

### ***І. В. Гладких***

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна  
Тел.: +380631715009, 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  
Тел.: +380962055692, E-mail: tyschkovez28@gmail.com  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9976-0793>

## СУЧАСНІ СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ГАЛУЗІ У ФОКУСІ МІЖНАРОДНИХ ПОДІЙ

*Сучасна залізнична індустрія переживає період значних змін, зумовлених потребами сталого розвитку, зростанням пасажирських і вантажних потоків, а також впровадженням новітніх технологій. Рейковий рухомий склад, який є основою залізничної системи, активно модернізується в багатьох країнах світу.*

*Попередній рік став важливим етапом розвитку світової залізничної індустрії. Продовжується тенденція переходу на екологічно чисті технології, цифровізацію, автоматизацію та інтеграцію залізничних мереж у міжнародні логістичні коридори. У центрі міжнародних подій і тенденцій розвитку галузі – підвищення енергоефективності, безпеки, модульності та універсальності перевезень, а також інтеграція у міжнародні транспортні коридори.*

*Метою цієї роботи є аналіз світових тенденцій і перспектив розвитку інноваційного рейкового рухомого складу шляхом вивчення цілеспрямованих досліджень, інновацій та ринкових рішень щодо прискорення інтеграції нових і передових технологій у залізничну продукцію.*

*Однією з головних тенденцій є зменшення викидів та підвищення енергоефективності. На багатьох європейських маршрутах активно впроваджують електропоїзди з батарейними та гібридними системами, що дозволяє зменшити залежність від викопного палива. Японія та Німеччина експериментують із використанням водневих локомотивів, які практично не забруднюють навколишнє середовище. Інновації у сфері цифрових технологій сприяють підвищенню безпеки та ефективності руху. Використання систем автоматичного управління поїздами та цифрових датчиків дає змогу контролювати стан рухомого складу в реальному часі. У Нідерландах та Франції впроваджують цифрові «розумні» колії, які передають дані про навантаження, температуру та стан рейок.*

*Сучасні потяги орієнтовані на комфорт пасажирів. Високошвидкісні потяги, такі як французькі TGV та японські Shinkansen, вже досягають швидкості*

© Гладких І. В., Брусило Д. О., 2026

*понад 300 км/год. Інноваційні рішення включають покращену шумоізоляцію, ергономічні сидіння, бездротовий інтернет та інтерактивні інформаційні системи на борту.*

*Сучасні виробники створюють модульні потяги, які легко адаптуються до різних маршрутів і потреб перевезень. Це дає змогу швидко змінювати конфігурацію вагонів відповідно до пасажиропотоку чи виду вантажу.*

*У світі активно розвивається інтеграція залізниць у міжнародні логістичні мережі. Особливо це помітно в межах ініціативи «Один пояс, один шлях», де маршрути між Європою та Азією стали важливими для вантажних перевезень.*

*Ключові слова: рейковий транспорт, екологічність, цифрова трансформація, радіоканальне управління поїздами, енергоефективність.*

**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: штучний інтелект, екологічна модернізація, цифрова трансформація, радіоканальне управління поїздами, енергоефективність, а також інтермодальність транспорту [1].

Перспективним інноваціям на залізничному транспорті присвячені роботи багатьох вітчизняних та зарубіжних вчених. У статті [2] автором проведено огляд передових технологій на залізничному транспорті, спрямованих на підвищенні рівня їх інтелектуальності, безпечності та екологічності. Розглянуті питання запровадження нових технологій руху, удосконалення інформаційно-телекомунікаційних систем, використання промислового інтернету та сучасних енергоефективних рішень. Доповідь автора [3] присвячена новітній концепції та сервісам мережі мобільного зв'язку 5G (ІМТ-2020). Представлені основні вимоги та концептуальні підходи до побудови транспортної мережі мобільного зв'язку 5G для забезпечення цих сервісів.

В статтях [4, 5] автори досліджують тенденції розвитку інтермодальної логістики та адаптації залізничної інфраструктури до кліматичних викликів. Автори відмічають, що позитивну роль в процесі надання послуг з перевезення вантажів відіграє удосконалення інформаційних систем, підвищення рівня взаємодії між різними видами транспорту, оптимізація логістичних процесів.

Проведений огляд попередніх публікацій показує, що здебільшого науковці окреслюють загальну проблематику, з якою стикається залізничний транспорт в процесі запровадження перспективних інноваційних рішень.

