

Український державний університет залізничного транспорту

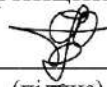
Кафедра управління експлуатаційною роботою

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕДУРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВАГОНОПОТОКІВ В
УМОВАХ МІЖНАРОДНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Пояснювальна записка та розрахунки
до магістерської роботи

УПОВУ.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)



(підпис)

Микита ФОМІН

(ім'я та прізвище)

Керівник: _____ доцент, канд. техн. наук

Лілія РИБАЛЬЧЕНКО

(ім'я та прізвище)

Рецензент: _____ професор, д-р техн наук

(посада, науковий ступінь)

Денис ЛОМОТЬКО

(ім'я та прізвище)

2025 р.

Факультет управління процесами перевезень

Кафедра управління експлуатаційною роботою

Освітній рівень: магістр

Спеціальність 275 Транспортні технології

275.02 Транспортні технології (на залізничному транспорті)

ЗАТВЕРДЖУЮ



«29» вересня 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Фоміну Микиті Юрійовичу

1.Тема(роботи) Удосконалення процедури організації вагонопотоків в умовах міжнародних вантажних перевезень

керівник Рибальченко Лілія Ігорівна, канд. техн. наук, доцент

затверджена розпорядженням по факультету управління процесами перевезень від 19/25 від 24 жовтня 2025

2 Строк подання студентом роботи 12 січня 2026 р.

3.Вихідні дані до проекту (роботи) Офіційна статистика АТ «Укрзалізниця» щодо міжнародних вантажних перевезень за 2022–2024 роки; нормативні та методичні документи з організації вагонопотоків; наукові публікації з питань оптимізації перевізного процесу; дані щодо технологічної роботи прикордонних переходів та інформаційно-керуючих систем залізничного

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1 Аналіз сучасного стану та тенденцій розвитку міжнародних вантажних перевезень і організації вагонопотоків. 2 Дослідження та математичне моделювання процесу організації міжнародного вагонопотоку

3 Інформаційно-керуючі системи та інтеграція оптимізаційної моделі в контур управління міжнародними вагонопотоками 4 Техніко-економічне обґрунтування удосконалення процедури організації міжнародних вагонопотоків. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень та їх кількості) тема магістерської кваліфікаційної роботи; мета і задачі дослідження, об'єкт та предмет дослідження; аналіз динаміки міжнародних вантажних перевезень АТ «Укрзалізниця»; структура та номенклатура міжнародних вантажопотоків; пропуск міжнародних вантажів через основні прикордонні переходи; схема технологічного процесу організації міжнародного

вагонопотоку; структурна схема міжнародного вагонопотоку як об'єкта математичного моделювання; узагальнена схема алгоритму організації міжнародного вагонопотоку; математична модель оптимізації міжнародного вагонопотоку та система обмежень; архітектура інтегрованого модуля оптимізації міжнародного вагонопотоку; Висновки.

6. Консультанти окремих розділів

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

7. Дата видачі завдання 27 жовтень 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів	Строк виконання етапів роботи	Примітка
Вступ	29.10.2025	виконано
1 Аналіз поточного стану інтермодальних перевезень та термінальних пристроїв.	05.11.2025	виконано
2 Аналіз динаміки ринку зернових вантажів.	25.11.2025	виконано
3 Робота транспортних вузлів на базі логістичних технологій.	10.12.2025	виконано
4 Розрахунок ризиків при організації інтермодальних перевезень.	25.12.2025	виконано
Висновки	31.12.2025	виконано
Оформлення роботи	12.01.2026	виконано

Здобувач



(підпис)

Микита Фомін...

(ім'я та прізвище)

Керівник



(підпис)

Лілія Рибальченко...

(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 14 слайдів презентації, 101 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 11 рисунків, 9 таблиці, 26 літературних джерел.

Ключові слова: міжнародні вантажні перевезення, вагонопотік, оптимізація, прикордонний перехід, інформаційно-керуюча система, математичне моделювання.

Об'єктом дослідження є процес організації міжнародних вантажних перевезень залізничним транспортом України в умовах обмеженої пропускної спроможності прикордонних переходів та нерівномірності вантажних потоків.

Метою дослідження є удосконалення процедури організації вагонопотоків в умовах міжнародних вантажних перевезень шляхом розроблення та обґрунтування оптимізаційної моделі управління міжнародним вагонопотоком з урахуванням інфраструктурних, технологічних та інформаційних обмежень.

