

УДК 004.4, 004.6, 004.9

DOI: <https://doi.org/10.53920/ITS-2024-2-10>

Ольга Іванівна ТКАЧЕНКО,

кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри інформаційних технологій,
Державний університет інфраструктури та технологій
доцент кафедри інженерії програмного забезпечення,
Національний авіаційний університет
ORCID ID: [0000-0003-1800-618X](https://orcid.org/0000-0003-1800-618X)

Софія Анатоліївна КУЛІШ,

магістрантка кафедри інженерії програмного забезпечення
Національний авіаційний університет
ORCID ID: [0009-0000-7616-5619](https://orcid.org/0009-0000-7616-5619)

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

У сучасних умовах геоінформаційні системи (ГІС) набувають все більшого значення для забезпечення ефективного управління інфраструктурою та безпекою в багатьох галузях, зокрема у сфері залізничного транспорту. Метою використання таких систем є підвищення точності управління, оптимізація логістичних процесів, а також забезпечення безперервного моніторингу стану інфраструктури. Інтеграція ГІС у залізничні системи України сприятиме зниженню операційних витрат та поліпшенню контролю за станом залізничних колій, що особливо важливо в умовах значного зносу інфраструктури. Тому дослідження проблем та перспектив використання сучасних інформаційних технологій та систем (в тому числі й ГІС) не викликає сумнівів.

Мета роботи полягає в аналізі та дослідженні проблем, можливостей і перспектив впровадження ГІС у залізничну інфраструктуру України для підвищення ефективності управління та забезпечення безпеки руху поїздів. Особливу увагу приділено технічним викликам, що виникають у процесі інтеграції ГІС з існуючими інформаційними системами, а також питанням стандартизації даних та фінансовим аспектам, пов'язаним із впровадженням нових технологій. Розглянуто досвід країн, таких як Німеччина, Японія та Китай, де ГІС активно використовуються для управління інфраструктурою та покращення транспортної логістики.

Використання розглянутих підходів та методів інтеграції ГІС у залізничну систему України дозволить: забезпечити безперервний моні-

торинг стану інфраструктури, своєчасно виявляти потенційні дефекти, які можуть впливати на безпеку руху; підвищити ефективність логістичних процесів, що сприятиме зниженню експлуатаційних витрат; забезпечити оптимізацію використання транзитного потенціалу України як важливого транспортного коридору між Європою та Азією. Запропоновані рекомендації сприятимуть довгостроковому розвитку залізничної інфраструктури країни та підвищенню її конкурентоспроможності на міжнародному ринку транспортних послуг.

Ключові слова: інформаційні технології, інформаційні системи, інтелектуальні транспортні системи, геоінформаційні системи, управління залізничним транспортом України.

Oliha TKACHENKO

PhD of physical and mathematical sciences, associate professor
associate professor at the department of information technologies
State University of Infrastructure and Technology
associate professor at the department of Software Engineering
National Aviation University
ORCID ID 0000-0003-1800-618X

Sofiiia KULISH

undergraduate at the department of Software Engineering
National Aviation University
ORCID ID 0009-0000-7616-5619

PROBLEMS AND PROSPECTS OF THE IMPLEMENTATION OF GEO- INFORMATION SYSTEMS IN RAILWAY TRANSPORT

In modern conditions, geographic information systems (GIS) are becoming increasingly important to ensure effective infrastructure management and safety in many industries, in particular in the field of railway transport. The purpose of using such systems is to increase the accuracy of management, optimize logistics processes, as well as ensure continuous monitoring of the state of the infrastructure. The integration of GIS into the railway systems of Ukraine will contribute to the reduction of operating costs and the improvement of control over the condition of railway tracks, which is especially important in conditions of significant wear and tear of the infrastructure. Therefore, the research of problems and prospects of using modern information technologies and systems (including GIS) does not raise doubts.