**Мета статті.** Метою даної статті є аналіз сучасних міжнародних подій та тенденцій розвитку залізничної галузі у 2025 році, а також дослідження тенденцій та інновацій у сфері рейкового рухомого складу, зокрема у галузі цифрової трансформації, радіоканального управління поїздами, а також, підвищення енергоефективності та інтермодальності транспорту.

**Матеріал та результати досліджень.** Інноваційний рейковий транспорт – це майбутнє, яке вже починає втілюватись у життя. Він поєднує в собі екологічність,

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

швидкість, комфорт і технологічність. Це ключовий напрям у сфері сталого розвитку інфраструктури та мобільності.

Далі наведено огляд основних міжнародних подій та тенденції розвитку залізничної галузі у 2025 році.

У 2025 році залізнична галузь розвивалася в умовах активної міжнародної взаємодії, що проявилось у проведенні низки профільних форумів, виставок, самітів і конференцій, присвячених питанням розвитку інфраструктури, рухомого складу, цифровізації, енергоефективності та сталого транспорту. Ці заходи стали важливими майданчиками для обміну досвідом, презентації інноваційних рішень і формування стратегічних напрямів розвитку галузі.

На початку року відбулися заходи, спрямовані на вдосконалення управління пропускнуною спроможністю та міжнародною координацією залізничного руху. Зокрема, у січні у Відні пройшов саміт RailNetEurope, у межах якого було розглянуто питання регулювання пропускнуною спроможності, управління рухом поїздів та цифрових інструментів координації між інфраструктурними операторами [6].

У лютому в Брюсселі відбулися події, присвячені інвестиційній політиці та стратегічному розвитку залізничного транспорту Європейського Союзу. Проведення церемонії European Railway Award та тематичних дебатів у Європарламенті засвідчило зростаючу роль залізничного транспорту як ключового елементу сталої мобільності, конкурентоспроможності економіки та досягнення кліматичних цілей [7].

У березні значна увага була приділена розвитку інтермодальної логістики та адаптації залізничної інфраструктури до кліматичних викликів. У Німеччині відбувся міжнародний форум Europe–Asia Intermodal Logistics, де обговорювалися питання формування нових транспортних коридорів між Європою та Азією. Водночас у штаб-квартирі Міжнародного союзу залізниць (UIC) у Парижі розглядалися стратегії адаптації залізничної інфраструктури до екстремальних погодних умов і змін клімату [8].

Протягом весни та літа 2025 року відбулися заходи, спрямовані на розвиток міжнародного співробітництва та відновлення транспортної інфраструктури України. Зокрема, було проведено Український транспортний форум в Одесі, а також Міжнародну конференцію з питань відновлення України (URC2025) у Римі, де обговорювалися питання модернізації транспортної системи, залучення інвестицій і інтеграції України до європейського транспортного простору.

У другій половині року ключову роль відігравали міжнародні спеціалізовані виставки та саміти, присвячені рухомому складу, залізничному обладнанню, цифровим рішенням та інноваціям. Серед них – виставки TRAKO у Польщі (рис. 1, 2), EXPO Ferroviaria в Італії, International Railway Equipment Exhibition в Індії та Rail Live в Іспанії. Ці заходи продемонстрували актуальні тенденції розвитку залізничної галузі, зокрема впровадження енергоефективних технологій, автоматизації, систем моніторингу та нових матеріалів для рухомого складу.

Загалом проведені у 2025 році міжнародні заходи засвідчили посилення ролі залізничного транспорту у забезпеченні сталого розвитку, підвищенні енергоефективності та інтеграції національних транспортних систем у глобальні логістичні мережі. Для України участь у таких подіях створила передумови для запозичення передового досвіду, впровадження інноваційних рішень та формування стратегічних напрямів розвитку залізничної галузі [9].

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД



а)



б)

**Рис. 1. Сучасні зразки інноваційного рейкового рухомого складу**

- а) багатосистемний електровоз Gama з дизельним модулем для маневрової та автономної роботи  
б) електропоїзд Elf, призначений для приміських і регіональних пасажирських перевезень



**Рис. 2. Siemens Mobility вперше представила в Польщі Vectrain – транспортний засіб, що поєднує локомотив Vectron із сучасними вагонами Vectouro, включаючи вагон керування**

### ***Інноваційні рішення у конструкції та матеріалах рухомого складу***

У червні 2025 року компанія Alstom, один із провідних світових виробників рухомого складу та комплексних залізничних рішень, оголосила про стратегічне партнерство з компанією Outokumpu – міжнародним лідером у виробництві нержавної сталі з фокусом на зниження вуглецевого сліду. Співпраця спрямована на впровадження низьковуглецевої нержавної сталі у виробництво вагонів метро серії Metropolis та є складовою довгострокової екологічної стратегії Alstom. Відповідно до екодизайнерських принципів компанії, до 2030 року передбачено скорочення викидів CO<sub>2</sub> на 30 % у частині закупівель матеріалів і послуг, а практичне використання нових матеріалів у серійному виробництві заплановано з 2026 року.

