УДК 65.01:656.2

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ НА ОСНОВІ ІННОВАЦІЙНИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ

Скрипінський О. Л., аспірант (УкрДУЗТ)

Зважаючи на визначальну роль інновацій у стимулюванні прогресивних змін і забезпеченні розвитку підприємств залізничного транспорту досліджено глобальні інноваційні тренди розвитку суб'єктів залізничної галузі. Виявлено, що сьогодні ключові інноваційні зрушення у сфері залізничного транспорту викликані процесами цифровізації і стосуються впровадження прогресивних систем автономних поїздів, що підвищують ефективність і надійність залізничного транспорту, інтелектуального управління залізничним рухом на основі технологічних можливостей штучного інтелекту та інтернету речей, екологічних засобів і систем обслуговування, технологій управління пасажирським досвідом, засобів рейкової автоматизації та систем доповненої і віртуальної реальності тощо. Відзначено доцільність реалізації цифрових інноваційних змін на підприємствах залізничного транспорту України.

Ключові слова: інновації, розвиток, підприємства залізничного транспорту, глобальні інноваційні тренди, цифровізація.

ENSURING THE DEVELOPMENT OF RAIL TRANSPORT ENTERPRISES BASED ON INNOVATIVE TRANSFORMATIONS

Skrypinskyi O., postgraduate (USURT)

Taking into account the decisive role of innovations in stimulating progressive changes and ensuring the development of railway transport enterprises, global innovation trends in the development of railway industry entities were studied. It was revealed that today the key innovative shifts in the field of railway transport are caused by digitalization processes and relate to the introduction of progressive systems of autonomous trains that increase the efficiency and reliability of railway transport, intelligent management of railway

© Скрипінський О.Л.

traffic based on the technological capabilities of artificial intelligence and the Internet of Things, ecological means and service systems, passenger experience management technologies, rail automation tools and augmented and virtual reality systems, etc. It was noted that the key trend is the transition to autonomous train systems. With advanced sensor technologies, a combination of sensors, computers and communication platforms to control train speed, acceleration and braking, and real-time data transmission, autonomous trains are an effective solution for increasing punctuality, reliability and optimizing capacity in the railway industry. The contribution of these systems to improving railway safety is significant, as they minimize the risk of human error, and with the help of accurate train speed control, they can maintain a safe distance to other trains and prevent collisions. It has been established that innovative changes in the railway industry are based on the use of the potential of digital technologies to increase the efficiency of railways and are aimed not only at increasing the level of technology of the railway industry, but also at increasing the responsibility of railway companies for the impact on the environment, and the implementation of global trends in the decarbonization of transport activities. Taking into account the prospective implementation of such technologies, the expediency of implementing digital innovative changes at railway transport enterprises of Ukraine was noted.

Keywords**: **innovations, development, railway transport enterprises, global innovation trends, digitalization.

Постановка проблеми. Сьогодні інновації виступають ключовим джерелом забезпечення ефективного розвитку та конкурентоспроможності бізнес-суб'єктів. Мотивом інноваційного оновлення підприємств, реальним стимулом і винагородою за сміливе новаторство, значною мірою ризикову справу, є винагорода інноваторів у вигляді додаткового доходу, або інноваційного надприбутку, який отримують ті, хто першим здійснив ефективну інновацію. Інноваційний надприбуток, який в літературі називають також інноваційною рентою, – це інструмент відбору в ринковій конкурентній боротьбі, ефективний важіль економічного розвитку і соціального прогресу.

Зважаючи на визначальну роль інновацій у стимулюванні якісних економічних та соціальних зрушень і нарощенні конкурентоспроможності підприємств інноваційний вектор розвитку стає пріоритетним і для підприємств залізничного транспорту, які функціонують в умовах глибокої економічної кризи і потребують реалізації інноваційних трансформацій, здатних забезпечити прогресивні зрушення на підприємствах залізничної галузі.

