

І. В. Гладких

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: (063)171 5009, E-mail: innagladkih59@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8674-2659>

Д. О. Брусило

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: (096)205 5692, E-mail: tyschkovez28@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9976-0793>

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ІННОВАЦІЙНОГО РЕЙКОВОГО ТРАНСПОРТУ У СВІТІ

У статті досліджуються перспективи впровадження інноваційного рейкового рухомого складу залізниць та міського транспорту у світі. Проаналізовано інноваційні рішення, що використовуються виробниками у новітніх технологіях рейкового транспорту, з акцентом на їхній потенціал у зменшенні викидів парникових газів та переході до екологічно чистих видів транспорту.

Проведено огляд найактуальніших тенденцій та технологій, таких як: Маглев (магнітна левітація); електрифікація та відновлювані джерела енергії; впровадження технології Інтернету речей та штучного інтелекту – інтелектуальне обслуговування та цифрова трансформація, використання штучного інтелекту для прогнозування технічного стану обладнання. Наприклад, такі технології, як Інтернет речей дозволяють оснащувати контейнери «розумними» сенсорами, які збирають та передають дані в режимі реального часу. Це дає можливість відстежувати безліч параметрів, включаючи: розташування контейнера за допомогою GPS, температуру та вологість всередині контейнерів рефрижераторів, стан вантажу, рівень вібрації або потрапляння світла (що може свідчити про спробу відкриття вантажу) та багато іншої інформації необхідної для безпеки руху. Така прозорість дозволяє вантажовідправникам та перевізникам своєчасно реагувати на будь-які відхилення.

Також висвітлюється інтеграція штучного інтелекту в управлінні пасажиропотоками в міському залізничному транспорті. Моделі, що поєднують графові нейронні мережі, дозволяють точно прогнозувати пасажиропотоки в міському залізничному транспорті.

А також, екологічні інновації – перехід від дизеля на гібридні та автономні потяги. Одним із найперспективніших напрямків для подолання цих викликів є розвиток водневих та гібридних технологій. Використання водневих

© Гладких І.В., Брусило Д.О., 2025

технологій у залізничному транспорті набуває все більшої популярності серед провідних компаній світу, які прагнуть зменшити викиди CO₂ та підвищити енергоефективність. Цей вид транспорту демонструє значний потенціал для зниження викидів парникових газів і поступової заміни дизельних локомотивів.

***Ключові слова:** інноваційний рейковий транспорт, технології Інтернету речей, штучний інтелект, цифрова трансформація, водневий двигун, екологічні рішення, дослідження та інновації.*

Вступ та постановка проблеми. Глобальні виклики, пов'язані з кліматичними змінами та екологічною нестабільністю, змушують транспортну індустрію шукати нові, більш сталі рішення. Основне завдання сьогодення в умовах інтеграції України в Європейський простір є відповідність транспорту та транспортних комунікацій держави з найменшими витратами та збереженням національного інтелектуального фонду. На основі постійного аналізу ринкових тенденцій розробляються стратегії щодо освоєння нових напрямків діяльності і випуску нової науково-технічної продукції, яка була б корисна для потенційних замовників.

Аналіз останніх досліджень. Останні дослідження в галузі інновацій рейкового транспорту демонструють активний розвиток у кількох ключових напрямках: магнітна левітація, штучний інтелект, екологічна модернізація, цифрова трансформація, а також вдосконалення інфраструктури [1].

Мета статті. Метою цієї роботи є аналіз стану світових тенденцій та перспектив розвитку інноваційного рейкового рухомого складу залізниць шляхом пошуку цілеспрямованих досліджень та інновацій, а також ринкових рішень прискорення інтеграції нових та передових технологій в інноваційні рішення для залізничної продукції.

Матеріал та результати досліджень.

Інноваційний рейковий транспорт – це майбутнє, яке вже починає втілюватись у життя. Він поєднує в собі екологічність, швидкість, комфорт і технологічність. Це ключовий напрям у сфері сталого розвитку інфраструктури та мобільності.

