

Український державний університет залізничного транспорту

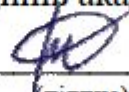
Кафедра управління експлуатаційною роботою

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СВОЄЧАСНОЇ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ НА ОСНОВІ МОДЕЛІ
УПРАВЛІННЯ ПРІОРИТЕТНІСТЮ ОБРОБКИ ВАГОНІВ НА ТЕХНІЧНИХ
СТАНЦІЯХ

Пояснювальна записка та розрахунки
до випускної кваліфікаційної роботи

ЗСДВО.300.00.00.000 ПЗ

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


_____ Денис ОВСЯННИКОВ
(підпис)

Керівник: доцент, канд. техн. наук

Петро ДОЛГОПОЛОВ

Рецензент: професор, д-р 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. Бутько

« 17 » червня 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Овсяннікову Денису Олександровичу

1 Тема роботи «Забезпечення своєчасної доставки вантажів на основі моделі управління пріоритетністю обробки вагонів на технічних станціях»

керівник Долгополов Петро Віталійович, канд. техн. наук, доцент

затверджена розпорядженням по факультету управління процесами перевезень

04/25 від 24.02.25

2 Строк подання студентом роботи 15.06.25

3 Вихідні дані до роботи статистичні дані про динаміку основних кількісних і якісних показників роботи АТ «Укрзаїнська Залізниця» та його філій у галузі вантажних перевезень. Абстрактні дані для моделювання роботи сортувальної станції. Техніко-економічні показники роботи АТ «Укрзаїнська Залізниця».

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) вступ; аналіз умов здійснення вантажних залізничних перевезень; аналіз існуючих систем організації вагонопотоків; формування математичної моделі побудови оперативного плану роботи сортувальної станції в умовах забезпечення дотримання термінів доставки вантажів; формування вимог до впровадження запропонованої автоматизованої системи та її інтеграції до системи АСК ВП УЗ Є; оцінка економічної ефективності від впровадження запропонованої автоматизованої системи.

5 Перелік графічного матеріалу: тема магістерської кваліфікаційної роботи; мета і задачі дослідження, об'єкт дослідження, предмет дослідження; наукова новизна отриманих результатів; аналіз динаміки основних кількісних і якісних показників роботи АТ «Укрзаїнська Залізниця»; аналіз динаміки штрафних виплат за недотримання терміну доставки вантажів; модель побудови оперативного плану

роботи сортувальної станції; оперативний план роботи сортувальної станції;
структура інформаційно-керуючої системи; економічні розрахунки.

6 Консультанти окремих розділів

Розділ	Прізвище, ініціали, посада та науковий ступінь консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічне обґрунтування запропонованого проектного рішення	Гриценко Н.В., доцент, к.т.н.		

7. Дата видачі завдання 25.02.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1. Аналіз умов здійснення вантажних залізничних перевезень.	12.03.25	
2. Аналіз систем організації вагонопотоків	26.03.25	
3. Формування математичної моделі побудови оперативного плану роботи сортувальної з урахуванням аналізу термінів доставки вантажів	25.04.25	
4. Формування вимог до впровадження автоматизованої системи до АСК ВП УЗ Є	14.05.25	
5. Оцінка економічної ефективності впровадження	22.05.25	
Оформлення роботи	12.06.25	

Студент  Денис ОВСЯННІКОВ

Керівник  Петро ДОЛГОПЛОВ

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 12 слайдів презентації, 65 аркушів пояснювальної записки формату А4, що містить 11 рисунків, 1 таблицю, 28 літературних джерел.

Ключові слова: ОПЕРАТИВНЕ УПРАВЛІННЯ РОБОТОЮ ТЕХНІЧНОЇ СТАНЦІЇ, ДОТРИМАННЯ ТЕРМІНУ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ, НЕЙРОМЕРЕЖЕВА ПРОГНОЗНА МОДЕЛЬ.

Об'єктом дослідження є процес організації вантажних залізничних перевезень.

