

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра управління експлуатаційною роботою

УДОСКОНАЛЕННЯ КРОС-КОРДОННИХ ПАСАЖИРСЬКИХ  
ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ОСНОВІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ З'ЄДНАНИХ ШВИДКІСНИХ  
ПОЇЗДІВ

Пояснювальна записка та розрахунки  
до кваліфікаційної роботи

УККПП.300.00.00.000 ПЗ

Розробив студент групи 211 –ТТ –323  
спеціальності 275/275.02 – Транспортні  
технології (на залізничному транспорті)  
(роботу виконано самостійно, відповідно до  
принципів академічної доброчесності)

Анастасія ДУБІНІНА



Керівник: професор, докт. техн. наук  
Андрій ПРОХОРЧЕНКО

Рецензент: доцент, канд. техн. наук  
Ярослав ЗАПАРА

2025

## АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 15 слайдів презентації, 84 аркуші пояснювальної записки формату А4, що включає 17 рисунків, 35 літературних джерел.

Ключові слова: КРОС-КОРДОННІ ПАСАЖИРСЬКІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ, ШВИДКІСНИЙ ПАСАЖИРСЬКИЙ ПОЇЗД.

Об'єктом дослідження є процес експлуатації з'єднаних швидкісних пасажирських поїздів у крос-кордонних перевезеннях.

Метою дослідження є підвищення ефективності крос-кордонних пасажирських перевезень на основі експлуатації з'єднаних швидкісних пасажирських поїздів на прикордонних переходах з урахуванням синхронізації їх графіків руху для з'єднання на прикордонних станціях стикування.

В межах даної кваліфікаційної магістерської роботи удосконалено крос-кордонні пасажирські перевезення на основі експлуатації з'єднаних швидкісних пасажирських поїздів на прикордонних переходах з урахуванням синхронізації їх графіків руху для з'єднання на прикордонних станціях стикування.

Удосконалено процедуру планування крос-кордонного руху з'єднаних швидкісних пасажирських поїздів з урахуванням синхронізації їх графіків руху для з'єднання на прикордонних станціях стикування на основі розробки оптимізаційної математичної моделі

Набув подальшого розвитку комплекс функціональних задач системи АСК ПП УЗ-Є на основі формування автоматизованої системи планування напрямків слідування пасажирських поїздів та схем їх обігу на крос-кордонних дільницях з урахуванням їх експлуатації з'єднаними для підвищення ефективності використання обмеженої пропускної спроможності.

## ABSTRACT

This qualification work includes 15 presentation slides, 84 A4 pages of explanatory notes, featuring 17 figures, and 35 references.

**Keywords: CROSS-BORDER PASSENGER TRANSPORTATION, HIGH-SPEED PASSENGER TRAIN.**

The object of the study is the operational process of coupled high-speed passenger trains in cross-border transportation.

The purpose of the study is to improve the efficiency of cross-border passenger transportation based on the operation of coupled high-speed passenger trains at border crossings, taking into account the synchronization of their schedules for connection at border junction stations.

Within this qualification master's thesis, cross-border passenger transportation has been improved based on the operation of coupled high-speed passenger trains at border crossings, with consideration for the synchronization of their schedules to enable connections at border junction stations.

The procedure for planning the cross-border movement of coupled high-speed passenger trains has been enhanced by considering the synchronization of their schedules for connection at border junction stations, based on the development of an optimization mathematical model.

The functional task set of the ASK PP UZ-E system has been further developed through the creation of an automated planning system for passenger train routing directions and circulation schemes on cross-border sections. This system accounts for the operation of coupled trains to improve the efficiency of utilizing limited throughput capacity..

## 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.

« 30 » грудня \_\_\_\_\_ 2025 р.