Наразі відстежуються деякі перспективні напрями його розвитку, які зменшують забруднення навколишнього середовища, оптимізують рух поїздів і витрати на експлуатацію. Такі як:

1. Маглев (магнітна левітація)

Найвідоміше застосування магнітної левітації – це високошвидкісні поїзди. Поїзди на магнітній подушці, Maglev (від слів «magnetic levitation») – найшвидший вид наземного громадського транспорту. Розвитку технології магнітної левітації присвячені наступні роботи [2, 3].

Перші експерименти були проведені в Японії у 1960-70-ті роки. Магнітолевітаційні поїзди використовують магнітні поля для руху без контакту з рейками. Це дозволяє досягати надвисоких швидкостей (понад 600 км/год) з мінімальним зносом і шумом.

В основі сучасних проектів технологій магнітного підвісу лежать три основні підсистеми: левітації, стабілізації і прискорення. У той же час на даний момент існує дві основні технології магнітного підвісу і одна експериментальна, доведена лише на папері (рис. 1, 2).

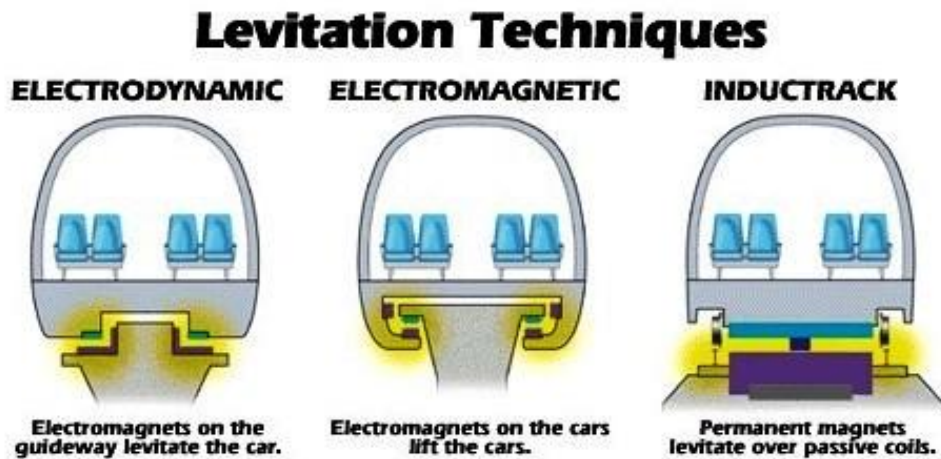


Рис. 1. Технології магнітного підвісу

Потяги, побудовані на базі технології електромагнітного підвісу (EMS) для левітації використовують регульовані електромагніти постійного струму. При цьому практична реалізація даної системи схожа на роботу звичайного залізничного транспорту, але замість колісних пар використовується система електромагнітів – опорних і напрямних.

У разі застосування технології електродинамічного підвісу (EDS) левітація здійснюється при взаємодії магнітного поля, створюваного надпровідними магнітами на борту потягу з електропровідним полотном. На базі технології EDS побудовані японські поїзди JR-Maglev.