Аналіз досліджень та публікацій. Дослідженню сучасних принципів, механізмів та інструментів забезпечення розвитку підприємств залізничного транспорту присвячено публікації багатьох вчених та спеціалістів галузі, серед яких: Дикань В. Л., Каличева Н. Є., Корінь М. В., Мних О. Б., Обруч Г. В., Овчиннікова В. О., Токмакова І. В. та ін. [1-7]. Відзначаючи суттєвий внесок даних вчених у вирішення проблеми забезпечення ефективного розвитку підприємств залізничного транспорту, слід вказати на доцільність детальнішого дослідження глобальних інноваційних змін у залізничній галузі з метою визначення перспективних напрямів та інструментів реалізації інноваційних трансформацій на підприємствах залізничного транспорту України.

Мета статті полягає у дослідженні глобальних інноваційних змін у залізничній галузі і встановленні перспективних для впровадження на підприємствах залізничного транспорту інноваційних технологій.

Виклад основного матеріалу. Сьогодні ключові інноваційні зрушення у сфері залізничного транспорту викликані процесами цифровізації і стосуються

впровадження прогресивних систем автономних поїздів, що підвищать ефективність і надійність залізничного транспорту, інтелектуального управління залізничним рухом на основі технологічних можливостей штучного інтелекту та інтернету речей, екологічних засобів і систем обслуговування, технологій управління пасажирським досвідом, засобів рейкової автоматизації та систем доповненої і віртуальної реальності тощо. З огляду на вагому значущість реалізації таких змін слід детальніше розглянути ключові тренди інноваційної трансформації залізничного транспорту, викликаних процесами цифровізації, відобразивши їх в карті прогресивних інновацій (рис. 1).

Перший тренд стосується переходу до систем автономних поїздів. Завдяки передовим сенсорним технологіям, комбінації датчиків, комп'ютерів і комунікаційних платформ для контролю швидкості, прискорення та гальмування поїздів, і передачі даних у режимі реального часу автономні поїзди є ефективним рішенням для підвищення пунктуальності, надійності та оптимізації пропускної здатності в залізничній галузі. Значним є внесок даних систем у підвищення безпеки на залізничному транспорті, оскільки мінімізують ризик помилок людини, а за допомогою точного контролю швидкості поїзда вони можуть підтримувати безпечну відстань до інших поїздів і запобігати зіткненням. Також слід відзначити енергоефективність таких поїздів, оскільки вони можуть оптимізувати споживання енергії та зменшити відходи, а також мають потенціал для включення систем рекуперативного гальмування.

При цьому варто відзначити, що подальше оновлення технологій сигналізації та систем автоматичного управління поїздами зменшують кількість технічних помилок, покращують потоки інформації про залізничний рух і зміцнюють довіру пасажирів до залізничного транспорту. Наприклад, система рівня автоматизації 4 (GoA4) здійснює аналіз та оцінювання надзвичайних ситуацій і виявлення перешкод в автономному режимі, а також контролює швидкість поїзда, гальмування тощо. Такі інтегровані рішення для сигналізації на залізниці використовують інформацію про місцезнаходження поїзда для блокування та забезпечують керування поїздом на основі зв'язку (CBTC). Крім того, рух і блокування поїздів інтегровані з системами контролю придорожньої сигналізації. Такі рішення дозволяють підвищити безпеку, оптимізувати рух поїздів і максимально використовувати доступність платформи.

Значний потенціал мають і технології інтернет-моніторингу руху поїздів, спрямовані на покращення надійності і безпеки використання залізничної інфраструктури. Такий моніторинг на основі діагностики стану інфраструктури та поїздів у режимі реального часу дозволяють запобігти затримкам через несправності колій і частин поїзда. Це дозволяє підвищити ефективність технічного обслуговування та оптимізувати витрати на його проведення, а також забезпечує покращення задоволеності пасажирів. Разом з цим розширена аналітика з підтримкою інтернету речей дозволяє залізничним операторам виявляти та впроваджувати рішення, в основі яких управління даними, для покращення контролю парку та ефективності залізничних операцій. Так, канадський інноваційний проєкт TRAINFO – рішення щодо моніторингу залізничних переїздів, що дозволяє зменшити затримки на таких об'єктах. Проєкт використовує датчики поїздів, Bluetooth і програмне забезпечення для прогнозування, щоб визначити, коли відкривати та закривати залізничні переїзди. Потім ця інформація передається водіям через інформаційні системи, такі як придорожні знаки, мобільні додатки або дорожні сигнали. Рішення проєкту також допомагають органам місцевого самоврядування при

проєктуванні та експлуатації залізничних переїздів та іншої інфраструктури [8].

