

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра «Управління експлуатаційною роботою»

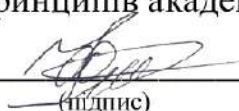
**УДОСКОНАЛЕННЯ ГРАФІКІВ РУХУ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОЇЗДІВ
МІЖНАРОДНОГО СПОЛУЧЕННЯ**

Пояснювальна записка та розрахунки

до кваліфікаційної роботи

УГРПП.300.00.00.000 ПЗ

Розробив здобувачка групи 213 – МКТ – Д24
спеціальності 275/275.02 – Транспортні
технології (на залізничному транспорті)
(роботу виконано самостійно, відповідно до
принципів академічної доброчесності)

 Анастасія ФАРАФОНОВА
(підпис)

Керівник: доцент, канд. техн. наук

Олена МАЛАХОВА

Рецензент: доцент, канд. техн. наук

Максим КУЦЕНКО

Український державний університет залізничного транспорту

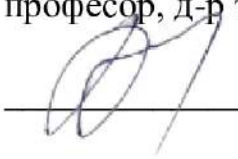
Освітній рівень: магістр

Спеціальність 275 Транспортні технології

275.02 Транспортні технології (на залізничному транспорті)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри,
професор, д-р техн. наук

 Тетяна БУТЬКО

« 27 » жовтня 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Фарафоновій Анастасії Романівні

1. Тема проекту (роботи) «Удосконалення графіків руху пасажирських поїздів міжнародного сполучення»

Керівник Малахова Олена Анатоліївна, канд. техн. наук, доцент
затверджена розпорядженням по факультету управління процесами перевезень
від 24 жовтня 2025 року №19/25

- 2 Строк подання здобувачем роботи 12 січня 2026 року
3. Вихідні дані до проекту (роботи) Порядок розробки і складання графіку руху пасажирських поїздів, статистичні дані щодо показників роботи пасажирського господарства України та країн – членів ЄС, технологія роботи прикордонної передавальної станції у взаємодії з митними, прикордонними і іншими підрозділами, техніко – економічні показники
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1 Організація взаємодії пасажирської прикордонної передавальної станції з органами державного контролю 2 Аналіз динаміки пасажиропотоків а залізницях Європи та України 3 Удосконалення розроблення розкладів руху пасажирських поїздів 4 Оцінка економічної ефективності графіку руху пасажирських поїздів, що прямують у міжнародному сполученні
Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1 Мета та задачі дослідження 2 Графік обробки пасажирського поїзду при перетині кордону Україна – Польща 3 Аналіз динаміки пасажиропотоків у країнах ЄС і Україні 4 Поділ дільниць для пасажирського руху на категорії 5 Моделювання розкладу пасажирських поїздів 6 Результати оптимізації розкладу руху пасажирських поїздів з урахуванням синхронізації

7 Розрахунок сукупного приросту економічного ефекту від скорочення часу знаходження составів в обороті 10 Висновки

6 Консультанти окремих розділів

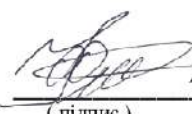
Розділ	Прізвище, ініціали, посада та науковий ступінь консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічне обґрунтування запропонованого проектного рішення	Євгеній БАЛАКА, доцент, канд. економ. наук		

7 Дата видачі завдання 30 вересня 2025р.

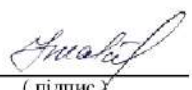
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
Вступ	10.10.2025	виконано
1 Організація взаємодії пасажирської прикордонної передавальної станції з органами державного контролю	17.10.2025	виконано
2 Аналіз динаміки пасажиропотоків а залізницях Європи та України	10.11.2025	виконано
3 Удосконалення розроблення розкладів руху пасажирських поїздів	30.11.2025	виконано
4 Оцінка економічної ефективності графіку руху пасажирських поїздів, що прямують у міжнародному сполученні	12.12.2025	виконано
Висновки	02.01.2026	виконано
Оформлення роботи	12.01.2026	виконано

Здобувач


(підпис) Анастасія ФАРАФОНОВА
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)


(підпис) Олена МАЛАХОВА
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 14 слайдів презентації, 97 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 21 рисунків, 8 таблиці, 22 літературних джерел.

Ключові слова: синхронізований графік руху поїздів; пасажирські поїзди; міжнародне сполучення; стійкість курсування; динамічне регулювання.

У роботі проведено комплексне дослідження проблем забезпечення стійкого виконання графіка руху пасажирських поїздів на ділянках залізничних ліній, у тому числі на маршрутах міжнародного сполучення, де вплив технологічних, технічних та організаційних факторів є особливо значущим.

