

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра управління експлуатаційною роботою

УДОСКОНАЛЕННЯ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПОЇЗНОЮ РОБОТОЮ
ДІЛЬНИЦЬ

Пояснювальна записка та розрахунки
до кваліфікаційної роботи

УОУПР.300.00.00.000 ПЗ

Розробив студент групи 211 – ОПУТ – Д24
спеціальності 275/275.02 – Транспортні
технології (на залізничному транспорті)
(роботу виконано самостійно, відповідно до
принципів академічної доброчесності)


_____ Анжеліка КУЛИК
(підпис)

Керівник: доцент, канд. техн. наук

Григорій СІКОНЕНКО

Рецензент: професор, доктор техн. наук

Олександр ОГАР

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

 Т.В.Буцько

« 27 » жовтня 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Кулик Анжеліки Юріївни

1. Тема проекту (роботи) «Удосконалення оперативного управління поїзною роботою дільниць»

керівник Сіконенко Григорій Михайлович, канд.техн.наук, доцент
затверджена розпорядженням по факультету управління процесами перевезень
від 24 жовтня 2025 року №19/25

2 Строк подання студентом роботи 12 січня 2025 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Технічна характеристика полігону залізниці, кількісні та якісні показники роботи за останні 10 років, графік руху поїздів на дільницях, економічні показники.



4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1 Аналіз системи оперативного управління рухом поїздів. 2 Аналіз основних показників та факторів, що впливають на графік руху поїздів. 3 Удосконалення оперативного управління поїзною роботою за рахунок автоматизованих систем. 4 Визначення економічної доцільності удосконалення оперативного управління поїзною роботою дільниць. Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1 Мета та задачі дослідження. 2 Аналіз динаміки основних показників експлуатаційної роботи. 3 Аналіз факторів що впливають на величину затримки поїздів. 4 Цільова функція регулювання руху поїздів при відхиленні від нормативного графіку. 5 Результати моделювання оптимізації пропуску

поїздів по дільниці 6 Дослідження ймовірнісних характеристик при моделюванні оперативного управління. 7 Визначення економічної доцільності удосконалення оперативного управління за рахунок удосконалення оперативного управління поїзною роботою дільниць.

6 Консультанти окремих розділів

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

7 Дата видачі завдання 29 вересня 2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів	Строк виконання етапів роботи	Примітка
Вступ	02.10.2025	виконано
1 Аналіз системи оперативного управління рухом поїздів	14.10.2025	виконано
2 Аналіз основних показників та факторів, що впливають на графік руху поїздів	02.11.2025	виконано
3 удосконалення оперативного управління поїзною роботою дільниць	02.12.2025	виконано
4 Визначення економічної доцільності удосконалення оперативного управління поїзною роботою дільниць	26.12.2025	виконано
Висновки.	03.01.2026	виконано
Оформлення роботи	12.01.2026	виконано

Студент  Анжеліка КУЛИК

Керівник  Григорій СІКОНЕНКО

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 14 слайдів презентації, 81 аркуш пояснювальної записки формату А4, що включає 17 рисунків, 9 таблиць, 22 літературних джерела.

Ключові слова: диспетчерське регулювання, поїзна робота, графік руху поїздів, система підтримки прийняття рішень.

Об'єктом дослідження є система диспетчерського керівництва експлуатаційною роботою на полігонах залізниць.

Метою дослідження є підвищення ефективності організації поїзної роботи залізничних дільниць шляхом удосконалення функціоналу автоматизованих систем управління.

У роботі виконано аналіз динаміки основних показників діяльності галузі та статистики затримок поїздів у довоєнний період, що дозволило обґрунтувати доцільність зосередження уваги на скороченні тривалості вторинних затримок за рахунок удосконалення оперативного регулювання. Запропоновано перехід від рішень, що ґрунтуються на досвіді та інтуїції диспетчера, до використання автоматизованих систем підтримки прийняття рішень на основі формалізованих критеріїв ефективності.

