

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра управління експлуатаційною роботою

УДОСКОНАЛЕННЯ СХЕМ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ НА
ОСНОВІ ТЕОРЕТИКО-ІГРОВОГО ПІДХОДУ

Пояснювальна записка та розрахунки
до кваліфікаційної роботи

УСПЗВ.300.00.00.000 ПЗ

Розробив студент групи 221 –ОПУТ –Д23
спеціальності 275/275.02 – Транспортні
технології (на залізничному транспорті)
(роботу виконано самостійно, відповідно до
принципів академічної доброчесності)



Еміль АКОПЯН

Керівник: професор, докт. техн. наук
Андрій ПРОХОРЧЕНКО

Рецензент: професор, канд. техн. наук
Віктор ЗАПАРА

2025

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 14 слайдів презентації, 71 аркуш пояснювальної записки формату А4, що включає 19 рисунків, 19 літературних джерел.

Ключові слова: СХЕМА ПЕРЕВЕЗЕНЬ, ЗЕРНОВІ ВАНТАЖІ, ТЕОРЕТИКО-ІГРОВИЙ ПІДХІД

Об'єктом дослідження є процес вантажних перевезень в міжнародному сполученні

Метою дослідження є підвищення ефективності вантажних міжнародних перевезень на залізничному транспорті України на основі удосконалення схем перевезень зернових вантажів з використанням теоретико-ігрового підходу. Це дозволить підвищити ефективність планування перевезень і, як наслідок, зменшити витрати та врахувати логістичні особливості.

В межах даної кваліфікаційної роботи удосконалено процедуру вибору схеми перевезень зернових вантажів з використанням теоретико-ігрового підходу. Вперше:

- удосконалено процедуру вибору схеми перевезень зернових вантажів на основі математичної моделі “три з природою” з перетворення її до задачі лінійного програмування, що, на відміну від існуючих, дозволяє врахувати стратегії використання різних комбінацій маршрутів на залізничному та автомобільному транспорті, сценарії ризиків затримки при русі коридором TEN-T при заданих вхідних параметрах та обмеженнях.

- доопрацьовано склад функціональних задач інформаційно-керуючої системи залізничного транспорту, які є основою для формування системи підтримки прийняття рішень працівників пов'язаних з вибором схем перевезень зернових вантажів та пошуку залізничних маршрутів руху через Трансевропейську мережу TEN-T в межах локальної комп'ютерної мережі, яка інтегрована до системи АСК ВП УЗ-Є та PCS (Path Coordination System).

ABSTRACT

This qualification work includes 14 presentation slides, 71 sheets of explanatory note in A4 format, including 19 drawings, 19 literary sources.

Keywords: TRANSPORTATION SCHEME, GRAIN CARGO, GAME THEORETICAL APPROACH

The object of the study is the process of freight transportation in international traffic

The purpose of the study is to increase the efficiency of international freight transportation on the railway transport of Ukraine based on improving grain cargo transportation schemes using a game theoretical approach. This will increase the efficiency of transportation planning and, as a result, reduce costs and take into account logistical features.

Within the framework of this qualification work, the procedure for selecting a grain cargo transportation scheme using a game theoretical approach has been improved. For the first time:

- the procedure for selecting a grain cargo transportation scheme has been improved based on the mathematical model of the “game with nature” by transforming it into a linear programming problem, which, unlike existing ones, allows taking into account strategies for using different combinations of routes on rail and road transport, scenarios of delay risks when moving along the TEN-T corridor with given input parameters and restrictions.

- the composition of functional tasks of the information and control system of railway transport has been finalized, which are the basis for forming a decision support system for employees related to the selection of grain cargo transportation schemes and the search for railway routes through the Trans-European Network TEN-T within the local computer network, which is integrated into the ASK VP UZ-E system and PCS (Path Coordination System).