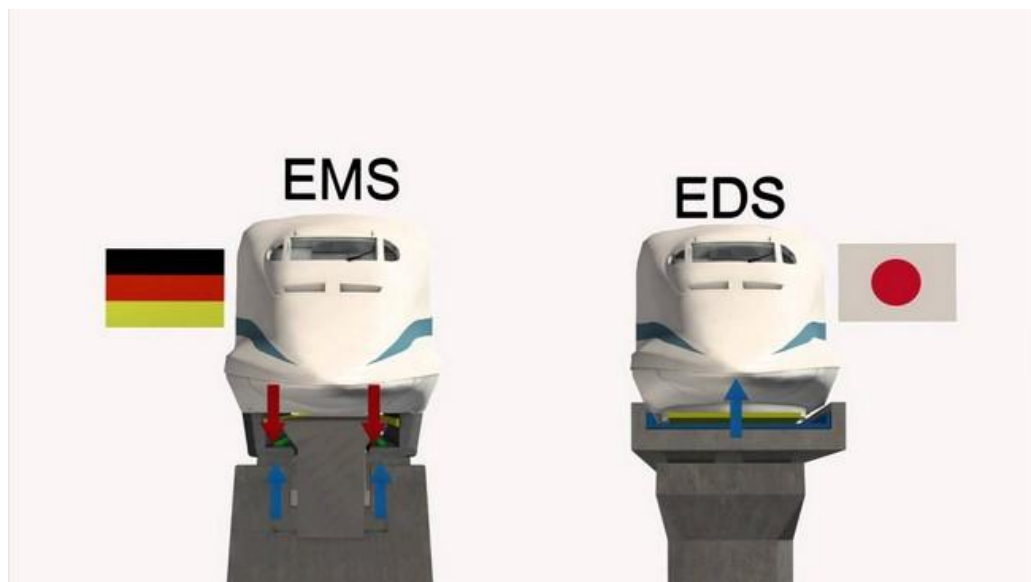


Рис. 2. Технології електромагнітного підвісу (EMS) та електродинамічного підвісу (EDS)

Поїзд на магнітній подушці Linimo, експлуатація якого почалася в березні 2005 року, був розроблений компанією Chubu HSST і досі використовується в Японії. Він курсує між двома містами префектури Аїті. Протяжність полотна, над яким летить Maglev, становить близько 9 км (9 станцій). При цьому максимальна швидкість Linimo дорівнює 100 км/год. Це не завадило йому тільки протягом перших трьох місяців з моменту запуску перевезти понад 10 млн пасажирів.

На даний момент перший рядок у списку найшвидших поїздів на магнітній подушці утримує японське рішення JR-Maglev MLX01, якому 2 грудня 2003 року на випробувальній трасі в Яманасі вдалося розвинути рекордну швидкість – 581 км/год.

Серед поїздів на магнітній подушці, експлуатація яких розпочнеться в найближчому майбутньому, варто відзначити Maglev L0 в Японії, його випробування були відновлені зовсім нещодавно. Очікується, що до 2027 року він буде курсувати за маршрутом Токіо – Нагоя [4].

Китай – активно розвиває маглеви; є діючий маршрут Шанхай – аеропорт Пу-дун. Перша у світі комерційна залізнична лінія на магнітній підвісі. З'єднує станцію шанхайського метро «Лун'ян Лу» з міжнародним аеропортом Шанхай-Пудун. Потяг долає відстань 30 км за 8 хв. 01 сек., розганяючись до швидкості 431 км/год, на якій тримається протягом приблизно 1,5 хв. [5].

2. Розумні залізничні системи

Впровадження IoT та AI.

Сучасні контейнерні перевезення перебувають на порозі глобальної трансформації. Технології Інтернету речей (IoT) та штучного інтелекту (AI) стрімко впроваджуються в цю галузь, допомагаючи оптимізувати процеси, підвищувати безпеку та знижувати витрати.

Наприклад: Технології IoT дозволяють оснащувати контейнери «розумними» сенсорами, які збирають та передають дані в режимі реального часу. Це дає можливість відстежувати безліч параметрів, включаючи:

- Розташування контейнера за допомогою GPS.
- Температуру та вологість всередині контейнерів рефрижераторів.
- Стан вантажу – наприклад, рівень вібрації або потрапляння світла (що може свідчити про спробу відкриття вантажу).

Така прозорість дозволяє вантажовідправникам та перевізникам своєчасно реагувати на будь-які відхилення.

AI у контейнерній логістиці стає незамінним інструментом для обробки величезних обсягів даних та прийняття рішень. Його ключові застосування включають:

а) Прогнозування попиту

Штучний інтелект аналізує історичні дані, погодні умови, тренди у торгівлі та інші фактори для прогнозування завантаження портів. Це допомагає компаніям заздалегідь розподіляти ресурси, уникаючи навантаження терміналів.