Для розв'язання задачі оптимізації руху поїздів застосовано апарат наближеного динамічного програмування, який забезпечує врахування множини взаємопов'язаних факторів за прийнятною обчислювальною складністю. Розроблена модель спрямована на мінімізацію сумарної тривалості схрещень, обгонів та додаткових простоїв поїздів. Результати імітаційного моделювання та економічні розрахунки підтверджують ефективність і доцільність впровадження запропонованих рішень у практику диспетчерського управління.

ABSTRACT

This qualification thesis includes 14 presentation slides and 81 A4 pages of an explanatory note, containing 17 figures, 9 tables, and 22 literary sources.

Keywords: dispatch control, train operations, train timetable, decision support system.





The object of the study is the system of dispatch management of operational activities on railway sections. The aim of the study is to improve the efficiency of organizing train operations on railway sections by enhancing the functionality of automated control systems.

The paper analyzes the dynamics of the main performance indicators of the industry and statistics of train delays in the pre-war period, which made it possible to substantiate the expediency of focusing on reducing the duration of secondary delays through the improvement of operational regulation. A transition is proposed from decisions based on the dispatcher's experience and intuition to the use of automated decision support systems based on formalized efficiency criteria.

To solve the problem of optimizing train traffic, an approximate dynamic programming approach is applied, which allows taking into account a set of interrelated factors with acceptable computational complexity. The developed model is aimed at minimizing the total duration of crossings, overtakes, and additional train dwell times. The results of simulation modeling and economic calculations confirm the effectiveness and feasibility of implementing the proposed solutions in practical dispatch management.

Зміст

Вступ	8
1 Аналіз системи оперативного управління рухом поїздів	12
1.1 Основні форми управління рухом поїздів на мережі залізниць	12
1.2 Аналіз системи диспетчерського управління та шляхи її удосконалення	15
2 Аналіз основних показників та факторів, що впливають на графік руху поїздів	28
2.1 Порядок обліку та аналізу виконання графіку руху поїздів	28
2.2 Аналіз основних показників експлуатаційної роботи	30
2.3 Використання пунктуальності як основного показника виконання графіку руху поїздів	34
3 Удосконалення оперативного управління поїзною роботою за рахунок автоматизованих систем	39
3.1 Загальні положення про оптимізацію оперативного пропуску поїздів	39
3.2 Огляд останніх досліджень	42
3.3 Використання наближеного динамічного програмування для адаптації пропуску поїздів в умовах відхилення від нормативного графіку руху поїздів	44

					УОУПР 300.00.00 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Удосконалення оперативного управління поїзною роботою дільниць	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Кулик		10.01		i		
Перевір.		Сіконенко		10.01			6	81
Н. Контр.		Малахова		10.01		УкрДУЗТ		
Затв.		Бутько		10.01				

3.4 Удосконалення оперативного регулювання руху поїздів за рахунок адаптивного управління	52
4 Визначення економічної доцільності удосконалення оперативного управління поїзною роботою дільниць	66
Висновки	75
Список використаних джерел	77
Додаток А – Моделювання пропуску поїздів по дільниці в умовах відхилення від нормативного графіку руху поїздів	80

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

Вступ

Залізничний транспорт відіграє провідну роль у транспортній системі України, забезпечуючи понад половину загального вантажообігу та значну частку пасажирських перевезень [1]. Ефективність функціонування залізниць значною мірою залежить від якості управління експлуатаційною роботою, основою якої є планування перевезень, формування вагопотоків відповідно до мережевого плану, організація руху поїздів за нормативним графіком, регламентація роботи станцій технологічними процесами, дотримання вимог безпеки руху, а також впровадження автоматизованих та інноваційних систем управління.

Перевізний процес на залізничному транспорті характеризується високим рівнем складності та багатофакторності. Кожен його етап є нормативно визначеним і планується на основі критерію оптимальності, яким зазвичай виступають приведені експлуатаційні витрати. Водночас при середньо- та короткостроковому плануванні неможливо повною мірою врахувати всі випадкові та динамічні фактори, що впливають на хід перевезень. До таких факторів належать нерівномірність надходження поїздів, відмови технічних засобів, обмеження пропускної спроможності дільниць, погодні умови та інші збурення [2].

