

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра управління експлуатаційною роботою

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОСУВАННЯ ВАГОНОПОТОКІВ НА
ЗАЛІЗНИЧНІЙ МЕРЕЖІ В МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ

Пояснювальна записка та розрахунки
до кваліфікаційної роботи

УТПВЗ.300.00.00.000 ПЗ

Розробив студент групи 214-ОМП-Д24
спеціальності 275/275.02 – Транспортні
технології (на залізничному транспорті)
(роботу виконано самостійно, відповідно
до принципів академічної доброчесності)


_____ Анна ВОРОБИЙОВА
(підпис)

Керівник: доцент, канд. техн. наук

Тетяна ГОЛОВКО

Рецензент: доцент, канд. техн. наук

Ольга ШАПАТІНА

АНОТАЦІЯ

Дана робота включає в себе 12 слайдів презентації, 85 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 13 рисунків, 4 таблиці, 22 літературних джерел.

Ключові слова: простій поїзду, пріоритетне відправлення, міжнародні перевезення.

Кваліфікаційну роботу присвячено удосконаленню технології просування вагонопотоків на залізничній мережі в міжнародному сполученні.

Об'єктом дослідження є організація вагонопотоків на полігоні залізниці.

Метою є зменшення непродуктивних простоїв на залізничній мережі в міжнародному сполученні шляхом розроблення та впровадження формалізованих методів пріоритетного управління поїздами з вагонами міжнародного призначення на основі систем підтримки прийняття рішень.

Для досягнення поставленої мети було виконано аналіз існуючих кількісних та якісних показників роботи полігону, що дозволяє оцінити очікуваний час очікування поїздів і виявити ділянки, де накопичуються затримки, що особливо критично для поїздів міжнародного призначення, на основі аналізу часу простою, обсягів вантажів та питомих експлуатаційних витрат формалізовано цільову функцію як максимізацію доцільності відправлення поїздів з урахуванням міжнародних пріоритетів, що дозволяє зменшувати нераціональний простій та оптимізувати просування вагонопотоків, розроблено систему підтримки прийняття рішень, побудовану на штучному інтелекті, що дозволяє оперативно оцінити варіанти та прийняти економічно обґрунтоване рішення щодо процесу організації вагонопотоків.

ANNOTATION

This qualification work includes 12 presentation slides, 85 pages of A4 explanatory note, including 13 figures, 4 table, and 22 references.

Keywords: train downtime, priority departure, international transportation.

The qualification work is devoted to improving the technology of moving wagon flows on the railway network in international traffic.

The object of the study is the organization of wagon flows on the railway test site.

The goal is to reduce unproductive downtime on the railway network in international traffic by developing and implementing formalized methods of priority management of trains with wagons of international destination based on decision support systems.

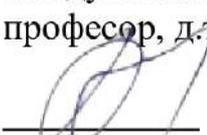
To achieve the set goal, an analysis of existing quantitative and qualitative indicators of the polygon's operation was performed, which allows to estimate the expected waiting time of trains and identify areas where delays accumulate, which is especially critical for trains of international destination. Based on the analysis of idle time, cargo volumes and specific operating costs, the objective function was formalized as maximizing the feasibility of sending trains taking into account international priorities, which allows to reduce irrational downtime and optimize the movement of wagon flows. A decision support system built on artificial intelligence was developed, which allows to promptly evaluate options and make an economically sound decision regarding the process of organizing wagon flows.

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет управління процесами перевезень
Кафедра управління експлуатаційною роботою
Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр
Спеціальність: 275 Транспортні технології
275.02 Транспортні технології (на залізничному транспорті)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри,
професор, д.т.н.


Тетяна БУТЬКО
«27» жовтня 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Воробійової Анни Андріївни

1 Тема Удосконалення технології просування вагонопотоків на залізничній мережі в міжнародному сполученні.

Керівник Головка Тетяна Владиславна, канд. техн. наук, доцент
затвердені розпорядженням по факультету від « 24 » жовтня 2025 року № 19/25

2 Строк подання студентом закінченої роботи «08 » січня 2026 року

3 Вихідні дані.