Ключовим елементом партнерства стало застосування інноваційної нержавіючої сталі Circle Green виробництва Outokumpu, яка характеризується суттєво зниженим вуглецевим слідом порівняно з традиційними марками сталі. Досягнення такого ефекту забезпечується завдяки високій частці вторинної сировини та оптимізованим виробничим процесам, що дозволяє скоротити викиди CO<sub>2</sub> до 93 %. Використання цього матеріалу у зовнішніх конструктивних елементах рухомого складу сприяє зменшенню загального життєвого вуглецевого сліду вагонів метро, що на-

буває особливого значення в умовах реалізації кліматичних цілей Європейського Союзу та переходу до сталих моделей міської мобільності. Для компанії Outokumpu дана угода стала найбільшим контрактом у секторі мобільності, що свідчить про зростаючу роль екологічно відповідальних матеріалів у сучасному транспортному машинобудуванні.

Інтеграція сталі Circle Green у конструкцію рухомого складу нового покоління дозволяє поєднати екологічні переваги з високими експлуатаційними характеристиками, зокрема довговічністю, корозійною стійкістю та придатністю до повторної переробки. Таким чином, інновації у матеріалах перестають бути допоміжним елементом і перетворюються на системний чинник підвищення ефективності, надійності та конкурентоспроможності рухомого складу. Реалізація принципів сталого розвитку на етапі проектування забезпечує довгостроковий позитивний ефект протягом усього життєвого циклу транспортних засобів, починаючи від виробництва та закінчуючи експлуатацією й утилізацією.

Окремо слід зазначити, що матеріальні інновації є складовою комплексного підходу Alstom до розвитку залізничного транспорту, який поєднує оновлення рухомого складу, впровадження сучасних систем сигналізації та управління рухом, а також підвищення рівня безпеки та надійності перевезень. Прикладом такого підходу є реалізація проєктів з модернізації та технічного обслуговування метрополітенів у країнах Європи, що свідчить про здатність компанії інтегрувати технологічні, екологічні та експлуатаційні рішення в єдину ефективну систему.

Загалом партнерство між Alstom та Outokumpu демонструє, що інновації у конструкційних матеріалах можуть стати дієвим інструментом зниження екологічного навантаження залізничного транспорту без втрати технічних і експлуатаційних характеристик. Така модель співпраці між виробниками рухомого складу та постачальниками матеріалів формує передумови для подальшого поширення принципів сталого розвитку у залізничній галузі та може розглядатися як орієнтир для майбутніх інноваційних проєктів у сфері транспорту [10].

У вересні 2024 року компанія CRRC Qiqihar представила новий важкий вантажний вагон з легкого композитного матеріалу на основі вуглецевого волокна, розроблений у співпраці з China Energy Railway Equipment Company та Національним інститутом чистої та низьковуглецевої енергетики. Перший демонстраційний зразок (рис. 3) був презентований 10 вересня 2024 року та став прикладом інтеграції передових матеріалів у залізничний транспорт.

Основна несуча конструкція кузова виготовлена із композитного матеріалу на основі вуглецевого волокна, який забезпечує суттєве підвищення міцності при одночасному зменшенні маси. Порівняно з традиційними матеріалами, такими як алюмінієві сплави, новий композит має вищу питомо-міцносну характеристику та модуль пружності, що дозволяє знизити власну вагу вагона більш ніж на 20 %. Це дає вагону показник співвідношення маси до вантажопідйомності на рівні 0,22, що є одним із найкращих серед вантажних вагонів аналогічного типу в Китаї. Крім того, вагон оснащений інтелектуальною системою моніторингу, яка інтегрує технології Інтернету речей, великі дані та обчислення, що дозволяє в режимі реального часу контролювати стан вагона та підвищує ефективність експлуатації. Цей проєкт демонструє сучасний підхід до поєднання легких матеріалів і цифрових технологій, забезпечуючи одночасно економію енергії, підвищення надійності та стійкості до інтенсивних вантажних навантажень. Впровадження легких композитних матеріалів у вантажні вагони відкриває нові можливості для підвищення енергоефективно-

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

сті залізничних перевезень, зниження експлуатаційних витрат та скорочення вуглецевого сліду залізничного транспорту, що відповідає глобальним трендам сталого розвитку [11].