Метою дослідження є підвищення ефективності функціонування підсистеми вантажних залізничних перевезень за рахунок автоматизації технології оперативного планування роботи технічних станцій та мінімізації витрат вагоно-годин у підсистемах розформування-формування а також скорочення загального часу перебування вагонів на станціях, що в свою чергу надасть змогу для забезпечення дотримання термінів доставки вантажів.

Розроблена оптимізаційна математична модель побудови оперативного плану роботи технічної станції, цільова функція якої представлена критерієм експлуатаційних витрат, що виникають в ході реалізації перевізного процесу.

Також у своєму складі вона містить елемент у вигляді нейромережевої прогновної моделі, який додатково допомагає забезпечити своєчасну доставку вантажів шляхом визначення пріоритетності обробки вагонів на технічних станціях на основі їх поточних індивідуальних параметрів. Розроблена модель спрямована на підвищення рівня автоматизації процесів управління роботою ключових елементів залізничної системи, таких як технічні станції і сприятиме забезпеченню конкурентоспроможності залізничного транспорту та ефективної логістичної підтримки для різних галузей економіки України.

ABSTRACT

This qualification thesis includes 12 presentation slides and 65 A4 pages of an explanatory note containing 11 figures, 1 table, and 28 bibliographic references.

Keywords: OPERATIONAL MANAGEMENT OF TECHNICAL STATION OPERATIONS, CARGO DELIVERY DEADLINE COMPLIANCE, NEURAL NETWORK FORECASTING MODEL.

The object of the research is the process of organizing freight railway transportation.

The aim of the study is to improve the efficiency of the freight transportation subsystem by automating the technology of operational planning at technical stations and minimizing wagon-hour costs in the marshalling and reformation subsystems, as well as reducing the overall dwell time of wagons at stations. These improvements are intended to help ensure compliance with cargo delivery deadlines.

An optimization-based mathematical model has been developed for constructing the operational plan of a technical station. The objective function is formulated in terms of operational costs arising during the transportation process.

The model also includes a neural network forecasting component, which further supports timely cargo delivery by determining the processing priority of wagons at technical stations based on their current individual parameters. The developed model is aimed at increasing the level of automation in managing the operation of key elements of the railway system, such as technical stations, and will contribute to enhancing the competitiveness of railway transport and providing efficient logistical support for various sectors of the Ukrainian economy.

Зміст

Вступ	7
1 Умови здійснення вантажних залізничних перевезень в Україні	10
2 Аналіз існуючих систем організації вагонопотоків та перспективи удосконалення системи організації вагонопотоків на українській залізниці	15
2.1 Аналіз системи організації вагонопотоків на українській залізниці	15
2.2 Аналіз важливості забезпечення умов для своєчасного доставлення вантажів на етапі оперативного планування роботи сортувальної станції	19
2.3 Формування моделі визначення пріоритетів при обробці вагонів на основі аналізу терміну доставки вантажу	20
2.4 Передумови автоматизації процесів оперативного планування роботи сортувальних станцій	31
2.5 Розробка математичної моделі побудови оперативного плану роботи сортувальної станції	34
3 Розроблення вимог до створення автоматизованої системи оперативного планування роботи сортувальної станції	47
3.1 Визначення вимог до інтерфейсів АРМ клієнтського рівня інформаційно-керуючої системи	47
3.2 Визначення структури та режиму функціонування інформаційно-керуючої системи	49
4 Визначення економічної ефективності від впровадження автоматизованої системи оперативного планування роботи сортувальної станції	53
Висновки	60
Список використаних джерел	62

					ЗСДВО 300.00.00 ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Забезпечення своєчасної доставки вантажів на основі моделі управління пріоритетністю обробки вагонів на технічних станціях	Лім.	Арк.	Аркушів	
Розроб.	Овсянніков						6	65	
Перевір.	Долгополов								
Н. контр.	Долгополов								
Затв.	Бутько								
						УкрДУЗТ			

Вступ

Залізничний транспорт є ключовим ланцюгом глобальної логістики, що забезпечує перевезення вантажів на великі відстані. Однак, навіть у цій стратегічно важливій галузі, ми стикаємося з серйозними викликами та обмеженнями, які ускладнюють ефективне функціонування системи.

