

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра управління експлуатаційною роботою

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ
ШВИДКІСНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ В УМОВАХ
РОЗВИТКУ ПРОЦЕСІВ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ

Пояснювальна записка та розрахунки
до кваліфікаційної роботи

УСШПН.300.00.00.000 ПЗ

Розробив здобувач групи 215-МКТ-Д23
спеціальності 275/275.02 – Транспортні
технології (на залізничному транспорті)
(роботу виконано самостійно, відповідно до
принципів академічної доброчесності)



(підпис)

Ігор Вжос

Керівник: доцент, канд. техн. наук

Денис КОНСТАНТИНОВ

Рецензент: доцент, канд. техн. наук

Ганна ПРИМАЧЕНКО

2024

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 12 слайдів презентації, 67 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 9 рисунків, 5 таблиць, 34 літературних джерела.

Ключові слова: ШВИДКІСНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ, ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ, BIG DATA, ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.

Об'єктом дослідження є система швидкісних пасажирських перевезень на залізничному транспорті України.

Метою дослідження є вдосконалення системи швидкісних перевезень через впровадження інноваційних технологій, таких як штучний інтелект, аналіз великих даних та Інтернет речей, а також аналіз їх економічної ефективності.

У рамках роботи було проведено аналіз сучасного стану швидкісних перевезень в Україні, вивчено досвід провідних країн світу, розглянуто техніко-експлуатаційні показники, а також запропоновано моделі впровадження інноваційних технологій. Виокремлено ключові проблеми, зокрема обмеженість маршрутів, недостатня швидкість потягів та недостатнє використання сучасних інформаційних систем управління.

На основі проведеного аналізу розроблено рекомендації щодо інтеграції сучасних технологій у систему швидкісних перевезень. Запропоновані заходи спрямовані на оптимізацію графіків руху, підвищення безпеки перевезень, економію ресурсів та збільшення доходів. Розраховано економічний ефект впровадження запропонованих інновацій, а також їх довгостроковий вплив на ефективність роботи залізничного транспорту.

ANNOTATION

This qualification work includes 12 presentation slides, 67 pages of explanatory note in A4 format, containing 9 figures, 5 tables, and 34 literary sources.

Keywords: HIGH-SPEED TRANSPORTATION, ARTIFICIAL INTELLIGENCE, BIG DATA, INTERNET OF THINGS, ECONOMIC EFFICIENCY.

The object of the research is the system of high-speed passenger transportation on the railway network of Ukraine.

The purpose of the research is to improve the high-speed transportation system through the implementation of innovative technologies, such as artificial intelligence, big data analysis, and the Internet of Things, as well as to analyze their economic efficiency.

Within the framework of the study, the current state of high-speed transportation in Ukraine was analyzed, the experience of leading countries was reviewed, technical and operational indicators were studied, and models for implementing innovative technologies were proposed. Key issues were identified, including limited routes, insufficient train speeds, and the lack of modern information management systems.

Based on the analysis conducted, recommendations were developed for the integration of modern technologies into the high-speed transportation system. The proposed measures aim to optimize train schedules, improve transportation safety, save resources, and increase revenue. The economic impact of the proposed innovations, as well as their long-term influence on the efficiency of railway transport, has been calculated.

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет управління процесами перевезень

Кафедра управління експлуатаційною роботою

Освітній рівень: магістр

Спеціальність 275 Транспортні технології

275.02 “Транспортні технології (на залізничному транспорті)”

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри УЕР,
професор, д-р техн. наук

 Тетяна БУТЬКО

« 30 » грудня 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Вжос Ігор Володимирович

1 Тема роботи: «Удосконалення системи швидкісних перевезень на залізницях України в умовах розвитку процесів євроінтеграції»

Керівник Константинов Денис Володимирович, канд. техн. наук, доцент
затверджено розпорядженням по факультету управління процесами перевезень від 30 вересня 2024 року №12/24