Рис. 3. Демонстраційний зразок компанії CRRC Qiqihar

### *Розвиток високошвидкісного руху та цифрових систем управління*

Європа зараз є найбільшим у світі ринком технологій контролю, управління та сигналізації (CCS), а модернізація старіючих залізничних мереж стимулює зростання, випереджаючи Китай.

Згідно з новим дослідженням ринку, проведеним SCI Verkehr провідної німецької консалтингової компанії у сфері транспорту та залізниць, на Європу зараз припадає майже половина світового ринку уловлювання та зберігання вуглецю, який оцінюється приблизно в 20 мільярдів євро. Основною рушійною силою є не масштабне нове будівництво, а оновлення та цифрова модернізація існуючих мереж. Близько 90% європейського ринку CCS у 2025 році пов'язане з модернізацією та обслуговуванням існуючої мережі, тоді як лише 10% пов'язане з новою інфраструктурою. Водночас у звіті підкреслюється, що Європа все ще відстає від Азії в загальній стандартизації та розгортанні сигналізації. Інтегрованість залишається структурною проблемою, а національні підходи продовжують уповільнювати гармонізацію систем керування поїздами. Впровадження ETCS неодноразово відкладалося в кількох країнах, а це означає, що розрив між політичними амбіціями та впровадженням залишається помітним на всьому континенті. Очікується, що протягом наступного десятиліття європейський ринок буде формуватися, перш за все, під впливом ETCS, цифрових центральних систем та прогресу в FRMCS, майбутньої системи мобільного залізничного зв'язку, яка має замінити GSM-R. Разом ці технології дедалі частіше розглядаються як основа цифровізації залізниць, що тісніше, ніж раніше, пов'язує сигналізацію, захист поїздів, зв'язок та експлуатаційне управління. Китай залишається домінуючою силою в Азії, на частку якого припадає понад 65% регіонального ринку CCS. Там зростання все ще зумовлене розширенням високошвидкісного транспорту та метро, хоча й повільнішими темпами, ніж у попередньому десятилітті. Водночас Китай просуває цифрові та автоматизовані залізничні операції, включаючи масштабні інвестиції в сучасне управління поїздами та залізничний зв'язок на базі 5G.

У світовому масштабі системи керування поїздами зараз є найбільшим сегментом продукції на ринку CCS, на який припадає близько 40% від загального обсягу.

SCI Verkehr стверджує, що ці системи стимулюють ширший технологічний зсув, забезпечуючи ефективніше використання обмеженої інфраструктури, автоматизовані операції, кращу енергоефективність та вищий комфорт пасажирів. Нові покоління ETCS та CBTC також стимулюють попит у суміжних сегментах, таких як цифрові центральні системи та операційна телематика. Дослідження також вказує на сильний попит на міські залізниці. Оператори метрополітену та приміських залізничних перевезень значно інвестують у системи управління та контролю CCS, оскільки міста шукають ефективніші транспортні системи з низьким рівнем викидів. Проекти високошвидкісних залізниць в Азії, особливо в Китаї, та в Європі збільшують попит на передові системи сигналізації та керування поїздами.

Загалом, у звіті зазначається, що ринок CCS вступає в нову фазу, в якій модернізація стає важливішою, ніж просто розширення, особливо в Європі. Для залізничної галузі це означає, що сигналізація вже не є лише технічною підсистемою: вона відіграє дедалі більш важливу роль у стратегії розвитку потужностей, автоматизації, контролі витрат та ширшій цифровій трансформації залізниці [12].

### **Технологія CBTC 5G**

Технологія CBTC 5G привертає увагу операторів і виробників, адже вона поєднує радіоканальне управління поїздами з приватною мережею 5G, забезпечуючи швидший обмін критично важливими даними та розширені можливості для тестування.

**CBTC (Communication-Based Train Control)** – це сучасна система керування рухом поїздів на основі бездротового зв'язку, яка дозволяє контролювати відстань між поїздами та регулювати їх швидкість у реальному часі.