Сучасні реалії свідчать про погіршення ключових показників залізничного транспорту в Україні. Затримки вантажів під час операцій збільшилися, обсяг перевезень скоротився, а дефіцит локомотивів обмежує можливості для вантажних перевезень. Це має прямий вплив на витрати та ефективність підприємств, які використовують залізничний транспорт для своїх потреб.

Серед серйозних викликів, що впливають на функціонування залізничного транспорту в Україні, необхідно враховувати і фактор повномасштабної агресії, який породжує додаткові обмеження та загрози для інфраструктури та безпеки транспорту, може призвести до зниження пропускної здатності шляхів, обмежень у маршрутах та навіть психологічних аспектів, які впливають на персонал та функціонування транспортної системи. Такі обставини підсилюють необхідність розробки та впровадження ефективної моделі управління, що забезпечуватиме найбільш ефективне використання ресурсів залізниці для здійснення своєчасної доставки вантажів.

Розв'язання цих проблем потребує комплексного підходу до управління вантажними перевезеннями та оптимізації роботи залізничних станцій. Важливим етапом в цьому процесі є розробка ефективної моделі управління пріоритетністю обробки вагонів на технічних станціях. Це дозволить залізничним компаніям зменшити затримки, підвищити продуктивність та покращити обслуговування клієнтів.

Метою даного дослідження є підвищення ефективності функціонування підсистеми вантажних залізничних перевезень за рахунок автоматизації технології оперативного планування роботи технічних станцій та мінімізації витрат вагоно-

годин у підсистемах розформування-формування а також скорочення загального часу перебування вагонів на станціях, що в свою чергу надасть змогу для забезпечення дотримання термінів доставки вантажів.

Об'єкт дослідження – процес організації вантажних залізничних перевезень.

Предмет дослідження – технологія оперативного планування роботи технічних станцій.

Для досягнення цієї мети необхідне:

- проведення аналізу стану вантажних залізничних перевезень на основі статистичних досліджень основних показників експлуатаційної роботи підрозділів АТ «Укрзалізниця»;

- проведення аналізу досвіду організації вагонопотоків на залізницях країн світу;

- проведення аналізу вітчизняного досвіду організації вагонопотоків, виявлення основних чинників, що призводять до збільшення простоїв вагонів на сортувальних станціях;

- формалізація процесу планування оперативної роботи сортувальної станції з урахуванням аналізу термінів доставки вантажів;

- визначити вимоги і спосіб інтеграції запропонованої моделі до системи АСК ВП УЗ Є та АРМ оперативних керівників сортувальних станцій;

- оцінити економічну ефективність від впровадження запропонованих рішень.

Наукова новизна отриманих результатів.

Удосконалено

- процедуру визначення пріоритетів черговості обробки вагонів на основі аналізу терміну доставки вантажів;

- процедуру оперативного планування роботи сортувальної станції;

- автоматизовану систему керування АСК ВП УЗ Є інтеграції до її складу системи підтримки для АРМ маневрового диспетчера сортувальної станції.

В ході підготовки та виконання роботи автором була використана інформація, у тому числі вихідні дані, текст, методики, визначення певних характеристик, параметрів, розрахунків тощо, які містяться у джерелах, наведених у списку використаних джерел.

Публікації. Відповідно до теми магістерської роботи опубліковано 1 статтю у фаховому науковому виданні [1].

Висновки

Технічні станції є критично важливими елементами підсистеми вантажних залізничних перевезень, оскільки саме на них відбувається обробка значної частини вагонопотоків, формування та розформування составів, технічний огляд і підготовка поїздів до подальшого руху. Ефективність їх роботи безпосередньо впливає на обіг вантажного вагона, своєчасність доставки вантажів та загальну продуктивність залізничної транспортної системи.

Результати аналізу статистичних даних свідчать про зростання середнього часу простою вагонів на технічних станціях, що, у свою чергу, веде до збільшення обігу вантажного вагона та порушення термінів доставки. Особливо гостро ця проблема проявляється у сфері міжнародних перевезень, де затримки при обробці вагонів на прикордонних технічних станціях можуть призводити до тривалого простою вантажу й значних фінансових збитків. Це підтверджується зростанням середньомісячних штрафних санкцій за порушення строків доставки, які сплачуються АТ «Укрзалізниця».

