

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра управління експлуатаційною роботою

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ
МІЖНАРОДНОГО ЗАЛІЗНИЧНОГО ПУНКТУ ПРОПУСКУ НА ОСНОВІ
РЕЗЕРВУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ У ГРАФІКУ РУХУ

Пояснювальна записка та розрахунки
до кваліфікаційної роботи

ПНТРМ.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)



Вікторія ПАСТОРОВА

(ПІДПИС)

Керівник: доцент, канд. техн. наук

Галина ПРОХОРЧЕНКО

Рецензент: професор, докт. техн. наук

Олександр ЛАВРУХІН

2025

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 15 слайдів презентації, 78 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 18 рисунків, 5 таблиць, 23 літературних джерела.

Ключові слова: ЗАЛІЗНИЧНИЙ ПУНКТ ПРОПУСКУ, РЕЗЕРВ, ГРАФІК РУХУ ПОЇЗДІВ.

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

Метою дослідження є підвищення ефективності міжнародних перевезень на основі автоматизації встановлення раціональних резервів часу операцій у графіку руху поїздів для підвищення надійності роботи міжнародного залізничного пункту пропуску. Це дозволить підвищити надійність міжнародних перевезень і, як наслідок, залучити додаткові обсяги перевезень на залізничний транспорт з автомобільного.

В межах даної кваліфікаційної роботи удосконалено роботу міжнародного залізничного пункту пропуску на основі встановлення раціональних резервів часу операцій у графіку руху поїздів.

На основі проведених досліджень удосконалено процедуру автоматизованого встановлення раціональних резервів часу операцій у графіку руху поїздів для удосконалення роботи залізничного пункту пропуску на основі моделювання затримки та розв'язку матричної гри як задачі лінійного програмування з використанням симплекс-метода, що на відміну від існуючих, дозволяє отримати стратегію з найменшими ризиками для забезпечення надійності діючого графіка руху поїздів

Також розроблено доопрацьовано склад функціональних задач інформаційно-керуючої системи залізничного транспорту на основі розробки вимог щодо формування програмного модуля визначення раціональних резервів часу у графіку руху поїздів на залізничних прикордонних переходах

ABSTRACT

This qualification work includes 15 presentation slides, 78 A4 pages of explanatory notes, featuring 18 figures, 5 tables, and 23 references.

Keywords: RAILWAY PASSING POINT, RESERVE, TRAIN SCHEDULE.

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

The purpose of the study is to increase the efficiency of international transportation based on the automation of establishing rational reserves of operation time in the train schedule to increase the reliability of the international railway crossing point. This will increase the reliability of international transportation and, as a result, attract additional volumes of transportation to rail transport from road transport.

Within the framework of this qualification work, the work of the international railway crossing point was improved based on establishing rational reserves of operation time in the train schedule.

Based on the conducted research, the procedure for automated establishment of rational time reserves for operations in the train schedule has been improved to improve the operation of the railway crossing point based on delay modeling and matrix game solution as a linear programming problem using the simplex method, which, unlike existing ones, allows obtaining a strategy with the lowest risks to ensure the reliability of the current train schedule. The composition of functional tasks of the information and control system of railway transport has also been developed and refined based on the development of requirements for the formation of a software module for determining rational time reserves in the train schedule at railway border crossings.

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

_____  Бутько Т.В.

« 30 » грудня _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Пасторовій Вікторії Валеріївни

1 Тема роботи «Підвищення надійності технології роботи міжнародного залізничного пункту пропуску на основі резервування операцій у графіку руху» керівник Прохорченко Галина Олегівна, доцент, кандидат техн. наук затверджена розпорядженням по факультету управління процесами перевезень від 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 вантажів, технічні характеристики пунктів пропуску та пунктів контролю на кордоні України з Республікою Польща.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1 Аналіз умов функціонування залізничного транспорту України та міжнародних перевезень. 2 Організація перевезень в експортному, імпортному та транзитному сполученнях на залізничних пунктах пропуску та контролю на кордоні з Республікою Польща. 3 Аналіз наукових досліджень щодо автоматизації графіка руху поїздів та поширення затримок. 4 Формалізація процесу поширення затримки на дільниці, що примикає до прикордонної передавальної станції з пунктом пропуску. 5 Вимоги щодо формування програмного модуля визначення раціональних резервів часу операцій у графіку руху поїздів на міжнародних залізничних пунктах пропуску 6 Економічне обґрунтування від підвищення надійності технології роботи міжнародного залізничного пункту пропуску на основі резервування операцій у графіку руху. Висновки