Інтеграція **технології 5G** забезпечує високу пропускну здатність, мінімальні затримки та покращену надійність комунікації між поїздом і системами управління. Це відкриває новий рівень автоматизації та безпеки залізниць і міських метрополітенів.

### **CAF і Cellnex у розвитку інноваційних залізничних систем**

1. CAF (Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles) – іспанська компанія, один із провідних світових виробників залізничного рухомого складу та рішень для автоматизованого транспорту.

2. Cellnex Telecom – іспанський лідер у сфері телекомунікаційної інфраструктури, активно працює над цифровізацією транспорту, включаючи залізниці.

### **Спільні ініціативи CAF і Cellnex**

- **CBTC + 5G:** CAF розробляє поїзди та системи управління, а Cellnex забезпечує високошвидкісну комунікацію 5G.

- **Модульні автоматизовані рішення:** дозволяють швидко впроваджувати автономні поїзди в метрополітенах та регіональних мережах.

- **Екологічні рішення:** поєднання батарейних та водневих поїздів CAF з цифровим управлінням Cellnex дозволяє знизити викиди CO<sub>2</sub> на 30–50% порівняно з традиційними дизельними поїздами.

CAF і Cellnex провели повну валідацію системи CBTC Optio, застосувавши приватну мережу зв'язку стандарту 5G для передавання даних у тестовому середовищі. Вони підтвердили, що інфраструктура 5G забезпечує стабільний обмін інформацією, і наголосили на важливості високої швидкості та низької затримки для виконання ключових функцій. Система Optio пройшла як лабораторні випробування, так і польові тести, тому компанії отримали можливість порівняти роботу в різних умовах. CAF нагадала, що вперше представила Optio на виставці InnoTrans 2024, а наприкінці того ж року завершила роботи зі створення системи. Компанії розглядають тестування у приватній мережі як важливий елемент підвищення точності

передавання даних. Cellnex приєдналася до проекту завдяки своєму досвіду в управлінні телекомунікаційною інфраструктурою в Іспанії та інших європейських країнах. Вона надала платформу для розгортання приватної 5G-мережі, що дозволило провести випробування без зовнішнього трафіку. У підсумку обидві компанії підтвердили, що мережа 5G підходить для використання в системах СВТС і забезпечує потрібні параметри зв'язку.

Поява СВТС 5G посилює інтерес до цифрових систем управління, тому що ця технологія створює умови для точного передавання даних між поїздом та інфраструктурою. Компанії зазначають, що низька затримка й достатня швидкість обміну інформацією допомагають підтримувати стабільну роботу систем, залежних від радіоканального зв'язку. Крім того, оператори розглядають приватні мережі 5G як інструмент підвищення стійкості до зовнішніх загроз. Системи СВТС давно застосовують у міських транспортних мережах, проте використання приватних 5G-мереж дозволяє покращувати якість зв'язку без навантаження від комерційного трафіку. Такий підхід особливо важливий там, де потрібні постійний моніторинг руху поїздів та своєчасна передача сигнальної інформації. Тому великі оператори й виробники все частіше вивчають поєднання СВТС і 5G як перспективний напрям.

Попри це компанії поки не розкривають подальші плани щодо комерційного впровадження технології й обмежуються описом досягнутих результатів. CAF і Cellnex зосередили увагу на підтверджених параметрах, отриманих під час лабораторних і польових випробувань. Розробники продовжують удосконалювати системи СВТС, і тому приватні мережі 5G набувають все більшого значення у майбутніх рішеннях [13].

У лютому 2025 року компанія Deutsche Bahn (DB) уклала масштабний довгостроковий рамковий контракт з чотирма провідними компаніями залізничної індустрії – MerMec Deutschland, Hitachi Rail GTS Deutschland, Alstom та Siemens Mobility у партнерстві з Leonhard Weiss (Leonhard Weiss GmbH & Co. KG – одна з провідних німецьких будівельних і інженерних компаній, яка спеціалізується на будівництві та модернізації залізничної інфраструктури) – на постачання та впровадження цифрових систем управління та технологій безпеки на залізничних коліях у Німеччині. Основні види продукції та технології цих компаній наведено в табл. 1. Загальна вартість контракту становить 6,3 млрд євро.