1. Техніко-експлуатаційна характеристика роботи полігона.
 2. Аналіз показників полігону в умовах міжнародних перевезень.
 3. Розміри вантажопотоків міжнародного напрямку на полігоні.
-

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ

1. Інтелектуальне управління пріоритетами руху поїздів.
 2. Аналіз процесу просування міжнародних вагонопотоків
 3. Розробка системи підтримки прийняття рішень щодо пріоритетного відправлення поїздів з міжнародним вантажем
 4. Обґрунтування економічної ефективності
-

5 Перелік графічного матеріалу

1. Аналіз часу простою поїздів у парку відправлення.
 2. 3D-діаграма залежності часу простою від різних факторів.
 3. Сумарні питомі експлуатаційні витрати, що припадають на один вагон свого формування міжнародного слідування.
 4. Формалізація цільової функції з міжнародним пріоритетом.
 5. Релізація додатку СППР.
-

6. Техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів.

6 Консультанти окремих розділів

Розділ	Прізвище, ініціали, посада та науковий ступінь консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічне обґрунтування запропонованого рішення	Євгеній БАЛАКА, професор, к. е. н.		

7 Дата видачі завдання « 25 » вересня 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
Вступ	30.09.2025	виконано
1 Інтелектуальне управління пріоритетами руху поїздів.	5.10.2025	виконано
2 Аналіз процесу просування міжнародних вагонопотоків	20.10.2025	виконано
3 Розробка системи підтримки прийняття рішень щодо пріоритетного відправлення поїздів з міжнародним вантажем	1.11.2025	виконано
4 Обґрунтування економічної ефективності	30.11.2025	виконано
Висновки	20.12.2025	виконано
Оформлення роботи	08.01.2026	виконано

Здобувач



Анна ВОРОБИЙОВА

Керівник проекту (роботи)



Тетяна ГОЛОВКО

Зміст

Вступ	7
1 Інтелектуальне управління пріоритетами руху поїздів	12
1.1 Механізм визначення пріоритетів для поїздів: концептуальні засади та практичні аспекти	12
1.2 Алгоритми визначення пріоритетів	15
1.3 Адаптивне управління у реальному часі	27
1.4 Інтеграція з системами моніторингу та управління рухом поїздів	Error!
Bookmark not defined.	
2 Аналіз процесу просування міжнародних вагонопотоків	35
2.1 Транс'європейські транспортні мережі (TEN-T)	35
2.2 Аналіз основних показників роботи залізничного підрозділу з прикордонними операціями	39
3 Розробка системи підтримки прийняття рішень щодо пріоритетного відправлення поїздів з міжнародним вантажем	48
3.1 Формалізація моделі процесу просування міжнародних вагонопотоків	48
3.2 Формалізація цільової функції з міжнародним пріоритетом	57
3.3 Модель та методи реалізації СППР	61
3.4 Інтерфейс користувача та засоби візуалізації	64
4 Обґрунтування економічної ефективності	70
Висновки	82
Список використаних джерел	84

					УТПВЗ 300.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Удосконалення технології просування вагонопотоків на залізничній мережі в міжнародному сполученні	Літ.	Арк.	Акрушіє
Розроб.		Вопобьова		10.01				
Перевір.		Головко		10.01			6	85
Т.контр.						УкрДУЗТ		
Н. Контр.		Головко		10.01				
Затв..		Буцько		10.01				

Вступ

Удосконалення технології просування вагонопотоків на залізничній мережі в міжнародному сполученні, в умовах сучасних глобалізаційних процесів та зростаючої потреби в швидких, ефективних та екологічно чистих перевезеннях, є надзвичайно актуальним напрямом розвитку міжнародного транспортного співробітництва. Зокрема, цей процес є важливим для підтримки конкурентоспроможності на міжнародному ринку транспортних послуг, забезпечення економічної вигоди для залізничних компаній та зниження екологічного впливу на довкілля, оскільки саме залізничний транспорт є одним із найбільш екологічно чистих видів транспорту.

Одним з основних аспектів удосконалення технології просування вагонопотоків є інтеграція залізничної інфраструктури між різними країнами, що дозволяє усунути технічні та організаційні бар'єри, які виникають на кордонах держав. Враховуючи різноманіття стандартів, використовуваних у різних країнах, важливо створювати єдині технічні регламенти та стандарти, що забезпечують ефективну взаємодію залізничних адміністрацій різних країн. Це включає в себе узгодження параметрів колії, систем сигналізації, типів локомотивів та вагонів, а також систем автоматичного управління рухом. Важливу роль у цьому процесі відіграють міжнародні угоди та співробітництво між залізничними компаніями та державами, яке дозволяє досягти стабільності в перевезеннях на міжнародному рівні. Один із найбільш перспективних напрямків розвитку є впровадження автоматизованих систем управління рухом поїздів, що дозволяють здійснювати моніторинг стану вагонів, координувати рух поїздів у реальному часі та коригувати маршрути з урахуванням зовнішніх факторів, таких як погодні умови, технічні збої або навантаження на інфраструктуру. Ці системи використовують новітні досягнення в галузі інформаційних технологій, великі дані, штучний інтелект та