5 Перелік графічного матеріалу. Діаграма структури обсягів експортних перевезень вантажів за 2023 року, діаграма країн, до яких найбільше експортували товарів з України за 2023 року; Схема стикування дільниць на залізничному прикордонному переході з прокладанням ниток графіка; Залежність кількості затриманих поїздів з наростаючим підсумком від часу виникнення затримок у графіку руху; Залежність тривалості затриманих поїздів з наростаючим підсумком від часу виникнення затримок у графіку руху

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 умов функціонування залізничного транспорту України та міжнародних перевезень	07.09.2024	
2 Організація перевезень в експортному, імпортному та транзитному сполученнях на залізничних пунктах пропуску та контролю на кордоні з Республікою Польща	14.10.2024	
3 Аналіз наукових досліджень щодо автоматизації графіка руху поїздів та поширення затримок.	04.11.2024	
4 Формалізація процесу поширення затримки на дільниці, що примикає до прикордонної передавальної станції з пунктом пропуску.	30.11.2024	
5 Вимоги щодо формування програмного модуля визначення раціональних резервів часу операцій у графіку руху поїздів на міжнародних залізничних пунктах пропуску	16.12.2024	
6 Економічне обґрунтування від підвищення надійності технології роботи міжнародного залізничного пункту пропуску на основі резервування операцій у графіку руху. Висновки	23.12.2024	
Висновки. Оформлення роботи	30.12.2024	

Студент



Вікторія ПАСТОРОВА





Керівник



Галина ПРОХОРЧЕНКО

Зміст

Вступ	8
1 Аналіз умов функціонування залізничного транспорту України та міжнародних перевезень	11
2 Організація перевезень в експортному, імпортному та транзитному сполученнях на залізничних пунктах пропуску та контролю на кордоні з Республікою Польща	20
2.1 Порядок експортно-імпортних перевезень в Україні	20
2.2 Пункти пропуску та пункти контролю на кордоні України з республікою Польща	25
3 Аналіз наукових досліджень щодо автоматизації графіка руху поїздів та поширення затримок.	30
4 Формалізація процесу поширення затримки на дільниці, що примикає до прикордонної передавальної станції з пунктом пропуску	35
4.1 Розробка математичної моделі процесу поширення затримки на дільниці, що примикає до прикордонної передавальної станції з пунктом пропуску	35
4.2 Моделювання процесу поширення затримки на дільниці, що примикає до прикордонної передавальної станції з пунктом пропуску	45

					ПНТРМ 200.00.00 ПЗ					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Підвищення надійності технології роботи міжнародного залізничного пункту пропуску на основі резервування операцій у графіку руху	Літ.	Арк.	Аркушів		
Розроб.		Пасторова В						6	89	
Перевір.		Проخورченко Г.								
Реценз.								УкрДУЗТ		
Н. Контр.		Проخورченко Г								
Затверд.		Буцько Т.В.								

4.3 Пошук стратегії вибору величини резервів та інтервалу відправлення вантажного поїзда на прикордонному пункті пропуску	55
5 Формування вимог щодо формування програмного модуля визначення раціональних резервів часу операцій у графіку руху поїздів на міжнародних залізничних пунктах пропуску	60
6 Економічне обґрунтування від підвищення надійності технології роботи міжнародного залізничного пункту пропуску на основі резервування операцій у графіку руху	66
Висновки	75
Список використаних джерел	76

					ПНТРМ 200.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Зміст	Арк.	М. докид	Підпис	Дата		

Вступ

Міжнародні залізничні пункти пропуску відіграють ключову роль у забезпеченні транспортного сполучення між країнами, сприяючи розвитку економіки, торгівлі та міжнародного співробітництва. Однак сучасні виклики, пов'язані з нестабільністю міжнародної логістики, підвищенням обсягів перевезень, впливом військових дій та непередбачуваними збоями в роботі, вимагають нових підходів до забезпечення їхньої надійності.

Одним із перспективних напрямів є резервування операцій у графіку руху, що дозволяє мінімізувати наслідки збоїв та забезпечити стабільність функціонування пункти пропуску в умовах змінних зовнішніх факторів. Впровадження методів резервування особливо важливе для оптимізації технологічних процесів, покращення управління ресурсами та гарантування безпеки перевезень.