б) Оптимізація маршрутів

Алгоритми AI враховують поточні умови на маршрутах – погоду, стан портів і трафік – і пропонують найефективніші шляхи проходження. Це знижує витрати на паливо та прискорює доставку.

в) Розпізнавання пошкоджень

Камери та системи машинного зору на терміналах можуть автоматично виявляти пошкодження контейнерів, заощаджуючи час на ручний огляд. AI аналізує зображення та повідомляє про необхідність ремонту.

г) Боротьба з шахрайством та крадіжками

Системи AI здатні аналізувати поведінку користувачів та сенсорів для виявлення підозрілих дій, таких як спроби відкриття контейнера або підробки даних про його розташування.

Інтеграція IoT, штучного інтелекту, систем управління трафіком дозволяє: оптимізувати рух поїздів, зменшити аварійність, підвищити енергоефективність [6].

Інтеграція штучного інтелекту в управління пасажиропотоками стає більш актуальною. Моделі, що поєднують графові нейронні мережі, ResNet та LSTM, дозволяють точно прогнозувати пасажиропотоки в міському залізничному транспорті, враховуючи фактори, такі як погода та якість повітря. Такі технології сприяють оптимізації розкладів, зменшенню заторів та підвищенню комфорту пасажирів. Переваги виходять за межі підвищення ефективності й охоплюють покращену видимість, економію коштів, покращене прийняття рішень, управління ланцюгом постачання та більшу гнучкість. Перехід до цифрових послуг у транспортному секторі є неминучим і має першочергове значення для сталого зростання та конкурентоспроможності. [7]

3. Електрифікація та відновлювані джерела енергії

Перехід на електротягу, зокрема із використанням сонячної та вітрової енергії, зменшує вуглецевий слід. А нові акумуляторні технології дозволяють навіть відмовлятися від контактної мережі.

Сонячні панелі на дахах поїздів – для живлення бортових систем (освітлення, вентиляція, інфо-табло). Сонячні електростанції уздовж колій – для постачання електроенергії на тягові підстанції. Живлення залізничних станцій та депо – зменшення споживання від центральної енергосистеми.

Наприклад: в Індії експлуатуються вагони з сонячними панелями, а в Австралії у місті Байрон-Бей діє повністю сонячний потяг (на короткому маршруті).

Вітрова енергія використовується для живлення інфраструктури – освітлення станцій, сигналізація, інформаційні системи. Вітрові турбіни поблизу залізничних колій подають електроенергію до контактної мережі. Наприклад, Нідерланди вже з 2017 року всі електропоїзди NS (Dutch Railways) використовують виключно енергію з вітрових турбін. Залізниці в цій країні, в основному, управляються компанією Nederlandse Spoorwegen (NS), досягли важливої віхи, ставши першою залізничною мережею у світі, яка у 100% своїх поїздів використовує енергію вітру [8].

Інтеграція відновлюваних джерел у залізничну інфраструктуру – це не просто тренд, а **частина глобальної енергетичної трансформації**.

Іспанський залізничний оператор Renfe планує побудувати сонячну панель потужністю 20 МВт для живлення своїх поїздів. Більша частина виробленої електроенергії буде використовуватися для тяги поїздів, а надлишок буде продаватися на ринку. У 2023 році оператор отримав від Aenor сертифікат Carbon Neutral для електричних пасажирських і вантажних поїздів, який гарантує, що всі поїзди Renfe працюють на 100% відновлюваній енергії [9].

Компанія SNCF Gares&Connexions планує розгорнути 1,1 мільйона м² сонячних панелей на території залізничної станції до 2030 року. Вони розпочали загальнонаціональні консультації щодо встановлення сонячних панелей на території перших 156 французьких станцій, щоб визначити першого промислового партнера. Сонячна енергія на станціях може збільшити частку зеленої енергії залізниці [10].

4. Гібридні та автономні потяги

Традиційні дизельні та навіть електричні поїзди, попри їхні переваги, не завжди є екологічно безпечними або економічно доцільними, особливо в регіонах із обмеженою електрифікацією залізничної інфраструктури. Одним із найперспективніших напрямків для подолання цих викликів є розвиток водневих та гібридних технологій [11].