З метою пошуку шляхів підвищення ефективності роботи технічних станцій було здійснено огляд вітчизняного та зарубіжного досвіду організації вантажних перевезень, а також проведено порівняльний аналіз технологій планування роботи технічних станцій у країнах Європи та США. За результатами дослідження розроблено математичну модель оперативного планування роботи технічної станції, яка враховує як експлуатаційні витрати в підсистемах розформування-формування, так і необхідність дотримання термінів доставки вантажів.

Особливістю запропонованої моделі є наявність в її структурі нейромережевого прогнозного блоку, який дозволяє динамічно оцінювати пріоритетність обробки вагонів на основі їх індивідуальних параметрів (зокрема, часу в дорозі, належності до певної номенклатури вантажу, призначення тощо). Це забезпечує гнучке реагування на зміну поточної ситуації та сприяє підвищенню точності управлінських рішень.

Результати моделювання підтвердили ефективність запропонованих підходів, зокрема у частині зменшення середнього часу перебування вагонів на технічних станціях та підвищення рівня автоматизації процесів оперативного управління. Подальша інтеграція моделі до автоматизованої системи керування вантажними перевезеннями АСК ВП УЗ Є дозволить реалізувати практичне впровадження розроблених рішень та зробить можливим централізоване формування оперативних планів у режимі реального часу.

У довгостроковій перспективі це сприятиме зниженню експлуатаційних витрат, підвищенню надійності та конкурентоспроможності залізничного транспорту України, а також ефективному функціонуванню логістичних ланцюгів у внутрішньому та міжнародному сполученні.

На основі розробленої математичної моделі було створено програмне забезпечення та проведено моделювання процесів. На основі моделювання було встановлено, що розроблена модель сприяє зменшенню обігу вантажного вагона.

Очікуваний сумарний економічний ефект від впровадження автоматизованої системи управління на основі розробленої моделі за розрахунковий період становитиме понад 211 млн. грн, що підтверджує доцільність запропонованих рішень.

Список використаних джерел

1. Пархоменко Л.О., Прохоров В.М., Калашнікова Т.Ю., Овсянніков Д.О. Формування моделі управління пріоритетністю обробки вагонів на технічних станціях в умовах невизначеності. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2024. № 1. С. 45–54.
2. Вернигора Р. В., Єльнікова Л. О. Аналіз інтенсивності вантажних поїздопотоків на сортувальних станціях України. *Транспортні системи та технології перевезень : зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна*. 2013. №6. С. 32–35.
3. Музикіна Г. І., Болвановська Т. В. Скорочення простою вагонів на сортувальних станціях за рахунок підвищення ефективності їх роботи. *Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту. Сер. : Транспортні системи і технології*. 2007. №12. С. 131–136.
4. Kreuger P., Aronsson M. Railyard Shunting: A Challenge for Combinatorial Optimisation. *ERCIM News*. 2007. Issue 68. P. 23–25.
5. Музикіна Г. І., Болвановська Т. В., Жорова Є. М. Вплив параметрів накопичення вагонів на їх простій на сортувальній станції. *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна*. 2008. №20. С. 198–201.
6. Бутько Т.В., Прохоров В.М., Чехунов Д.М. Інтелектуальне управління сортувальними станціями при перевезеннях небезпечних вантажів на основі багатоцільової оптимізації. *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*. 2018. №5(77). С.41–52.
7. Butko T., Prokhorov V., Chekhunov D. Devising a method for the automated calculation of train formation plan by employing genetic algorithms. *Eastern-European journal of enterprise technologies*. 2017. Vol. 85. No. 3. Pt. 1. P. 55–61.
8. Prokopov, A., Prokhorov, V. Kalashnikova, T., Golovko, T., Bohomazova, H. Constructing a model for the automated operative planning of local operations at