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет управління процесами перевезень

Кафедра управління експлуатаційною роботою

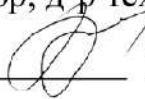
Освітній рівень: магістр

Спеціальність 275 Транспортні технології

275.02 Транспортні технології (на залізничному транспорті)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри,
професор, д-р техн. наук

_____  Буцько Т.В.

« 19 » березня _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Акопяну Емілю Левоновичу

1 Тема роботи «Удосконалення схем перевезень зернових вантажів на основі теоретико-ігрового підходу» керівник Прохорченко Андрій Володимирович, професор, доктор техн. наук затверджена розпорядженням по факультету управління процесами перевезень від від «24» лютого 2025 р. № 04/25.

2 Строк подання студентом роботи 15 червня 2025 року.

3 Вихідні дані до роботи: Техніко-експлуатаційні показники роботи залізничного транспорту України, Литви, Латвії та Естонії, нормативна документація щодо функціонування Транс'європейської транспортної мережі та North Sea–Baltic Corridor.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1 Аналіз умов функціонування залізничного транспорту України, Латвії, Литви та Естонії. 2 Аналіз наукових досліджень в області перевезень зернових вантажів. 3 Аналіз технології організації перевезень Транс'європейської транспортної мережі. 4 Формалізація процедури вибору схеми перевезень зернових вантажів на основі гри з природою. 5 Розробка вимог щодо формування автоматизованої системи вибору схем перевезень зернових вантажів в міжнародному сполученні з використанням теоретико-ігрового підходу. 6 Техніко-економічне обґрунтування від впровадження удосконаленої схеми перевезень зернових вантажів з використанням теоретико-ігрового підходу в межах залізничного коридору Україна-країни Балтії. Висновки.

5 Перелік графічного матеріалу: Ріст ВВП в загальній структурі економіки України, динаміка експорту товарів за період 2011-2023 рр, динаміка світового виробництва зернових за період 2019–2024 років, млн. т., динаміка світового споживання зернових за період 2019–2024 рр, експорт продукції агропромислового комплексу за видами транспорту за період 2021-2023 рр
Обсяги експорту до Латвії та Естонії за 2023 р., динаміка руху поїздів на RFC-8 (North Sea–Baltic Corridor) у період з 2018 по 2023 рік.

6 Консультанти окремих розділів

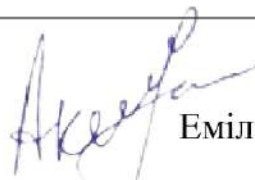
Розділ	Прізвище, ініціали, посада та науковий ступінь консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Оцінка економічної ефективності проектного рішення	Наталія ГРИЦЕНКО, доцент, к.е.н		

7. Дата видачі завдання: 20.03.2025.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
1 Аналіз умов функціонування залізничного транспорту України, Латвії, Литви та Естонії	20.03.25	вик
2 Аналіз наукових досліджень в області перевезень зернових вантажів	05.04.25	вик
3 Аналіз технології організації перевезень Транс'європейської транспортної мережі	25.04.25	вик
4 Формалізація процедури вибору схеми перевезень зернових вантажів на основі гри з природою	01.05.25	вик
5 Розробка вимог щодо формування автоматизованої системи вибору схем перевезень зернових вантажів в міжнародному сполученні з використанням теоретико-ігрового підходу	12.05.25	вик
6 Техніко-економічне обґрунтування від впровадження удосконаленої схеми перевезень зернових вантажів з використанням теоретико-ігрового підходу в межах залізничного коридору Україна-країни Балтії	05.06.25	вик
Висновки. Оформлення роботи.	15.06.25	вик