Аналіз останніх досліджень, що були проведені в різних містах та країнах, показав, що використання відновлюваного палива може значно зменшити шумове забруднення та викиди, що створюються громадським транспортом. Якщо Європа збільшить кількість водневих автобусів удвічі, це дозволить зменшити витрати на інфраструктуру та пришвидшити впровадження технології загалом. Це відкриває нові перспективи для залізничного транспорту, де водневі поїзди можуть конкурувати за ефективністю з дизельними аналогами.

Поширення водню не обмежується лише автомобільним громадським транспортом: зустрічаються приклади водневих поїздів і кораблів. Вважається, що за витратами водневі поїзди можуть конкурувати із дизельними поїздами, існує навіть окрема ініціатива Спільного підприємства «Shift2Rail», яка підтримує розширення використання водневих поїздів у Європі. Провідні суднохідні оператори та виробники також вивчають доцільність використання водню; понад 120 компаній створили коаліцію «GettingtoZero», яка прийняла на себе амбіційне зобов'язання розробити проект комерційно вигідних суден з нульовими викидами. В даний час діють пробні проекти використання водневих паромів в Норвегії, Німеччині та Бельгії.

Використання водневих технологій у залізничному транспорті набуває все більшої популярності серед провідних компаній світу, які прагнуть зменшити викиди CO₂ та підвищити енергоефективність. Цей вид транспорту демонструє значний потенціал для зниження викидів парникових газів і поступової заміни дизельних локомотивів. Водневі поїзди забезпечують екологічно чистий вид транспорту, працюючи на водні та виділяючи лише воду як побічний продукт, що робить їх привабливими для регіонів із частковою електрифікацією або складними ландшафтами.

Нижче наведено основні приклади впровадження водневих технологій світовими виробниками – лідерами в залізничному секторі:

- Французька компанія Alstom – пасажирський поїзд на водневих паливних елементах – **Coradiai Lint**.
- Siemens Mobility – поїзд **Mireo Plus H**.
- Компанія Talgo – поїзд **Talgo 250**.
- Hyundai Rotem показала водневий **трамвай H₂**.
- Водневий поїзд **CINOVA H2** від CRRC та оновлений **ETR 1000** від Hitachi Rail.
- Компанія Deutz представила новий водневий **двигун TCG 7.8 H₂** (рис. 3), потужністю 200 кВт.
- Залізничний **автобус RS ZERO** (рис. 4) від компанії Stadler, оснащений водневими двигунами Deutz.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

