

**ТЕЗИ СТЕНДОВИХ ДОПОВІДЕЙ ТА ВИСТУПІВ
УЧАСНИКІВ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**HIGHLIGHTS OF REPORTS AND PRESENTATIONS OF
PARTICIPANTS TO THE CONFERENCE**

екології. Комплексна реалізація цих напрямків забезпечує сталий розвиток транспортної системи, покращує її надійність та адаптивність до сучасних вимог енергетики та екології, формуючи основу для транспорту майбутнього.

1. Squalli J. Greening the roads: Assessing the role of electric and hybrid vehicles in curbing CO₂ emissions. *Journal of Cleaner Production*. 2024. Vol. 434. 139908. DOI: 10.1016/j.jclepro.2023.139908.
2. Armenta-Déu C., Cortés H. (2023). Analysis of kinetic energy recovery systems in electric vehicles. *Vehicles*. 2023. Vol. 5, Iss. 2. P. 387–403. DOI: 10.3390/vehicles5020022.
3. Farzaneh F., Jung S. Lifecycle carbon footprint comparison between internal combustion engine versus electric transit vehicle: A case study in the U.S. *Journal of Cleaner Production*. 2023. Vol. 390. 136111. DOI: 10.1016/j.jclepro.2023.136111.
4. Marmiroli B., Venditti M., Dotelli G., Spessa E. The transport of goods in the urban environment: A comparative life cycle assessment of electric, compressed natural gas and diesel light-duty vehicles. *Applied Energy*. 2020. Vol. 260. 114236. DOI: 10.1016/j.apenergy.2019.114236.
5. Gonçalves M., Monteiro H., Iten M. Life cycle assessment studies on lightweight materials for automotive applications – An overview. *Energy Reports*. 2022. Vol. 8. P. 338–345. DOI: 10.1016/j.egyr.2022.01.067.
6. Morimoto S., Cheng Y., Mizukoshi N., Tahara K. Methodological study of evaluating future lightweight vehicle scenarios and CO₂ reduction based on life cycle assessment. *Sustainability*. 2020. Vol. 12, Iss. 14. 5713. DOI: 10.3390/su12145713.
7. Attaran S., Attaran M., Celik B. G. Digital twins and industrial internet of things: Uncovering operational intelligence in industry 4.0. *Decision Analytics Journal*. 2024. Vol. 10. 100398. DOI: 10.1016/j.dajour.2024.100398.

Обозний О.М., Кондратюк М.В.

АДАПТИВНІ МОДЕЛІ СЦЕНАРНОГО АНАЛІЗУ ВІДМОВ ВУЗЛІВ ЛОКОМОТИВІВ ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЇХ ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ

Ефективність залізничного транспорту значною мірою визначається технічним станом локомотивів. Планово-попереджувальні методи ремонту ґрунтуються на фіксованих інтервалах і не враховують фактичні умови експлуатації, що

призводить до економічних втрат і зростання ризиків відмов.

Сучасні концепції прогнозного обслуговування та обслуговування за станом більш гнучкі, але здебільшого реалізуються через статичні моделі, які не здатні адаптуватися до змін середовища [1, 2]. Для усунення цього недоліку пропонується сценарний підхід із механізмом адаптації параметрів. Він дозволяє враховувати кілька можливих траєкторій деградації вузлів і оновлювати оцінки на основі діагностичних сигналів у реальному часі.

Формалізація процесу здійснюється через введення показника технічного стану s_t , який еволюціонує за рівнянням

$$s_{t+1} = s_t + \alpha_{r,t} + \beta u_t + k \Delta T_t \quad (1)$$

де u_t характеризує навантаження, ΔT_t – перевищення температури, $\alpha_{r,t}$ – параметр дрейфу, що залежить від сценарію r .

Спостереження пов'язуються зі станом рівнянням

$$z_t = \gamma s_t + \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2). \quad (2)$$

На прикладі тягового електроприводу виділено два сценарії деградації. У першому має місце поступове старіння ізоляції з повільним зростанням температури та зниженням опору. Цей процес відповідає малому дрейфу $\alpha_{1,t}$, що забезпечує прогнозований розвиток і дає змогу планувати ремонт без виведення локомотива з експлуатації. Другий сценарій описує швидку відмову через пробій ізоляції під дією пікових струмів, що відображається різким зростанням $\alpha_{2,t}$. У цьому випадку модель фіксує швидке зростання деградації і різке скорочення залишкового ресурсу.