### **ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Дубініній Анастасії Сергіївні

1 Тема роботи «Удосконалення крос-кордонних пасажирських перевезень на основі експлуатації з'єднаних швидкісних поїздів» керівник Прохорченко Андрій Володимирович, професор, доктор техн. наук затверджена розпорядженням по факультету управління процесами перевезень від «30» вересня 2024 р. № 12/24.

2 Строк подання студентом роботи 30 грудня 2024 року.



3 Вихідні дані до роботи: Техніко-експлуатаційні показники роботи залізничного транспорту України в цілому, статистичні дані щодо обсягів перевезень пасажирів в міжнародному сполученні, схеми обігу високошвидкісних пасажирських поїздів за системою багатьох одиниць на станціях стикування.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1 Аналіз ринку залізничних пасажирських перевезень в Україні. 2 Аналіз наукових і практичних досліджень удосконалення крос-кордонних пасажирських перевезень на основі експлуатації з'єднаних швидкісних поїздів. 3 Аналіз досвіду ув'язки схем обігу високошвидкісних поїздів на високошвидкісних магістралях світу 4 Дослідження технологічних та технічних можливостей експлуатації швидкісних та високошвидкісних поїздів за системою багатьох одиниць. 5 Формування математичної моделі синхронізації графіку руху швидкісних пасажирських поїздів на станціях їх з'єднання за системою багатьох одиниць 6 Економічне обґрунтування від удосконалення крос-кордонних

пасажирських перевезень на основі експлуатації з'єднаних швидкісних поїздів. Висновки.

5 Перелік графічного матеріалу. Кількість перевезених пасажирів у міжнародному сполученні за 2021-2023 рр. діаграма розподілу часток виконаного пасажирообігу між залізничним та автомобільним транспортом, мережа напрямків руху швидкісних пасажирських поїздів та станцій зчеплення або роз'єднання поїздів у вигляді орієнтованого графу, схема СППР для стратегічного планування швидкісних пасажирських перевезень на залізничному транспорті.


#### 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 \_\_\_\_\_

#### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
Вступ. 1 Аналіз ринку залізничних пасажирських перевезень в Україні.	07.09.2024	
2 Аналіз наукових і практичних досліджень удосконалення крос-кордонних пасажирських перевезень на основі експлуатації з'єднаних швидкісних поїздів.	14.10.2024	
3 Аналіз досвіду ув'язки схем обігу високошвидкісних поїздів на високошвидкісних магістралях світу	04.11.2024	
4 Дослідження технологічних та технічних можливостей експлуатації швидкісних та високошвидкісних поїздів за системою багатьох одиниць.	30.11.2024	
5 Формування математичної моделі синхронізації графіку руху швидкісних пасажирських поїздів на етапах їх з'єднання за системою багатьох одиниць. 6 Розробка розподіленої системи підтримки прийняття рішень для планування пасажирськими перевезеннями на основі WEB технологій	16.12.2024	
7 Економічне обґрунтування від удосконалення крос-кордонних пасажирських перевезень на основі експлуатації з'єднаних швидкісних поїздів.	23.12.2024	
Висновки. Оформлення роботи	30.12.2024	

Студент 

Анастасія ДУБІННА

Керівник 

Андрій ПРОХОРЧЕНКО



5.1 Передумови формалізації технології синхронізації графіку руху швидкісних пасажирських поїздів для їх з'єднання або роз'єднання на певній точці маршруту	55
6 Розробка розподіленої системи підтримки прийняття рішень для планування пасажирськими перевезеннями на основі WEB-технологій	66
7 Економічне обґрунтування від удосконалення крос-кордонних пасажирських перевезень на основі експлуатації з'єднаних швидкісних поїздів	72
Висновки	80
Список використаних джерел	81

					УККП.300.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

## Вступ

У сучасних умовах глобалізації та інтеграції міжнародних транспортних систем залізничний транспорт відіграє важливу роль у забезпеченні швидких, безпечних та екологічних пасажирських перевезень. Зростаючий попит на міжнародні подорожі, особливо у межах Європи, потребує удосконалення існуючих механізмів організації крос-кордонних перевезень, що передбачає підвищення їх ефективності, швидкості та зручності для пасажирів.