Студент



Еміль АКОПЯН

Керівник



Андрій ПРОХОРЧЕНКО

Зміст

1 Аналіз умов функціонування залізничного транспорту України, Латвії, Литви та Естонії	11
1.1 Аналіз ринку перевезень зернових вантажів в Україні	11
1.2 Перевезення зернових вантажів різними видами транспорту	15
1.3 Аналіз умов функціонування залізничного транспорту країн Балтії	20
2 Аналіз наукових досліджень в області перевезень зернових вантажів	28
3 Аналіз технології організації перевезень Транс'європейської транспортної мережі	43
3.1 Загальний аналіз Транс'європейської транспортної мережі	43
3.2 Аналіз показників коридору North Sea – Baltic Corridor	44
4 Формалізація процедури вибору схеми перевезень зернових вантажів на основі гри з природою	49
5 Розробка вимог щодо формування автоматизованої системи вибору схем перевезень зернових вантажів в міжнародному сполученні з використанням теоретико-ігрового підходу	52
5.1 Передумови створення автоматизованої системи вибору схем перевезень зернових вантажів	52
5.2 Аналіз системи замовлення і обробки заявок у коридорах RFC	53
5.3 Розробка вимог до автоматизованої системи вибору схем перевезень зернових вантажів в міжнародному сполученні	57

					УСПЗВ.200.00.00 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Удосконалення схем перевезень зернових вантажів на основі теоретико-ігрового підходу	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Акопян Е.Л.					6	71
Перевір.		Проخورченко						
Реценз.								
Н. Контр.		Проخورченко						
Затверд.		Бутько			УкрДУЗТ			

6 Техніко-економічне обґрунтування від впровадження удосконаленої схеми перевезень зернових вантажів з використанням теоретико-ігрового підходу в межах залізничного коридору Україна-країни Балтії	61
Висновки	67
Список використаних джерел	69

					УСПЗВ. 200.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

У сучасних умовах функціонування залізничного транспорту України особливої ваги набуває проблема підвищення ефективності перевезень зернових вантажів. Зерно є одним із ключових експортно орієнтованих вантажів, обсяги перевезень якого мають високу сезонну та просторову варіативність. Це створює додаткове навантаження на залізничну інфраструктуру, зокрема в напрямку портів, і потребує оперативного прийняття рішень щодо раціонального використання провізної спроможності, маневрових ресурсів та погодження графіка руху.

Водночас умови конкуренції між учасниками перевізного процесу вантажовласниками, операторами рухомого складу, інфраструктурними компаніями - потребують узгодження стратегій, що забезпечують як економічну ефективність, так і технологічну доцільність схем перевезень. У цьому контексті особливої актуальності набуває застосування теоретико-ігрового підходу, який дозволяє моделювати поведінку зацікавлених сторін у ситуаціях конфлікту або кооперації, знаходити компромісні рішення та формалізувати процес прийняття рішень в умовах обмежених ресурсів.

Теоретико-ігрові моделі, зокрема задачі з нульовою та ненульовою сумою, багаторівневі ігри та моделі з неповною інформацією, забезпечують можливість більш глибокого аналізу стратегічної взаємодії між учасниками транспортного процесу. Їх використання для удосконалення схем перевезень дозволяє сформулювати адаптивні механізми розподілу інфраструктурних потужностей, оптимізувати маршрути та черговість перевезень, підвищити узгодженість дій в умовах дефіциту провізної спроможності.

Таким чином, розробка і впровадження теоретико-ігрових методів в управління перевезеннями зернових вантажів є актуальним напрямом досліджень, що відповідає сучасним викликам транспортної галузі України, сприяє забезпеченню продовольчої безпеки, збереженню конкурентних

переваг в аграрному експорті та інтеграції в європейський логістичний простір.

Метою дослідження є підвищення ефективності вантажних міжнародних перевезень на залізничному транспорті України на основі удосконалення схем перевезень зернових вантажів з використанням теоретико-ігрового підходу. Це дозволить підвищити ефективність планування перевезень і, як наслідок, зменшити витрати та врахувати логістичні особливості.