- railroad technical stations. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2021. 3 (3 (111)), 32–41.
9. Сімакова А. А. Удосконалення роботи сортувальних станцій в умовах інформатизації перевізного процесу : маг. квал. роб. : 11.12.20 / ДНУЗТ ім. В. Лазаряна. Дніпро. 2020. 127 с.
10. Савицкий А. Г., Рубцов В.Н. Автоматизация работы сортировочной станции. *Автоматика, связь, информатика*. 2001. № 9. С. 21–24.
11. Козлов П. А. Курс на комплексную автоматизацию сортировочных станций. *Автоматика, связь, информатика*. 2001. № 1. С. 6–9.
12. Вернигора, Р. В., Єльнікова Л. О. Перспективи створення адаптивної системи оперативного управління роботою локомотивів та локомотивних бригад. Зб. наук. праць ДНУЗТ: Серія “Транспортні системи і технології перевезень”. 2012. № 4. С. 25–29.
13. Система нечіткого виведення : Стаття в Вікіпедії. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Система_нечіткого_виведення. (дата звернення: 24.10.2021).
14. Основні чинники, що впливають на простій вагонів і напрями рішення задач по його скороченню : реферат. URL: http://4ua.co.ua/transport/qa3ac69b4c43a88421316d26_0.html (дата звернення: 29.10.2021).
15. Договір перевезення вантажу : реферат. URL: https://studopedia.su/1_36875_dogovir-perevezennya-vantazhu.html. (дата звернення: 29.10.2021).
16. Прохоров В. М., Калашнікова Т. Ю., Прокопов, А. О. Формування нечіткої моделі визначення пріоритету обробки вагонів на сортувальних станціях на основі аналізу факторів поточної затримки. *Science, engineering and technology: global and current trends* : Proceedings of International scientific and practical conference. (Prague, Czech Republic , september 25–26, 2020). Riga : Baltija Publishing, 2020. Part 2. P. 168–172.

17. Малахова О. А., Тищенко О. В. Визначення величини простою составів в очікуванні відправлення на сортувальних станціях. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. 2011. №58. С. 99–102.
18. Прохоров В. М. Розробка автоматизованої технології управління вагонопотоками на основі системної оптимізації плану формування поїздів : дис. ... канд техн. наук : 05.22.01 / Укр. держ. ун-т. зал. тр-ту. Харків, 2017. 189 с.
19. Бутко Т. В. Лаврухін О. В., Доценко Ю. В. Удосконалення управління процесом просування поїздопотоків на основі стабілізації обігу вантажного вагону. *Зб. наук. праць ДонІЗТ*. 2010. №22. С.18–26.
20. Марценюк, Л.В. Факторний аналіз обігу вантажних вагонів. Проблеми підвищення ефективності інфраструктури. *Зб. наук. праць НАУ*. 2012. №33. С. 141–147.
21. Вернигора Р. В., Ельнікова Л. О., Анализ простоев поездов в ожидании поездных локомотивов на сортировочных станциях. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2012. №5/3(59). С. 16–19.
22. Бутко Т. В., Прохоров В. М., Чехунов Д. М. Технологія інтелектуального управління сортувальною станцією на основі багатоцільової оптимізації з використанням генетичних алгоритмів. *ІКСЗТ*. 2018. №4. С. 45–55.
23. Шавзис С.С. Планирование поездообразования: новые подходы и решения. *Железнодорожный транспорт*. 2003. №5. С.43–47.
24. Інструкція з оперативного планування поїзної і вантажної роботи на залізницях України ЦД-0052. Київ: Укрзалізниця, 2004.
25. Косолапов А. А. Системні характеристики АСК сортувальних станцій. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2014. №4. С.47–48.
26. Прилуцкий М. Х., Власов С. Е. Многостадийные задачи теории расписаний с альтернативными вариантами выполнения работ. *Системы управления и информационные технологии*. 2005. №2. С. 44–48.
27. Методичні вказівки з визначення норм часу на маневрові роботи, які виконуються на залізничному транспорті. Київ: Транспорт України. 2003. 96 с.

28. Методичні рекомендації щодо розробки економічної частини випускної роботи магістрів за спеціальністю «Транспортні технології на залізничному транспорті» : метод. вказів. / Є. І. Балака та ін. Харків: УкрДУЗТ, 2018. 11 с.