Рис. 1. Глобальні інноваційні тренди розвитку підприємств залізничного транспорту

Іншим інноваційним рішення в транспорту є інноваційний проєкт HUM напрямі цифровізації роботи залізничного Industrial Technology, що дозволяє

здійснювати прогнозний моніторинг і відстеження парку рухомого складу. Інноваційний проєкт стосується використання бездротових датчиків IoT для автоматизованого моніторингу безпеки та прогнозування несправності коліс і підшипників, а також виявлення витоків нафти чи газу. Крім того, це інноваційне рішення дозволяє відстежувати місце перебування рухомого складу з використанням системи глобального позиціонування і дозволяє залізничним операторам зменшити витрати на технічне обслуговування, забезпечуючи раннє виявлення потенційних збоїв [9].

Величезні інноваційні можливості в роботі залізничного транспорту відкриває штучний інтелект, який знаходить численні застосування в залізничній галузі, включаючи управління активами, прогнозне технічне обслуговування та сповіщення про надзвичайні ситуації. Такі алгоритми навчання та нейронні мережі дозволяють оптимізувати управління рухом поїздів і можливі затримки. Крім того, значний потенціал мають ці технології і з точки зору інформування пасажирів, що сприяє покращенню транспортних послуг та підвищенню задоволеності пасажирів. Зокрема, найбільш прогресивним в цій сфері є інноваційний проєкт The Train Brain, що забезпечує планування та управління рухом із підтримкою штучного інтелекту, забезпечує прогнозування затримок, а також моделювання трафіку в реальному часі та звітування. Іншим інноваційним рішенням в цій сфері є інноваційний проєкт Cedar AI – Rail Yard Operations, який пропонує рішення на основі штучного інтелекту, щоб допомогти залізничним операторам підвищити ефективність парку. Платформа на основі штучного інтелекту інтегрується з існуючим програмним забезпеченням для забезпечення дотримання правил безпеки під час роботи залізничного вокзалу. Платформа допомагає залізничним операторам оптимізувати робочі процеси та зменшити робоче навантаження, а також підвищити безпеку керування поїздами [10].

Незважаючи на те, що залізниця є найбільш стійким видом транспорту, дотримуючись амбітних планів щодо нульових викидів, уряди прагнуть подальшої декарбонізації залізничної галузі. Зокрема ЄС заплановано досягнення вуглецевої нейтральності до 2050 р., і саме залізнична галузь має відіграти одну з ключових ролей у цьому процесі. Найпоширеніші рішення з декарбонізації включають заміну дизель-поїздів акумуляторною технологією, водневими паливними елементами або електричною тягою. Для мінімізації викидів CO_2, залізничні оператори зорієнтовані на використанні електровозів, які використовують енергію відновлюваних джерел. Основні інноваційні екологічні системи – рішення для живлення від акумуляторів пропонуються в рамках інноваційного проєктів Enviro Cell – Rail, розроблений безпосередньо для потреб залізничної промисловості, вирішує проблему дефіциту потужності традиційних акумуляторів. Enviro Cell дозволяє локомотиву працювати за призначеним AESS (автоматична зупинка двигуна, запуск), забезпечуючи максимальну економію палива та екологічні переваги [11]. Іншим інноваційним проєктом, що спрямований на підтримку глобальної політики декарбонізації транспорту, є проєкт PEM компанії Hoeller Electrolyzer GmbH, в основі якого розроблення джерел зеленого водню, а саме полімерних електролітних мембран для зберігання водневих паливних елементів в електричних і гібридних локомотивах. Ця рішення збільшує продуктивність електролізу полімерними електролітними мембранами і знижує витрати на зберігання чистого водню [12].

