

УДК 656.2.02:004.94

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ЦИФРОВОГО ДВІЙНИКА ЗАЛІЗНИЧНОЇ МЕРЕЖІ УКРАЇНИ

FEASIBILITY STUDY FOR THE INTRODUCTION OF A DIGITAL TWIN OF THE UKRAINIAN RAILWAY NETWORK

С. Рева, Р. Кабин

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

Reva Serhiy, Kabyn Ruslan

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Залізнична мережа України відіграє ключову роль у забезпеченні економічної стабільності України, здійснюючи значну частину вантажних та пасажирських перевезень. Однак, в умовах триваючого конфлікту, інфраструктура зазнала значних пошкоджень, включаючи руйнування станцій, колій та іншого обладнання. [1] Ці обставини зумовлюють необхідність пошуку інноваційних підходів до управління та відновлення залізничної мережі, що виходять за межі традиційних методів ремонту. Цифровий двійник, як віртуальна репрезентація фізичної інфраструктури та її поведінки на основі даних, є перспективним інструментом для вирішення цих завдань. [2] Значні руйнування мережі вимагають не тільки відновлення, але й модернізації для забезпечення її ефективності та інтеграції з європейською транспортною системою.

Впровадження цифрового двійника залізничної мережі України надає низку значних переваг для її управління та відновлення. По-перше, це забезпечує можливість моніторингу стану інфраструктури та рухомого складу в режимі реального часу за допомогою даних, отриманих від датчиків та IoT-пристроїв. [3] Такий підхід дозволяє виявляти аномалії та ознаки зносу на ранніх стадіях, що є основою для впровадження предиктивного обслуговування. Прогнозування потенційних відмов обладнання та інфраструктури сприяє зменшенню часу простою, зниженню витрат на ремонт та подовженню терміну служби активів. Наприклад, моніторинг стану колій та рухомого складу може допомогти запобігти аваріям та забезпечити безпеку пасажирів і вантажів. Крім того, цифровий двійник може бути використаний для оптимізації графіків руху поїздів, управління енергоспоживанням та розподілу ресурсів, що підвищує загальну ефективність експлуатації мережі. [4]

Пріоритезація ключових активів є важливим етапом впровадження цифрового двійника, особливо враховуючи обмежені ресурси та необхідність швидкого відновлення найбільш критичної інфраструктури. Ключові активи

можуть включати ділянки колій з високою інтенсивністю руху, важливі мости та тунелі, станції, що забезпечують значний обсяг перевезень, а також критично важливе обладнання, таке як тяговий рухомий склад та системи сигналізації. [1]

У доповіді показано, що техніко-економічне обґрунтування впровадження цифрового двійника має враховувати витрати на його розробку та впровадження, а також очікувані економічні вигоди. Економічні вигоди можуть бути отримані за рахунок зменшення витрат на технічне обслуговування та ремонт, запобігання аваріям та збоям у русі, оптимізації використання ресурсів та підвищення ефективності управління. Аналіз світового досвіду впровадження цифрових двійників у залізничній галузі свідчить про їхню високу економічну ефективність та значний потенціал для покращення експлуатаційних показників. [4]

Також зазначено, що для успішного впровадження цифрового двійника необхідна поетапна стратегія. На першому етапі слід провести детальне обстеження залізничної мережі та визначити ключові елементи, які будуть включені до віртуальної моделі. На другому етапі необхідно розробити та впровадити платформу для інтеграції даних з різних джерел. Третій етап передбачає створення віртуальних моделей та розробку інструментів для їхнього моніторингу й аналізу. На четвертому етапі слід провести навчання персоналу роботі з цифровим двійником та розпочати його використання для управління та відновлення залізничної мережі.

[1] Відновлення та трансформація українських залізниць для кращого майбутнього, доступ отримано травня 12, 2025, <https://www.worldbank.org/uk/news/feature/2025/01/16/restoring-and-transforming-ukrainian-railways-for-a-better-future>

[2] Digital Twins - Global Railway Review, доступ отримано травня 12, 2025, <https://www.globalrailwayreview.com/topic/digital-twins/>

[3] Digital Twin Technology & GIS | What is a Digital Twin? - Esri, доступ отримано травня 12, 2025, <https://www.esri.com/en-us/digital-twin/overview>

[4] How Digital Twins Are Shaping Rail Infrastructure - Deploy Recruitment, доступ отримано травня 12, 2025, <https://www.deployrecruit.com/digital-twins-in-rail-infrastructure>

[5] Ukrainian Railways - Wikipedia, доступ отримано травня 12, 2025, https://en.wikipedia.org/wiki/Ukrainian_Railways