У межах магістерської роботи виконано аналіз сучасного стану та тенденцій розвитку міжнародних вантажних перевезень АТ «Укрзалізниця» у 2022–2024 роках, досліджено технологічний процес формування міжнародних вагонопотоків і виявлено ключові проблеми, що призводять до утворення черг вагонів та збільшення часу їх простою на прикордонних переходах. Проведено статистичний аналіз динаміки обсягів перевезень, структури вантажів і експлуатаційних показників роботи вантажного руху.

Вперше розроблено формалізовану математичну модель оптимізації міжнародного вагонопотоку, яка враховує пропускну та переробну спроможність прикордонних переходів, стохастичний характер надходження вагонів, часові витрати на технологічні операції та можливість маршрутизації вагонів між альтернативними міжнародними коридорами. Запропоновано використання моделей масового обслуговування для оцінки утворення черг та часу очікування вагонів.

Удосконалено підхід до організації міжнародних вагонопотоків шляхом інтеграції оптимізаційної моделі в інформаційно-керуючі системи управління перевезеннями, що дозволяє перейти від реактивного до прогнозно-орієнтованого управління. Обґрунтовано економічну доцільність впровадження запропонованих рішень та показано можливість скорочення простою вагонів, підвищення рівномірності вантажопотоків і ефективності використання вагонного парку.

ABSTRACT

This qualification work includes 14 presentation slides, 101 pages of explanatory notes in A4 format, including 11 figures, 9 tables, and 26 references.

Keywords: international freight transportation, wagon flow, optimization, border crossing, information management system, mathematical modeling.

The object of the study is the process of organizing international freight transportation by rail in Ukraine under conditions of limited border crossing capacity and irregular freight flows.

The purpose of the research is to improve the procedure for organizing wagon flows in international freight transportation by developing and substantiating an optimization model for managing international wagon flows, taking into account infrastructural, technological, and information constraints.

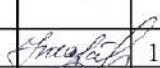
Within the framework of the master's thesis, an analysis of the current state and development trends of international freight transportation of JSC "Ukrzaliznytsia" for the period 2022–2024 was conducted. The technological process of forming international wagon flows was studied, and key problems leading to wagon queues and increased idle time at border crossings were identified. A statistical analysis of transportation volumes, cargo structure, and operational performance indicators was carried out.

For the first time, a formalized mathematical model for optimizing international wagon flows was developed. The model considers the capacity of border crossings, the stochastic nature of wagon arrivals, time losses during technological operations, and the possibility of routing wagons through alternative international corridors. Queueing theory models were applied to assess queue formation and wagon waiting times.

The approach to organizing international wagon flows was improved through the integration of the optimization model into information management systems for transportation control, enabling a transition from reactive to predictive-oriented management. The economic feasibility of implementing the proposed solutions was substantiated, demonstrating the potential for reducing wagon idle time, increasing flow regularity, and improving the efficiency of wagon fleet utilization.

Зміст

Вступ	9
1 Аналіз сучасного стану та тенденцій розвитку міжнародних вантажних перевезень і організації вагонопотоків	11
1.1 Огляд наукових досліджень з організації вагонопотоків у міжнародному залізничному сполученні	11
1.2 Технологічний процес організації вагонопотоків у міжнародному залізничному сполученні	13
1.3 Статистичний аналіз міжнародних вантажних перевезень АТ «Укрзалізниця» у 2022–2024 роках	16
2 Дослідження та математичне моделювання процесу організації міжнародного вагонопотоку	25
2.1 Огляд наукових підходів до організації вагонопотоків у міжнародних залізничних перевезеннях	25
2.2 Виявлення проблем у функціонуванні вагонопотоку АТ «Укрзалізниця» в умовах міжнародних перевезень	28
2.3 Формалізація процесу організації міжнародного вагонопотоку	35
2.4 Математична модель оптимізації міжнародного вагонопотоку	41
2.5 Наукова новизна та практичні переваги запропонованої моделі організації міжнародного вагонопотоку	48
2.6 Алгоритм та схема функціонування міжнародного вагонопотоку	52
2.7 Реалізація та апробація оптимізаційної моделі організації міжнародного вагонопотоку	57
3 Інформаційно – керуючі системи та інтеграція оптимізаційної моделі в контур управління міжнародними вагонопотоками	63

					УПОВУ.300.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Удосконалення процедури організації вагонопотоків в умовах міжнародних вантажних перевезень	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.	Фомін			12.01		i		
Перевір.	Рибальченко			12.01			7	94
Н. Контр.	Малахова			12.01		УкрДУЗТ		
Затв.	Буцько			12.01				