алгоритми прогнозування, що дозволяють забезпечити високу ефективність транспортування, мінімізуючи затримки та скорочуючи час у дорозі. Вдосконалення таких систем дозволяє знизити витрати на перевезення, покращити обслуговування клієнтів та зменшити навантаження на людські ресурси. Окрім цього, важливою складовою є технічне удосконалення рухомого складу, зокрема вагонів та локомотивів, що використовуються для міжнародних перевезень. Для забезпечення безперешкодного руху поїздів через кордони важливо стандартизувати колії, адаптуючи їх до міжнародних вимог та забезпечуючи сумісність з різними типами локомотивів та вагонів. Одним з найбільш перспективних рішень є створення універсальних локомотивів, які можуть працювати на різних типах колій, що дозволяє зменшити час на перевантаження локомотивів на кордонах і скоротити загальний час перебування поїздів у дорозі. Такі технології також передбачають використання енергозберігаючих та екологічно чистих локомотивів, що є важливим для зниження викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище та зменшення впливу транспорту на зміну клімату. Для підвищення ефективності міжнародних залізничних перевезень необхідно також впроваджувати новітні системи моніторингу і контролю, які дають змогу оперативно реагувати на будь-які позаштатні ситуації, що можуть виникати під час руху поїздів. Сучасні системи використовують датчики, які здатні в реальному часі передавати інформацію про стан залізничної інфраструктури, технічний стан рухомого складу, а також інформацію про навантаження та маршрути поїздів. Завдяки цим технологіям можна здійснювати своєчасну діагностику та прогнозування технічних збоїв, що допомагає уникати затримок і аварій, підвищуючи загальний рівень безпеки перевезень. Особливу увагу слід приділяти удосконаленню логістичних процесів, пов'язаних із перевезенням вантажів на міжнародних маршрутах. Важливим елементом є інтеграція мультимодальних транспортних схем, які включають не лише залізничний, а й автомобільний та морський транспорт, що дозволяє знизити витрати на перевезення та скоротити час доставки товарів. Для ефективної роботи

мультимодальних систем необхідно забезпечити гармонізацію стандартів перевезень, спрощення митних процедур та автоматизацію процесів обробки вантажів. Такі заходи дозволяють оптимізувати ланцюг постачання та створити більш ефективну, гнучку і швидку систему міжнародного транспорту. Ще одним важливим напрямком є енергоефективність та екологічність. У зв'язку з глобальними змінами клімату та зростаючими вимогами до екологічної безпеки, удосконалення технологій, спрямованих на зниження викидів парникових газів та інших шкідливих речовин, є необхідним етапом розвитку залізничного транспорту. Використання електричних локомотивів, що працюють на відновлюваних джерелах енергії, а також технологій для зниження рівня шуму та вібрацій під час руху поїздів, значно знижує негативний вплив на навколишнє середовище. Крім того, енергоефективні технології дозволяють знизити витрати на енергію, що є важливим аспектом для сталого розвитку галузі. Удосконалення технології просування вагонопотоків на залізничній мережі в міжнародному сполученні є багатогранним процесом, що включає в себе як технічні інновації, так і стратегічні зміни в організації перевезень. Підвищення ефективності залізничного транспорту не лише сприяє розвитку економіки, але й має значний позитивний вплив на навколишнє середовище та соціальну сферу, забезпечуючи сталий розвиток глобальної транспортної системи в умовах сучасних викликів.

Актуальність. Сучасний етап розвитку залізничного транспорту характеризується не лише суттєвим зростанням обсягів міжнародних перевезень та посиленням інтеграційних процесів у рамках транспортних коридорів, що обумовлює необхідність впровадження більш ефективних і формалізованих підходів до управління рухом вагонопотоків, особливо у випадках міжнародного сполучення, де терміни доставки і узгодження з іноземними перевізниками є критично важливими. При цьому однією з ключових проблем функціонування залізничних станцій і вузлів, що обслуговують як транзитні, так і прикордонні потоки, є значна нерівномірність руху вагонопотоків, що супроводжується тривалими простоями рухомого складу, затримками на прикордонних і