У свою чергу, сучасні залізничні системи мобільного зв’язку, вдосконалені технологіями 5G, забезпечують якісний зв’язок та високу продуктивність, а також

надійність залізничної інфраструктури. Крім того, управління залізничним сполученням на основі 5G-зв'язку забезпечує ефективне управління рухом поїздів і системний моніторинг активів. Програми підключення поїздів охоплюють їх позиціонування, контроль, технічне обслуговування, сервіси для пасажирів і збір даних про пасажиропотоки. Зокрема пасажирам таке інноваційне рішення надає доступ до розваг та новин, інформації про подорожі за допомогою смарт-пристроїв або ноутбуків. Технологічні можливості платформи дозволяють підтримувати системність інформації про пасажирів, квитки, маршрути та камери відеоспостереження.

Для покращення якості обслуговування пасажирів залізничні компанії використовують автоматичне оформлення квитків і відеоспостереження, налаштовують служби доставки продуктів харчування в поїзди і створюють враження від перебування в готелях. Відеоспостереження виявляє крадіжки та допомагає оптимізувати пасажирське навантаження. Крім того, додатки для смартфонів і мобільних пристроїв автоматизують продаж квитків і порівняння цін для пасажирів. Бортові системи ще більше покращують бронювання в останню хвилину та контроль ідентифікації, а також призначення місць. Використовують компанії і біометричні рішення для продажу квитків.

Задоволенню зростаючого попиту на швидкі та якісні подорожі сприяє розбудова високошвидкісних залізниць. Високошвидкісне залізничне сполучення охоплює як проєктування та будівництво спеціальних високошвидкісних поїздів та ліній, так і передбачає адаптацію існуючої інфраструктури до використання такого рухомого складу, але на нижчій швидкості. Серед перспективних революційних високошвидкісних систем слід Hyperloop, які здатні розвивати швидкість понад 1000 км/год. Наразі багато компаній активно тестують і розробляють технологію Hyperloop. Зокрема у 2013 р. Ілон Маск представив власне бачення реалізації такого проєкту Hyperloop Alpha. Однак до експлуатаційної готовності такої залізничної технології за оцінками експертів потрібно ще щонайменше 7-8 років. В Європі випробувальна локація Hyperloop знаходиться в Мюнхені, Німеччина (TUM Hyperloop). У 2021 р. світовий ринок Hyperloop оцінювали в 1,2 млрд дол., а до 2026 р. очікують його зростання до 6,6 млрд дол. при темпі росту 40,4 % [13].

Перспективною є і технологія Maglev. На відміну від традиційних залізничних технологій, поїзди на магнітній подушці не мають коліс і замість цього використовують електромагнітні сили для забезпечення руху поїздів. Завдяки відсутності впливу сили тертя дані поїзди можуть рухатися на високій швидкості. Серед інших переваг слід відзначити використання альтернативних джерел живлення, що сприятиме зменшенню використання викопного палива для виробництва енергії та відповідних викидів. Також, відсутність тертя сприятиме зниженню зносу компонентів і витрат на технічне обслуговування.

Автоматизація залізничної галузі виходить за рамки автономної роботи поїздів. Інноваційні проєкти залізничних компаній стосуються розроблення роботизованих систем для очищення та обслуговування інфраструктури та технологій дронів для дистанційного огляду. Автоматизація контролю тяги запобігає затримкам і підвищує безпеку залізничної інфраструктури. Проєкти розумної автоматизації залізниць дозволяють залізничним компаніям оптимізувати ефективність використання активів, проводити системний моніторинг і технічне обслуговування, забезпечуючи покращений досвід і надійність залізниці для пасажирів.

Використання великих даних у залізничному секторі відкриває значні

можливості для взаємодії поїздів, прогнозної аналітики, управління активами, систем інформації про пасажирів і платформ керування даними. Завдяки розгортанню інтелектуальних залізничних датчиків збираються та аналізуються мільйони точок даних для подальшого підвищення безпеки, захисту та надійності залізничної інфраструктури. Здатність прогнозувати збої та несправності додатково дозволяє залізничним операторам планувати ремонти, підвищуючи доступність залізниці. Для цього більшість інноваційних проєктів орієнтовано на впровадження датчиків інтернету речей для збору даних для залізничної інфраструктури, включаючи вагони, колії та сигнальні пристрої. На можливостях технологій інтернету речей ґрунтуються й інноваційні рішення в сфері управління проєктами розвитку залізниць.

