

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра управління експлуатаційною роботою

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ РОБОТОЮ СОРТУВАЛЬНОЇ
СТАНЦІЇ НА ОСНОВІ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ

Пояснювальна записка та розрахунки
до кваліфікаційної роботи

УТУРС.300.00.00.000 ПЗ

Розробила студентка групи 132-ОПУТ-322
спеціальності 275/275.02 – Транспортні
технології (на залізничному транспорті)
(роботу виконано самостійно, відповідно
до принципів академічної доброчесності)

 Олександр ТИМОШЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник: доцент, канд. техн. наук

Віктор ПРОХОРОВ
(ім'я та прізвище)

Рецензент: професор, док. техн. наук

Олександр ЛАВРУХІН
(ім'я та прізвище)

2025 р.

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет управління процесами перевезень

Кафедра управління експлуатаційною роботою

Освітній рівень: бакалавр

Спеціальність 275 Транспортні технології

275.02 Транспортні технології (на залізничному транспорті)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри,
професор, д-р техн. наук

 Тетяна БУТЬКО

« 23 » червня 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Тимошенку Олександр Миколайовичу

1 Тема роботи «Удосконалення технології управління роботою сортувальної станції на основі сучасних підходів»

Керівник Прохоров Віктор Миколайович, канд. техн. наук, доцент

затверджена розпорядженням по факультету управління процесами перевезень
від 19 травня 2025 року №07/25

2 Строк подання студентом роботи 22 червня 2025 року

3 Вихідні дані до роботи статистичні дані про динаміку основних кількісних і якісних показників роботи АТ «Укрзалізниця» та його філій у галузі вантажних перевезень. Абстрактні дані для розрахунку плану роботи технічної станції.

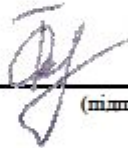
4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) вступ; аналіз умов здійснення вантажних залізничних перевезень; підготовка вихідних даних для забезпечення процесу автоматизованого управління сортувальною станцією; моделювання процесу автоматизаційного управління сортувальною станцією та аналіз результатів.

5 Перелік графічного матеріалу: тема магістерської кваліфікаційної роботи; мета і задачі дослідження, об'єкт дослідження, предмет дослідження; аналіз основних показників функціонування підсистеми вантажних залізничних перевезень України; результати статистичної обробки та підготовки вихідних даних; результати автоматизованих розрахунків плану роботи сортувальної станції у графічному вигляді.

6 Дата видачі завдання 20 травня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1. Аналіз умов здійснення вантажних залізничних перевезень.	25.05.2025	виконано
2. Підготовка вихідних даних для забезпечення процесу автоматизованого управління сортувальною станцією	04.06.2025	виконано
3. Моделювання процесу автоматизованого планування роботи сортувальної станції та аналіз результатів	10.06.2025	виконано
6. Висновки	12.06.2025	виконано
Оформлення роботи	22.06.2025	виконано

Студент  Олександр ТИМОШЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник  Віктор ПРОХОРОВ
(підпис) (ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Представлена кваліфікаційна робота складається з 10 слайдів презентаційного матеріалу та 52 сторінок пояснювальної записки формату А4, яка містить 12 ілюстрації, 2 таблиці та перелік використаних джерел.

Ключові слова: СОРТУВАЛЬНА СТАНЦІЯ, ОПЕРАТИВНЕ ПЛАНУВАННЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ, ЦИФРОВІЗАЦІЯ.

Об'єктом дослідження є процес організації вантажних залізничних перевезень.

Метою роботи є підвищення ефективності технології оперативного планування роботи сортувальних станцій шляхом впровадження моделей комплексних оптимізаційних моделей управління та застосування сучасних обчислювальних технологій.

У процесі дослідження було проаналізовано поточний стан автоматизації управлінських процесів на залізничному транспорті України, а також визначено вимоги до представлення інформації в умовах цифрової трансформації. Особливу увагу приділено формуванню структурованого підходу до збору та обробки вхідних даних, необхідних для побудови оперативного плану роботи станції.

Основна частина роботи присвячена моделюванню процедури оптимального оперативного планування роботи сортувальних станцій на основі високоточних моделей. У ході дослідження були розроблені підходи для забезпечення управлінських моделей якісними прогностичними вихідними даними щодо надходження вагонів, та реалізовано автоматизований підхід до формування оперативного плану роботи сортувальної станції.

Практична цінність роботи полягає в інтеграції інтелектуальних методів оптимізації в систему оперативного управління сортувальними станціями, що дозволяє скоротити час прийняття рішень, зменшити простої вагонів та підвищити ефективність вантажних перевезень у цілому.

ABSTRACT

The presented qualification work consists of 10 presentation slides and 52 A4-format pages of explanatory text, which include 12 illustrations, 2 tables, and a list of references.

Keywords: MARSHALLING YARD, OPERATIONAL PLANNING, AUTOMATION, NEURAL NETWORKS, DIGITALIZATION.

The object of the study is the organization of freight railway transportation.