Для оперативного реагування на зміну умов перевізного процесу на залізничному транспорті функціонує диспетчерська система управління. Її сутність полягає в централізованому оперативному керуванні рухом поїздів на дільницях одним відповідальним керівником — диспетчером, який здійснює координацію дій підпорядкованих об'єктів на основі оперативної інформації про їхній стан. Проте традиційно значна частина диспетчерських рішень ґрунтується на особистому досвіді, інтуїції та суб'єктивній оцінці ситуації.

В умовах зростання інтенсивності руху та ускладнення експлуатаційних умов актуальним є перехід до якісно нового рівня оперативного управління

поїзною роботою. Йдеться про впровадження автоматизованих систем підтримки прийняття рішень, які дозволяють формувати варіанти диспетчерських рішень на основі формалізованих критеріїв ефективності з урахуванням взаємозв'язку численних факторів. Розвиток сучасних інформаційних технологій, обчислювальних засобів і методів моделювання створює передумови для комплексного аналізу ситуацій у реальному масштабі часу.

Оптимізація пропуску поїздів на дільницях в умовах відхилення від нормативного графіка руху передбачає мінімізацію кількості та тривалості вторинних затримок, вибір раціональних швидкісних режимів, оптимальне визначення пунктів схрещень і обгонів поїздів, а також узгодження руху вантажних і пасажирських поїздів. Реалізація таких завдань за допомогою автоматизованих систем дозволяє зменшити інформаційне та психологічне навантаження на диспетчерський персонал і підвищити обґрунтованість управлінських рішень.

Зменшення тривалості запізнень поїздів і запобігання поширенню порушень графіка на суміжні поїзди сприяє підвищенню надійності перевезень, своєчасній доставці вантажів і прибуттю пасажирів. Це, у свою чергу, знижує економічні втрати та штрафні санкції, а також підвищує конкурентоспроможність залізничного транспорту на ринку транспортних послуг. Таким чином, удосконалення оперативного управління поїзною роботою дільниць є важливим напрямом підвищення ефективності функціонування залізниць.

Теоретичні дослідження були проведені такими видатними вітчизняними та іноземними вченими: К.А. Бернгардом, Т.В. Бутько, Т. Гасемпур, Б. Гедекером, Г.М. Грошевим, П.С. Грунтовим, Ф. Корманом, В.І. Ковальовим, В.А. Кудрявцевим, Д.В. Ломотько, Л. Менгом, Г.О. Платоновим, А.В. Прохорченком, Є.А. Сотниковим, В. Фэнгом та іншими.

Адаптація та оперативне реагування на поточну ситуацію у перевізному процесі, узгодження та організація роботи численних підрозділів при диспетчерському управлінні є основою виконання плану перевезення, ефективного використання рухомого складу та дотримання безпечних умов руху поїздів. Таким чином, робота, спрямована на удосконалення пропуску поїздів по дільницях за рахунок адаптивного управління на основі систем підтримки прийняття рішень, є актуальною.

Метою даної роботи підвищення ефективності організації поїзної роботи залізничних дільниць шляхом удосконалення функціоналу автоматизованих систем управління.

Відповідно до поставленої мети вирішуються такі основні завдання:

- аналіз існуючого стану системи диспетчерського управління виявлення проблем, що потребують вирішення;

- дослідження функціоналу автоматизованих систем управління, оцінка інформаційного напруження та надійності управлінської діяльності диспетчерського персоналу в ергатичній системі реального часу;

- розробка моделей об'єктів і процесів, що описують систему організації руху поїздів по залізничним підрозділам в системах підтримки прийняття рішень;

- оцінка економічної доцільності удосконалення автоматизованих систем на основі системи прийняття рішень щодо адаптивного пропуску поїздів.

Об'єкт дослідження – система диспетчерського керівництва експлуатаційною роботою на полігонах залізниць.

Предмет дослідження – організація руху поїздів на дільниці в умовах відхилення від нормативного графіку.