Особливу увагу в дослідженні приділено пасажирським поїздам міжнародного сполучення, для яких необхідна синхронізація ряду технологічних операцій: взаємодії працівників залізниці, прикордонного та митного контролю, сервісних служб та інших органів управління. Встановлено, що відсутність механізму комплексного врахування таких факторів під час формування графіка створює підвищені ризики його порушення, зокрема під час переходу поїздів через державні кордони. Це підтверджує необхідність розроблення нових методів, здатних інтегрувати різні типи впливів у єдину систему планування та оперативного регулювання.

У роботі запропоновано можливий шлях розв'язання цієї проблеми, який полягає у створенні процедур автоматизованого виявлення закономірностей порушення графіка. Здійснено їх інтеграцію в математичну модель формування норм рівня дотримання ГР пасажирських поїздів. Такий підхід дозволяє визначати характерні типи порушень, їх повторюваність, амплітуду та залежність від зовнішніх і внутрішніх факторів. На основі цього запропоновано механізм корекції впливу закономірностей порушень, побудований на принципах раціонального регулювання резервів часу на ділянках пасажирського руху.

ABSTRACT

This qualification work includes 14 presentation slides, 97 pages of explanatory notes in A4 format, including 21 figures, 8 tables, and 22 references.

Keywords: synchronised train schedule; passenger trains; international connections; service stability; dynamic regulation.

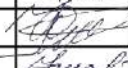
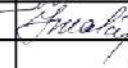
The work conducts a comprehensive study of the problems of ensuring stable execution of passenger train schedules on railway line sections, including international routes, where the influence of technological, technical, and organisational factors is particularly significant.

Particular attention is paid to international passenger trains, which require the synchronisation of a number of technological operations: interaction between railway employees, border and customs control, service departments and other management bodies. It has been established that the lack of a mechanism for comprehensively taking such factors into account when drawing up timetables creates an increased risk of disruption, particularly when trains cross national borders. This confirms the need to develop new methods capable of integrating different types of influences into a single system of planning and operational control.

The paper proposes a possible solution to this problem, which consists in creating procedures for automated detection of schedule violation patterns. These procedures have been integrated into a mathematical model for forming standards for passenger train schedule compliance. This approach allows determining the characteristic types of violations, their frequency, amplitude, and dependence on external and internal factors. Based on this, a mechanism for correcting the impact of violation patterns has been proposed, based on the principles of rational regulation of time reserves on passenger traffic sections.

Зміст

Вступ	8
1 Організація взаємодії пасажирської прикордонної передавальної станції з органами державного контролю	11
1.1 Порядок взаємодії станції і органів державного контролю	11
1.2 Принципи проведення митного контролю	14
1.3 Порядок проведення митного контролю	21
1.4 Форми митного контролю	26
2 Аналіз динаміки пасажиропотоків а залізницях Європи та України	36
3 Удосконалення розроблення розкладів руху пасажирських поїздів	45
3.1 Типізація ділянок ліній за наявністю потенційних резервів графіку руху пасажирських поїздів	45
3.2 Методи управління перевізними, технічними та економічними резервами ГР на ділянках ліній	49
3.3 Постановка завдання формування графіку руху пасажирських поїздів	55
3.4 Математичне моделювання розкладу залізничного пасажирського транспорту далекого сполучення	58
3.5 Реалізація та чисельні результати	68
3.6 Формування початкового транспортного розкладу	70
3.7 Оптимізація початкового транспортного розкладу	73

					УГРПП.300.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Удосконалення графіків руху пасажирських поїздів міжнародного сполучення	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Фарафонова		10/01		i		
Перевір.		Малахова		10/01			6	97
Н. Контр.		Малахова		10/01		УкрДУЗТ		
Затв.		Буцько		10/01				

4 Оцінка економічної ефективності графіку руху пасажирських поїздів, що прямують у міжнародному сполученні	86
Висновки	93
Список використаних джерел	95

					УРРПШ.300.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

З постійним розширенням нових залізничних ліній та безперервною роботою станцій, забезпечення безпечного, комфортного та високоякісного рівня обслуговування пасажирських поїздів привертає все більшу увагу. Для пасажирів, які подорожують залізницею на великі відстані, нічні поїздки є незамінними. Подорожі пасажирів у вагоні поїзда мають два основних стани: активний, що характеризується фізичними навантаженнями під час входу на станцію, виходу з неї та обробки багажу, та пасивний, що передбачає відпочинок на сидіннях або спальних місцях у поїзді. Зазвичай пасажирів віддають перевагу посадці або висадці під час «активних періодів», таких як 9:00-11:00 та 13:00-17:00, а також обирають відпочинок або уникають подорожей під час «періодів сну пасажирів» з 23:00 до 7:00, що потрібно враховувати при складанні розкладів руху пасажирських поїздів.