The purpose of the work is to analyze and research the problems, opportunities and prospects of implementing GIS in the railway infrastructure of Ukraine to increase the efficiency of management and ensure the safety of train traffic. Special attention is paid to the technical challenges arising in the process of integrating GIS with existing information systems, as well as data standardization issues and financial aspects related to the introduction of new technologies. The experience of countries such as Germany, Japan and China, where GIS are actively used for infrastructure management and improvement of transport logistics, is considered.

The use of the considered approaches and methods of GIS integration into the railway system of Ukraine will allow: to ensure continuous monitoring of the state of the infrastructure, timely detection of potential defects that may affect traffic safety; increase the efficiency of logistics processes, which will contribute to the reduction of operating costs; ensure optimization of the use of Ukraine's transit potential as an important transport corridor between Europe and Asia. The proposed recommendations will contribute to the long-term development of the country's railway infrastructure and increase its competitiveness in the international market of transport services.

Keywords: information technologies, information systems, intelligent transport systems, geo-information systems, railway transport management of Ukraine.

Постановка проблеми. Інтеграція інноваційних технологій у системи управління залізничними перевезеннями є ключовою умовою для забезпечення ефективності та безпеки транспортної інфраструктури. Одним із найбільш перспективних рішень у цій сфері є впровадження геоінформаційних систем (ГІС), які відіграють центральну роль у моніторингу залізничних перевезень та управлінні інфраструктурою. ГІС

ГІС дозволяють, зокрема:

- здійснювати відстеження переміщення поїздів у режимі реального часу;
- контролювати стан залізничних шляхів;
- планувати маршрути з урахуванням численних факторів (наприклад, таких як погодні умови, завантаженість ліній та можливі затримки).

Завдяки інтеграції просторових даних у процеси управління транспортом (зокрема, залізничним) ГІС забезпечують, зокрема:

- точніше прогнозування щодо функціонування транспортної галузі;
- моніторинг стану транспортних шляхів;
- підвищення рівня координації між різними учасниками транспортного процесу, включаючи логістичних операторів, диспетчерські служби та адміністраторів залізничних вузлів.

На міжнародному рівні технології ГІС вже успішно застосовуються для оптимізації управління транспортними системами. Наприклад, у Європі використання ГІС та супутникових систем моніторингу дозволяє:

- зменшити кількість затримок транспортних засобів (рухомого складу);
- оптимізувати технічне обслуговування транспортних засобів (рухомого складу);
- підвищити рівень безпеки на залізниці.

В Україні питання інтеграції ГІС у систему управління залізничним транспортом та залізничними перевезеннями набуває особливої актуальності, оскільки використання ГІС може суттєво підвищити ефективність залізничної системи та сприяти її інтеграції у загальноєвропейський транспортний простір. Тому дослідження проблем та перспектив використання сучасних інформаційних технологій та систем (в тому числі й ГІС) не викликає сумнівів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження в сфері інформаційних технологій та інформаційних систем, що застосовуються в управлінні процесами, що відбуваються на залізничному транспорті України та інших країн (наприклад, залізничними перевезеннями), підкреслюють важливість інтеграції інноваційних рішень для покращення ефективності таких залізничних процесів та відповідних операцій.

В роботі [1] зазначено, що сучасні інформаційні технології є ключовим елементом залізничної інфраструктури. Автоматизовані системи підтримки прийняття рішень (СППР) надають можливість швидко обробляти інформацію, знижуючи вплив людського чинника та підвищувати точність процесів управління.

Питанням використання ГІС на залізничному транспорті (в різних його аспектах, наприклад, картографічного відображення маршрутів, вирішення проблем безпеки, обробки геостатистики, диспетчеризації транспортних потоків, тощо) присвячена робота [2].

В цій роботі розглянуто й такі поширені ГІС, як ArcGIS, ArcView GIS, ArcGIS Geostatistical Analys, ArcGIS Map, ArcGIS StoryMaps, ERDAS Imagine, Idrisi, ER Mapper, IndorGIS, визначено їх переваги та недоліки, а також класи задач, які можуть бути вирішені за допомогою таких ГІС.

