

Avoidance Decision-making Strategy." *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 156, (2025): 111242. Accessed August 12, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2025.111242>.

3. Fernando, Erange, Farhana Akter, Tanjil Islam, Syed Imtiaz, Salim Ahmed, Mohammad Islam, and Hasanat Zaman. "Control Systems for Autonomous Marine Surface Ships." *Reference Module in Materials Science and Materials Engineering*, (2024). Accessed August 12, 2025. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-14081-5.00158-6>.

4. Morales-Aragón, Isabel P., Jaime Giménez-Gallego, Javier Gilabert, Roque Torres-Sánchez, and Fulgencio Soto-Valles. "Design and Application of Depth Control Methods for Autonomous Underwater Profilers in Challenging Marine Environments." *Results in Engineering* 25, (2025): 104031. Accessed August 12, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.104031>.

5. Yang, Ruochen, Jens E. Bremnes, and Ingrid B. Utne. "Online Risk Modeling of Autonomous Marine Systems: Case Study of Autonomous Operations under Sea Ice." *Ocean Engineering* 281, (2023): 114765. Accessed August 12, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.114765>.

DOI 10.70286/ISU-12.11.2025.021

ЦИФРОВІЗАЦІЯ ВЗАЄМОДІЇ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ І ВАНТАЖНИХ ТЕРМІНАЛІВ В УМОВАХ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ

Д.Ю. Ляпін

Т.В. Головко

канд. техн. наук

Український державний університет залізничного транспорту

м. Харків, Україна

DIGITALIZATION OF INTERACTION BETWEEN RAILWAY STATIONS AND FREIGHT TERMINALS UNDER INTEROPERABILITY CONDITIONS

D.Yu. Lyapin

T.V. Golovko

PhD (Tech.)

Ukrainian State Univesity of Railway Transport, Kharkiv

У сучасних умовах глобалізації та цифрової трансформації транспортного сектору ефективність залізничних перевезень дедалі більше залежить від рівня взаємодії між станціями та вантажними терміналами. Актуальність цієї проблематики зумовлена необхідністю забезпечення безперервності логістичних

процесів у межах інтермодальних транспортних систем, що функціонують за принципами інтероперабельності. Варто зазначити, що інтеграція залізничного транспорту з іншими видами транспорту потребує узгоджених інформаційних, технологічних і управлінських процесів [1].

Сьогодні ключовим викликом для транспортної галузі є перехід від фрагментованих моделей взаємодії до єдиних цифрових екосистем, де обмін даними здійснюється в реальному часі. Дослідження, проведені у європейському транспортному просторі, доводять, що впровадження принципів інтероперабельності сприяє зниженню операційних витрат і скороченню простоїв рухомого складу [2]. Відтак питання цифровізації комунікацій між станціями та терміналами набуває особливої практичної значущості.

Основною задачею у теперішній час є обґрунтування напрямів цифрового вдосконалення взаємодії залізничних станцій і вантажних терміналів з урахуванням вимог інтероперабельності транспортних систем. Для досягнення цієї мети передбачено вирішення таких завдань:

- проаналізувати сучасні тенденції цифровізації в логістиці;
- ідентифікувати проблеми інформаційної взаємодії між об'єктами залізничної інфраструктури;
- визначити перспективні технології для інтеграції даних у реальному часі;
- сформулювати рекомендації щодо підвищення ефективності координації між учасниками перевізного процесу.

Аналіз наукових джерел і галузевих практик показує, що основним бар'єром у забезпеченні ефективної взаємодії між станціями та терміналами залишається відсутність єдиних протоколів обміну даними. Більшість інформаційних систем працює автономно, що призводить до затримок у плануванні вантажних операцій і неузгодженості графіків прибуття/відправлення поїздів [3].

Важливим напрямом вирішення цих проблем є створення інтегрованих цифрових платформ, які забезпечують автоматизований обмін даними між учасниками логістичного ланцюга. Досвід ЄС свідчить, що ефективність управління вантажопотоками значно зростає за умови впровадження транспортних операційних систем (TOS), портових спільних систем (PCS) та стандартів електронного документообігу (EDI, eFTI) [4;5]. Ці рішення уможливають прозорість логістичних процесів і зменшують вплив людського чинника на координацію руху вантажів.