Дослідження цієї теми є надзвичайно актуальним в умовах зростання вимог до ефективності роботи залізничного транспорту, посилення міжнародних стандартів якості та необхідності адаптації до сучасних викликів. Таким чином, підвищення надійності роботи міжнародних залізничних пунктів пропуску на основі резервування операцій у графіку руху сприятиме не лише підвищенню конкурентоспроможності транспортної системи України, але й інтеграції в глобальні логістичні ланцюги.

Метою дослідження є підвищення ефективності міжнародних перевезень на основі автоматизації встановлення раціональних резервів часу операцій у графіку руху поїздів для підвищення надійності роботи міжнародного залізничного пункту пропуску.

Основні завдання:

- провести аналіз умов функціонування залізничного транспорту України та міжнародних перевезень;

- дослідити технологію організації перевезень в експортному, імпортному та транзитному сполученнях на залізничних пунктах пропуску та контролю на кордоні з Республікою Польщі;

- провести аналіз наукових досліджень за темою роботи;

- формалізувати процес поширення затримки на дільниці, що примикає до прикордонної передавальної станції з пунктом пропуску та розробити автоматизовану процедуру вибору величини резерву інтервалу відправлення вантажного поїзда на міжнародному пункті пропуску;

- розробити вимоги щодо формування програмного модуля визначення раціональних резервів часу операцій у графіку руху поїздів на міжнародних залізничних пунктах пропуску.

- виконати економічне обґрунтування від впровадження програмного модуля визначення раціональних резервів часу у графіку руху поїздів на міжнародних залізничних пунктах пропуску

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

Предметом дослідження є автоматизація процедури встановлення раціональних резервів часу операцій у графіку руху поїздів для удосконалення роботи міжнародного залізничного пункту пропуску.

Елементи наукової новизни: В межах даної кваліфікаційної роботи удосконалено роботу міжнародного залізничного пункту пропуску на основі встановлення раціональних резервів часу операцій у графіку руху поїздів
Здобули подальшого розвитку:

- удосконалено процедуру автоматизованого встановлення раціональних резервів часу операцій у графіку руху поїздів для удосконалення роботи залізничного пункту пропуску на основі моделювання затримки та розв'язку матричної гри як задачі лінійного програмування з використанням симплекс-метода, що на відміну від існуючих, дозволяє отримати стратегію з найменшими ризиками для забезпечення надійності діючого графіка руху поїздів;

- доопрацьовано склад функціональних задач інформаційно-керуючої системи залізничного транспорту на основі розробки вимог щодо формування програмного модуля визначення раціональних резервів часу у графіку руху поїздів на залізничних прикордонних переходах.

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

Висновки

На основі проведеного аналізу умов функціонування залізничного транспорту України та міжнародних перевезень зроблено висновок щодо важливості удосконалення залізничних вантажних міжнародних перевезень.

На основі дослідження технології організації перевезень в експортному, імпортовому та транзитному сполученнях на залізничних пунктах пропуску та контролю на кордоні з Республікою Польщі виявлено відсутність автоматизації складання надійних графіків руху поїздів, пункти пропуску працюють ненадійно.

Удосконалено процедуру автоматизованого встановлення раціональних резервів часу у графіку руху поїздів для удосконалення роботи залізничного пункту пропуску на основі моделювання затримки та розв'язку матричної гри як задачі лінійного програмування з використанням симплекс-метода, що на відміну від існуючих, дозволяє отримати стратегію з найменшими ризиками для забезпечення надійності діючого графіка руху поїздів.

Доопрацьовано склад функціональних задач інформаційно-керуючої системи залізничного транспорту на основі розробки вимог щодо формування програмного модуля визначення раціональних резервів часу у графіку руху поїздів на залізничних прикордонних переходах.

Економічне обґрунтування від впровадження програмного модуля визначення раціональних резервів часу у графіку руху поїздів на залізничних прикордонних переходах встановило, що економічна ефективність за період 2025-2029рр., становить близько 414 млн грн..