Елементи наукової новизни полягають в розробці математичної моделі, спрямованої на раціоналізацію пропуску поїздів на основі зменшення загальних вторинних затримок поїздів; також запропоновано методику

розподілу функцій диспетчерського персоналу при створенні чи оптимізації існуючих дорожніх центрів управління.

Практична цінність роботи полягає в тому, що на основі проведених досліджень запропоновані практичні пропозиції щодо створення комплексних рішень організації адаптивного пропуску поїздів в умовах відхилення від нормативного графіку руху поїздів. Застосування отриманих результатів створює можливість зниження експлуатаційних витрат залізниць при оперативному регулюванні перевезень, зменшення інформаційного та психологічного навантаження диспетчерського апарату.

Публікації. З теми кваліфікаційної роботи опубліковано 1 друковану роботу у фаховому виданні [3].

Висновки

Заходи з удосконалення інформаційного забезпечення та реорганізації управлінської структури, які останнім часом реалізуються на залізницях України, сформували необхідні передумови для розвитку сучасних транспортних технологій. Формування результативної системи адаптивного пропуску поїздів у змінних оперативних умовах сприяє раціональному використанню рухомого складу й інфраструктури, дотриманню строків доставки вантажів і пунктуальності пасажирських перевезень, що в цілому підвищує конкурентоспроможність залізничного транспорту на ринку транспортних послуг.

1 Система диспетчерського управління відіграє визначальну роль у виконанні встановлених технічних нормативів та оперативних планів при організації руху поїздів. Вона характеризується розгалуженою ієрархічною структурою, в якій базовими системоутворюючими елементами управління є диспетчерські кола.

2 Визначено чинники, що впливають на ефективність управління залежно від розмірів полігону. Доведено, що за критерієм мінімізації часу координації оперативних дій оптимальними є полігони, які охоплюють до 3 районів управління з кількістю до 7 диспетчерських кіл у кожному.

3 Проведений аналіз експлуатаційних показників показує, що за останні 15 років обсяги роботи скоротилися приблизно на третину, що зумовило зменшення щільності графіка руху поїздів, однак не сприяло покращенню показників їх руху. За той самий період зафіксовано зростання кількості затримок на 28,9% та їх загальної тривалості на 41,7%.

4 Запропоновано модель адаптивного пропуску поїздів на дільниці в умовах відхилення від нормативного графіка, побудовану на основі наближеного динамічного програмування. Оптимізація процесу пропуску

здійснюється за критерієм мінімізації вторинних затримок. Результати моделювання свідчать про скорочення загальної тривалості затримок на 7,2%.

5 Виконано оцінювання результатів роботи моделі наближеного динамічного програмування з використанням різних методів навчання функції селекції. Встановлено, що найбільш ефективними є однокрокове навчання методами часових рядів та найменших квадратів. Час розрахунку горизонту планування не перевищує 2 хвилин, що забезпечує оперативність прийняття диспетчерських рішень.

6 Впровадження запропонованого комплексу моделей у вигляді функціональних задач АРМ ДНЦ залізничного полігону, згідно з економічними розрахунками, на п'ятий рік експлуатації забезпечує економічний ефект у розмірі понад 6,5 млн грн.