3.1 Роль та можливості інформаційно-керуючих систем в управлінні міжнародними вагонопотоками	63
3.2 Концепція інтеграції моделі розділу 2 у контур управління (СППР на базі АСК ВП УЗ Є)	67
3.3 Інформаційне забезпечення моделі: склад даних, джерела, показники якості даних	70
3.4 Архітектура інтегрованого модуля оптимізації міжнародного вагонопотоку	75
3.5 Алгоритм функціонування інтегрованого модуля оптимізації міжнародного вагонопотоку	77
3.6 Вихідні управлінські рішення та методика оцінки результативності функціонування інтегрованої системи	79
4 Техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів з удосконалення організації міжнародних вагонопотоків	85
4.1 Методика визначення економічної ефективності удосконалення процедури організації міжнародних вагонопотоків	85
4.2 Визначення одноразових та поточних витрат на впровадження удосконаленої процедури організації міжнародних вагонопотоків	87
4.3 Розрахунок економічного ефекту від упровадження удосконаленої процедури організації міжнародних вагонопотоків	91
Висновки	96
Список використаних джерел	99

Вступ

Сучасний розвиток міжнародних вантажних перевезень залізничним транспортом України відбувається в умовах суттєвих структурних змін логістичних потоків, зумовлених геополітичними, економічними та інфраструктурними чинниками. Після 2022 року відбулося різке переорієнтування значної частини експортних і транзитних вантажів з морських портів на сухопутні міжнародні коридори, що призвело до зростання навантаження на західні прикордонні переходи та формування стійких черг вагонів [17–19].

В умовах обмеженої пропускної та переробної спроможності прикордонної інфраструктури, нерівномірності надходження вантажів та наявності значних технологічних і регуляторних обмежень традиційні методи організації вагонопотоків не забезпечують необхідного рівня ефективності перевізного процесу. Значна частина управлінських рішень у сфері міжнародних перевезень приймається в ручному режимі, без використання формалізованих моделей прогнозування та оптимізації, що знижує ритмічність руху, погіршує оборот вагонів і підвищує експлуатаційні витрати.

Актуальність даної магістерської роботи зумовлена необхідністю удосконалення процедури організації міжнародних вагонопотоків на основі поєднання статистичного аналізу, математичного моделювання та інтеграції оптимізаційних рішень в інформаційно-керуючі системи АТ «Укрзалізниця». Застосування формалізованих підходів дозволяє враховувати обмеження пропускної спроможності прикордонних переходів, стохастичний характер надходження вагонів і багатоваріантність міжнародних маршрутів, що є критично важливим у сучасних умовах функціонування залізничного транспорту.

Метою магістерської роботи є удосконалення процедури організації вагонопотоків в умовах міжнародних вантажних перевезень шляхом

розроблення та обґрунтування оптимізаційної моделі управління міжнародним вагонопотоком з урахуванням інфраструктурних, технологічних та інформаційних обмежень.

Для досягнення поставленої мети в роботі передбачено вирішення таких завдань:

- проаналізувати сучасний стан та тенденції розвитку міжнародних вантажних перевезень АТ «Укрзалізниця» у 2022–2024 роках;
- дослідити технологічні та організаційні особливості формування міжнародних вагонопотоків;
- виявити основні проблеми функціонування міжнародного вагонопотоку в умовах обмеженої пропускної спроможності прикордонних переходів;
- розробити формалізовану математичну модель оптимізації міжнародного вагонопотоку;
- обґрунтувати можливість інтеграції оптимізаційної моделі в інформаційно-керуючі системи управління перевезеннями;
- оцінити економічну доцільність впровадження удосконаленої процедури організації вагонопотоків.

Об'єктом дослідження є процес організації міжнародних вантажних перевезень залізничним транспортом. Предметом дослідження є методи та моделі управління міжнародними вагонопотоками в умовах обмежень пропускної спроможності та нерівномірності вантажних потоків.

Публікації. За темою роботи опубліковано тези на 85-ій Студентській науково – технічній конференції УкрДУЗТ [23].

Висновки

У магістерській роботі досягнуто поставленої мети, яка полягала в удосконаленні процедури організації вагонопотоків в умовах міжнародних вантажних перевезень шляхом розроблення та обґрунтування оптимізаційних рішень з урахуванням технологічних, інфраструктурних та інформаційних обмежень.