Крім того, багато досліджень присвячено удосконаленню вантажних перевезень на залізничному транспорті.

Ці дослідження свідчать про те, що впровадження автоматизованих систем управління вантажними потоками та новими логістичними підходами допомагає оптимізувати процеси перевезення та розподілу ресурсів, що підвищує ефективність роботи залізничної системи [3].

Проблеми інформатизації, інтелектуалізації та автоматизації процесів, які відбуваються у транспортній галузі, розглянуто в [6, 7].

Питання гармонізації та стандартизації в сфері інтелектуальних транспортних систем досліджуються в [8].

Таким чином, сучасні дослідження вказують на важливість впровадження інтелектуальних транспортних систем (та відповідних картографічних сервісів) з метою підвищення ефективності та безпеки залізничних перевезень.

Серед багатьох проблем, що досліджуються, слід виділити ще й такі проблеми, як:

- стандартизація даних;
- забезпечення безпеки інформаційних потоків;
- автоматизація процесів управління.

Мета статті. Мета роботи полягає в аналізі та дослідженні проблем, можливостей і перспектив впровадження ГІС у залізничну інфраструктуру України для підвищення ефективності управління та забезпечення безпеки руху поїздів.

Завдання статті обумовлені наявними проблемами та перспективами впровадження ГІС, які тісно пов'язані, зокрема, з:

- інтеграцією картографічних сервісів у системи управління залізничними перевезеннями;
- сумісністю даних (отриманих з різних джерел);
- безпекою інформаційних потоків;
- стандартизацією систем.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження інформатизації процесів на залізничному транспорті, проведене в роботі, ґрунтувалося, зокрема, на європейській системі управління

рухом поїздів ERTMS/ETCS [2, 4]. Історія розвитку цієї системи продемонстрована на рис. 1 [5].

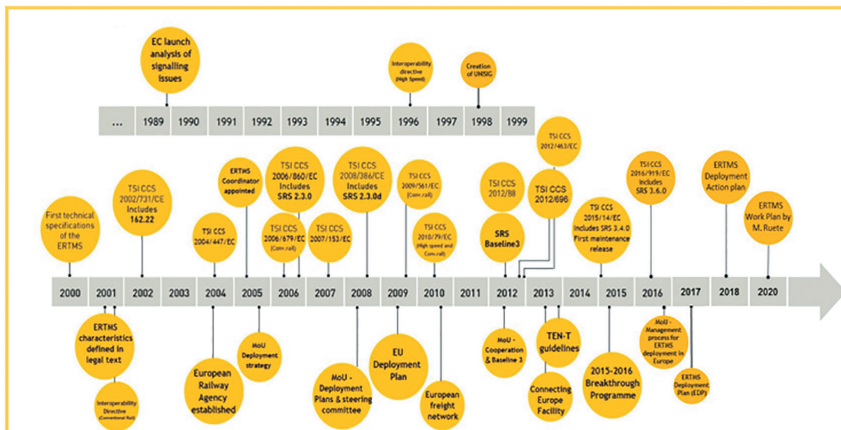


Рис. 1. Історія розвитку ERTMS

Джерело: [5]

Впровадження ERTMS/ETCS сприяло ефективному вирішенню багатьох проблем, зокрема таких, як:

- забезпечення точної координації залізничного руху;
- забезпечення автоматичного контролювання (моніторингу) руху поїздів;
- зниження кількості аварій на маршрутах залізничного транспорту.

Слід зазначити, що впровадження таких систем управління рухом поїздів не лише підвищує транспортну безпеку, але й знижує витрати на експлуатацію рухомого складу залізниць.

Технічні аспекти є основою для успішної інтеграції ГІС у залізничну інфраструктуру України. Однією з основних технічних проблем при впровадженні ГІС у залізничні системи країни є забезпечення їх сумісності з наявними інформаційними технологіями та інформаційними системами.