З'єднання швидкісних пасажирських поїздів є перспективним підходом до оптимізації міжнародного залізничного сполучення. Така концепція дозволяє зменшити час очікування на прикордонних переходах, покращити узгодженість графіків руху та забезпечити безперешкодне сполучення між країнами. Водночас, ефективна експлуатація з'єднаних швидкісних поїздів вимагає впровадження сучасних технологій планування, автоматизації процесів управління та інтеграції транспортних систем різних країн.

Особливо актуальним є питання синхронізації графіків руху для забезпечення стикування поїздів на прикордонних станціях, що дозволяє оптимально використовувати пропускну спроможність інфраструктури. Це сприяє підвищенню економічної ефективності залізничного транспорту та задоволенню зростаючих вимог пасажирів до якості послуг.

Таким чином, удосконалення крос-кордонних пасажирських перевезень на основі експлуатації з'єднаних швидкісних поїздів є важливою і актуальною темою, яка відповідає сучасним викликам глобальної мобільності, інтеграції транспортних систем та сталого розвитку міжнародного залізничного сполучення.

*Метою* дослідження є підвищення ефективності крос-кордонних пасажирських перевезень на основі експлуатації з'єднаних швидкісних



пасажирських поїздів на прикордонних переходах з урахуванням синхронізації їх графіків руху для з'єднання на прикордонних станціях стикування. Це дозволить значно зменшити вплив швидкісного пасажирського руху поїздів на пропускну спроможність прикордонних переходів та надати гнучкість у пристосуванні до змінного попиту у часі та просторі.

*Основні завдання:*

- провести аналіз умов розвитку пасажирських перевезень на залізницях України;

- провести аналіз наукових і практичних досліджень удосконалення крос-кордонних пасажирських перевезень на основі експлуатації з'єднаних швидкісних поїздів;

- провести аналіз різних моделей розвитку швидкісного, високошвидкісного руху на залізницях світу та дослідити технологічні і технічні можливості експлуатації даних поїздів за системою багатьох одиниць;

- удосконалити математичну модель синхронізації графіку руху швидкісних пасажирських поїздів на станціях їх з'єднання за системою багатьох одиниць;

- розробити вимоги до інформаційно-керуючої системи планування напрямків слідування швидкісних пасажирських поїздів та схем їх обігу з урахуванням з'єднання;

- виконати економічне обґрунтування від впровадження технології експлуатації здвоєних швидкісних пасажирських поїздів з урахуванням синхронізації їх розкладів руху.

*Об'єктом дослідження є процес експлуатації з'єднаних швидкісних пасажирських поїздів у крос-кордонних перевезеннях.*

*Предметом дослідження є процедура планування крос-кордонного руху з'єднаних швидкісних пасажирських поїздів з урахуванням*

синхронізації їх графіків руху для з'єднання на прикордонних станціях стикування.

*Елементи наукової новизни:* В межах даної кваліфікаційної магістерської роботи удосконалено крос-кордонні пасажирські перевезення на основі експлуатації з'єднаних швидкісних пасажирських поїздів на прикордонних переходах з урахуванням синхронізації їх графіків руху для з'єднання на прикордонних станціях стикування.

Удосконалено процедуру планування крос-кордонного руху з'єднаних швидкісних пасажирських поїздів з урахуванням синхронізації їх графіків руху для з'єднання на прикордонних станціях стикування на основі розробки оптимізаційної математичної моделі, яка на відміну від існуючих, дозволяє автоматизувати систему ув'язки графіку руху для великої кількості швидкісних поїздів в умовах їх розчеплення або зчеплення на різних станціях полігону мережі значної розмірності.