Договір охоплює постачання та інтеграцію ключових цифрових технологій: цифрових диспетчерських технологій (DSTW), Європейської системи керування поїздом (ETCS) та інтегрованих систем управління та експлуатації залізничного руху. У межах рамкового контракту DB передбачила закупівлю 15 500 контрольних блоків до кінця 2028 року, а впровадження систем триватиме до 2032 року. Зокрема, частка компанії Alstom у контракті передбачає постачання щонайменше 1 890 контрольних блоків на суму понад 600 млн євро, інтегруючи цифрові диспетчерські та керуючі технології у відповідності зі стандартами ETCS. Постачання здійснюватиметься у кілька фаз у період 2025–2028 років із завершенням робіт до 2032 року. Участь Hitachi Rail охоплює цифрові диспетчерські системи, ETCS-сигналізацію та інтегровану систему управління, що надає компанії право брати участь у майбутніх проєктах цифровізації залізниці в Німеччині. Siemens Mobility у партнерстві з Leonhard Weiss та MerMec Deutschland також забезпечуватимуть постачання та встановлення цифрових систем управління та безпеки в рамках контракту [14].

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика компаній

Компанія	Основні продукти/технології	Напрямок у 2025 р.	Особливості
MerMec Deutschland	Моніторинг колії, прогнозне обслуговування	Цифрові сенсори, IoT	Контроль дефектів рейок у реальному часі
Hitachi Rail GTS Deutschland	Сервіс та модернізація поїздів	СВТС, АТО, IoT	Технічне обслуговування та модернізація рухомого складу
Alstom	Високошвидкісні, водневі та батарейні поїзди	СВТС, автоматизація	Впровадження екологічних технологій
Siemens Mobility	ICE, Velaro, СВТС, IoT	5G, автоматизація	Комплексні рішення для залізниць та метро

Розвиток високошвидкісного руху та цифрових систем управління неможливий без кількох ключових компонентів, які створюють основу для безпечного та ефективного функціонування сучасного транспорту: надійної інфраструктури, цифрових систем управління, сучасних джерел енергії, технологій зв'язку та передачі даних, а також кваліфікованого персоналу і новітніх наукових розробок.

### Висновки

Дослідження міжнародних тенденцій та інновацій у сфері рейкового рухомого складу показало, що провідні залізничні компанії світу орієнтуються на комплексну технологічну трансформацію, яка поєднує застосування легких і високоміцних матеріалів, розвиток енергоефективних та низьковуглецевих технологій тяги, а також масштабну цифровізацію процесів управління та експлуатації. Активне впровадження автоматизованих систем управління рухом, систем моніторингу технічного стану в режимі реального часу та Європейської системи управління залізничним рухом (ERTMS) дозволяє суттєво підвищити рівень безпеки, пропускну спроможність інфраструктури та ефективність використання рухомого складу.

Ключовими міжнародними компаніями, що займаються модернізацією та впровадженням нових технологій на рейковому рухомому складі, є: Alstom, CRRC, CAF, Siemens Mobility, Hitachi Rail GTS Deutschland. Одними із відомих компаній з виробництва нових матеріалів для рухомого складу є: Outokumpu, China Energy Railway Equipment Company та Національний інститут чистої та низьковуглецевої енергетики. Вагомий внесок у цифровізацію транспорту вносить іспанська компанія Cellnex Telecom у кооперації з CAF.

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.

### 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», 2025. 46 С.
2. Kljaić Z., Pavković D., Cipek M., Trstenjak M., Mlinarić T.J., Nikšić M. An Overview of Current Challenges and Emerging Technologies to Facilitate Increased Energy Efficiency, Safety, and Sustainability of Railway Transport. *Future Internet*. 2023. № 15 (11). 347. DOI: <https://doi.org/10.3390/fi15110347>