Багато країн (включаючи Німеччину, Велику Британію, Болгарію) стикаються з необхідністю модернізації інфраструктури, яка була створена десятиліття тому. Існуючі системи управління транспортом, розроблені за застарілими стандартами, часто не можуть взаємодіяти із сучасними ГІС-рішеннями через різницю у форматах даних.

Наприклад, проблеми виникають при інтеграції ГІС із Building Information Modeling (BIM) [9], що призводить до втрати інформації або необхідності в конверсії даних. Досвід показує, що ці технічні несумісності є серйозною перешкодою для інтеграції відповідних технологій у транспортні системи.

Обробка великих обсягів даних у реальному часі також є важливою технічною проблемою для країн з розвинутою залізничною інфраструктурою. Наприклад, в Японії, з її великою мережею залізничних колій для високошвидкісних поїздів, необхідно швидко обробляти великі обсяги даних для забезпечення безпеки та ефективності руху.

Використання ГІС дозволяє здійснювати постійний моніторинг стану інфраструктури, що знижує ризики аварій. Проте реалізація таких рішень вимагає значних ресурсів, зокрема стабільних каналів зв'язку та потужних обчислювальних систем, що становить додаткові технічні труднощі [10, 11].

В Україні ситуація схожа, бо значна частина залізничної інфраструктури все ще базується на застарілих системах, які були впроваджені багато десятиліть тому.

Системи управління рухом у деяких регіонах залишаються неавтоматизованими або працюють на базі старого програмного забезпечення, що значно ускладнює впровадження сучасних ГІС.

Крім того, недостатньо розвинена мережа інтернету в багатьох регіонах країни ускладнює можливість використання ГІС для моніторингу та управління залізничними перевезеннями в реальному часі.

На відміну від Японії та Китаю, де значний прогрес досягнуто завдяки розвиненій мережевій інфраструктурі, в Україні її розвиток є обов'язковою передумовою для ефективної інтеграції ГІС в транспортну галузь.

Впровадження ГІС у залізничну інфраструктуру України супроводжується окрім технічних ще й наявними фінансовими проблемами. Фінансові витрати є однією з найбільших проблем при впровадженні ГІС у залізничні системи не тільки нашої країни, а й багатьох країн світу.

Впровадження інформаційних технологій та інформаційних (а в наш час все більше інтелектуальних) систем вимагає значних інвестицій, зокрема на:

- придбання ліцензій на потрібне програмне забезпечення;
- модернізацію апаратної інфраструктури;
- навчання персоналу.

Вартість заходів щодо впровадження ГІС у залізничні системи країни може бути непосильною для країн із невеликими бюджетами, спрямованими на розвиток транспортної інфраструктури. У країнах з наявними економічними труднощами (наприклад, в Угорщині) фінансові обмеження суттєво впливають на швидкість та масштаб впровадження ГІС.

Навіть у розвинених країнах, таких як США, впровадження ГІС у транспортну галузь також супроводжується значними фінансовими витратами, де окрім стандартних витрат на ліцензування програмного забезпечення та обладнання, у США необхідно враховувати стандартизацію та модернізацію фрагментованих систем, що використовуються різними залізничними операторами.

Багато компаній залізничної інфраструктури США мають власні стандарти управління та відповідні інформаційні транспортні системи, які необхідно гармонізувати, щоб ГІС могла ефективно функціонувати на національному рівні. Це потребує великих фінансових ресурсів і часу на координацію таких проєктів.

Іншим прикладом є Китай, де потужні державні інвестиції дозволили швидко впроваджувати сучасні ГІС-рішення у транспортну систему. Завдяки державним програмам фінансування, залізнична інфраструктура країни отримує достатньо ресурсів для покриття витрат на ліцензування, обладнання та розвиток мережевих технологій, що дозволяє швидко та ефективно інтегрувати ГІС у транспортну систему. Це забезпечує високий рівень моніторингу та управління інфраструктурою в реальному часі [12, 13].

