

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет залізничного транспорту



# ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ

**VI МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ**

**ПРОГРАМА КОНФЕРЕНЦІЇ**



**ITT2025**

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО  
ТРАНСПОРТУ

**Тези доповідей 6-ої міжнародної  
науково-технічної конференції**

**«ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ»**

Харків 2025

6-а міжнародна науково-технічна конференція «Інтелектуальні транспортні технології», Харків, 24–26 листопада 2025 р.: Тези доповідей. – Харків: УкрДУЗТ, 2025. – 300 с.

Збірник містить тези доповідей науковців вищих навчальних закладів України та інших країн, підприємств транспортної та машинобудівної галузей за чотирьма напрямками: розвиток інтелектуальних технологій при управлінні транспортними системами; транспортні системи та логістика; інтелектуальне проектування та сервіс на транспорті; функціональні матеріали та технології при виготовленні та відновленні деталей транспортного призначення.

© Український державний університет  
залізничного транспорту, 2025

## QUANTUM INTERFEROMETRY AS A BASIS FOR NAVIGATION UNDER INDEPENDENCE FROM SATELLITE SYSTEMS

*M.Yu. Kushch, S.O. Zmii (Scientific Supervisor) PhD (Tech.)  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

The development of global navigation systems has significantly impacted the safety and efficiency of modern transportation, while also creating a critical dependence on satellite systems. The current geopolitical situation and the technological characteristics of global navigation satellite systems reveal the vulnerabilities of this dependence. Signals from global navigation satellite systems are extremely weak and vulnerable to jamming, spoofing, and electronic warfare measures. Moreover, these signals do not penetrate environments critically important for railway transport, such as underground tunnels and dense urban areas. Although traditional inertial navigation systems provide some degree of autonomy, they suffer from significant drift error accumulation, making them unsuitable for long-term navigation without external corrections. Quantum navigation offers a revolutionary solution to this dilemma by leveraging the fundamental properties of quantum systems to achieve a new level of positioning accuracy and reliability.

The conceptual foundations of quantum navigation are based on the unique phenomena of quantum mechanics. Atomic interferometry enables the measurement of acceleration and angular velocity with nano-g precision, which surpasses by orders of magnitude the capabilities of classical sensors. Quantum sensors utilize coherent control over atomic clouds and fundamental constants of nature, resulting in imperceptibly small errors. In addition to inertial measurements, quantum navigation incorporates geophysical methods based on measuring local variations of the Earth's magnetic and gravitational fields. Magnetic fields create natural "fingerprints" of the terrain that can be used for unambiguous determination of absolute position without any external radio signals. Gravitational measurements, in turn, reveal geological structures and anomalies beneath the surface. This combination of methods ensures fully autonomous navigation independent of satellite systems, limited only by physical constraints set by nature itself. [1]

The application of quantum navigation in the railway industry addresses several critically important problems. Accurate positioning of trains in tunnels and other GPS-restricted areas is a necessary condition for the development of autonomous train control systems. Current signaling systems only determine the section of track but not the absolute position. Quantum inertial navigation sensors can provide positioning with meter-level accuracy even under the most challenging conditions. Additionally, monitoring the condition of railway infrastructure entails enormous costs since defects are often detected only after failure occurs. Quantum gravimeters installed on trains can detect ground subsidence, hidden underground utilities, and other geological

anomalies, enabling preventive maintenance before the onset of accidents. Furthermore, quantum navigation provides complete autonomy from external radio signals, making the railway system resistant to electronic warfare and other destabilization attempts targeting critical infrastructure. [2]

The current state of development demonstrates the transition of quantum navigation from theoretical concepts to practical implementation. Research consortia in developed countries actively test quantum sensors aboard transportation vehicles. Flight tests have shown positioning accuracy that surpasses traditional systems by orders of magnitude, with errors less than 0.03% after several hours of autonomous operation [3]. Underground trials in public transport systems demonstrated reliable positioning in environments completely deprived of GPS signals. Prototypes of compact quantum sensors are being developed, capable of being installed on trains without bulky auxiliary infrastructure. Scientific progress in miniaturization of quantum components, especially through the use of silicon photonics, has enabled revolutionary reductions in the size and cost of equipment.