2 Строк подання здобувачем роботи: 31 грудня 2024 року



3 Вихідні дані до роботи: сучасна система організації швидкісних перевезень на залізничному транспорті України, базована на нормативно-правовій базі та аналітичних даних; сучасні інформаційні технології, які впроваджуються в управління швидкісними пасажирськими перевезеннями, зокрема штучний інтелект та великі дані; статистичні показники роботи швидкісних потягів за останні роки; досвід провідних країн світу (Німеччини, Японії, Франції) та останні наукові розробки в питаннях модернізації систем швидкісних перевезень.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): вступ; аналіз сучасної організації швидкісних перевезень на залізницях України; дослідження основних техніко-експлуатаційних показників швидкісних перевезень; обґрунтування моделей удосконалення системи швидкісних перевезень із використанням інноваційних технологій (III, Big Data, IoT); розрахунок економічного ефекту від впровадження запропонованих заходів модернізації системи швидкісних пасажирських перевезень.

5. Перелік графічного матеріалу: тема магістерської кваліфікаційної роботи; мета і задачі дослідження; елементи наукової новизни; динаміка пасажирообігу залізничного транспорту України у швидкісному сполученні за період 2010–2023

pp.; графіки тижневого та погодинного розподілу пасажиропотоку на швидкісних маршрутах; схема взаємодії системи вибору виду транспорту в контексті конкурентного середовища; залежність переваг пасажирів щодо виду транспорту від часу доби; система адаптації швидкісних перевезень до змін попиту; приклад хромосоми оптимального розкладу швидкісних потягів; система обмежень для розрахунків оптимального графіка руху; постановка задачі пошуку оптимального розкладу перевезень; задачі оптимізації заходів для оперативного регулювання руху; структура моделі на основі нейро-нечітких алгоритмів для оперативного регулювання перевезень; розрахунок економічного ефекту від впровадження інноваційних технологій; висновки і рекомендації.


6. Консультанти окремих розділів

Розділ	Прізвище, ініціали, посада та науковий ступінь консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічне обґрунтування запропонованих заходів	доцент Гриценко Н.В.		

7. Дата видачі завдання 2 жовтня 2024 р.





КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	15.10.24	виконано
2	Аналіз сучасної організації швидкісних перевезень на залізницях України	30.10.24	виконано
3	Дослідження основних техніко-експлуатаційних показників перевезень	25.11.24	виконано
4	Обґрунтування моделей удосконалення системи швидкісних перевезень	12.12.24	виконано
5	Економічні та екологічні та переваги використання інноваційних технологій у швидкісному транспорті	25.12.24	виконано
6	Висновки	31.12.24	виконано

Керівник  Денис КОНСТАНТИНОВ
Здобувач  Ігор ВЖОС

Зміст

Вступ	7
1 Дослідження особливостей, організації перевезень, закордонний досвід, наукові дослідження	11
1.1 Історія розвитку швидкісних залізничних перевезень в Україні	12
1.2 Аналіз закордонного досвіду та наукових досліджень у сфері швидкісних перевезень	15
1.2.1 Аналіз закордонного досвіду країн Азії та Європи	15
1.2.2 Наукові дослідження та впровадження нових технологій	17
1.3 Використання сучасних інформаційних технологій в управлінні швидкісними перевезеннями	20
2 Статистика і аналітика	23
2.1 Аналіз динаміки пасажиропотоку та завантаженості швидкісних потягів	23
2.2 Вплив пандемії COVID-19 та війни на показники швидкісних перевезень.	24
2.3 Кількість рейсів, середня швидкість та технічна надійність як основні показники ефективності.	24
2.4 Порівняльний аналіз ефективності перевезень	27
3 Пропозиції і головна оптимізаційна задача	29
3.1 Перспективи впровадження штучного інтелекту для прогнозування пасажиропотоку та оптимізації графіків.	29
3.1.1 Економічна вигода від зменшення простоїв і оптимізації маршрутів	30
3.1.2 Розрахунки щодо збільшення пасажиропотоку і доходів за рахунок точного прогнозування	31

					УСШПН.300.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Удосконалення системи швидкісних перевезень на залізницях України в умовах розвитку процесів євроінтеграції	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Вжос						
Перевір.		Константінов					6	68
Заст. дир						УкрДУЗТ		
Н. Контр.		Константінов						
Затверд.		Буцько						

