S. Technological proposal for the attention of the risk in the management of the work of a railway station with a port. *Revista de la Universidad del Zulia*. 14 (39), 2023. P. 400-414. DOI: <http://dx.doi.org/10.46925/rdluz.39.22>

УДК 629.463.027.27-048.35

*К.т.н., В. Г. Равлюк<sup>1</sup>, к.т.н., В. В. Бондаренко<sup>1</sup>, Я. В. Дерев'янчук<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

## УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДІАГНОСТУВАННЯ ГАЛЬМОВОЇ СИСТЕМИ ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНА НА ШЛЯХУ ПРЯМУВАННЯ ПОЇЗДА

В умовах експлуатації механічну частину

гальма перевіряють в основному візуально під час технічного обслуговування на дільничних станціях, а також в пунктах формування і обороту.

Перевірка пневматичних гальм (ПГ) вимагає джерела якісного стисненого повітря, яке подається від локомотива до пасажирських вагонів. Для перевірки електропневматичних гальм (ЕПГ) необхідно крім стисненого повітря подати електричну напругу з заданими параметрами (поляриність, рід струму тощо). Перевірку ПГ і ЕПГ здійснюють після формування поїзда в експлуатаційному підрозділі приписки пасажирських вагонів перед його відправленням в рейс. Також передбачена перевірка оглядачами-ремонтниками вагонів (ОВР) на дільничних станціях, де є пункти технічного обслуговування пасажирських вагонів (ЛПТО). У пунктах формування й обороту пасажирського состава виконується повне випробування гальм, а на шляху прямування скорочене, що забезпечує безпеку руху [1-3].

На шляху прямування поїзда для зменшення часу його простою, виконують скорочене випробування гальм з метою перевірки дії гальм за двома останніми вагонами. Недоліком повного та скороченого випробувань є дискретність отриманих значень під час роботи гальма (загальмований або попущений стан). Ці випробування не дають можливості визначити тиск у гальмовому циліндрі (ГЦ), час його наповнення стисненим повітрям і випуску його в атмосферу відповідно за умови гальмування та попуску гальм. Також здійснити контроль за параметрами тиску в гальмовій магістралі та ГЦ, роботою ПГ і ЕПГ під час руху поїзда.

На шляху прямування пасажирського поїзда роботу гальм контролює: локомотивна бригада, начальник поїзда (ЛНП), поїзний електромеханік (ПЕМ) і провідники вагонів у межах своїх обов'язків.

Запропоновано застосовувати діагностичну систему гальм вагонів, яка дасть можливість виявляти несправності й забезпечити рух поїздів. Накопичена інформація про технічний стан вузлів гальмового обладнання передається в електронну базу даних (рис. 1). Діагностична система за допомогою звукового і світлового сигналу повідомляє про технічні несправності вузлів гальмового обладнання. Інформація стосовно несправностей вузлів передається за провідними (LAN) і безпроводними (WLAN) мережами зв'язку до штабного вагона, локомотивної бригади і оператора автоматизованого робочого місця (АРМ) ЛПТО. Який повідомляє оглядачів-ремонтників вагонів про несправність гальм вагона. А вони в свою чергу приймають технічні рішення щодо ліквідації несправностей для зменшення часу простою