

**ТЕЗИ СТЕНДОВИХ ДОПОВІДЕЙ ТА ВИСТУПІВ
УЧАСНИКІВ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**HIGHLIGHTS OF REPORTS AND PRESENTATIONS OF
PARTICIPANTS TO THE CONFERENCE**

Заходи, спрямовані на зменшення ненормативного зносу колодок за рахунок впровадження інноваційної ГВП суттєво покращують економічні та екологічні показники на залізничному транспорті.

- [1] Нечволода С. І., Романюха М. О., Нечволода К. С. Проблеми нерівномірного зносу гальмових колодок у вантажних вагонах. Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. 2007. Вип. 86. С. 50-56.
- [2] Равлюк В. Г. Аналіз негативних наслідків від ненормативної взаємодії гальмівних колодок з колісними парами у вантажних вагонах. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія : Механіко-технологічні системи та комплекси. 2016. Вип. 49 (1221). С. 119 – 123.
- [3] Бабаєв А. М., Дмитрієв Д. В. Принцип дії, розрахунки та основи експлуатації гальм рухомого складу залізниць : навчальний посібник. Київ : ДЕГУТ, 2007. 176 с.
- [4] Вагони вантажні. Система технічного обслуговування та ремонту за технічним станом : СТП 04 – 010:2018 : затв. нак. АТ «Укрзалізниця» від 08.08.2019 р. №519. 2018. 25 с.
- [5] Інструкція з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України: ЦТ-ЦВ-ЦЛ-0015: Затв. нак. Укрзалізниця від 28.10.1997. № 264-Ц. Київ : 2004. 146 с.

УДК 656.259.12

PhD О.В. Щєбликіна., аспірант С.В. Рева
Український державний університет
залізничного транспорту (м. Харків)

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ПРОГРАМОВАНОГО КЕРУВАННЯ: ERTMS, CBTC ТА PTC

Розвиток залізничного транспорту характеризується переходом від традиційних систем сигналізації на основі фіксованих блок-ділянок до програмованих, комунікаційно-орієнтованих систем керування. Цей зсув парадигми зумовлений потребою у підвищенні безпеки, пропускної здатності та, у багатьох випадках, інтероперабельності між різними залізничними мережами. У відповідь на ці виклики у світі сформувалися три основні технологічні парадигми: європейська система ERTMS, міська система CBTC та північноамериканська PTC. Кожна з них має унікальну філософію, архітектуру та сферу

застосування, що робить їх порівняльний аналіз актуальним завданням для стратегічного планування модернізації залізниць.

Європейська система керування залізничним рухом (ERTMS) є стандартом, розробленим насамперед для забезпечення інтероперабельності. Її ключова мета – створення єдиного гармонізованого сигнального простору для подолання фрагментації з понад 20 національних систем сигналізації в Європі, що історично перешкоджало транскордонному руху. Архітектура ERTMS складається з двох основних компонентів: Європейської системи керування поїздами (ETCS), що є сигнальним "мозгом" системи, та системи зв'язку GSM-R (з перспективою переходу на 5G-орієнтовану FRMCS). ETCS реалізується на кількох рівнях: Рівень 1 є системою "накладення" на існуючу сигналізацію з переривчастою передачею даних через приколійні радіомаяки (євробалізи). Рівень 2 — це повноцінна радіо-орієнтована система, де поїзд підтримує безперервний зв'язок з центром радіоблокування (RBC), що дозволяє відмовитися від приколійних світлофорів і значно підвищити пропускну здатність. Концепція "рухомого блоку", раніше асоційована з Рівнем 3, тепер інтегрована у специфікацію Рівня 2, що відкриває шлях до максимальної ефективності на базі єдиного стандарту.

Системи керування рухом на основі радіозв'язку (CBTC) розроблені з першочерговою метою максимізації пропускної здатності в мережах з високою щільністю руху, таких як метрополітени та завантажені приміські лінії. На відміну від ERTMS, CBTC не є єдиним стандартом, а являє собою набір пропрієтарних рішень від різних виробників. В основі всіх систем CBTC лежить принцип "рухомого блоку". Завдяки безперервному двонаправленому радіозв'язку між поїздом та приколійним обладнанням, система в реальному часі знає точне місцезнаходження кожного поїзда. Це дозволяє створювати динамічну "зону безпеки", що рухається разом з поїздом, і скорочувати інтервали руху до 60-90 секунд. Архітектура CBTC є більш інтегрованою, поєднуючи функції автоматичного захисту (ATP), автоматичного ведення (ATO) та автоматичного нагляду (ATS), що природно підтримує високі рівні автоматизації, аж до повністю безпілотного руху (GoA4).