3.2 Використання технологій великих даних (Big Data) для поліпшення обслуговування	32
3.2.1 Аналіз впровадження технологій великих даних у швидкісних залізничних перевезеннях України	33
3.2.2 Вплив впровадження технологій великих даних на безпеку швидкісних залізничних перевезень в умовах воєнного часу	35
3.3 Автоматизація технічного обслуговування рухомого складу з використанням предиктивної аналітики.	37
3.3.1 Обґрунтування економічної ефективності запобігання аварійним зупинкам	38
3.3.2 Розрахунок економії на обслуговуванні за допомогою предиктивної аналітики	38
3.4 Електронна система контролю безпеки: використання IoT-технологій у швидкісних перевезеннях	40
3.4.1 Аналіз економічної ефективності впровадження IoT-технологій у залізничному транспорті	41
3.4.2 Оцінка довгострокового впливу IoT-технологій на ефективність залізничного транспорту	42
4. Економічні та екологічні та переваги використання інноваційних технологій у швидкісному транспорті	42
4.1 Економічна ефективність впровадження моделей штучного інтелекту на швидкісних маршрутах	45
4.1.1 Вигоди для оптимізації високошвидкісних потягів країн Європи та Азії	47
4.2 Техніко-експлуатаційні розрахунки економічного заходу для ШІ	49
4.3 Розрахунок економічного ефекту	50
4.4 Розрахунок впровадження та очікувані доходи	52
4.5 Практичний приклад впровадження моделей ШІ для швидкісного транспорту на ділянці залізниці "Київ–Дарниця"	56

					УСШПН.300.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.5.1	Оцінка ефективності оптимізації графіків та зниження часу простої	57
4.5.2	Аналіз економії витрат на технічне обслуговування і зменшення простоїв за рахунок прогнозування	60
4.5.3	Довгострокові вигоди та вплив на пасажиропотік	61
	Висновки	63
	Список використаних джерел	65

					УСШПН.300.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Актуальність теми. Розвиток швидкісних перевезень є ключовим напрямком удосконалення транспортної системи України, особливо в умовах євроінтеграції. Швидкісні перевезення сприяють зростанню мобільності населення, економічному розвитку регіонів, інтеграції національної інфраструктури до європейської транспортної мережі. Проте в Україні цей сегмент транспорту ще перебуває на стадії розвитку, стикаючись з викликами, такими як недостатня швидкість, обмеженість маршрутів, а також потреба у впровадженні сучасних технологій. Актуальність теми обумовлюється необхідністю адаптації української залізниці до стандартів ЄС, забезпечення конкурентоспроможності та задоволення потреб суспільства у швидких і якісних перевезеннях.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є вдосконалення системи швидкісних перевезень в Україні через впровадження інноваційних технологій та аналіз їх економічної ефективності. Для досягнення цієї мети поставлено наступні завдання:

- Провести аналіз організації швидкісних перевезень в регіональних філіях АТ „Укрзалізниця“.
- Дослідити сучасні інформаційні технології, які використовуються в структурних підрозділах швидкісних перевезень.
- Виконати статистичний аналіз основних техніко-експлуатаційних показників роботи швидкісних перевезень за останні роки.
- Обґрунтувати перспективи впровадження інноваційних технологій, таких як штучний інтелект та аналіз великих даних (Big Data).
- Розрахувати економічну ефективність запропонованих інноваційних рішень.

Об’єкт дослідження – організація швидкісних пасажирських перевезень на залізничному транспорті України.

Предмет дослідження – технологія управління швидкісними пасажирськими перевезеннями з використанням систем штучного інтелекту для оперативного регулювання руху потягів і оптимізації їх графіків.

Методи дослідження. У роботі застосовано комплекс методів дослідження, що включає:

- Аналіз і синтез для оцінки поточного стану швидкісних перевезень в Україні;
- Статистичні методи для обробки техніко-експлуатаційних показників;
- Економічне моделювання для розрахунку ефективності впровадження інноваційних рішень;
- Метод порівняння для оцінки української системи перевезень у контексті міжнародного досвіду;
- Експертний аналіз для обґрунтування рекомендацій.