3. Носков В. І. Особливості транспортної мережі 5G для впровадження сучасних сервісів. Збірник матеріалів Міжнародної науково-технічної конференції «Перспективи телекомунікацій». С. 59–61. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://conferenc-journal.its.kpi.ua/article/view/255649>
4. Крамський С. О., Целлер В. І. Аналіз інтермодальної логістики у вимірі інновацій в умовах турбулентності під час війни. *Цифрова економіка та економічна безпека*. 2025. № 1 (16). С. 81-87. DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.16-12>
5. Обруч Г. В. Цифрова трансформація підприємств залізничного транспорту в умовах розбудови глобального цифрового транспортно-логістичного простору. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. 2021. № 74. С. 91-101. DOI: <https://doi.org/10.18664/btie.74.280951>
6. RailNetEurope Summit on Capacity Regulation. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://rne.eu/event/rne-summit-2025>
7. European Railway Award 2025. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://trimis.ec.europa.eu/event/european-railway-award-2025>
8. EUROPE-ASIA INTERMODAL LOGISTICS 2025: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.rdl.group/intermodal-europe-2025/>
9. Виставка залізничних технологій і рухомого складу TRAKO-2025. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.railinsider.com.ua/zaliznychni-podii-forumy-vystavky-2025/>
10. Alstom, Outokumpu: Rail Innovations, Sustainable Transport Future. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://railwaynews.net/alstom-outokumpu-rail-innovations-sustainable-transport-future.html?>
11. CRRC Qiqihar unveils lightweight carbon fiber freight wagon for heavy-duty rail transport. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://en.railmarket.com/news/technology-innovation/24479-renfe-mercancias-implements-new-digital-management-systems-at-intermodal-terminals?region=sa&>
12. Європа лідирує на світовому ринку залізничної сигналізації. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://en.railmarket.com/news/business/53444-europe-leads-global-rail-signalling-market>
13. CBTC 5G: нові можливості цифрового управління рухом поїздів. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.railway.supply/uk/cbtc-5g-novi-mozhливosti-czifrovogo-upravlinnya-ruhom-po%D1%97zdiv/?>
14. DB Awards more long-term contracts for digital control and safety technology. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://railmarket.com/news/infrastructure/29964-lisbon-madrid-high-speed-rail-gains-eu-approval-with-phased-timeline-through-2034?region=ap&>

### ***I. V. Hladkykh***

State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»,  
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine  
Tel.: +380631715009, E-mail: [innagladkih59@gmail.com](mailto: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.: +380962055692, E-mail: [tyschkovez28@gmail.com](mailto:tyschkovez28@gmail.com)  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9976-0793>

## MODERN GLOBAL TRENDS AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE RAILWAY INDUSTRY IN THE FOCUS OF INTERNATIONAL EVENTS

*The modern railway industry is undergoing a period of significant change, driven by the need for sustainable development, increase in passenger and freight traffic, and the introduction of the latest technologies. Rolling stock, which forms the heart of the*

*railway system, is experiencing an active modernisation in many countries around the world.*

*The year 2025 has become a key milestone in the development of the global railway industry. The trend towards environmentally friendly technologies, digitalisation, automation and the integration of railway networks into international logistics corridors continues. International events and trends in the railway sector focus on improving energy efficiency, safety, the modularity and versatility of transport, as well as integration into international transport corridors.*

*The aim of this work is to analyse global trends and prospects for the development of innovative railway rolling stock by identifying targeted research and innovation, as well as market-driven solutions to accelerate the integration of new and advanced technologies into innovative solutions for railway products.*

*One of the key trends is the reduction of emissions and the improvement of energy efficiency. Electric trains equipped with battery and hybrid systems are being actively introduced on many European routes, thereby reducing dependence on fossil fuels. Japan and Germany are experimenting with hydrogen-powered locomotives, which cause virtually no environmental pollution.*

*Innovations in digital technology are helping to improve safety and operational efficiency. The use of automatic train operation systems and digital sensors allows the condition of rolling stock to be monitored in real time. In the Netherlands and France, digital «smart» tracks are being introduced, which transmit data on load, temperature and the condition of the rails.*

*Modern trains are designed with passenger comfort in mind. High-speed trains, such as the French TGV and Japanese Shinkansen, already reach speeds of over 300 km/h. Innovative solutions include improved soundproofing, ergonomic seats, wireless internet and interactive on-board information systems.*

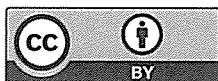
*The integration of railways into international logistics networks is actively developing worldwide. This is particularly evident within the «Belt and Road» initiative, where rail routes between Europe and Asia are becoming key arteries for freight transport.*

*Keywords: rail transport, environmental friendliness, digital transformation, radio channel train control, energy efficiency.*