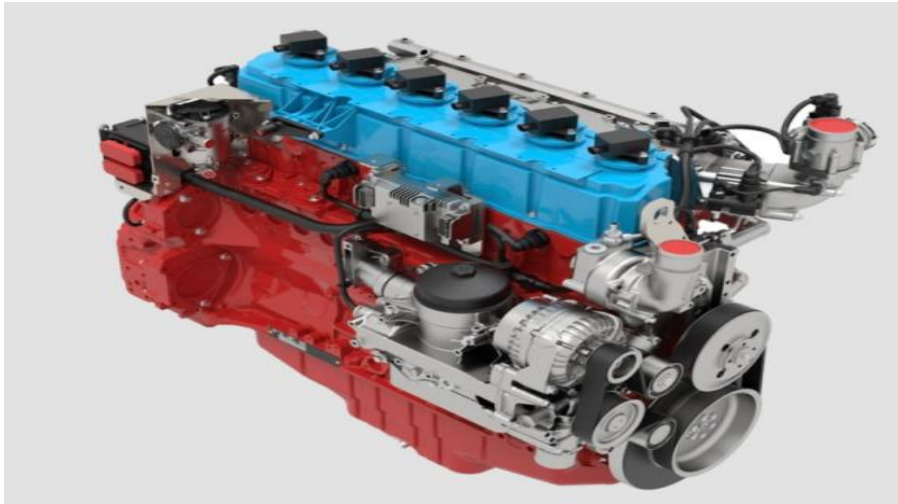


Рис. 3. Водневий двигун TCG 7.8 H₂ від компанії Deutz



Рис. 4. Гібридний потяг RS ZERO

- Компанії Vossloh Rolling Stock і Duisportrail представили **Modula BFC** (рис. 5), новий локомотив на акумуляторно-водневих паливних елементах
- Локомотив **SM42-6 Dn** – результат співробітництва компанії Pesa із залізницями Польщі та компанією PKN Orlen.
- Компанія Canadian Pacific Kansas City (CPKC) нещодавно провела перші випробування водневих локомотивів **CP 1200** (рис. 6), які можуть змінити ринок вантажоперевезень.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД



Рис. 5. Локомотив на акумуляторно-водневих паливних елементах Modula BFC



Рис. 6. Водневі локомотиви СРКС на випробуваннях

Нині водень претендує на статус одного з основних каталізаторів енергетичної трансформації у напрямку сталого розвитку суспільства із всеохоплюючим застосуванням відновлювальних джерел енергії. За прогнозами експертів, до 2050 р. попит на водень тільки в Європі має зрости у вісім разів порівняно з 2020 р. (до 2500 ТВт·год на рік) [12].

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Висновок.

Інновації в рейковому транспорті спрямовані на підвищення швидкості, комфортності, безпеки, екологічності та ефективності перевезень. Впровадження цифрових технологій, альтернативних джерел енергії та системи штучного інтелекту є ключовими напрямками тенденцій розвитку галузі.

На основі постійного аналізу ринкових тенденцій розробляються стратегії щодо освоєння нових напрямків розвитку галузі і випуску нової науково-технічної продукції, яка була б корисна для потенційних замовників.

Для України важливо адаптувати ці тенденції, враховуючи національні особливості та потреби. Адаптація інновацій у залізничному транспорті України – це процес пристосування світових технологічних рішень до українських реалій: технічних, економічних, законодавчих та інфраструктурних. Це не просто впровадження нових технологій, а їх осмислене перенесення з урахуванням національних особливостей. Не тільки технічне копіювання, а глибока інтеграція нових рішень у національний контекст, координація між державою, приватним сектором, наукою та громадським суспільством.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДР № 0125U001177 Звіт про НДР «Аналіз стану, тенденцій і перспектив розвитку галузі з науково-технічного напрямку «Рейковий рухомий склад залізниць» / керівник Сулим А. О., викон. Гладких І. В., Брусило Д. О. Кременчук: ДП «УкрНДІВ», 2024. 43 С.
2. Скрипин В. Поезда на магнитной подушке – транспорт, способный изменить мир. URL: <https://itc.ua/articles/poezda-na-magnitnoy-podushke-transport-sposobnyi-izmenit-mir/>
3. Теряев В. І., Ліберт Н. Є. Монорейки КПП: історія магнітного польоту. Київський політехнік. Газета НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського». 2018. № 3 (3219). С. 6–7. URL: <https://kpi.ua/monorail>
4. Потяги на магнітної подушці – транспорт майбутнього. URL: <https://epa.kpi.ua/science/interesting-info/maglev/>
5. Шанхайський маглев [Електронний ресурс] // Вікіпедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D0%B0%D0%BD%D1%85%D0%B0%D0%B9%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BB%D0%B5%D0%B2
6. Як технології IoT та штучний інтелект змінюють управління контейнерними перевезеннями. URL: <https://uk.container-trade.net/kak-tehnologii-iot-i-iskusstvennyj-intellekt-menyayut-upravlenie-kontejnernymi-perevozkami/>
7. Ложачевська О. М., Марціпака В. М. Інноваційний розвиток транспортного комплексу в умовах цифрової трансформації. Проблеми сучасних трансформацій. Серія: економіка та управління. 2023. № 10. DOI: <https://doi.org/10.54929/2786-5738-2023-10-04-10>
8. Як потяги в Голландії працюють на 100% від енергії вітру. URL: https://uk.renovablesverdes.com/los-trenes-holanda-funcionan-al-100-energia-eolica/#google_vignette
9. Оператор Renfe прагне стати більш енергонезалежним, будуючи сонячні електростанції. URL: <https://www.railtech.com/policy/2023/10/09/renfe-aims-to-become-more-energy-independent-by-building-solar-plants/>
10. SNCF to install solar panels on 1.1 million m2 of station areas by 2030. URL: <https://www.railtech.com/infrastructure/2022/02/23/sncf-to-install-solar-panels-on-1-1-million-m2-of-station-areas-by-2030>
11. Брусило Д. О., Гладких І. В. Водневі технології у залізничному транспорті: аналіз перспектив впровадження на основі інноваційних рішень, представлених на InnoTrans 2024. Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад». 2018. Вип. 29. С. 61-71. DOI: <https://doi.org/10.47675/2304-6309-2024-29-61-71>
12. Водневі локомотиви СРКС: перші випробування та майбутнє залізничного транспорту. URL: <https://www.railway.supply/uk/vodnevi-lokomotivi-cpkc-pershi-viprobuvannya-ta-majbutnje-zaliznichnogo-transportu>