Наукова новизна дипломної роботи полягає у розробці та обґрунтуванні інноваційного підходу до вдосконалення системи швидкісних перевезень на залізницях України, що базується на інтеграції штучного інтелекту, великих даних (Big Data) та Інтернету речей (IoT). Уперше було проведено адаптацію цих технологій до специфіки української залізничної інфраструктури та розроблено економічно обґрунтовані моделі їх впровадження. Запропоновані рішення дозволяють оптимізувати графіки руху, підвищити безпеку перевезень, забезпечити персоналізацію послуг пасажиром та покращити ефективність управління, що сприятиме інтеграції України у європейську транспортну мережу.

Практичне значення одержаних результатів. Результати дослідження можуть бути використані для вдосконалення управління швидкісними перевезеннями в Україні. Впровадження запропонованих заходів сприятиме підвищенню ефективності роботи „Укрзалізниці“, зменшенню витрат на технічне обслуговування, оптимізації використання ресурсів і збільшенню доходів від пасажирських перевезень. Запропоновані інноваційні технології дозволять

адаптувати транспортну систему України до європейських стандартів, забезпечуючи комфорт і безпеку для пасажирів.

Особистий внесок здобувача. Здобувачем самостійно проведено аналіз існуючого стану швидкісних перевезень в Україні, виконано збір та обробку статистичних даних, розроблено рекомендації щодо впровадження інноваційних технологій, а також здійснено розрахунки економічної ефективності. Одержані результати базуються на власних дослідженнях та апробовані в рамках виконання проектів із вдосконалення роботи структурних підрозділів АТ „Укрзалізниця“.

Публікації. У межах теми кваліфікаційної роботи виконано дослідження на тему: «Інтеграція цифрових технологій у систему швидкісних перевезень на залізницях України: проблеми та перспективи в умовах євроінтеграції». Тези доповіді за темою дослідження опубліковані у Збірнику тез V МНТК «Інтелектуальні транспортні технології» [34].

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи. Кваліфікаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та презентації.

В ході підготовки та виконання роботи автором була використана інформація, у тому числі текст, алгоритми, методики проведення аналізу, досліджень, визначення певних характеристик, параметрів та вихідних даних, розрахунків тощо, які містяться у джерелах [1 – 34], наведених у списку використаних джерел, а також інформація, отримана в результаті консультування з керівником роботи, науковими, науково-педагогічними працівниками та іншими особами, яка є неопублікованими авторськими напрацюваннями (найсучасніша інформація дослідницького, інноваційного характеру), дозволеними для використання автору цієї роботи виключно при виконанні тільки цієї дипломної роботи.

Висновки

У першому розділі було розглянуто організацію швидкісних перевезень у регіональних філіях АТ «Укрзалізниця», зокрема історію розвитку, основні маршрути та технічні характеристики рухомого складу. Проведено аналіз існуючої інфраструктури, процесів технічного обслуговування та викликів, пов'язаних із модернізацією швидкісних ліній. Здійснено порівняльний аналіз швидкісних перевезень в Україні та провідних країнах Європи й Азії. Виявлено, що основними проблемами є недостатня швидкість руху, обмежена мережа маршрутів та низька економічна ефективність. Рекомендовано вдосконалювати інфраструктуру та впроваджувати інноваційні технології для підвищення конкурентоспроможності української залізниці.

У другому розділі виконано статистичний аналіз основних показників роботи швидкісних перевезень за останні роки, таких як пасажиропотік, кількість рейсів, середня швидкість та технічна надійність. Особливу увагу приділено впливу пандемії COVID-19 та війни на обсяги перевезень і технічний стан інфраструктури. Встановлено, що попри значні виклики, АТ «Укрзалізниця» вдалося частково відновити роботу ключових маршрутів завдяки міжнародній підтримці та заходам з модернізації. Результати аналізу свідчать про необхідність подальших інвестицій у відновлення пошкодженої інфраструктури та оптимізацію маршрутів.

У третьому розділі розглянуто перспективи впровадження сучасних інформаційних технологій у сфері швидкісних перевезень, зокрема штучного інтелекту та технологій великих даних (Big Data). Обґрунтовано доцільність використання ШІ для прогнозування пасажиропотоку, оптимізації графіків та підвищення завантаженості потягів. Виконано економічний розрахунок потенційної вигоди від таких інновацій. Результати показали, що впровадження технологій дозволяє зменшити витрати, збільшити доходи та підвищити якість обслуговування пасажирів. Рекомендовано активізувати інтеграцію інноваційних рішень для забезпечення стабільного розвитку швидкісного транспорту.