Набув подальшого розвитку: комплекс функціональних задач системи АСК ІІІ УЗ-Є на основі формування автоматизованої системи планування напрямків слідування пасажирських поїздів та схем їх обігу на крос-кордонних дільницях з урахуванням їх експлуатації з'єднаними для підвищення ефективності використання обмеженої пропускної спроможності.

Матеріали кваліфікаційної магістерської роботи опубліковані у фахових виданнях МОН України [34,35].

## Висновки

На основі проведеного аналізу ринку залізничних пасажирських перевезень виявлено, що в надскладних умовах війни у 2023 році залізниця зберегла частку пасажирообігу на ринку перевезень. В той час як автобуси зменшили частку на 4% від 2021 року. Залізниця тримає позиції не в останню чергу за рахунок розвитку міжнародних пасажирських перевезень. У 2023 році УЗ виконала крос-кордонних перевезень на рекордні 2,1 млн пасажирів. Крос-кордонний рух швидкісних поїздів через прикордонні дільниці призводить до значних проблем вичерпання пропускної спроможності для вантажних поїздів;

Аналіз різних моделей розвитку швидкісного і високошвидкісного руху на залізницях світу свідчить про ефективність експлуатації швидкісних та високошвидкісних поїздів за системою багатьох одиниць. Експлуатація з'єднаних поїздів є ефективним способом досягнення кращої населеності в ситуаціях із сильними відхиленнями попиту у часі або просторі та дозволяє збільшити пропускну спроможність прикордонних дільниць.

Удосконалено процедуру планування крос-кордонного руху з'єднаних швидкісних пасажирських поїздів з урахуванням синхронізації їх графіків руху для з'єднання на прикордонних станціях стикування на основі розробки оптимізаційної математичної моделі, яка на відміну від існуючих, дозволяє автоматизувати систему ув'язки графіку руху для великої кількості швидкісних поїздів в умовах їх розчеплення або зчеплення на різних стаціях полігону мережі значної розмірності.

Витрати, що припадають на одну пару вантажних поїздів зменшаться на 29%, економічний ефекти з наростаючим підсумком від впровадження запропонованої системи організації руху за період 2025-2029 рр., становить 13,6 млн грн у розрахунку на пару поїздів.

## Список використаних джерел

1. Показники пасажирських перевезень. Офіційний сайт АТ «Укрзалізниця». URL: [http://www.uz.gov.ua/cargo\\_transportation/general\\_information/indicators\\_of\\_transit](http://www.uz.gov.ua/cargo_transportation/general_information/indicators_of_transit) (дата звернення 10.09.2024).
2. Транспорт і зв'язок України-2022. Статистичний збірник. Вид. офіц. К. : Державна служба статистики України.2022. 221 с.
3. Тарасов, К. О. Удосконалення чинної системи оперативного управління швидкісними залізничними пасажирськими перевезеннями *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2024. № 3. С. 33-40.
4. Бутько Т. В., Примаченко Г. О., Тарасов К. О. Удосконалення існуючих методів організації пасажирських залізничних перевезень з урахуванням можливих ризиків руйнування залізничної інфраструктури / Т. В. Бутько, Г. О. Примаченко, К. О. Тарасов // *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2024. Т. 27, № 3. С. 41–50. DOI: <https://doi.org/10.18664/ikszt.v27i3.265527>. – Режим доступу: <http://jiks.kart.edu.ua/article/view/265527>.
5. Прохорченко Г. О. Удосконалення крос-кордонних залізничних пасажирських перевезень на основі принципів ONE-STOP SHOP / Г. О. Прохорченко, С. Г. Нізковський, О. В. Новіков // *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті : тези стендових доповідей та виступів учасників 35-ї міжнародної науково-практичної конференції "Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті" (Харків, 11 листопада, 2022 р.)*. 2022. Т. 27 № 3 (додаток). – С. 51.
6. Киричук С. О. Удосконалення організації пасажирських перевезень в умовах впровадження швидкісного руху. *Вісник Українського*

