

УДК 656.2.027

АНАЛІЗ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОСТІ ТА БЕЗПЕКИ ЗАЛІЗНИЧНОГО РУХУ

Бєбко М.С.¹, Марленқұл Ализа²

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків

²Алматинський технологічний університет, Алмати, Казахстан

У статті розглянуто сучасні інноваційні технології підвищення швидкості та безпеки залізничного руху. Проаналізовано напрями розвитку високошвидкісного залізничного транспорту, зокрема вдосконалення конструкцій рухомого складу, впровадження інтелектуальних систем керування рухом, модернізацію колійної інфраструктури та використання енергоефективних технологій. Окрему увагу приділено питанням цифровізації та автоматизації, які забезпечують моніторинг технічного стану поїздів і колій у режимі реального часу.

Зазначено, що інтеграція штучного інтелекту, систем автоматичного керування (ERTMS, АТО, АТР), а також технологій магнітної левітації є основою формування нового покоління залізничного транспорту. Зроблено висновок, що впровадження інновацій сприяє підвищенню швидкості перевезень, рівня безпеки та комфорту пасажирів, а також забезпечує сталий розвиток транспортної галузі в цілому.

Вступ. Сучасне залізничне сполучення є одним із найефективніших видів транспортних систем, що забезпечують масові перевезення пасажирів та вантажів на великі відстані. Однак розвиток економіки, зростання мобільності населення та вимоги до скорочення часу в дорозі зумовили необхідність підвищення швидкостей руху за одночасного забезпечення високого рівня безпеки.

Для вирішення цих завдань активно впроваджуються інноваційні технології, що охоплюють усі елементи залізничного комплексу від рухомого складу та колійної інфраструктури до систем керування рухом [1,2].

1. Інновації в конструкції та матеріалах рухомого складу. Одним з ключових напрямків підвищення швидкості є вдосконалення конструкції рухомого складу. Легкі композитні матеріали (вуглецеве волокно, алюмінієві сплави) дозволяють значно знизити масу вагонів, що зменшує навантаження на колію і знижує енергоспоживання [3].

Аеродинамічні форми кузова знижують опір повітря при швидкостях понад 300 км/год [4]. Активні системи стабілізації забезпечують стійкість складу на криволінійних ділянках, зменшуючи бічні коливання і ризик сходження з рейок.

Магнітна левітація (Maglev) – революційна технологія, що виключає контакт коліс з рейками, завдяки чому досягаються швидкості понад 500 км/год при мінімальному рівні шуму і вібрації [6].

2. Інтелектуальні системи управління рухом. Для безпечної експлуатації високошвидкісних поїздів необхідні точні та надійні системи управління. Цифрова система управління рухом ERTMS (European Rail Traffic Management System) – загальноєвропейський стандарт, що забезпечує автоматичну координацію поїздів, контроль дистанції та швидкості в режимі реального часу [1].

Системи автоматичного ведення поїзда (АТС, АТР, АТО) дозволяють знизити людський фактор, підвищити точність дотримання графіка та оперативність реагування на позаштатні ситуації [2].

Інтеграція технологій штучного інтелекту дозволяє аналізувати потоки даних з датчиків і прогнозувати потенційні ризики (наприклад, перегрів гальм, знос колісних пар, погодні загрози) [5].

3. Удосконалення колійної інфраструктури. Надійність і стійкість колії — основа безпечного швидкісного руху. Використання безстикової колії з пружними кріпленнями знижує вібрації і підвищує плавність ходу [3]. Застосування бетонних шпал і монолітних конструкцій баласту забезпечує стійкість при навантаженнях від високошвидкісних поїздів [4]. Системи діагностики стану колії на основі лазерного сканування та ультразвукових

сенсорів дозволяють виявляти дефекти ще до їх прояву. Розвиток цифрового двійника залізничної лінії дає можливість моделювати експлуатаційні сценарії та планувати ремонти без зупинки руху [5].

4. Інновації в енергетичному забезпеченні та екології. Сучасні тенденції спрямовані не тільки на підвищення швидкості, але і на зниження впливу на навколишнє середовище.

Впровадження гібридних і водневих поїздів знижує викиди вуглецю і рівень шуму.

Використання рекуперативного гальмування дозволяє повертати енергію в мережу, підвищуючи загальну енергоефективність системи [5].

Оптимізація маршрутів і швидкісних профілів за допомогою цифрових платформ скорочує час у дорозі і споживання енергії [4; 7].

5. Безпека та моніторинг. Зі збільшенням швидкості зростає ціна помилки, тому системи безпеки стають інтелектуальними і самодіагностуючими.

Автоматизовані комплекси моніторингу стану рухомого складу (наприклад, вимірювання вібрацій, температури осей, зносу гальмівних колодок) забезпечують постійний контроль [3].

Відеоспостереження та комп'ютерний зір застосовуються для виявлення перешкод на шляху та сторонніх об'єктів.

Кібербезпека — новий напрямок, пов'язаний із захистом цифрових систем управління від зовнішніх втручань та атак [5; 8].

Висновки. Інноваційні технології формують нове покоління залізничного транспорту — швидкісного, безпечного та екологічного. Їх впровадження дозволяє скоротити час перевезень, знизити експлуатаційні витрати та підвищити комфорт пасажирів.

Головна тенденція — перехід від механічного управління до інтелектуально-цифрових систем, де всі елементи інфраструктури та рухомого складу об'єднані в єдину мережу, що функціонує в режимі реального часу.

Таким чином, інновації стають ключовим фактором сталого розвитку залізничного транспорту XXI століття [1; 2; 5].

Література:

1. European Union Agency for Railways. ERTMS — The European Rail Traffic Management System. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2021.
2. UIC (International Union of Railways). High Speed Rail — Fast Track to Sustainable Mobility. Paris: UIC Publications, 2020.
3. Esveld, C. Modern Railway Track. 3rd ed. MRT-Productions, 2017.
4. Hay, W. W. Railroad Engineering. 2nd ed. John Wiley & Sons, 2018.
5. Barker, T., and Hillmansen, S. “Energy Efficiency Technologies in Railways: An Overview.” *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 105, 2019, pp. 593–610.
6. Yong, K., & Yamashita, Y. “Maglev Systems and Their Future Development.” *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 70, no. 5, 2021, pp. 4283–4296.
7. Головка, Л. В. Інноваційні технології в залізничному транспорті. Київ: НТУ, 2021.
8. Ткаченко, І. В., Кузьменко, О. М. “Цифровізація систем керування рухом поїздів на високошвидкісних магістралях.” *Вісник Дніпровського національного університету залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна*, № 3 (71), 2022, с. 15–22.