The aim of the work is to improve the efficiency of the operational planning technology at marshalling yards by implementing comprehensive optimization management models and applying modern computational technologies.

The study analyzes the current state of automation of management processes in Ukraine's railway transport and defines the requirements for data representation under conditions of digital transformation. Special attention is given to developing a structured approach to collecting and processing input data necessary for constructing an operational work plan for a marshalling yard.

The core of the work focuses on modeling the procedure for optimal operational planning at marshalling yards based on high-precision models. The study develops approaches to ensure that management models are supplied with accurate predictive input data on incoming wagons and implements an automated approach to generating an operational station work plan.

The practical value of the study lies in integrating intelligent optimization methods into the operational management system of marshalling yards, enabling reduced decision-making time, minimized wagon idle time, and overall improvement in the efficiency of freight rail operations.

Зміст

Вступ	7
1 Операційні умови функціонування вантажного залізничного транспорту в Україні	10
2 Форматування вхідних параметрів для цифрових систем оперативного управління сортувальною станцією	16
2.1 Аналіз інтеграції автоматизації в системи управління залізничною інфраструктурою	16
2.2 Методологія підготовки та подання даних для систем цифровізації	20
3.1 Формалізація структури та послідовності операцій оптимізаційної процедури з використанням генетичних алгоритмів	38
3.2 Результати моделювання	40
3.3 Аналіз результатів моделювання	43
Висновки	50
Список використаних джерел	52

					УТУРС.300.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Організація роботи сортувальної станції в умовах цифровізації	Лім.	Арк.	Аркушів
Розроб.	Тимошенко							
Перевір.	Прохоров						6	52
Н. контр.	Прохоров					УкрДУЗТ		
Затв.	Бутько							

Вступ

Транспортна система України відіграє ключову роль у забезпеченні економічного розвитку та інтеграції країни в світові ланцюги поставок. Вона об'єднує різні види транспорту — залізничний, автомобільний, повітряний, морський, річковий та трубопровідний, — кожен з яких має стратегічне значення для стабільного функціонування національного господарства. Особливе місце серед них займає залізничний транспорт, який забезпечує масові перевезення вантажів і пасажирів незалежно від сезонних умов, залишаючись одним з найнадійніших і економічно ефективних видів транспорту.

Сьогодні українська залізниця стикається з низкою викликів, пов'язаних із застарілою інфраструктурою, неефективним управлінням ресурсами та зростаючою конкуренцією з боку інших видів перевезень. Це обумовлює необхідність модернізації оперативного планування та впровадження сучасних автоматизованих систем управління перевізним процесом. Використання цифрових технологій дозволить оптимізувати маршрутизацію поїздів, підвищити точність обліку вантажопотоків, зменшити вплив людського фактору та забезпечити оперативне реагування на зміни в логістичних ланцюгах.

Автоматизація управління вантажними перевезеннями сприятиме покращенню комунікації між усіма ланками транспортної системи — від диспетчерів до клієнтів. Швидкий обмін даними про рух вагонів, стан вантажів та можливі затримки дозволить уникнути простоїв і підвищити якість сервісу. Крім того, інтеграція сучасних інформаційних систем забезпечить прозорість перевізного процесу, що є важливим фактором для залучення нових партнерів та інвестицій.

Таким чином, впровадження автоматизованих технологій у сферу залізничних перевезень є необхідним кроком для підвищення конкурентоспроможності української транспортної галузі. Це дозволить зробити залізничні перевезення більш привабливими для бізнесу, забезпечити стабільність

логістичних процесів та створити основу для подальшого розвитку інфраструктури в умовах євроінтеграції.

Актуальність теми. Сучасний етап розвитку транспортної індустрії суттєво залежить від цифровізації, яка стає ключовим чинником підвищення ефективності та конкурентоспроможності залізничних перевезень. Особливо це стосується роботи сортувальних станцій, які є важливими логістичними вузлами, що впливають на швидкість і якість обробки вантажопотоків. Впровадження цифрових технологій у систему управління сортувальними станціями дозволить автоматизувати ключові процеси, оптимізувати використання ресурсів і зменшити вплив людського фактора, що призведе до зниження витрат і підвищення надійності перевезень.

Сьогодні залізнична галузь України потребує інноваційних рішень, зокрема впровадження сучасних алгоритмів планування, штучного інтелекту та аналітики великих даних для оперативного управління рухом складу. Це дозволить не лише підвищити продуктивність сортувальних станцій, а й стане важливим кроком у цифровій трансформації всієї залізничної інфраструктури.

Метою даної роботи є дослідження можливостей переходу сортувальних станцій на сучасні методи оперативного планування шляхом впровадження автоматизованих інформаційно-керуючих систем у контексті цифровізації залізничного транспорту. Реалізація таких рішень сприятиме створенню інтелектуальної транспортної системи, здатної оперативно адаптуватися до змін у вантажопотоках та забезпечувати стабільність логістичних процесів.

Об'єкт дослідження – процес організації вантажних залізничних перевезень.

Предмет дослідження – технологія оперативного планування роботи сортувальних станцій.