сортувальних станціях, а також недостатньою узгодженістю технологічних операцій між різними підрозділами, що в кінцевому результаті призводить до зниження пропускної спроможності та ефективності роботи залізничної мережі в цілому. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває розробка та впровадження удосконаленої технології просування вагонопотоків на залізничній мережі в міжнародному сполученні, яка базується на використанні формалізованих методів прийняття рішень, автоматизації технологічних процесів та інтелектуальних систем управління, здатних враховувати як кількісні показники, такі як час простою, обсяг і структура вантажопотоків, так і якісні характеристики, зокрема міжнародне призначення вагонів, терміновість доставки та категорію вантажу, що дозволяє створити обґрунтовану основу для підвищення ефективності диспетчерського управління та оптимізації пропускної спроможності станцій.

Метою є зменшення непродуктивних простоїв на залізничній мережі в міжнародному сполученні шляхом розроблення та впровадження формалізованих методів пріоритетного управління поїздами з вагонами міжнародного призначення на основі систем підтримки прийняття рішень. Для досягнення поставленої мети треба було вирішити наступні завдання:

- аналіз існуючих кількісних та якісних показників роботи полігону;
- удосконалення існуючої технології обробки вагонопотоків на станції шляхом впровадження системи підтримки прийняття рішень на автоматизоване робоче місце оперативного працівника;
- обґрунтування економічної доцільності запропонованих заходів.

Об'єкт дослідження. Організація вагонопотоків на полігоні залізниці.

Предмет дослідження. Технологія управління процесом просування вагонопотоків на залізничній мережі в міжнародному сполученні

Елементи наукової новизни. Запропоновано систему підтримки прийняття рішень на основі автоматизованого робочого місця оперативного працівника в умовах функціонування залізничного підрозділу, що дозволяє скоротити простій міжнародних поїздів, шляхом пріоритетного відправлення. Аналіз попередніх

досліджень та публікацій. Впровадженню інформаційних систем та технологій у перевізний процес в останні часи приділяється багато уваги в роботах М.І. Данька, Т.В. Бутько, Д.В. Ломотька, О.А. Малахової, А.В. Прохорченка, О.В. Лаврухіна та інших вчених.

В ході підготовки та виконання роботи автором була використана інформація, у тому числі текст, методики проведення аналізу, досліджень, визначення певних характеристик, параметрів та вихідних даних, розрахунків тощо, які містяться у джерелах [1-22], наведених у списку використаних джерел.

Публікації. Кількість наукових праць по тематиці даної випускної кваліфікаційної роботи відповідає нормативним вимогам щодо присудження кваліфікації магістра [1].

Висновки

1. Проведено аналіз сучасного стану міжнародних перевезень залізничним транспортом показав, що основними проблемами є нерівномірність вагонопотоків, значні простої рухомого складу та недостатня узгодженість технологічних процесів на станціях, що обслуговують поїзди міжнародного призначення. Дослідження часу простою поїздів, обсягу перевезених вантажів та впливу таких факторів, як кількість вагонів, завантаженість станцій та тип вантажу дозволило виявити вузькі місця на залізничних вузлах та обґрунтувати необхідність пріоритетного пропуску поїздів міжнародного призначення.

2. На основі аналізу часу простою, обсягів вантажів та питомих експлуатаційних витрат, формалізовано цільову функцію як максимізацію доцільності відправлення поїздів з урахуванням міжнародних пріоритетів, що дозволяє зменшувати нераціональний простій та оптимізувати просування вагонопотоків. Таким чином, цільова функція поєднує економічні критерії (питомі витрати, простої) та пріоритети міжнародних вантажів, що дозволяє автоматизовано приймати рішення щодо черговості відправлення поїздів і підвищувати пропускну спроможність парку відправлення.

3. Розроблено систему підтримки прийняття рішень (СППР) на основі нечіткої логіки та штучного інтелекту, яка забезпечує автоматизоване визначення черговості відправлення поїздів, скорочення простоїв, підвищення пропускну спроможності станцій та економічну ефективність міжнародних перевезень.

4. Економічний ефект від впровадження інтерактивної комп'ютерної системи підтримки прийняття рішень за розрахунковий період з урахуванням приведення до першого року складає 46304754 грн.