Для України впровадження ГІС у залізничну інфраструктуру в наш час є серйозною фінансовою проблемою через обмежені державні ресурси.

Державне фінансування на модернізацію залізниць часто є недостатнім для покриття всіх витрат, необхідних для масштабного впровадження сучасних інформаційних технологій та інформаційних і інтелектуальних систем в транспортну галузь.

Крім того, високі витрати на:

- розробку власного програмного забезпечення;
- ліцензування наявного програмного забезпечення ГІС;
- закупівлю необхідного обладнання та апаратного забезпечення ГІС

є серйозним бар'єром для розробки та впровадження цих технологій та систем в Україні.

В наш час Україна через обмежені ресурси, коли багато проєктів інформатизації, автоматизації та інтелектуалізації транспортної галузі залежать від міжнародних грантів або іноземних інвестицій, різко уповільнюються темпи впровадження ГІС на залізничному транспорті.

Крім наявних технічних і фінансових проблем, існує ще й ціла низка організаційних проблем, які суттєво впливають на процеси впровадження геоінформаційних систем (ГІС) у залізничні інформаційні системи.

Зокрема однією з організаційних проблем (не тільки в Україні, а й у багатьох країнах світу) є недостатня координація між різними відомствами та структурами, які беруть участь у впровадженні нових підходів, концепцій, методів і технологій в інформатизацію, автоматизацію та інтелектуалізацію процесів на залізничному транспорті.

Відсутність єдиної національної стратегії з модернізації залізничних систем значно ускладнюють процеси інтеграції сучасних рішень щодо інформатизації, автоматизації та інтелектуалізації транспортної галузі (в тому числі й задізнничного транспорту). Наприклад, у Франції відомства, що відповідають за вантажні та пасажирські перевезення, керуються різними вимогами, стандартами і підходами до відповідних систем управління, що ускладнює процеси інтеграції ГІС на залізничному транспорті країни [2, 14, 15].

Підготовка персоналу, який може працювати з сучасними ГІС, також становить важливу організаційну проблему. Впровадження нових інформаційних технологій і систем (в тому числі й ГІС), потребує наявності фахівців з необхідними компетенціями (знаннями, навичками) для роботи з цими системами. Для цього, наприклад, у Німеччині та Японії процес підготовки фахівців до роботи з новими ГІС (чи новими версіями старих) часто затримує впровадження ГІС на кілька років [2, 14, 16].

Україна також стикається з серйозними організаційними проблемами під час впровадження нових технологій у транспортну галузь, зокрема у залізничний сектор. Серед цих проблем можна відзначити, зокрема такі, як:

- недостатня координація між державними органами, що відповідають за інфраструктуру, логістику та транспорт, що обумовлено відсутністю єдиної системи управління та планування впровадження інновацій (зокрема, різні відомства мають різні підходи та стандарти), що призводить до відсутності цілісного підходу до модернізації транспортної галузі (і в тому числі інфраструктури залізничного транспорту) та ускладнює інтеграцію сучасних ГІС-рішень у систему управління залізничними перевезеннями;

- відсутність чіткої національної стратегії з впровадження інновацій у транспортному секторі. До прикладу, в Японії та Німеччині існує чітка стратегія щодо модернізації транспортних мереж, що передбачає координацію зусиль та планування (стратегічного і тактичного) на рівні держави в тісному зв'язку між різними відомствами. В Україні ж впровадження нових технологій часто відбувається без чіткого планування та без довгострокового прогнозування, що суттєво перешкоджає ефективній інтеграції ГІС у транспортні системи, обмежуючи потенціал модернізації українських залізниць.