У свою чергу, застосування технологій доповненої та віртуальної реальності в залізничній галузі стосується процесів навчання персоналу, візуалізації дизайну та залучення клієнтів. Інтерактивні вікна поїздів надають інформаційно-розважальну інформацію та інформацію про маршрут, а мобільні додатки доповненої реальності (AR) дозволяють пасажирам брати участь у проєктуванні залізничної інфраструктури. Крім того, гарнітури віртуальної реальності (VR) роблять навчання більш захоплюючим та інформативним. Рішення AR і VR дозволяють залізничним компаніям скорочувати витрати на навчання персоналу та підвищувати задоволеність і лояльність пасажирів, збільшуючи їхні продажі. Наприклад інноваційним рішенням у сфері навчання персоналу є VR-платформа для навчання працівників транспорту.

Отже, ключові інноваційні тренди в залізничній галузі наразі ґрунтуються на використанні потенціалу цифрових технологій для підвищення ефективності роботи залізниць і орієнтовані не лише на підвищення рівня технологічності залізничної галузі, а й посилення відповідальності залізничних компаній за вплив на довкілля, впровадження глобальних напрямів декарбонізації діяльності транспорту. Враховуючи перспективність їх впровадження слід відзначити гостру потребу реалізації цифрових інноваційних трансформацій і на підприємствах залізничного транспорту України.

Висновки. Зважаючи на визначальну роль інновацій у стимулюванні прогресивних змін і забезпеченні розвитку підприємств залізничного транспорту досліджено глобальні інноваційні тренди розвитку суб’єктів залізничної галузі. Виявлено, що сьогодні ключові інноваційні зрушення у сфері залізничного транспорту викликані процесами цифровізації і стосуються впровадження прогресивних систем автономних поїздів, що підвищують ефективність і надійність залізничного транспорту, інтелектуального управління залізничним рухом на основі технологічних можливостей штучного інтелекту та інтернету речей, екологічних засобів і систем обслуговування, технологій управління пасажирським досвідом, засобів рейкової автоматизації та систем доповненої і віртуальної реальності тощо. Встановлено, що інноваційні зміни в залізничній галузі ґрунтуються на використанні потенціалу цифрових технологій для підвищення ефективності роботи залізниць і орієнтовані не лише на підвищення рівня технологічності залізничної галузі, а й посилення відповідальності залізничних компаній за вплив на довкілля, впровадження глобальних напрямів декарбонізації діяльності транспорту. Зважаючи на перспективність впровадження таких технологій відзначено доцільність реалізації цифрових інноваційних змін на підприємствах залізничного транспорту України.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дикань В. Л. Індустріально-інноваційні центри як основа технологічного розвитку українських залізниць. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. 2017. № 58. С. 7-9.
2. Каличева Н. Є. Теоретико-методологічні засади забезпечення конкурентоспроможності підприємств залізничного транспорту в умовах трансформації бізнес-середовища : дис. … д-р екон. наук: 08.00.04. Харків, 2019. 525 с.
3. Корінь М. В. Розвиток інфраструктури залізничного транспорту в умовах транскордонного співробітництва: монографія. Харків: УкрДУЗТ, 2019. 401 с.
4. Мних О. Б. Стратегічний контекст збалансованого розвитку підприємств залізничного транспорту на основі цифровізації. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. 2020. № 69. С. 135-146.
5. Обруч Г. В. Теоретико-методологічні аспекти забезпечення збалансованого розвитку підприємств залізничного транспорту в умовах цифровізації : дис. … д-р екон. наук: 08.00.04. Харків, 2022. 548 с.
6. Овчиннікова В. О. Стратегічне управління розвитком залізничного транспорту України : монографія. Х. : УкрДУЗТ, 2017. 427 с.
7. Токмакова І. В. Забезпечення гармонійного розвитку залізничного транспорту України : монографія. Х. : УкрДУЗТ, 2015. 403 с.
8. Improve safety and mobility at rail crossings. *trainfo.ca : website*. URL : https://trainfo.ca/.
9. Top AI Start-ups Working for the Betterment of Railway Industry. *analyticsinsight.net : website*. URL : https://www.analyticsinsight.net/top-ai-start-ups-working-for-the-betterment-of-railway-industry/.
10. CedarAI and Bourque Logistics Continue Collaboration. *prnewswire.com : website*. URL : https://www.prnewswire.com/news-releases/cedarai-and-bourque-logistics-continue-collaboration-301385716.html.
11. Rail Solutions. *coreenvironmental.com.au : website*. URL : https://www.coreenvironmental.com.au/energy-storage-solutions/envirocell-rail-solutions.html.
12. Hoeller Electrolyzer GmbH. *solarimpulse.com : website*. URL : https://solarimpulse.com/companies/hoeller-electrolyzer-gmbh.
13. New Transportation World Order: The Hyperloop. *aipo.ateneo.edu : website*. URL : https://www.aipo.ateneo.edu/post/new-transportation-world-order-the-hyperloop.