Список використаних джерел

- 1 Герасименко Є.О., Воробйова А.А., Голубенко О.О.. Удосконалення управління перевезеннями вантажів залізничним транспортом у міжнародному сполученні в умовах невизначеності. *Інтелектуальні транспортні технології: тези доповідей 3-ої міжнародної науково-технічної конференції, 24-26 листопада 2025 р.* Харків: УкрДУЗТ. 2025. С. 44-46.
- 2 Alvarez, J., & Perez, M. Artificial Intelligence Applied to Traffic Planning and Management. *Advances in Transportation Engineering: Theory, Method, Application*, 2023. 45 p.
- 3 Petrov, S., Ivanova, O., & Kuznetsov, V. Big Data and AI Systems for Real-Time Adaptive Railway Traffic Control. *Scientific & Technical Transport Journal*. 2025. 38 p.
- 4 Карташов, І. П., Бондаренко, В. О., & Литвиненко, О. М. Інтелектуальні системи управління у транспортних мережах: колективна монографія. Київ. Карт Прес. 2025. 320 с.
- 5 Лисенко, М. І. Машинне навчання та оптимізація в транспортних системах. Харків. Транспортна академія. 2024. 264 с.
- 6 Smith, L., & Johnson, R. Adaptive Scheduling and Priority Control in Rail Networks Using Fuzzy Logic. *International Journal of Rail Transportation*, 2024. Vol. 12. №3. P. 101–123.
- 7 Zhang, Y., & Lee, D. Real-Time Predictive Models for Freight and Passenger Rail Optimization. *Journal of Intelligent Transportation Systems*. 2023. Vol. 27. №4. P. 471–492.
- 8 Холмова, Н. А. Сучасні методи підтримки прийняття рішень в транспортних системах. Львів: ЛТУ. 2022. – 298 с.
- 9 Ma B., Wei Y., Fang B., Li C. Integrated optimisation model of daily freight train scheduling and dynamic railcar routing based on a two-layer space-time network. *Traffic and Transportation*. 2024. Vol. 36, No. 2. P. 215–230.

- 10 Hong Z., Shen H., Sun W., Zhang Y. Research on the location-routing optimization of international freight trains considering the implementation of blockchain. *Mathematics*. 2024. Vol. 12, No. 23. – Article ID 3797. URL: <https://www.mdpi.com/2227-7390/12/23/3797>.
- 11 Gbadegoye J., Camur M. C., Li X. A two-stage stochastic model for road-rail intermodal freight transportation under demand and capacity uncertainty. 2025. URL: <https://arxiv.org/abs/2503.17510>.
- 12 García-Ródenas R., Codina E., Cadarso L., Marín A. A model for pricing freight rail transport access costs: economic and environmental perspectives. – arXiv preprint arXiv:2504.04257, 2025. URL: <https://arxiv.org/abs/2504.04257>.
- 13 Uddin M., Huynh N. Routing model for multicommodity freight in an intermodal network under disruptions. – arXiv preprint arXiv:2402.00992, 2024 URL: <https://arxiv.org/abs/2402.00992>.
- 14 Lomotko D., Kovalov D. The usage of genetic algorithms when planning railway transportation in international connection // *Transport Technologies*. – 2024. – Vol. 5, No. 1. – P. 45–56. URL: <https://science.lpnu.ua/tt/all-volumes-and-issues/volume-5-number-1-2024/usage-genetic-algorithms-when-planning-railway>.
- 15 Planning container flows through the Eurasian rail network: managing ad-hoc demand under limited capacity. *Omega*. 2026. Vol. 124.
- 16 Ross T. J. *Fuzzy Logic with Engineering Applications*. Chichester. John Wiley & Sons. 2010. 585 p.
- 17 Klir G. J. *Fuzzy Set Theory. Foundations and Applications*. Upper Saddle River. Prentice Hall. 1995. 592 p.
- 18 Євдокимов В. В. Системи підтримки прийняття рішень : навч. посіб. Київ. КНЕУ. 2014. 324 с.
- 19 Кирпа Г. М. Організація руху поїздів на залізничному транспорті : підручник / Г. М. Кирпа. Київ. Транспорт України. 2011. 512 с.

- 20 Петренко О. М. Застосування нечітких моделей у задачах управління транспортними системами. *Вісник Національного транспортного університету*. 2018. № 3. С. 85–92.
- 21 Vogt J. J., Pienaar W. J., De Wit P. W. C. *Business Logistics Management: Theory and Practice*. Oxford University Press. 2006. 392 p.
- 22 Методичні рекомендації щодо розробки економічної частини випускної роботи магістрів за спеціальністю «Транспортні технології на залізничному транспорті» / Балака Є.І. та ін. Харків :УкрДУЗТ, 2018. 11с.