Список використаних джерел

1. Прохорченко Г. О., Симутін О. Ю., Пасторова В. В. Автоматизація розрахунку графіка руху поїздів на прикордонній ділянці при наданні технологічних «вікон». Тези доповідей 5-ї міжнародної науково-технічної конференції «Інтелектуальні транспортні технології». Україна, Харків: УкрДУЗТ, С. 110–112.
2. Закон України «Про залізничний транспорт» від 4 липня 1996 року № 273/96-ВР. *Відомості Верховної Ради України*. 1996. № 40. С. 183.
3. Центр транспортних стратегій. URL: <https://cfts.org.ua> (дата звернення: 19.11.2024).
4. Державна служба статистики України. Архів оперативної статистики: Пасажирообіг за видами транспорту. URL: https://csrv2.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/tr/kpp/arh_kpp_u.htm (дата звернення: 19.11.2024).
5. Центр транспортних стратегій. URL: <https://cfts.org.ua> (дата звернення: 19.11.2024).
6. Інтерактивна мапа пунктів пропуску (пунктів контролю), які функціонують відповідно до розпоряджень КМУ від 13.03.2020 № 288-р (зі змінами) та від 26.02.2022 № 188-р. URL: <https://dpsu.gov.ua/ua/map> (дата звернення: 15.06.2024).
7. Панченко С. В., Прохорченко А. В., Прохорченко Г. О., Малахова О. А., Сіконенко Г. М. Управління крос-кордонними перевезеннями: підручник. Харків: УкрДУЗТ, 2024. 350 с.
8. Higgins A., Kozan E., Ferreira L. Heuristic techniques for single line train scheduling. *Journal of Heuristics*. 1997. № 3(1). P. 43–62.
9. Oliveira E., Smith B. M. A job-shop scheduling model for the single-track railway scheduling problem. *Technical Report, University of Leeds*. URL: <http://www.opentrack.ch> (дата звернення: 16.06.2024).

10. Yan F., Goverde R. M. P. Stability and Robustness Analysis of Acyclic Timetable. *6th International Conference on Railway Operations Modelling and Analysis. RailTokyo2015, Tokyo*. 2015. P. 341–350.
11. Баланов В. О. Анализ факторов, влияющих на обеспечение движения грузовых поездов по расписанию. *Транспортные системы и технологии перевозок*. 2015. № 10. С. 5–9.
12. Орбова А. В. Моделювання роботи парку прибуття залізничної станції. *Транспортні системи та технології перевезень*. 2017. № 13. С. 19–25. DOI: <https://doi.org/10.15802/tstt2017/110765>.
13. Büker T., Seybold B. Stochastic modelling of delay propagation in large networks. *Journal of Rail Transport Planning & Management*. 2012. Volume 2. P. 34–50.
14. Kliwer N., Suhl L. A note on the online nature of the railway delay management problem. *Networks*. 2011. Volume 57(1). P. 28–37.
15. Schwanhäusser W. Die Besessung der Pufferzeiten im Fahrplangefüge der Eisenbahn. *PhD thesis. Veröffentlichungen verkehrswissenschaftl. Institut RWTH Aachen*. 1974. 20. 56 p.
16. Hansen I. A., Allan J., Brebbia C. A., Hill R. J. Increase of capacity through optimised timetabling. *Computers in Railways*. 2004. P. 529–538.
17. Andersson E. V., Peterson A., Törnquist Krasemann J. Reduced railway traffic delays using a MILP approach to increase Robustness in Critical Points. *Journal of Rail Transport Planning & Management*. 2015. Volume 5(3). Pages 110–127.
18. Sato K., Tamura K., Tomii N. A MIP-based timetable rescheduling formulation and algorithm minimizing further inconvenience to passengers. *Journal of Rail Transport Planning & Management*. 2013. Volume 3(3). Pages 38–53.
19. Büker T., Seybold B. Stochastic modelling of delay propagation in large networks. *Journal of Rail Transport Planning & Management*. 2012. Volume 2(1–2). P. 34–50.

20. Cacchiani V., Huisman D., Kidd M., Kroon L., Toth P., Veelenturf L., Wagenaar J. An overview of recovery models and algorithms for real-time railway rescheduling. *Transportation Research Part B: Methodological*. 2014. Volume 63. Pages 15–37.
21. Шарапов О. Д., Дербенцев В. Д., Семьонов Д. Є. Системний аналіз: навчально-методичний посібник для самостійного вивчення дисципліни. – Київ: КНЕУ, 2003. – 154 с.
22. Швачич Г. Г. Лінійна алгебра в розрахунках середовища MATHCAD: підручник. – Дніпропетровськ: ДАУБП, 2000. – 240 с.
23. Bartholomew D. I. Stochastic models for social processes. 2nd ed. – New York: John Wiley and Sons, 1973. – 473 p.