However, implementing quantum navigation in the railway sector faces significant challenges. Ensuring the stability of quantum sensors in real operational conditions aboard trains, characterized by significant vibrations, temperature fluctuations, and electromagnetic interference, remains a key issue. Quantum states are extremely fragile, and external disturbances can easily distort measurements. Two parallel approaches are being developed to address this problem: hardware redesign of sensors to achieve internal insensitivity to disturbances, and software reinforcement using artificial intelligence that filters noise from useful signals in real time. Additionally, while magnetic navigation promises absolute positioning, it requires preconstructed precise maps of magnetic anomalies for each route, as well as methods for correcting the impact of space weather and diurnal magnetic field variations. Furthermore, the current quantum sensing ecosystem remains fragmented and relatively small, with a limited number of companies developing specialized components, leading to high costs and long investment payback periods for developing and deploying new systems. [4, 5]

The future development strategy of quantum navigation for railways envisions a hybrid approach, combining quantum sensors with traditional positioning and control systems. This symbiosis allows railway systems to remain independent from satellite positioning systems for extended periods while gradually reducing dependence on external signals. Quantum navigation is not intended to replace satellite positioning systems imminently but rather to serve as a critically important backup layer and a tool for verifying the validity of GPS data. Over time, as technology progresses and the cost of quantum components decreases, these systems will have the potential to transform into the foundation of railway navigation architecture, facilitating the advent of truly autonomous and secure railway transportation.

[1] Barruffo, Lorenzo & Caiazzo, Bianca & Petrillo, Alberto & Santini, Stefania. (2024). A GoA4 Control Architecture for the Autonomous Driving of High-Speed Trains Over ETCS: Design and Experimental Validation. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. PP. 1-16. 10.1109/TITS.2023.3338295.

- [2] Ullah, Inam & Su, Xin & Zhang, Xuewu & Choi, Dongmin & Hou, Zhenguo & Zhu, Jinxiu. (2020). Evaluation of Localization by Extended Kalman Filter, Unscented Kalman Filter, and Particle Filter-Based Techniques. *Wireless Communications and Mobile Computing*. 2020. 15. 10.1155/2020/8898672.
- [3] Kong, Huifang & Zhang, Qian. (2022). Path Planning for Collision Avoidance Based on Artificial Potential Field with Vehicle Dimension Constraint. 5371-5376. 10.23919/CCC55666.2022.9901691.
- [4] Ahmadvand, Reza & Sharifi, Safura & Banad, Yaser. (2024). Swarm Intelligence in Collision-free Formation Control for Multi-UAV Systems with 3D Obstacle Avoidance Maneuvers. 10.48550/arXiv.2412.12437.

**УДК 656.2:355.4:658.7(477)**

## **ОРГАНІЗАЦІЯ ДОСТАВЛЕННЯ ВІЙСЬКОВОГО ВАНТАЖУ В ЗОНУ БОЙОВИХ ДІЙ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ НА ОСНОВІ ЛОГІСТИКИ**

### **ORGANIZATION OF DELIVERY OF MILITARY CARGO TO THE COMBAT ZONE BY RAIL TRANSPORT ON THE BASIS OF LOGISTICS**

*Канд. техн. наук Т.Ю. Калашнікова, студент О.О. Клочков  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*PhD (Tech.) T.Y. Kalashnikova, st. O.O. Klochkov  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Логістичний підхід у вантажних перевезеннях забезпечує системне управління матеріальними потоками з урахуванням принципів оптимізації маршрутів, скорочення витрат часу та ресурсів, а також підвищення надійності транспортування.

Військова логістика є специфічною галуззю транспортної системи, де ключовим завданням стає забезпечення швидкого, безпечного й гарантованого постачання озброєння, техніки, боєприпасів і гуманітарних ресурсів у зону бойових дій.

Пріоритети при доставці військових вантажів:

- мінімізація часу доставки;
- захищеність маршрутів від обстрілів та диверсій;
- адаптивність до змін обстановки;
- багатоваріантність логістичних рішень (альтернативні маршрути, дублювання каналів постачання).

Залізничний транспорт зберігає провідну роль у стратегічних перевезеннях завдяки великій провізній спроможності, однак потребує інтеграції з автомобільними, авіаційними та річковими видами транспорту для забезпечення гнучкості в умовах війни.