- державного університету залізничного транспорту*. 2012. № 3. С. 25–33. – DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.131.2012.110790>.
7. Zhang, P., Yang, X., Wu, J. et al. Coupling analysis of passenger and train flows for a large-scale urban rail transit system. *Front. Eng. Manag.* 10,2023. 250–261. <https://doi.org/10.1007/s42524-021-0180-2>
  8. Basile, G., Napoletano, E., Petrillo, A. et al. Roadmap and challenges for reinforcement learning control in railway virtual coupling. *Discov Artif Intell* 2, 27.2022. <https://doi.org/10.1007/s44163-022-00042-4>
  9. Zhou, X.; Lu, F.; Wang, L. Optimization of Train Operation Planning with Full-Length and Short-Turn Routes of Virtual Coupling Trains. *Appl. Sci.* 2022, 12, 7935. <https://doi.org/10.3390/app12157935>
  10. Felez, J.; Vaquero-Serrano, M.A. Virtual Coupling in Railways: A Comprehensive Review. *Machines* 2023, 11, 521. <https://doi.org/10.3390/machines11050521>
  11. Li, M., & Tang, J. Research on evaluation method of coupling between transport capacity and passenger flow of urban rail transit line based on passenger flow characteristics. In *Proceedings of the Eighth International Conference on Electromechanical Control Technology and Transportation (ICECTT 2023)* (Vol. 12790, 127901K). SPIE
  12. Li, L., & Tang, J. Research on on-line evaluation method of adaptability between passenger flow and train flow of urban railway transit. In *Proceedings of the Fifth International Conference on Traffic Engineering and Transportation System (ICTETS 2021)* (Vol. 12058, 1205807). SPIE.
  13. Li, M., & Tang, J. Research on evaluation method of coupling between transport capacity and passenger flow of urban rail transit line based on passenger flow characteristics. In *Proceedings of the Eighth International Conference on Electromechanical Control Technology and Transportation (ICECTT 2023)* (Vol. 12790, 127901K). SPIE.

14. Wanqi, T. Research on Evaluation of Adaptability between Transport Capacity and Passenger Flow Demand in Urban Rail Transit. In Proceedings of the 10th International Conference on Traffic and Logistic Engineering (ICTLE 2022) (pp. [insert page range]). IEEE.
15. Укрзалізниця запускає регулярні здвоєні склади швидкісних поїздів URL: <https://www.rbc.ua/ukr/news/uz-zapuskaet-regulyarnye-sdvoennye-sostavy-1557480035.html>. – Дата звернення: 14.10.2024 (дата звернення 10.10.2024).
16. Правила технічної експлуатації залізниць України Київ: Укрзалізниця, 2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0552-98>. (дата звернення 14.12.2024).
17. Фото дня: як в Одесу прибув здвоєний дизель-поїзд із Кишинєва URL: <https://traffic.od.ua/news/railua/1205516> (дата звернення 14.12.2024).
18. Bullet train in northeastern Japan stops after cars disengage URL: <https://english.kyodonews.net/news/2024/09/cf2df47080f1-bullet-train-in-northeastern-japan-stops-after-cars-disengage.html> (дата звернення: 14.12.2024).
19. Інструкція зі складання графіка руху поїздів на залізницях України, затверджена наказом Укрзалізниці від 05.04.2002 № 170-Ц (ЦД-0040), Київ.
20. High-Speed Rail in Korea: Lessons for the Midwes. Midwest High Speed Rail Association, December 7, 2013. - 9 p. URL: [https://www.midwesthsr.org/sites/default/files/studies/Korea\\_overview\\_2013\\_12\\_07.pdf](https://www.midwesthsr.org/sites/default/files/studies/Korea_overview_2013_12_07.pdf) (дата звернення 11.12.2024).
21. D. Suh, Sunduck; Yang, Keun-Yul; Lee, Jae-Hoon; Ahn, Byung-Min; Kim, Jeong Hyun "Effects of Korean Train Express (KTX) Operation on the National Transport System" (PDF). Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies. 2005. 5: 175–189.