Система позитивного контролю поїздів (PTC) є, перш за все, мандатом на безпеку, впровадження якого було законодавчою вимогою у США для запобігання аваріям, спричиненим людським фактором. На відміну від ERTMS та CBTC, PTC не є інтегрованою системою сигналізації, а функціонує як система "накладення" (overlay) на існуючу інфраструктуру. Її головне завдання — не оптимізація руху, а проактивне запобігання

чотирьом типам інцидентів: зіткненням поїздів, сходом з рейок через перевищення швидкості, несанкціонованому в'їзду в зони виконання робіт та руху через неправильно встановлений стрілочний перевід. Система безперервно контролює місцезнаходження та швидкість поїзда і, якщо прогнозує порушення безпечних параметрів, автоматично застосовує гальма. Таким чином, РТС не підвищує пропускну здатність, яка залишається обмеженою можливостями базової системи сигналізації.

Висновок. Вибір між ERTMS, CBTC та РТС є стратегічним рішенням, що залежить від першочергових завдань залізничного оператора. ERTMS є безальтернативним стандартом для магістральних та транскордонних ліній, де ключовою вимогою є інтероперабельність. CBTC є оптимальним рішенням для ізольованих міських мереж, де пріоритетом є максимальна інтенсивність руху. РТС є економічно ефективним рішенням для підвищення рівня безпеки на існуючих лініях без їх кардинальної модернізації. Сучасні тенденції вказують на конвергенцію технологій, проте фундаментальні філософські відмінності залишаються. Для України, що прямує до інтеграції в європейську транспортну мережу TEN-T, пріоритетним є впровадження ERTMS на ключових міжнародних коридорах.

Перелік посилань

1 Salido F. J. et al. A review of CBTC and ETCS systems, and their underlying moving principles. WIT Transactions on The Built Environment, Vol 199, 2020 WIT Press doi:10.2495/CR200021

2 ERTMS. International Union of Railways. 2022. URL: <https://uic.org/rail-system/telecoms-signalling/article/ertms> (дата звернення: 20.09.2025).

3 Communications-Based Train Control (CBTC). Railsystem.net. URL: <https://railsystem.net/communications-based-train-control-cbtc/> (дата звернення: 20.09.2025).

УДК 621.396

*д-р техн. наук, проф., Трубчанінова К.А., УкрДУЗТ,
м. Харків, Україна
магістрант, Седякін І.І., УкрДУЗТ, м. Харків,
Україна*

ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ СИСТЕМ ВНУТРІШНЬОГО ПОЗИЦІОНУВАННЯ В КОНТЕКСТІ МЕРЕЖ ШОСТОГО ПОКОЛІННЯ

Зростання вимог до надійності, швидкодії та точності позиціонування є одним з ключових драйверів розвитку мереж шостого покоління (6G), де очікується досягнення субметрової точності з частотою оновлення даних у сотні мілісекунд. Системи внутрішнього позиціонування (IPS) вже стали критично важливим компонентом для цивільних, військових, рятувальних та миротворчих операцій. За прогнозами, до 2029 року світовий ринок цієї технології досягне 31,4 млрд доларів США, що підкреслює її стратегічне значення.

Аналіз технологій IPS показує, що кожна з них має свої сильні та слабкі сторони. Технології на основі Wi-Fi і Bluetooth (BLE) вирізняються широкою сумісністю та простотою впровадження. Однак їх ефективність суттєво обмежується впливом багатоприменовості, блокуванням сигналів та значними трудовими витратами на створення баз даних відбитків сигналів. Вони здебільшого не забезпечують необхідну для 6G-систем субметрову точність. Технологія RFID пропонує ефективну ідентифікацію та моніторинг об'єктів у реальному часі, але її точність також є обмеженою. Zigbee є ідеальним рішенням для масштабованих мереж з низьким енергоспоживанням, але її недоліками є обмежений радіус дії, схильність до перешкод і низька швидкість передачі даних.

На протипагу цим технологіям, надширокопasmовий зв'язок (UWB) виділяється як найперспективніший кандидат для 6G-систем позиціонування. Завдяки використанню надкоротких імпульсів, що дозволяють точно вимірювати час прольоту сигналу, UWB досягає найвищої точності позиціонування - до 10 см. Ця технологія також демонструє високу стійкість до багатоприменовості, проникність крізь перешкоди та високу пропускну здатність, що робить її ідеальною для реального часу. Незважаючи на значні переваги UWB, для повної інтеграції в 6G-мережі та подолання існуючих недоліків, таких як висока вартість апаратного забезпечення та складність програмного забезпечення, необхідні подальші дослідження.

Робота присвячена розробці гібридних алгоритмів позиціонування, які поєднують UWB з іншими технологіями. Зокрема, інтеграцію UWB з алгоритмами на основі машинного навчання для створення адаптивних систем, що здатні самостійно оптимізувати точність в умовах динамічних середовищ. Це дозволить розробити універсальну платформу, яка забезпечить безперервне та високоточне позиціонування в різних сценаріях, від розумних будівель до промислової автоматизації та військових операцій.