Для досягнення визначеної мети в роботі було вирішено комплекс науково-практичних завдань. У першому розділі виконано аналіз сучасного стану та тенденцій розвитку міжнародних вантажних перевезень АТ «Укрзалізниця» у 2022–2024 роках. Досліджено динаміку обсягів перевезень, їх номенклатурну структуру та роботу основних міжнародних прикордонних переходів. Встановлено, що зростання експортно орієнтованих вантажопотоків і концентрація перевезень на обмеженій кількості прикордонних напрямків призводять до перевантаження інфраструктури, утворення черг вагонів і збільшення часу їх простою.

У другому розділі міжнародний вагонопотік формалізовано як об'єкт математичного моделювання. Технологічний процес організації міжнародних перевезень представлено у вигляді системи масового обслуговування з випадковим характером надходження вагонів та обмеженою інтенсивністю їх обробки. Розроблено математичну модель оптимізації міжнародного вагонопотоку, у якій цільовою функцією є мінімізація середнього часу простою вагонів та довжини черги при обмеженнях на пропускну і переробну спроможність прикордонних переходів, тривалість технологічних операцій, кількість каналів обслуговування та інформаційні затримки. Запропонована система обмежень дозволяє адекватно враховувати реальні умови функціонування міжнародних перевезень і є основою для прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

У третьому розділі розроблено концепцію інтеграції математичної моделі оптимізації в інформаційно-керуючу систему управління міжнародними вагонопотоками. Запропоновано структурну архітектуру системи, що включає

модулі збору та обробки даних, оптимізаційний модуль, блок аналізу показників ефективності та диспетчерський інтерфейс. Інтеграція оптимізаційної моделі в інформаційний контур управління забезпечує перехід від реактивного до прогнозно-орієнтованого управління та дозволяє своєчасно виявляти вузькі місця у роботі прикордонних переходів.

У четвертому розділі виконано техніко-економічне обґрунтування впровадження удосконаленої процедури організації міжнародних вагонопотоків. За результатами розрахунків встановлено, що застосування запропонованих рішень забезпечує скорочення середнього простою вагона, підвищення технічної швидкості руху та зменшення обороту вагона. Порівняння базового та проєктного варіантів показало наявність економічного ефекту, який формується за рахунок зниження витрат, пов'язаних із простоєм вагонів, та більш раціонального використання вагонного парку. Отриманий економічний ефект підтверджує доцільність практичного впровадження запропонованої оптимізаційної моделі та інформаційно-керуючих рішень.

Результати, отримані у магістерській роботі, мають практичну спрямованість і можуть бути використані в діяльності підрозділів АТ «Укрзалізниця», що здійснюють планово-диспетчерське управління міжнародними вантажними перевезеннями. Насамперед це стосується служб, відповідальних за формування та коригування міжнародних вагонопотоків, а також за взаємодію з суміжними залізничними адміністраціями.

Розроблена у розділі 2 математична модель оптимізації міжнародного вагонопотоку та алгоритм її функціонування можуть бути реалізовані у вигляді окремого програмного модуля системи підтримки прийняття рішень, інтегрованого в інформаційно-керуючу систему управління перевезеннями АСК ВП УЗ Є, архітектура якої наведена у розділі 3. Запропонований модуль забезпечує прогнозування утворення черг вагонів на прикордонних переходах, оцінку впливу обмежень пропускної спроможності та формування рекомендацій щодо раціонального розподілу міжнародних вагонопотоків між альтернативними маршрутами.

Практичне впровадження результатів роботи доцільно здійснювати у пілотному режимі на одному або декількох ключових прикордонних напрямках з подальшою оцінкою ефективності за показниками середнього простою вагонів, обороту вагонного парку, рівномірності вагонопотоку та використання пропускної спроможності прикордонних переходів. Застосування запропонованої моделі дозволяє перейти від реактивного ручного управління до прогнозно-орієнтованого прийняття рішень, що особливо важливо в умовах зростання міжнародних перевезень та обмеженості інфраструктурних ресурсів.