Як основа організації залізничних перевезень, розклад руху поїздів визначає всі прибуття, відправлення та час проходження поїздів на станціях. Добре розроблений розклад руху поїздів спрямований на те, щоб уникнути прибуття або відправлення поїздів під час «періодів сну пасажирів», ефективно підвищує задоволеність пасажирів під час подорожі, ще більше заохочує пасажирів обирати залізничні перевезення та розширює частку ринку залізничних пасажирських перевезень. Дане дослідження має на меті розроблення розклади руху існуючих пасажирських поїздів далекого прямування, зокрема у міжнародному сполученні, для максимального задоволення пасажирів часом подорожі.

При організації пасажирських перевезень виникають ситуації, в яких попит може бути невизначеним, тому для отримання надійних рішень при плануванні пропонуються моделі змішаного цілочисельного лінійного програмування (MILP). Ці моделі базуються на техніці легкої надійності, в якій невизначеність обробляється шляхом введення бажаного рівня захисту, а ефективність рішення гарантується обмеженням погіршення номінального цільового значення (тобто цільового значення проблеми, в якій невизначеність не враховується). При

міжнародних поїздках виникає додаткове обтяження за рахунок часу простою поїздів на прикордонних передавальних станціях.

Метою дослідження є удосконалення графіків руху пасажирських поїздів у міжнародному сполученні з використанням логічних законів формування та моделювання пасажиропотоків.

Для досягнення мети досліджень необхідно вирішити наступні завдання:

- розглянути технологію взаємодії пасажирської прикордонної передавальної станції з митними, прикордонними та іншими підрозділами;
- проаналізувати пасажиропотоки, що впливають на роботу залізниці;
- удосконалити міжнародні пасажирські перевезення шляхом оптимізації графіків руху пасажирських поїздів різних категорій, з використанням логічних законів формування та моделювання пасажирського руху;
- визначити параметри, що характеризують пасажиропотоки, та джерела їх утворення;
- оптимізувати розклад руху поїздів різних категорій при перетині кордону;
- оцінити ефективність розробленого графіка.

Об'єктом дослідження є розроблення синхронізованих графіків руху пасажирських поїздів, що прямують у міжнародному сполученні.

Предметом дослідження – система забезпечення стабільного дотримання розкладу руху пасажирських поїздів.

Елементами наукової новизни є:

- запропонована модель оптимізації розкладів руху пасажирських поїздів міжнародного сполучення, що враховує вимоги пасажирів щодо часу відправлення поїздів та часу знаходження у дорозі;
- запропоновані критерії та показники оцінки якості обслуговування та послуги, що надаються пасажирам.

Практичне значення досліджень полягає у можливості використання запропонованих наукових підходів та методів, результатів обробки даних, отриманих під час дослідження в програмах та проектах розвитку транспортної інфраструктури. Для покращення роботи пасажирської прикордонної

передавальної станції впровадження результатів дослідження стане основою для розробки синхронізованих розкладів прибуття і відправлення пасажирських поїздів.

Публікації. За темою роботи опубліковано тези на 85-ій студентській науково – технічній конференції [1].

Висновки

На основі проведеного дослідження зроблено такі основні висновки

1 Однією з проблем сталого виконання графіку руху пасажирських поїздів на ділянках ліній є відсутність спеціального апарату формування та досягнення норм рівня дотримання ГР пасажирських поїздів, що враховує вплив закономірностей зміни порушень графіка. Особливу увагу потрібно приділяти графіку руху поїздів міжнародного сполучення, в яких потрібна синхронізація виконання технологічних операцій працівників залізниці, митного контролю, прикордонної служби тощо.

2 Можливим розв'язанням проблеми є розроблення процедур виявлення закономірностей порушення графіка, інтегрованих у модель формування норм рівня дотримання ГР пасажирських поїздів, і процедур корекції впливу закономірностей порушень, що ґрунтуються на регулюванні резервів ГР на ділянках ліній пасажирського руху.

3 Запропонований спосіб опису рівня дотримання графіка руху пасажирських поїздів дає змогу вивчати особливості дотримання графіка за різних умов організації руху.

4 Запропонована математична модель формування норм рівня дотримання графіка руху пасажирських поїздів дає змогу складати багатоваріантні розрахунки з використанням різних характеристик порушень графіка, вивчати їхній вплив на стійкість частоти курсування та прибуття/відправлення пасажирських поїздів, а обмеження до цільової функції враховують час синхронізації графіку прибуття та «вікна» для проведення митних процедур.

5 Запропонований спосіб динамічного регулювання резервів графіка руху більш точно враховує особливості процесів планування пропуску пасажирських поїздів по ділянках ліній і рекомендується для використання за необхідності запобігання затримкам на ділянках.