Інтеграція ГІС в інформаційні (інтелектуальні) транспортні системи залізниць України є важливим компонентом комплексної модернізації транспортної інфраструктури. Основні переваги впровадження ГІС полягають, зокрема, в:

- підвищенні ефективності управління залізничним транспортом та транспортною інфраструктурою;
- забезпеченні безпеки транспортних (пасажирських і вантажних) перевезень;
- оптимізації різноманітних логістичних процесів;
- можливості комплексного моніторингу стану інфраструктури, дозволяючи:
 - своєчасно виявляти дефекти шляхів, мостів та тунелів;
 - ефективно планувати технічне обслуговування як рухомого складу українських залізниць, так і об'єктів транспортної інфраструктури;
- підвищення ефективності функціонування інфраструктурних транспортних об'єктів (наприклад, зменшення витрат на ремонтні роботи залізничного транспорту, залізничних колій, тощо).

Впровадження ГІС в Укрзалізницю обумовить можливість:

- здійснювати моніторинг інфраструктури та руху поїздів у реальному часі, що дозволить своєчасно виявляти потенційні загрози та швидко реагувати на аварійні ситуації;
- значно знизити ризики інцидентів та підвищити безпеку національної транспортної системи, враховуючи сучасні геополітичні виклики та критичну роль залізниць в економіці України.

Слід відзначити важливе значення залізничної системи України у міжнародних транзитних коридорах, що з'єднують Європу з Азією. Використання ГІС дозволить, зокрема:

- оптимізувати транспортні маршрути;
- мінімізувати затримки та покращити використання наявних ресурсів (транспортних, інформаційних, інфраструктурних, кадрових, фінансових, тощо).

Все вищезазначене обумовить позитивний вплив на загальну ефективність перевезень. Це, у свою чергу, сприятиме зміцненню позицій України як важливого гравця на міжнародному ринку транспортних послуг та підвищить конкурентоспроможність залізничної системи країни на глобальному рівні.

Впровадження ГІС в транспортній галузі України також може:

- стати важливим інструментом досягнення екологічної стійкості транспортної системи;
- зменшити енергоспоживання та скоротити викиди шкідливих речовин (оптимізувавши маршрути та раціональне використання ресурсів), що є важливим для досягнення екологічних стандартів, встановлених Європейським Союзом.

Враховуючи прагнення України до інтеграції в європейські структури (в тому числі й транспортні), використання інформаційних технологій та інформаційних систем (в тому числі й ГІС) є, зокрема:

- стратегічним кроком на шляху до сталого розвитку національної транспортної інфраструктури;
- додатковою перспективою щодо розвитку транзитного потенціалу України у міжнародній логістичній системі, що обумовлено зокрема збільшенням вантажопотоків між Європою та Азією.

Впровадження сучасних ГІС-технологій дозволить підвищити ефективність логістичних процесів, скоротити час перевезень та забезпечити надійність транспортних коридорів, що допоможе країні зміцнити свої позиції на світовій арені [16].

Таким чином, впровадження ГІС у транспорту галузь України (в тому числі її залізничну інфраструктуру) може стати стратегічно важливим кроком для її модернізації, що сприятиме підвищенню ефективності управління, покращенню безпеки перевезень, оптимізації логістики та досягненню екологічних цілей.

Враховуючи глобальний досвід та потенціал ГІС, впровадження таких систем має стати пріоритетом для розвитку залізничної інфраструктури України.

Висновки та пропозиції. Проведене в роботі дослідження висвітлює існуючі проблеми та перспективи впровадження ГІС на за-

лізничному транспорті. Було відзначено, що впровадження ГІС у залізничну інфраструктуру важливе для модернізації транспортних систем України та підвищення їх ефективності.

Проведений в роботі аналіз показав, що головними технічними проблемами є сумісність ГІС із застарілими інформаційними системами та необхідність обробки великих обсягів даних у реальному часі.

Крім того, наявні фінансові та організаційні проблеми, зокрема недостатнє державне фінансування та відсутність національної стратегії з модернізації, також суттєво впливають на темпи інтеграції інформаційних технологій та систем (зокрема ГІС) у транспортну галузь України.