### REFERENCES

1. Hladkykh, I.V., Brusylo, D. O., & Sulym, A. O (Ed.) (2025). *Zvit pro NDR «Analiz stanu, tendentsii i perspektyv rozvytku haluzi z naukovo-tekhnichnoho napriamu «Reikovy sklady zaliznyts № 0125U001177» [Report on the research project 'Analysis of the current state, trends and prospects for the development of the industry in the scientific and technical field of «Railway Rolling Stock» No. 0125U001177]. Kremenichuk: SE «UkrNDIV», 46 [in Ukrainian]*
2. Kljaić, Z., Pavković, D., Cipek, M., Trstenjak, M., Mlinarić, T.J., & Nikšić, M. (2023). An Overview of Current Challenges and Emerging Technologies to Facilitate Increased Energy Efficiency, Safety, and Sustainability of Railway Transport. *Future Internet*, 5 (11), 347. DOI: <https://doi.org/10.3390/fi15110347>
3. Noskov, V. I. (2022). Osoblyvosti transportnoi merezhi 5G dlia vprovadzhenia suchasnykh servisiv [Features of the 5G transport network for the implementation of modern services]. *Mizhnarodna naukovo-tekhnichna konferentsiia «Perspektyvy telekomunikatsii» – The International Scientific and Technical Conference 'Prospects of telecommunications'* (pp. 59–61). Retrieved from: <https://conferenc-journal.its.kpi.ua/article/view/255649> [in Ukrainian]
4. Kramskyi, S. O., & Tsellier, V. I. (2025). Analiz intermodalnoi lohistyky u vymiri innovatsii v umovakh turbulentsnosti pid chas viiny [Analysis of intermodal logistics in terms of innovation under conditions of turbulence during wartime]. *Tsyfrova ekonomika ta ekonomichna bezpeka – Digital Economy and Economic Security*, 1 (16), 81-87. DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.16-12> [in Ukrainian]

5. Obruch, H. V. (2021). Tsyfrova transformatsiia pidpriemstv zaliznychnoho transportu v umovakh rozbudovy hlobalnoho tsyfrovoho transportno-lohistychnoho prostoru [Digital transformation of railway transport enterprises in the context of the development of a global digital transport and logistics space]. *Visnyk ekonomiky transportu i promyslovosti – Bulletin of Transport and Industrial Economics*, 74, 91-101. DOI: <https://doi.org/10.18664/btie.74.280951> [in Ukrainian]
6. Rail Net Europe Summit on Capacity Regulation. *rne.eu* Retrieved from: <https://rne.eu/event/rne-summit-2025>
7. European Railway Award 2025. *trimis.ec.europa.eu*. Retrieved from: <https://trimis.ec.europa.eu/event/european-railway-award-2025>
8. EUROPE-ASIA INTERMODAL LOGISTICS 2025. *www.rdl.group*. Retrieved from: <https://www.rdl.group/intermodal-europe-2025/>
9. Vystavka zaliznychnykh tekhnolohii i rukhomoho skladu TRAKO-2025 [TRAKO-2025 Exhibition of Railway Technology and Rolling Stock]. *www.railinsider.com.ua*. Retrieved from: <https://www.railinsider.com.ua/zaliznychni-podii-forumy-vystavky-2025/> [in Ukrainian]
10. Alstom, Outokumpu: Rail Innovations, Sustainable Transport Future. *railwaynews.net*. Retrieved from: <https://railwaynews.net/alstom-outokumpu-rail-innovations-sustainable-transport-future.html?>
11. CRRC Qiqihar unveils lightweight carbon fiber freight wagon for heavy-duty rail transport. *en.railmarket.com*. Retrieved from: <https://en.railmarket.com/news/technology-innovation/24479-renfermercancias-implements-new-digital-management-systems-at-intermodal-terminals?region=sa&>
12. Yevropa lidyruie na svitovomu rynku zaliznychnoi syhnalizatsii [Europe leads the global market for railway signalling systems]. *en.railmarket.com*. Retrieved from: <https://en.railmarket.com/news/business/53444-europe-leads-global-rail-signalling-market> [in Ukrainian]
13. CBTC 5G: novi mozlyvosti tsyfrovoho upravlinnia rukhom poizdiv [CBTC 5G: new possibilities for digital train control]. *www.railway.supply*. Retrieved from: <https://www.railway.supply/uk/cbtc-5g-novi-mozhlyvosti-czifrovogo-upravlinnya-ruhom-po%D1%97zdiv/> [in Ukrainian]
14. DB Awards more long-term contracts for digital control and safety technology. *railmarket.com*. Retrieved from: <https://railmarket.com/news/infrastructure/29964-lisbon-madrid-high-speed-rail-gains-eu-approval-with-phased-timeline-through-2034?region=ap&>



Стаття надійшла 12.04.2026  
Стаття прийнята 10.04.2026  
Опубліковано 29.05.2026