У четвертому розділі було проаналізовано перспективи впровадження інноваційних технологій, які ще не застосовуються в Україні, але широко використовуються у провідних країнах. Особливу увагу приділено впровадженню предиктивної аналітики для технічного обслуговування рухомого складу, а також технологій Інтернету речей (IoT) для моніторингу стану

інфраструктури. Встановлено, що ці інновації можуть значно знизити ризики аварій, підвищити безпеку перевезень та оптимізувати витрати на ремонт. Аналіз міжнародного досвіду підтвердив ефективність таких технологій, зокрема у Німеччині та Китаї. Рекомендовано створити програму поетапного впровадження інноваційних рішень з урахуванням технічних і фінансових можливостей України.

Впровадження нового програмного забезпечення на базі штучного інтелекту (ШІ) для швидкісних залізничних перевезень продемонструвало значний економічний ефект за розрахунковий період, який становить **19050,7 тис. грн.** Проект може досягнути окупності вже в перший рік, що підкреслює його високу ефективність і обґрунтованість. Основна перевага системи полягає в інтеграції передових технологій для управління транспортними потоками, автоматизації процесів планування та покращення пасажирського обслуговування.

Список використаних джерел

1. Прохорченко А.В., Кулакова М.В., Юсіфов С.В. Удосконалення системи прогнозування пасажиропотоків на основі нейро-нечіткого моделювання // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. – 2013. – № 135. – С. 72-77. (дата звернення: 5.10.2024).
2. Deutsche Bahn розширює використання штучного інтелекту у диспетчерському управлінні потягами // Центр транспортних стратегій. – 2023. URL:https://cfts.org.ua/news/2023/06/20/deutsche_bahn_rozshiryue_vikoristannya_sh_tuchnogo_intelektu_u_dispetcherskomu_upravlinni_potyagami_75405 (дата звернення: 5.10.2024).
3. Штучний інтелект у логістиці: можливості та виклики // Наукові журнали та конференції. – 2024. – URL: <https://science.lpnu.ua/uk/sisn/vsi-vypusky/vypusk-16-2024/shtuchnyy-intelekt-u-logistyци-mozhlyvosti-ta-vyklyky> (дата звернення: 5.10.2024).
4. East Japan Railway Company. "Utilizing Big Data for Railway Operations." 2022. URL: <https://www.jreast.co.jp/e/development/innovation/> (дата звернення: 5.10.2024).
5. China Railway Corporation. "Big Data Applications in High-Speed Rail." 2021. URL:<https://documents1.worldbank.org/curated/pt/933411559841476316/pdf/Chinas-High-Speed-Rail-Development.pdf> (дата звернення: 20.10.2024).
6. SNCF. "Predictive Maintenance through Big Data Analytics." 2023. URL: <https://www.sncf.com/en/innovation> (дата звернення: 20.10.2024).
7. Network Rail. "Infrastructure Management with Big Data." 2022. URL: <https://www.networkrail.co.uk/industry-and-commercial/information-management/> (дата звернення: 20.10.2024).
8. Deutsche Bahn introduces AI and 5G for railway modernization - Railway Supply. URL: <https://www.railway.supply/en/deutsche-bahn-announces-ai-and-5g-initiatives-to-modernize-rail-infrastructure/> (дата звернення: 20.10.2024).