Слід відзначити, що переваги, які надає використання ГІС, включають, зокрема:

- оптимізацію управління транспортною інфраструктурою;
- підвищення безпеки перевезень (пасажирських та вантажних);
- покращення логістичних процесів;
- розвиток транзитного потенціалу країни;
- сприяння екологічній стійкості транспортної системи.

Автори відзначають, що для ефективного впровадження ГІС необхідно:

- розробити національну стратегію модернізації залізничної інфраструктури;
- розробити національну стратегію з інтеграції ГІС у залізничну інфраструктуру;
- залучити державні та міжнародні інвестиції для фінансування проектів модернізації Укрзалізниці;
- підвищити кваліфікацію персоналу для роботи з ГІС, використовуючи спеціальні навчальні програми;
- створити пілотні проекти з використанням ГІС у найбільш завантажених залізничних коридорах.

Інтеграція ГІС у транспортну систему України має стати одним із пріоритетних напрямів її розвитку, що дозволить підвищити її конкурентоспроможність на світовій арені та забезпечити сталий розвиток у майбутньому.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бутько Т.В., Шумик Д.В. Сучасні інформаційні технології в управлінні залізничними підрозділами. Харків: УкрДУЗТ, 2014. 85 с.
2. Доля К.В., Доля О.Є. Геоінформаційні системи на транспорті. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. 230 с.
3. Ходова Я.О. Інтелектуальна транспортна система як інноваційна концепція розвитку транспортно-логістичного комплексу України. *Інтелектуальні технології управління транспортними процесами*: збірник матеріалів міжнародної науково-технічної конференції (17–18 листопада 2020 р. Харків), 2020. С. 48–51.
4. ERTMS in Europe. URL: <https://web.archive.org/web/20120521094131/http://www.railjournal.com/newsflash/now-or-never-for-ertms-in-europe-says-lochman-1627.html> (дата звернення: 27.10.2024).
5. Set of Specifications # 2 (ETCS Baseline 3 Maintenance Release 1 and GSM-R Baseline 1). URL: https://web.archive.org/web/20181221134721/www.era.europa.eu/node/641/210_en (дата звернення: 27.10.2024).
6. Колодяжний В.М., Плехова Г.А. Створення мобільного додатку з отримання інформації про управління транспортними засобами. *Інтелектуальні технології управління транспортними процесами*: збірник матеріалів міжнародної науково-технічної конференції (17–18 листопада 2020 р. Харків), 2020. С. 60–63.
7. Прокудін Г.С., Хоботня Т.Г., Кунда Н.Т. Оптимізація вантажних перевезень за допомогою інформаційних технологій. *Інтелектуальні технології управління транспортними процесами*: збірник матеріалів міжнародної науково-технічної конференції (17–18 листопада 2020 р. Харків), 2020. С. 152–155.
8. Горяїнов О.М. Стандарти ISO в сфері інтелектуальних транспортних систем (Технічний комітет ISO/TC 204). *Інтелектуальні технології управління транспортними процесами*: збірник матеріалів міжнародної науково-технічної конференції (17–18 листопада 2020 р. Харків), 2020. С. 155–157.
9. Building information modeling. URL: <https://www.autodesk.com/solutions/aec/bim> (дата звернення: 27.10.2024).
10. Muller J., Becker K. (2020). Integration of GIS in railway systems: Challenges and opportunities. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLIII-B4, 321-326. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B4-2020-321-2020>.
11. Esri. (2021). The future of GIS in railway transportation. ArcGIS StoryMaps. URL: <https://storymaps.arcgis.com/stories/railway-gis-future> (дата звернення: 28.10.2024).
12. Railways of China. URL: <http://www.railwaysofchina.com/> (дата звернення: 28.10.2024).