REFERENCES

1. Dykan V.L. (2017) Industrialjno-innovacijni centry jak osnova tekhnologhichnogho rozvytku ukrajinsjkykh zaliznycj [Industrial and innovative centers as the basis of technological development of Ukrainian railways]. *Visnyk ekonomiky transportu i promyslovosti*, vol. 58, pp. 7-9.
2. Kalycheva N. Ye. (2019) Teoretyko-metodologhichni zasady zabezpechennja konkurentospromozhnosti pidpryjemstv zaliznychnogho transportu v umovakh transformaciji biznes-seredovyshha [Theoretical and methodological bases of ensuring the competitiveness of railway transport enterprises in the conditions of transformation the business environment] (Doctor’s Thesis), Kharkiv.
3. Korin M. V. (2019) Rozvytok infrastruktury zaliznychnoho transportu v umovakh transkordonnoho spivrobitnytstva [Development of railway transport infrastructure in the context of cross-border cooperation]. Kharkiv: USURT.
4. Mnykh O. B. (2020) Stratehichnyi kontekst zbalansovanoho rozvytku pidpryiemstv zaliznychnoho transportu na osnovi tsyfrovizatsii [Strategic

context of balanced development of railway transport enterprises based on digitalization]. *Visnyk ekonomiky transportu i promyslovosti*, vol. 47, pp. 135-146.

5. Obruch H. V. (2022) Teoretyko-metodolohichni aspekty zabezpechennia zbalansovanoho rozvytku pidpryiemstv zaliznychnoho transportu v umovakh tsyfrovizatsii [Theoretical and methodological aspects of ensuring the balanced development of railway transport enterprises in the conditions of digitalization] (Doctor's Thesis), Kharkiv.

6. Ovchynnikova V. O. (2017) Stratehichne upravlinnia rozvytkom zaliznychnoho transportu Ukrainy [Strategic management of railway transport development in Ukraine]. Kharkiv: USURT.

7. Tokmakova I.V. (2015) Zabezpechennia harmonijnoho rozvytku zaliznychnoho transportu Ukrainy [Ensuring the harmonious development of railway transport in Ukraine], Kharkiv: USURT. (in Ukrainian).

8. Improve safety and mobility at rail crossings. *trainfo.ca : website*. URL : https://trainfo.ca/.

9. Top AI Start-ups Working for the Betterment of Railway Industry. *analyticsinsight.net : website*. URL : https://www.analyticsinsight.net/top-ai-start-ups-working-for-the-betterment-of-railway-industry/.

10. CedarAI and Bourque Logistics Continue Collaboration. *prnewswire.com : website*. URL : https://www.prnewswire.com/news-releases/cedarai-and-bourque-logistics-continue-collaboration-301385716.html.

11. Rail Solutions. *coreenvironmental.com.au : website*. URL : https://www.coreenvironmental.com.au/energy-storage-solutions/envirocell-rail-solutions.html.

12. Hoeller Electrolyzer GmbH. *solarimpulse.com : website*. URL : https://solarimpulse.com/companies/hoeller-electrolyzer-gmbh.

13. New Transportation World Order: The Hyperloop. *aipo.ateneo.edu : website*. URL : https://www.aipo.ateneo.edu/post/new-transportation-world-order-the-hyperloop.