22. Kim K-H and S. Suh Allocation of Rail Line Capacity between KTX and Conventional Trains under Different Policy Goals with Mathematical Programming, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.5, October,2023. pp.236-251.
- 23.4 Khedher NB, Kintanar J, Queille C, Stripling W. Schedule optimization at SNCF: from conception to day of departure. Interfaces 1998; 28:6-23
- 24.Управління експлуатаційною роботою і якістю перевезень на залізничному транспорті: Навчальний посібник / М.І. Данько, Т.В. Бутько, О.В. Березань, В.М. Кулешов, В.В. Кулешов, Т.Ю. Калашнікова, О.А. Малахова, О.В. Лаврухін, Г.М. Сіконенко; За ред. М.І. Данька. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. - 174 с.
- 25.Бутько, Т.В. Формування логістичної технології просування вантажопотоків за жорсткими нитками графіку руху поїздів / Т.В. Бутько, Д.В. Ломотько, А.В. Прохорченко, К.О. Олійник // *Збірник наукових праць*. Харків, УкрДАЗТ, 2009. №78. С. 71-75.
- 26.Прохорченко А.В. Удосконалення технології корегування плану формування поїздів на основі погодженої організації групових поїздів оперативного призначення / А.В. Прохорченко, Л.В. Корженівський // *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. Харьков, 2008. Вип.6/6(36). –С.37-40.
- 27.Інструкція з оперативного планування поїзної і вантажної роботи на залізницях України : офіц. текст: [прийнято та надано чинності наказом Укрзалізниці від 15 грудня 2004 р. № 969- ЦЗ]. – К.: Мін-во транспорту та зв'язку України, Державна адміністрація залізничного транспорту України, головне управління перевезень, 2004. – 48 с.
- 28.Інструктивні вказівки з організації вагонопотоків на залізницях України (ЦД-0053): офіц. текст. – К.: Мін-во транспорту та зв'язку України, Державна адміністрація залізничного транспорту України, головне управління перевезень, 2005. – 99 с.

29. Ceder, A. Creating bus timetables with maximal synchronization A. Ceder, B. Golany, O. Tal *Transportation Research*. 2000. Part A 35. P. 913 -928.
30. Daduna, J. Practical Experiences in Schedule Synchronization / J. Daduna, S. Voß, J. Branco, J.P. Paixão // *Computer-Aided Transit Scheduling*. Springer Berlin Heidelberg. 1995. Vol. 430. P. 39-55.
31. Castelli, L Scheduling multimodal transportation systems / L. Castelli, R. Pesenti, W. Ukovich // *European Journal of Operational Research*. 2004. Vol. 155(3). P. 603-615.
32. Рутковская Д., Пилинский М., Рутковский Л. "Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы Пер. с польск. И.Д.Рудинского. Горячая линия Телеком, 2004. 452 с.
33. Wright A. Genetic algorithms for real parameter optimization // *Foundations of Genetic Algorithms*, V. 1. 1991. P. 205-218.
34. Зав'ялова М.Д., Дубініна А.С., Курганевич Т.М., Панченко А.С. Удосконалення швидкісних перевезень пасажирів у внутрішньому та міжнародному сполученні. 5-а міжнародна науково-технічна конференція «Інтелектуальні транспортні технології», Харків, 25-27 листопада 2024 р.: Тези доповідей. – Харків:УкрДУЗТ, 2024. С. 106-108.
35. Панченко А., Дубініна А. Аналіз досвіду експлуатації здвоєних пасажирських поїздів на залізницях світу. 84 студентська науково-технічна конференція, Харків, 11-12 грудня 2024 р.: Тези доповідей. – Харків:УкрДУЗТ, 2024. С. 332-333.