I. V. Hladkykh

State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»,
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
Tel.: (063) 171 5009, E-mail: innagladkih59@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8674-2659>

D. O. Brusylo

State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»,
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
Tel.: (096) 205 5692, E-mail: tyschkovez28@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9976-0793>

PROMISING PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF INNOVATIVE RAIL TRANSPORT IN THE WORLD

The article examines the prospects for the introduction of innovative rail rolling stock for railways and urban transport in the world. The innovative solutions used by manufacturers in the latest rail transport technologies are analysed, with an emphasis on their potential to reduce greenhouse gas emissions and transition to environmentally friendly modes of transport.

An overview of the most relevant trends and technologies, such as: Maglev (magnetic levitation); electrification and renewable energy sources; introduction of the Internet of Things and artificial intelligence, that is, intelligent maintenance and digital transformation, use of artificial intelligence to predict the technical condition of equipment.

For example, technologies such as the Internet of Things allow containers to be equipped with smart sensors that collect and transmit data in real time. This makes it possible to track many parameters, including: the location of the container using GPS, temperature and humidity inside refrigerated containers, the condition of the cargo, the level of vibration or light (which may indicate an attempt to open the cargo) and much more information necessary for traffic safety. This transparency allows shippers and carriers to respond to any deviations in a timely manner.

The article also highlights the integration of artificial intelligence in the management of passenger flows in urban rail transport. Models that combine graph neural networks allow for accurate forecasting of passenger flows in urban rail transport.

And also, environmental innovations, i.e., transition from diesel to hybrid autonomous trains. One of the most promising areas for overcoming these challenges is the development of hydrogen and hybrid technologies. The use of hydrogen technologies in railway transport is becoming increasingly popular among the world's leading companies seeking to reduce CO₂ emissions and increase energy efficiency. This mode of transport demonstrates significant potential for reducing greenhouse gas emissions and gradually replacing diesel locomotives.

Keywords: innovative rail transport, Internet of Things technologies, artificial intelligence, digital transformation, hydrogen engine, environmental solutions, research and innovation.