Список використаних джерел

1. Лаврухін О. В. [та ін.]. Вантажні перевезення на залізничному транспорті : підручник. Ч. 1. Харків : УкрДУЗТ, 2015. 260 с.
2. Лаврухін О. В. [та ін.]. Вантажні перевезення на залізничному транспорті : підручник. Ч. 2. Харків : УкрДУЗТ, 2016. 278 с.
3. Лаврухін О. В., Мкртичян Д. І., Куценко М. Ю. [та ін.]. Вантажні перевезення на залізничному транспорті : підручник. 2-ге вид., переробл. та допов. Ч. 2. Харків : УкрДУЗТ, 2021. 237 с.
4. Дьомін Ю. В. Залізнична техніка міжнародних транспортних систем (вантажні перевезення). Київ : Юнікон-Прес, 2011. 342 с.
5. Донченко О. О. Організація міжнародних перевезень : навч. посіб. Київ, 2008. 307 с.
6. Богомазова Г. Є. Розвиток теорії та практики організації вагонопотоків на сортувальних станціях : навч. посіб. Харків : УкрДУЗТ, 2011. 256 с.
7. Інструктивні вказівки з організації вагонопотоків на залізницях України (ЦД-0053): затв. наказом Укрзалізниці від 29.12.2004 № 1028-ЦЗ. Київ : ТОВ «Швидкий рух», 2005. 100 с.
8. Альошинський Є. С. Дослідження функціонування транспортного комплексу по доставці вантажів при міжнародних залізничних перевезеннях // *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2008. № 5–6. С. 26–30.
9. Папахов О. Ю. Використання методу функції множини при раціональній організації вагонопотоків // *Технології та системи транспорту*. 2016. № 1(13). С. 69–76. doi: 10.15802/tstt2016/85887.
10. Чибісов Ю. В. Математична модель вибору раціональних варіантів пропуску поїздопотоків по залізничній мережі // *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*. 2012. № 41. С. 112–118.

11. Ніконов В. В., Сіконенко Г. М. Удосконалення організації вагонопотоків в сучасних умовах функціонування залізниць // *Вісник НТУ «ХПІ»*. 2015. № 15. С. 84–90.
12. Баранов О. І. Динамічні моделі оптимізації транспортних потоків в умовах воєнних дій // *Науковий вісник Ужгородського національного університету*. 2024. № 49. С. 17–24.
13. Михайлюта С. С. Удосконалення технології управління вагонопотоками в умовах розвитку штучного інтелекту : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Харків : УкрДУЗТ, 2024. 24 с.
14. Акціонерне товариство «Укрзалізниця». Фінансова та річна звітність за 2022 рік. Режим доступу: <https://www.uz.gov.ua> (дата звернення: 05.01.2026).
15. Акціонерне товариство «Укрзалізниця». Фінансова звітність за 2023 рік, складена за МСФЗ. Режим доступу: <https://www.uz.gov.ua> (дата звернення: 05.01.2026).
16. Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України. Інформаційні матеріали щодо роботи АТ «Укрзалізниця» у 2022–2023 роках. Режим доступу: <https://mtu.gov.ua> (дата звернення: 05.01.2026).
17. CFTS – Центр транспортних стратегій. Черги вантажних вагонів на західних кордонах зросли до 19 тис. одиниць. Режим доступу: <https://cfts.org.ua> (дата звернення: 05.01.2026).
18. GMK Center. Залізничні ворота у світ: стан вантажних перевезень між Україною та Польщею. Режим доступу: <https://gmk.center> (дата звернення: 05.01.2026).
19. RailInsider. У липні черги вагонів на західних прикордонних переходах зросли на 20 %. Режим доступу: <https://railinsider.com.ua> (дата звернення: 05.01.2026).
20. Liga.net. В Україні війна зруйнувала близько 10 тис. км залізничних колій. Режим доступу: <https://www.liga.net> (дата звернення: 05.01.2026).
21. Укрінформ. Через війну зруйновані майже 10 тис. км залізничних колій. Режим доступу: <https://www.ukrinform.ua> (дата звернення: 05.01.2026).

22. Економічна правда. «Укрзалізниця» очікує падіння вантажоперевезень на 7–8 % у 2025 році. Режим доступу: <https://www.epravda.com.ua> (дата звернення: 05.01.2026).
23. Delo.ua. Кібератака на «Укрзалізницю»: вантажні перевезення здійснюються за паперовими накладними. Режим доступу: <https://delo.ua> (дата звернення: 05.01.2026).
24. Forbes Ukraine. «Укрзалізниця» відновила функції після кібератаки. Режим доступу: <https://forbes.ua> (дата звернення: 05.01.2026).
25. Балака Є.І., Зоріна О.І., Колесникова Н.М., Писаревський І.М. Оцінка економічної доцільності інвестицій в інноваційні проекти на транспорті : навч. посібник. Харків: УкрДАЗТ, 2005. 210 с.
26. Фомін М.Ю. Удосконалення процедури організації вагонопотоків в умовах міжнародних вантажних перевезень. *Тези доповідей 85 Студентської науково-технічної конференції*. м. Харків, 10-11 грудня 2025 р. С. 410–411.