6 Розрахований економічний ефект від удосконалення роботи поїзних диспетчерів при вирішенні конфліктних ситуацій із пропускання поїздів по

дільницях зі змішаним рухом при виділенні конфігурацій пасажирських поїздів протягом добового після впровадження даної задачі в АСК ПП УЗ. Розрахунок показав наявність економічного ефекту на п'ятий рік експлуатації у розмірі понад 10756 тис. грн., що доводить доцільність інвестування такого проекту.

Список використаних джерел

- 1 Фарафонова А. Удосконалення графіків руху пасажирських поїздів міжнародного сполучення. *Тези 85-ї студ. наук.-практ. конф. (м. Харків, 10-11.12.2025 р.)*. Харків. 2025. С.406 - 407.
- 2 Методичні рекомендації з розробки технологічного процесу роботи пасажирської станції (ЦД0071) : затв. наказом Державної адміністрації залізничного транспорту України від 22.06.2007 № 339-Ц. Київ. 2007. 135 с.
- 3 Укрзалізниця за підтримки ЄС відкрила оновлений пункт пропуску на кордоні з Польщею. веб-сайт. URL: <https://rubryka.com/ru/2025/01/15/ukrzaliznytsya-zapidtrymky-yes-vidkryla-onovlenyj-punkt-propusku-na-kordoni-z-polshheyu/> (дата звернення 10.10.2025).
- 4 Митний кодекс України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4495-17#Text>. (дата звернення 03.10.2025).
- 5 Eurostat: veb site. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Railway_passenger_transport_statistics_-_quarterly_and_annual_data (Дата звернення 12.10.2025).
- 6 Державна служба статистики: веб-сайт. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>. (Дата звернення 25.10.2025).
- 7 Oliveira E. A, Smith B.M. Job-shop scheduling model for the single-track railway scheduling problem: Technical Report. *University of Leeds*. 2000.
- 8 Burdett R. A, Kozan E. Sequencing approach for creating new train timetables. *OR Spec trum*. 2010. Vol. 32. No. 1. P. 163-193.
- 9 Lazarev A. A., Gafarov E. R. Theory of schedules. Tasks and algorithms. K.: Faculty of Physics, 2011. 222 с.
- 10 Hansen I.A., Pachl J. Railway Timetabling & Operations. Analysis - Modelling - Optimisation - Simulation - Performance Evaluation. 2 nd edition. *Eurailpress*. 2014. 332 p.

- 11 Зак Ю. А. Прикладні задачі теорії розкладів и маршрутизація перевзень. К.: ЛІБРОКОМ, 2012. 394 с.
- 12 Klevanskyi N. N., Krasnikov A. A., Antipov M. A. Cognitive visualisation in scheduling tasks. *Modern Science-Intensive Technologies*. 2016. № 3-2. P. 246-251.
- 13 Priluts'kyi M. H., Vlasov B. C. Construction of optically - minimal in speed schedules in canonical systems "conveyor - network". *Information Technologies*. 2011. № 3. P. 26 - 31.
- 14 Erol B. Models for the Train Timetabling Problem: Master Thesis. - Berlin: TU 2009.
- 15 Macchi M, Garetti M., Centrone D., Fumagalli L. Pavirani Maintenance management of railway infrastructures based on reliability analysis // *Reliability Engineering & System Safety*. Volume 104. August 2012. Pages 71-83. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0951832012000518>.
- 16 Meng LY, Goverde RMP. A method for constructing train delay propagation process by mining train record data. *J B Jiaotong Univ Chinese*. 2012. 36(6). P.15–20.
- 17 Panchenko S. Improvement of the accuracy of determining movement parameters of cuts on classification humps by methods of video analysis / S. Panchenko, I. Siroklin, A. Lapko, A. Kameniev, S. Zmii. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. Vol. 4(3). P. 25-30.
- 18 Розклад руху пасажирських поїздів, на які відкрито продаж квитківю веб сайт. URL: https://uz.gov.ua/passengers/timetables_cis/. (Дата звернення 02.11.2025).
- 19 Garrisi G., Cervelló-Pastor Cr. Train-Scheduling Optimization Model for Railway Networks with Multiplatform Stations. *Sustainability* 2020, 12(1), 257; <https://doi.org/10.3390/su12010257>.
- 20 Коваленко В.В., Малахова О.А. Удосконалення пасажирських перевезень на основі раціоналізації використання парку пасажирських вагонів // *Зб. наук. пр. УкрДАЗТ*. Харків: УкрДАЗТ.2014. Вип. 145. С. 60-64.
- 21 Ходаківська, Є.В. Техніко – економічне обґрунтування вибору схеми обертання пасажирських составів // *Сборник научных трудов "Вестник НТУ "ХПИ" : Нові рішення в сучасних технологіях/* 2011. №54.С.108-114.

22 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.