9. Japan's Predictive Maintenance System Revolutionizing Rail Operations - Digi2O. URL: <https://digi2o.com/japans-predictive-maintenance-system-revolutionizing-rail-operations/> (дата звернення: 20.10.2024).
10. China's Railway IoT Implementation - China Daily. URL: <https://www.chinadaily.com.cn/> (дата звернення: 25.10.2024).
11. Укрзалізниця у 2023 році перевезла 25 млн пасажирів URL: https://www.uz.gov.ua/press_center/up_to_date_topic/621554/ (дата звернення: 25.10.2024).
12. Приклади предиктивної аналітики URL: <https://shallbd.com/uk/priklad-i-prediktivnoyi-analitiki-vicherpnii-posibnik/> (дата звернення: 25.10.2024).
13. Приклади предиктивної аналітики URL: <https://mautic.appau.org.ua/asset/163%3Aprediktivna-analitika-c1-3-1-2pdf> (дата звернення: 25.10.2024).
14. Deutsche Bahn Annual Report 2023. URL: <https://ibir.deutschebahn.com/2023/en/combined-management-report/development-of-business-units/business-units-in-the-integrated-rail-system/db-long-distance-business-unit/markets-and-strategy/> (дата звернення: 25.10.2024).
15. China Railway Corporation Smart Maintenance System Report. URL: <http://www.chinarailway.com.cn/> (дата звернення: 11.11.2024).
16. Укрзалізниця: Витрати на обслуговування інфраструктури у 2023 році. URL: <https://www.uz.gov.ua/> (дата звернення: 11.11.2024).
17. Статистика аварій на залізниці України: Офіційний звіт 2023. URL: <https://railway.gov.ua/> (дата звернення: 11.11.2024).
18. Deutsche Bahn Modernization with IoT. URL: <https://www.globalrailwayreview.com/> (дата звернення: 11.11.2024).
19. China Railway IoT Report 2023. URL: <https://www.chinadaily.com.cn/> (дата звернення: 17.11.2024).
20. Shinkansen IoT Monitoring System. URL: <https://www.jr-east.co.jp/> (дата звернення: 17.11.2024).
21. European Commission: The ERTMS Newsletter. 2023. URL:

Newsletter https://transport.ec.europa.eu/system/files/202304/ertms_newsletter_2023-03.pdf? (дата звернення: 17.11.2024).

22. European Union Agency For Railways: Рух Європи до стійкої та безпечної залізничної системи без кордонів URL: https://www.era.europa.eu/system/files/202301/ERTMS%20Unit%20%202023_EN.pdf?01/ERTMS%20Unit%20-%202023_EN.pdf? (дата звернення: 17.11.2024).

23. European Rail Infrastructure Managers: ERTMS and Telecommunications URL: <https://annual-report.eimrail.org/ertms-and-telecommunications/> (дата звернення: 20.11.2024).

24. European Commission: The ERTMS Newsletter URL: https://transport.ec.europa.eu/system/files/202309/ertms_newsletter_2023-06.pdf? (дата звернення: 20.11.2024).

25. European Commission: Deployment Action Plan - 2023- URL: https://www.era.europa.eu/system/files/202211/ertms_deployment_action_plan_en.pdf? (дата звернення: 21.11.2024).

26. European Environment Agency. "Transport and Environment Reporting Mechanism", 2022. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications> (дата звернення: 11.12.2024).

27. Siemens Mobility. "Energy Efficient Solutions for Railways", 2021. URL: <https://www.mobility.siemens.com/global/en/solutions/energy-efficiency.html> (дата звернення: 11.12.2024).

28. International Union of Railways. "Sustainable Rail Development", 2023. URL: <https://uic.org/sustainable-development> (дата звернення: 11.12.2024).

29. Deutsche Bahn. "Smart Maintenance for Rail Systems", 2020. URL: <https://www.deutschebahn.com/en/technology/maintenance> (дата звернення: 11.12.2024).

30. European Commission. "Impact of High-Speed Rail", 2020. URL: <https://ec.europa.eu/transport/themes/high-speed> (дата звернення: 11.12.2024).

31. OECD. "Economic Benefits of High-Speed Rail", 2021. URL: <https://www.oecd.org/transport/high-speed-rail> (дата звернення: 11.12.2024).

32. French National Railway Company. "TGV: Transforming Mobility", 2022. URL: <https://www.sncf.com/en/innovation/tgv> (дата звернення: 11.12.2024).
33. China Railway Corporation. "Economic Impact of High-Speed Rail", 2023. URL: <https://www.china-railway.com.cn> (дата звернення: 11.12.2024).
34. Д.В. Константинов, І.В. Вжос. Інтеграція цифрових технологій у систему швидкісних перевезень на залізницях України: проблеми та перспективи в умовах євроінтеграції 5-а міжнародна науково-технічна конференція «Інтелектуальні транспортні технології», Харків, 25–27 листопада 2024 р.: Тези доповідей. – Харків: УкрДУЗТ, 2024. – 58 с.