REFERENCES

1. Hladkykh, I. V., & Brusylo, D. O. (2024). Analiz stanu, tendentsii i perspektiv rozvytku haluzi z naukovo-tekhnichnoho napriamu «Reikovy rukhomyi sklad zaliznyts DR №0125U001177 [Report on the research work 'Analysis of the state, trends and prospects for the development of the industry in the scientific and technical direction 'Rail rolling stock of railways DR №0125U001177']. Sulym A. O. (Ed.) Kremenчук: SE «UkrNDIV», 43 [in Ukrainian]
2. Skripin V. Poezda na magnitnoi podushke – transport, sposobnyj izmenit mir [Magnetic cushion trains - transport that can change the world]. Retrieved from: <https://itc.ua/articles/poezda-na-magnitnoy-podushke-transport-sposobnyiy-izmenit-mir/>
3. Teriaiev, V. I., & Libert, N. E. (2018). Monoreiky KPI: istorii a mahnytnoho polotu [KPI monorails: the history of magnetic flight]. Kyivskyi politekhnika. Hazeta NTUU «KPI im. Ihoria Sikorskoho» - Kyiv Polytechnic. Newspaper of NTUU 'KPI', 3 (3219), 6-7. Retrieved from: <https://kpi.ua/monorail> [in Ukrainian]
4. Potiagy na mahnytnoi podushtsi – transport maibutnoho [Trains on a magnetic cushion - transport of the future. Retrieved from: <https://epa.kpi.ua/science/interesting-info/maglev/> [in Ukrainian]
5. Shangkhaisky mahlev [Shanghai Maglev]. Vikipediia - Wikipedia. Retrieved from: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D0%B0%D0%BD%D1%85%D0%B0%D0%B9%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BB%D0%B5%D0%B2 [in Ukrainian]
6. Yak tekhnolohii IoT ta shtuchnyi intelekt zminiuiut upravlinnia konteineronymy perevezenniamy [How IoT technologies and artificial intelligence are changing the management of container transportations]: Retrieved from: <https://uk.container-trade.net/kak-tehnologii-iot-i-iskusstvennyj-intellekt-menyayut-upravlenie-kontejnernymi-perevozkami/> [in Ukrainian]
7. Lozhachevska, O. M., & Martsipaka, V. M. (2023). Innovatsiyni rozvytok transportnoho kompleksu v umovakh tsyfrovoi transformatsii [Innovative development of the transport complex in the context of digital transformation]. Problemy suchasnykh transformatsii. Seriya: ekonomika ta upravlinnia - Problems of modern transformations. Series: Economics and Management, 10. Retrieved from: <https://reicst.com.ua/pmt/article/view/2023-10-04-10> DOI: <https://doi.org/10.54929/2786-5738-2023-10-04-10> [in Ukrainian]
8. Yak potiagy v Hollandi pratsuiut na 100% vid enerhii vitru [How trains in Holland run on 100% wind power]. Retrieved from: https://uk.renovablesverdes.com/los-trenes-holanda-funcionan-al-100-energia-eolica/#google_vignette [in Ukrainian]
9. Operator Renfe prahne staty bilsh enerhonezaleznyym, buduichy soniachni elektrostantsii [Renfe aims to become more energy independent by building solar power plants]. Retrieved from: <https://www.railtech.com/policy/2023/10/09/renfe-aims-to-become-more-energy-independent-by-building-solar-plants/> [in Ukrainian]
10. SNCF to install solar panels on 1.1 million m2 of station areas by 2030. Retrieved from: <https://www.railtech.com/infrastructure/2022/02/23/sncf-to-install-solar-panels-on-1-1-million-m2-of-station-areas-by-2030>
11. Brusylo, D. O., & Hladkykh I. V. (2024) Vodnevi tekhnolohii u zaliznychnomu transporti: analiz perspektiv vprovadzhennia na osnovi innovatsiynykh rishen, predstavlenykh na InnoTrans. Zbirnyk naukovykh prats SE «UkrNDIV» «Reikovy rukhomyi sklad» - Collection of scientific papers of SE «UkrNDIV» Railbound rolling stock, 24, 7–20. Kremenчук: SE «UkrNDIV». DOI: <https://doi.org/10.47675/2304-6309-2024-29-61-71> [in Ukrainian]
12. Vodnevi lokomotyvy CPKC: pershi vyprobuvannia ta maibutnie zaliznychnoho transportu [CPKC hydrogen locomotives: first tests and the future of rail transport]. Retrieved from: <https://www.railway.supply/uk/vodnevi-lokomotivi-cpkc-pershi-viprobuvannya-ta-majbutn%D1%94/> [in Ukrainian]