Для реалізації поставленої мети слід виконати такі завдання:

1. проаналізувати поточний стан вантажних залізничних перевезень з метою визначення показників, які можуть бути вдосконалені шляхом застосування інноваційних технологій у системі оперативного планування діяльності

сортувальних станцій;

2. організувати забезпечення процесу автоматизованого планування достовірними вхідними даними;

3. виконати імітаційне моделювання автоматизованої системи оперативного планування роботи сортувальної станції з використанням сучасних технологічних рішень та здійснити аналіз можливості та доцільності їх практичного застосування.

Практична цінність отриманих результатів.

1. запропоновано метод підготовки вхідних даних для автоматизованого планування роботи сортувальної станції з використанням нейромережевого прогнозування;

2. на основі моделювання отримано підтвердження можливості та доцільності застосування сучасних технологій для автоматизації оперативного планування роботи сортувальної станції

Висновки

Проведений аналіз роботи сортувальних станцій у контексті вантажних залізничних перевезень України виявив низку системних проблем, які потребують негайного вирішення. Сьогоднішній стан роботи цих ключових транспортних вузлів характеризується значним зниженням ефективності, що проявляється у зростанні часу обігу вантажних вагонів, зниженні продуктивності використання рухомого складу та збільшенні тривалості простоїв на технічних станціях. Ці негативні тенденції безпосередньо впливають на якість надаваних послуг та фінансові показники роботи АТ "Укрзалізниця".

Основним чинником, що обумовлює поточну ситуацію, є застарілі методи планування та управління технологічними процесами на сортувальних станціях. Існуюча система не враховує сучасні вимоги до оперативності прийняття рішень та не дозволяє ефективно реагувати на зміни в обсягах і структурі вантажопотоків. Особливо гостро ця проблема проявляється в умовах обмежених ресурсів і поступового фізичного зносу залізничної інфраструктури.

У відповідь на ці виклики було розроблено та запропоновано комплексний підхід до модернізації системи управління сортувальними станціями. Основу цього підходу становить автоматизована система оперативного планування, яка базується на сучасних методах оптимізації та штучного інтелекту. Ключовою особливістю запропонованого рішення є використання нейронних мереж глибинного навчання архітектури ConvLSTM для обробки вхідних даних та прогнозування основних параметрів роботи станції.

Ефективність запропонованого підходу була підтверджена результатами комплексного моделювання, яке проводилося в умовах, максимально наближених до реальної роботи сортувальних станцій. Навіть при високому рівні навантаження та значних коливаннях обсягів вантажопотоків, нова система продемонструвала здатність підтримувати ключові показники роботи станції в оптимальних межах. Важливо відзначити, що запропоноване рішення не лише

дозволяє уникнути погіршення існуючих показників, але й забезпечує суттєве підвищення якості організації технологічного процесу в цілому.

Впровадження автоматизованої системи оперативного планування роботи сортувальних станцій слід розглядати як стратегічно важливий крок у процесі цифрової трансформації залізничного транспорту України. Це дозволить не лише підвищити ефективність використання існуючої інфраструктури, але й забезпечити принципово новий рівень якості вантажних перевезень. У довгостроковій перспективі реалізація запропонованого підходу сприятиме підвищенню конкурентоспроможності українських залізниць, зменшенню операційних витрат та поліпшенню показників своєчасності доставки вантажів.

Таким чином, проведене дослідження підтверджує доцільність і необхідність впровадження сучасних автоматизованих систем управління роботою сортувальних станцій. Запропоноване рішення є технологічно реалізованим і економічно обґрунтованим, а його практична реалізація дозволить вивести роботу залізничного транспорту України на якісно новий рівень.

Список використаних джерел

1. Прохоров В.М. Удосконалення маневрової роботи на сортувальних станціях шляхом побудови динамічної моделі маневрової роботи. *Збірник наукових праць УкрДАЗТ*. 2007. №85. С.171–177.
2. Chowdhury, S., et al. (). A systematic review of automated yard planning in railway transportation. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2018. 114, 100-128.
3. He, B., et al. An automated and integrated scheduling and routing approach for train humping operations. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2015. 76, 99-117.
4. Yang, J., et al. A survey on railway yard automation: research issues and trends. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 2017. 28(2), 313-326.
5. Li, Y., H. Xu, M. Bian, and J. Xiao, Attention Based CNN-ConvLSTM for Pedestrian Attribute Recognition. *Sensors*, 2020. 20(3).
6. Прохоров В. М., Рябушка Ю. А. Передумови розробки автоматизованої системи управління вагонопотоками на залізницях України. *Збірник наукових праць УкрДУЗТ*. 2016. № 165. С. 18–25.
7. Бутько Т.В., Прохоров В.М., Чехунов Д.М. Технологія інтелектуального управління сортувальною станцією на основі багатоцільової оптимізації із використанням генетичних алгоритмів. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2018. №4. С.45–55.
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. Petersen E. R., “Railroad modeling part II: the effect of yardfacilities on congestion,” *Transportation Science*, 1977. vol. 11, no. 1, pp.50–59.