Ідентифікація сценарію базується на порівнянні фактичного сигналу z_t з прогнозними значеннями $\tilde{z}_{t|t-1}^{(r)}$. Ймовірність належності до сценарію оновлюється за формулою

$$\omega_{r,t} = \frac{\omega_{r,t-1} \exp \left(-\frac{(z_t - \tilde{z}_{t|t-1}^{(r)})^2}{2\sigma^2} \right)}{\sum_q \omega_{q,t-1} \exp \left(-\frac{(z_t - \tilde{z}_{t|t-1}^{(q)})^2}{2\sigma^2} \right)}, \quad (3)$$

що забезпечує адаптивний перерозподіл ваг на користь сценарію, який краще пояснює поточні дані. Залишковий ресурс оцінюється як

$$RUL = \frac{s^{crit} - \hat{s}_t}{\bar{\alpha}_t + \beta \bar{u} + k \Delta \bar{T}}, \quad (4)$$

де $\bar{\alpha}_t = \sum_r \omega_{r,t} \alpha_{r,t}$.

У випадку реалізації сценарію швидкої деградації прогнозований ресурс різко зменшується, що сигналізує про необхідність негайного втручання. При повільному сценарії підтримується плановий режим обслуговування.

Запропонований підхід забезпечує зниження кількості раптових відмов, оптимізацію витрат на ремонт і підвищення коефіцієнта готовності локомотивів. Обмеження пов'язані з якістю вхідних даних і необхідністю калібрування під конкретні умови експлуатації. Перспективним є розширення множини сценаріїв, інтеграція методів машинного навчання та створення цифрових двійників для підвищення точності прогнозів.

3. Brown, G. Robert, *Smoothing, Forecasting and Prediction of Discrete Time Series* / G. Robert Brown. – N.Y.: Dover Phoenix Editions, 2004. – 468 p

4. Sachi Mohanty, Preethi Nanjundan, Tejaswini Kar. *Artificial Intelligence in Forecasting. Tools and Techniques*/ Boca Raton: CRC Press, 2024. - 355 p.

УДК 625.4/.5:621.316.925:621.396.931.1:624.131.23

Канд. техн. наук О. О. Овчинніков, доктор техн. наук А. А. Плугін
Український державний університет залізничного транспорту

ЩОДО ВПЛИВУ ОБВОДНЕНOSTІ ТУНЕЛІВ МЕТРОПОЛІТЕНУ НА РОБОТУ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМ СЦБ

ON THE IMPACT OF WATERING OF METRO TUNNELS ON THE OPERATION OF THE CONTACT NETWORK AND SCB SYSTEMS

Тунелі метрополітену, колія та контактна мережа в них мають свої особливості. Передбачений чинними на час початку будівництва Харківського метрополітену строк експлуатації (ресурс) тунелів складав близько 400 років. Оправа перегінних тунелів, збудованих щитовим проходженням, виконана із бетонних блоків – сегментів, рідше, у складних інженерно-геологічних умовах, із чавунних тюбінгів. За оправу звичайно нагнітали цементно-піщаний та цементний розчини, які з різним ступенем однорідності заповнили зазор між оправою та ґрунтовим масивом, що вміщує тунель. Колія розрахована на осьове навантаження 12 т на вісь, переважно ланкова з рейками типу Р50, укладена переважно на дерев'яних шпалах. Замість традиційного щебеневого баласту укладено колійний бетон міцністю 7–10 МПа. Електрифікація здійснена постійним струмом напругою 825 В. Позитивний полюс подається на контактну рейку, розташовану ліворуч по ходу поїздів на 90–120 мм вище ходових рейок, негативний – на ходові рейки. Системи СЦБ принципово від традиційних не відрізняються, частоти сигнальних струмів напругою в декілька вольт або декілька десятків вольт – 25, 50, 75, 125 Гц.

Ходові рейки мають три функції: 1) опори та направляючі для колісних пар рухомого складу; 2) зворотній провідник тягового струму; 3) провідники сигнальних струмів.

Конструкції тунелів метрополітену та колії в них експлуатуються у складних умовах спільного впливу динамічних навантажень, зміни властивостей і деформацій ґрунтових масивів, що вміщують тунель, фільтрації підземних та ґрунтових вод, у т.ч. агресивних, постійних струмів витоку з ходових рейок. Ці впливи призводять до виникнення і розвитку пошкоджень, серед яких втрата оправою тунелю герметичності через розкриття швів між чавунним тюбінгами, залізобетонними блоками, корозійні та електрокорозійні ураження тюбінгів та арматури блоків, вилугування та інші види корозії розчину за оправою, бетону блоків, розчину швів. Надходження води в тунель збільшується і, не зважаючи на організований водовідвід, вона насичує колійний бетон, бетон блоків, особливо лоткових. Майже завжди підземні та ґрунтові води містять солі