Основні завдання:

1. Провести аналіз умов функціонування залізничного транспорту України, Латвії, Литви та Естонії.
2. Дослідити технологію організації перевезень Транс'європейської транспортної мережі.
3. Сформувати математичну модель вибору схем перевезень зернових вантажів в міжнародному сполученні з використанням теоретико-ігрового підходу.
4. Розробити вимоги щодо формування автоматизованої системи вибору схем перевезень зернових вантажів в міжнародному сполученні з використанням теоретико-ігрового підходу.
5. Виконати економічне обґрунтування від впровадження удосконаленої схеми перевезень зернових вантажів з використанням теоретико-ігрового підходу в межах залізничного коридору Україна-країни Балтії.

Об'єктом дослідження є процес вантажних перевезень в міжнародному сполученні.

Предметом дослідження є процедури вибору схем перевезень зернових вантажів в міжнародному сполученні з використанням теоретико-ігрового підходу.

Елементи наукової новизни: В межах даної кваліфікаційної роботи удосконалено процедуру вибору схеми перевезень зернових вантажів з використанням теоретико-ігрового підходу. Вперше:

– удосконалено процедуру вибору схеми перевезень зернових вантажів на основі математичної моделі “гри з природою” з перетворення її до задачі лінійного програмування, що, на відміну від існуючих, дозволяє врахувати стратегії використання різних комбінацій маршрутів на залізничному та автомобільному транспорті, сценарії ризиків затримки при русі коридором TEN-T при заданих вхідних параметрах та обмеженнях. Проведені експериментальні розрахунки та отримані результати - запропоновано використання всі чотирьох вибраних маршрутів пропорційно найнижчій вартості та використання залізниці та автомобілей. Ця стратегія гарантує максимальні витрати не вище 111 млн. грн у найгіршому сценарії затримок;

доопрацьовано склад функціональних задач інформаційно-керуючої системи залізничного транспорту, які є основою для формування системи підтримки прийняття рішень працівників пов'язаних з вибором схем перевезень зернових вантажів та пошуку залізничних маршрутів руху через Трансєвропейську мережу TEN-T в межах локальної комп'ютерної мережі, яка інтегрована до системи АСК ВП УЗ-Є та PCS (Path Coordination System).

Матеріали кваліфікаційної магістерської роботи опубліковані у фаховому виданні МОН України [1].

Висновки

На основі проведеного аналізу умов функціонування залізничних систем України та країн Балтії та обсягів торгівлі між країнами зроблено висновок щодо важливості розвитку залізничних вантажних перевезень між країнами. Удосконалено складання графіка руху поїздів міжнародних залізничних транспортних маршрутів.

На основі проведеного аналізу технології організації перевезень Транс'європейської транспортної мережі TEN-T, зокрема роботи залізничного вантажного коридору Північне море- Балтика-Україна виявлено відсутність автоматизації вибору схем перевезень вантажів на маршруті Україна-країни Балтії.

Обґрунтовано, що одним із напрямків вирішення задачі підвищення ефективності перевезень вантажів у міжнародному сполученні є впровадження автоматизованої системи вибору схем перевезень зернових вантажів в міжнародному сполученні з використанням теоретико-ігрового підходу

Удосконалено процедуру вибору схеми перевезень зернових вантажів на основі математичної моделі “три з природою” з перетворення її до задачі лінійного програмування, що, на відміну від існуючих, дозволяє врахувати стратегії використання різних комбінацій маршрутів на залізничному та автомобільному транспорті, сценарії ризиків затримки при русі коридором TEN-T при заданих вхідних параметрах та обмеженнях. Проведені експериментальні розрахунки та отримані результати - запропоновано використання всі чотирьох вибраних маршрутів пропорційно найнижчій вартості. Ця стратегія гарантує максимальні витрати не вище 111 млн. грн у найгіршому сценарії затримок.

При впровадженні знайденої схеми перевезення зернових вантажів економічний ефект з наростаючим підсумком складає 1,08 млрд грн. Термін окупності даного проєкту настане на перший рік впровадження.