У контексті розвитку цифрової інфраструктури перспективним є застосування технологій Інтернету речей (IoT) для моніторингу переміщення рухомого складу, цифрових двійників для моделювання сценаріїв навантаження та штучного інтелекту (AI) для прогнозування логістичних затримок. Такі інноваційні рішення вже продемонстрували позитивний ефект у суміжних галузях та стають предметом активних досліджень [6;7].

Крім технологічних аспектів, важливим залишається питання організаційної інтероперабельності. Для підвищення ефективності взаємодії між залізничними станціями і терміналами необхідно гармонізувати управлінські процедури, стандартизувати інформаційні формати та забезпечити уніфіковану

політику безпеки даних. Впровадження таких підходів дозволить створити умови для формування «розумних» логістичних вузлів, які інтегруються у спільну цифрову транспортну мережу [2;3].

У процесі дослідження також виявлено, що одним із ключових чинників підвищення ефективності є синхронізація планувальних рішень станцій і терміналів. Застосування спільних інформаційних панелей (dashboard-рішень) забезпечує прозорість графіків, що, у свою чергу, мінімізує простой вагонів і покращує використання технічних потужностей.

Отримані результати дозволяють стверджувати, що цифровізація взаємодії залізничних станцій і вантажних терміналів є ключовим чинником забезпечення інтероперабельності транспортної системи. Використання інтелектуальних цифрових платформ, автоматизованого документообігу та IoT-моніторингу сприяє підвищенню ефективності логістичних процесів і скороченню витрат. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розроблення єдиної архітектури інформаційної взаємодії з урахуванням вимог європейських стандартів та практик.

Список використаних джерел

1. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). Handbook on Digitalization and Automation in Intermodal Freight Transport / UNECE. – Geneva : UNECE, 2025. – Режим доступу: <https://unece.org/sites/default/files/2025-01/Handbook%20on%20Digitalization%20and%20Automation%20in%20Intermodal%20Freight%20Transport%20EN.pdf> (дата звернення: 30.10.2025).
2. European Union Agency for Railways (ERA). Report on Railway Safety and Interoperability in the EU 2024 / ERA. – Strasbourg : ERA, 2024. – Режим доступу: <https://www.era.europa.eu/system/files/2024-06/Report%20on%20Railway%20Safety%20and%20Interoperability%20in%20the%20EU%202024.pdf> (дата звернення: 01.11.2025).
3. International Union of Railways (UIC). UIC Activity Report 2024 / UIC. – Paris : UIC, 2024. – Режим доступу: https://uic.org/IMG/pdf/uic_activity_report_2024.pdf (дата звернення: 04.11.2025).
4. Kine, H. Z. Digitalization and Automation in Intermodal Freight: Assessment of Enabling Technologies / H. Z. Kine. – MDPI, 2022. – Режим доступу: <https://www.mdpi.com/2673-7590/2/1/3> (дата звернення: 04.11.2025).
5. eFTI White Paper. Electronic Freight Transport Information – background and overview / eFTI. – 2023. – Режим доступу: https://efti.gr/wp-content/uploads/2023/03/eFTI-White-Paper_en.pdf (дата звернення: 07.11.2025).
6. Werbińska-Wojciechowska S., et al. Digital Twin Approach for Operation and Maintenance of Transportation Infrastructure / S. Werbińska-Wojciechowska, et al. – Sensors, 2024;24(18):6069. – Режим доступу: <https://www.mdpi.com/1424-8220/24/18/6069> (дата звернення: 08.11.2025).
7. ESEP4Freight Consortium. Deliverable D2.1: Specifications for the implementation of blockchain technologies and smart contracts in intermodal transport / ESEP4Freight. – 2025. – Режим доступу: https://www.esep4freight.eu/wp-content/uploads/2025/03/ESEP4Freight-D2.1_V2.pdf (дата звернення: 08.11.2025).