Список використаних джерел

- 1 Інтегрований звіт АТ «Укрзалізниця». *Укрзалізниця*: веб-сайт. URL:<https://www.uz.gov.ua/files/file/about/investors/UZ%20Integrated%20Report%202020%20Ukr.pdf> (дата звернення 06.09.2025).
- 2 Національна транспортна стратегія України до 2030 року: розпорядження каб. мін. України № 430-р від 30.05.2018 *Верховна Рада України*: веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#Text> (дата звернення 13.09.2025).
- 3 Кулик А.Ю. Удосконалення оперативного управління поїзною роботою дільниць. Тези 85-ї студ. наук.-практ. конф. (м. Харків, 10-11.12.2025 р.). Харків, 2025. С.413-414.
- 4 Статут залізниць України: розпорядження каб. мін. України № 457 від 16.04.1998 *Верховна Рада України*: веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/457-98-%D0%BF#Text> (дата звернення 16.09.2025).
- 5 Диспетчерське керування рухом поїздів на швидкісних та високошвидкісних магістралях: Навч. посібник / С. В. Панченко, Т. В. Бутько, А. В. Прохорченко та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2019. – 153 с.
- 6 Токмакова І.В. Забезпечення гармонійного розвитку залізничного транспорту України : монографія. Харків : УкрДУЗТ, 2015. 403 с.
- 7 Grechi, D., Maggi, E. The importance of punctuality in rail transport service: an empirical investigation on the delay determinants. URL: <https://www.researchgate.net/publication/330322491> (date of the application 25.09.2023)
- 8 Punctuality Results. *SouthEastern*: web-site. URL: <https://www.southeasternrailway.co.uk/about-us/punctuality-results> (date of the application 07.10.2025)

- 9 Punctuality and Performance. *Chilternrailways*: web-site. URL: <https://www.chilternrailways.co.uk/punctuality-performance> (date of the application 07.10.2025)
- 10 Punktualność towarowa. *Urząd Transportu Kolejowego*: web-site. URL: <https://dane.utk.gov.pl/sts/punktualnosc/punktualnosc-towarowa/19432,Punktualnosc-przewozow-towarowych.html> (date of the application 08.10.2025)
- 11 Cacchiani, V., et al. An overview of recovery models and algorithms for real-time railway rescheduling. *Transp. Res. Part B Methodol.* 2014. Vol. 63, P. 15–37. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2014.01.009>
- 12 Corman, F., Meng, L., A Review of Online Dynamic Models and Algorithms for Railway Traffic Management. *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, 2015. Vol.16, P. 1274–1284.
- 13 Fang, W., Yang, S., Yao, X., A Survey on Problem Models and Solution Approaches to Rescheduling in Railway Networks. *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, 2015. Vol.16, P.2997–3016. <https://doi.org/10.1109/TITS.2015.2446985>
- 14 Adenso-Diaz, B., Oliva-Gonzalez, M., Gonzalez-Torre, P., On-line timetable re-scheduling in regional train services. *Transp. Res. Part B Methodol.*, 1999. Vol. 33, P. 387–398.
- 15 Törnquist, J., Persson, J.A., N -tracked railway traffic re-scheduling during disturbances Johanna To. *Transp. Res. Part B Methodol.*, 2007. Vol.41, P.342–362. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2006.06.001>
- 16 Pellegrini, P., Marlière, G., Rodriguez, J., Optimal train routing and scheduling for managing traffic perturbations in complex junctions. *Transp. Res. Part B Methodol.*, 2014. Vol.59, P. 58–80. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2013.10.013>
- 17 Mascis, A., Pacciarelli, D., Job-shop scheduling with blocking and no-wait constraints. *Eur. J. Oper. Res.*, 2002. Vol. 143, 498–517.
- 18 D’Ariano, A., Pacciarelli, D., Pranzo, M., A branch and bound algorithm for scheduling trains in a railway network. *Eur. J. Oper. Res.*, 2007. Vol. 183, P.643–657. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.10.034>

- 19 Ho, T.K., Norton, J.P., Goodman, C.J., Optimal traffic control at railway junctions, in: Electric Power Applications. IEE, 1997. P. 140–148. <https://doi.org/10.1049/ip-epa:19970941>
- 20 Meng, L., Zhou, X., Robust single-track train dispatching model under a dynamic and stochastic environment : A scenario-based rolling horizon solution approach. Transp. Res. Part B Methodol., 2011. Vol. 45, P. 1080–1102. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2011.05.001>
- 21 Bellman, R., Dynamic Programming. Princeton University Press, Princeton, 1957. 230 p.
- 22 Балака Є.І., Зоріна О.І., Писаревський І.М. Оцінка економічної доцільності інвестицій в інноваційні проекти на транспорті: навчальний посібник. Харків: УкрДАЗТ, 2005. 210 с.