Список використаних джерел

1. Дослідження системи перевезень пасажирів швидкісними і звичайними поїздами на основі методів аналізу складних мереж А. М. Киман, Д.Р.Хаченко, Г. О.Прохорченко, Б. Ю. Хлібишин, Е. Л. Акопян Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. 2025. № 212 С. 21-27.
2. Агробізнес України 2023–2024 : інфографіч. довід. – Київ, 2024. – 53 с.
3. World cereal production will reach record in 2024: 2,854 million tons URL:: <https://www.tridge.com/news/world-cereal-production-will-reach-record-in-wxgmm> (дата звернення: 5 травня 2025 р.).
4. World – Cereals – Market Analysis, Forecast, Size, Trends and Insights // IndexBox.URL: <https://www.indexbox.io/blog/cereal-world-market-overview-2024-3/> (дата звернення: 5 травня 2025 р.).
5. Перевезення зернових вантажів скоротилось на 27% порівняно з лютим 2024 року – Agravery URL: <https://agrigator.com.ua/2025/02/25/perevezennia-zernovykh-vantazhiv-skorotylos-na-27-porivniano-z-liutym-2024-roku-agravery/> (дата звернення: 6 травня 2025 р.).
6. Сайт Укрпідфлот URL: <https://urf.ua/en/agricultural-cargo> (дата звернення: 6 травня 2025 р.).
7. Бауліна І., Богомазова І., Мішков В. Розробка моделі формування ступінчастих маршрутів із зерновими вантажами на залізницях України // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. – 2019. – № 187. – С. 42–52.
8. Арсененко Д. В. Удосконалення організації перевезення зернових вантажів залізничними ступінчастими маршрутами // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. – 2019. – Вип. 184. – С. 92–101.

9. Козаченко Д. М., Вернигора Р. В., Рустамов Р. С. Створення експортно-орієнтованої мережі зернових елеваторів в Україні // Наука та прогрес транспорту. – 2017. – № 2 (68). – С. 56–70.
10. Pavlenko O., Velykodnyi D. The choice of rational technology of delivery of grain cargoes in the containers in the international traffic // International Journal for Traffic and Transport Engineering. – 2017. – Vol. 7. – P. 164–176.
11. Кравченко М. Удосконалення процесу залізничних перевезень зернових вантажів на основі принципів райдшерингу : дис. ... канд. техн. наук. – Харків, 2023.
12. Kravchenko M., Prokhorchenko A., Zolotarov S. Mathematical model of a railroad grain cargo ridesharing service in the form of coalitions in congestion games // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2023. – Vol. 5, № 3(125). – P. 35–48. – DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.289470>.
13. European Journal of Operational Research. Network revenue management game in the railway industry: Stackelberg equilibrium, global optimality, and mechanism design / Dongjun Li, Dewan Md Zahurul, Mark Robinson, Dong-Ping Song, Jing-Xin Dong, Marc Reimann. – 2024. – Vol. 312, Issue 1. – P. 240–254.
14. Karri S., Dhabu M. M. Multistage game model based dynamic pricing for car parking slot to control congestion // Sustainability. – 2022. – Vol. 14, Issue 19. – 11808. – DOI: <https://doi.org/10.3390/su141911808>.
15. Zhang B., Yao T., Friesz T. L., Liu H. Urban freight transportation planning: A dynamic Stackelberg game-theoretic approach/ URL: <https://arxiv.org/abs/1211.3950> (дата звернення: 6 липня 2025 р.).
16. Rail Freight Corridor North Sea-Baltic URL: <https://rfc8.eu/> (дата звернення: 6 липня 2025 р.).
17. Pre-arranged Path (PaP) URL: <https://rfc8.eu/faqs/> (дата звернення: 6 липня 2025 р.).

18. Фон Нейман Дж., Моргенштерн О. Теория игр и экономическое поведение / Пер. с англ. под ред. Н. Н. Воробьева. – М. : Наука, 1970. – 707 с.

19. Дубров А. М., Лагоша Б. А., Хрусталеv Е. Ю. Моделирование рисковvх ситуаций в экономике и бизнесе. – К. : Финансы и статистика, 2000. – 176 с.