13. China Railway Corporation. URL: <http://www.china-railway.com.cn/> (дата звернення: 28.10.2024).
14. SNCF. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/SNCF> (дата звернення: 26.10.2024).
15. UIC – International Union of Railways. (2019). Railway systems and GIS integration. URL: <https://uic.org/railway-gis-integration-report> (дата звернення: 29.10.2024).
16. World Bank. (2019). Ukraine: Ukrzaliznytsia (UZ) Modernization Strategy. Policy Note 1: Preparations for the Opening of Ukraine's Rail Cargo Market. URL: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/994461563255096738/pdf/Policy-Note-One-Preparations-for-the-Opening-of-Ukraine-s-Rail-Cargo-Market.pdf> (дата звернення: 26.10.2024).

REFERENCES

1. Butko, T. V., Shumyk, D. V. (2014). Modern information technologies in the management of railway units. Kharkiv: UkrDUZT. 85 p.
2. Dolya K.V., Dolya O.E. Geoinformation systems in transport. Kharkiv: XNUMX named after O. M. Beketova, 2018. 230 p.
3. Khodova Ya.O. Intelligent transport system as an innovative concept for the development of the transport and logistics complex of Ukraine. *Intelligent technologies for managing transport processes: collection of materials of the international scientific and technical conference* (November 17–18, 2020, Kharkiv), 2020. Pp. 48–51.
4. ERTMS in Europe, available at: <https://web.archive.org/web/20120521094131/http://www.railjournal.com/newsflash/now-or-never-for-ertms-in-europe-says-lochman-1627.html> (Accessed 27 October 2024).
5. Set of Specifications # 2 (ETCS Baseline 3 Maintenance Release 1 and GSM-R Baseline 1), available at: https://web.archive.org/web/20181221134721/https://www.era.europa.eu/node/641/210_en (Accessed 27 October 2024).
6. Kolodyazhnyi V.M., Plekhova G.A. Creation of a mobile application for obtaining information about vehicle management. *Intelligent technologies for managing transport processes: collection of materials of the international scientific and technical conference* (November 17–18, 2020, Kharkiv), 2020. Pp. 60–63.
7. Prokudin G.S., Khabotnya T.G., Kunda N.T. Optimization of freight transportation with the help of information technologies. *Intelligent technologies for managing transport processes: collection of materials of the international scientific and technical conference* (November 17–18, 2020, Kharkiv), 2020. Pp. 152–155.
8. Goryainov O.M. ISO standards in the field of intelligent transport systems (Technical Committee ISO/TC 204). *Intelligent technologies for managing*

transport processes: collection of materials of the international scientific and technical conference (November 17–18, 2020, Kharkiv), 2020. Pp. 155–157.

9. Building information modeling, available at: <https://www.autodesk.com/solutions/aec/bim> (Accessed 27 October 2024).

10. Muller, J., Becker, K. (2020). Integration of GIS in railway systems: Challenges and opportunities. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLIII-B4, 321–326. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B4-2020-321-2020>

11. Esri. (2021). The future of GIS in railway transportation. ArcGIS StoryMaps, available at: <https://storymaps.arcgis.com/stories/railway-gis-future> (Accessed 28 October 2024).

12. Railways of China, available at: <http://www.railwaysofchina.com/> (Accessed 28 October 2024).

13. China Railway Corporation, available at: <http://www.china-railway.com.cn/> (Accessed 28 October 2024).

14. SNCF, available at: URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/SNCF> (Accessed 26 October 2024).

15. UIC – International Union of Railways. Railway systems and GIS integration. (2019), available at: <https://uic.org/railway-gis-integration-report> (Accessed 29 October 2024).

16. World Bank. (2019). Ukraine: Ukrzaliznytsia (UZ) Modernization Strategy. Policy Note 1: Preparations for the Opening of Ukraine's Rail Cargo Market, available at: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/994461563255096738/pdf/Policy-Note-One-Preparations-for-the-Opening-of-Ukraine-s-Rail-Cargo-Market.pdf> (Accessed 26 October 2024).

СТАТТЯ НАДІЙШЛА ДО РЕДАКЦІЇ 01.10.2024