

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра управління експлуатаційною роботою

ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ В УМОВАХ
АВТОМАТИЗАЦІЇ

Пояснювальна записка та розрахунки
до кваліфікаційної роботи

ОРССУ.300.00.00.000 ПЗ

Розробив студент групи 131-ОПУТ-Д22
спеціальності 275/275.02 – Транспортні
технології (на залізничному транспорті)
(роботу виконано самостійно, відповідно
до принципів академічної доброчесності



(підпис)

Олександр ЛАПТІЙОВ

(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.

Факультет управління процесами перевезень

Кафедра управління експлуатаційною роботою

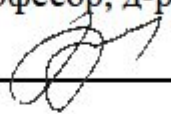
Освітній рівень: бакалавр

Спеціальність 275 Транспортні технології

275.02 Транспортні технології (на залізничному транспорті)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри,
професор, д-р техн. наук

 Тетяна БУТЬКО

« 15 » червня 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Латтійову Олександру Олександровичу

1 Тема роботи «Організація роботи сортувальної станції в умовах автоматизації»

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

затверджена розпорядженням по факультету управління процесами перевезень
від 12 травня 2025 року №06/25

2 Строк подання студентом роботи 14 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 сортувальної станції.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) вступ; аналіз умов здійснення вантажних залізничних перевезень; визначення вимог до переходу до автоматизованого управління сортувальною станцією; моделювання процесу автоматизаційного управління сортувальною станцією та аналіз результатів.

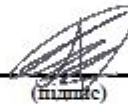
5 Перелік графічного матеріалу: тема магістерської кваліфікаційної роботи; мета і задачі дослідження, об'єкт дослідження, предмет дослідження; аналіз основних показників функціонування підсистеми вантажних залізничних перевезень України; результати автоматизованих розрахунків оперативного плану роботи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

6 Дата видачі завдання 13 травня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1. Аналіз умов здійснення вантажних залізничних перевезень.	17.05.2025	
2. Визначення вимог до переходу до автоматизованого управління сортувальною станцією	24.05.2025	
3. Моделювання процесу автоматизацovanого управління сортувальною станцією та аналіз результатів	8.06.2025	
6. Висновки	11.06.2025	
Оформлення роботи	13.06.2025	

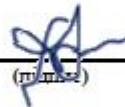
Студент


(підпис)

Олександр ЛАПТІЙОВ

(ім'я та прізвище)

Керівник


(підпис)

Віктор ПРОХОРОВ

(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Представлена кваліфікаційна робота складається з 10 слайдів презентаційного матеріалу та 56 сторінок пояснювальної записки формату А4, яка містить 13 ілюстрацій, 2 таблиці та перелік використаних літературних джерел.

Ключові слова: ПРОГНОЗУВАННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ, НЕВИРОБНИЧИЙ ПРОСТІЙ ВАГОНА, КЕРОВАНІЙ РЕКУРЕНТНИЙ БЛОК, ОПЕРАТИВНЕ ПЛАНУВАННЯ РОБОТИ СТАНЦІЇ.

Об'єктом дослідження виступає процес організації вантажних залізничних перевезень.

Метою роботи є вдосконалення процедур оперативного управління технічними станціями шляхом використання сучасних методів цифрового моделювання та впровадження інтелектуальних систем прийняття рішень.

У межах дослідження було проведено аналіз існуючих методів організації роботи технічних станцій, а також визначено основні чинники, що впливають на затримки у переробці вагонів. Особливу увагу приділено побудові цифрових структур, які дозволяють формалізувати процеси планування та оптимізувати розподіл операцій.

У роботі розглянуто впровадження адаптивних обчислювальних алгоритмів, зокрема моделей на основі нейронних мереж, що дозволяють здійснювати прогнозування параметрів вхідних вагонопотоків та приймати рішення щодо черговості обробки вагонів на основі багатофакторного аналізу.

Практична цінність полягає у створенні гнучкої моделі оперативного управління, яка може бути інтегрована в загальну систему цифрового управління залізницею та сприяти скороченню простоїв, підвищенню ефективності перевізного процесу та зменшенню експлуатаційних витрат.

SUMMARY

The presented qualification thesis consists of 10 slides of presentation material and 56 pages of explanatory text in A4 format, containing 13 illustrations, 2 tables, and a list of referenced literature sources.

Keywords: INPUT DATA FORECASTING, NON-PRODUCTIVE WAGON IDLING, GATED RECURRENT UNIT, STATION OPERATIONAL PLANNING.

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

The aim of the work is to improve the procedures for operational management of technical stations by employing modern digital modeling methods and implementing intelligent decision-making systems.

As part of the research, the current methods of organizing the work of technical stations were analyzed, and the main factors influencing delays in wagon processing were identified. Particular attention was given to building digital structures that enable the formalization of planning processes and optimization of operational scheduling.

The study explores the implementation of adaptive computational algorithms, specifically neural network-based models, which make it possible to forecast the parameters of incoming wagon flows and determine the processing priority of wagons based on multifactor analysis.

The practical value of the work lies in the development of a flexible operational management model that can be integrated into the overall railway digital control system. This contributes to reduced idle times, improved efficiency of freight operations, and lower operational costs.

Зміст

Вступ 5

1 Умови здійснення вантажних залізничних перевезень в Україні	7
2 Аналіз можливості, визначення вимог та підготовчий процес переходу від традиційних методів керування сортувальними станціями до автоматизованого управління	11
2.1 Аналіз підходів до автоматизації управління технологічним процесом сортувальної станції	11
2.2 Підготовка даних для прогнозування	20
2.3 Підготовка вихідних даних для моделі планування шляхом прогнозування	26
3 Моделювання процесу автоматизацovanого управління сортувальною станцією	38
3.1 Передумови переходу від традиційних технологій управління до автоматизованих систем оперативного планування роботи сортувальної станції	38
3.2 Моделювання автоматизованого процесу оперативного планування роботи сортувальної станції	41
Висновки	50
Список використаних джерел	52
-	

					ОРССУ.300.00.00.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Лаптішов				Організація роботи сортувальної станції в умовах автоматизації	Лім.	Арк.
Перевір.	Прохоров						6
Н. контр.	Прохоров					Аркушів	
Затв.	Бутько					УкрДУЗТ	
							6

Вступ

Актуальність теми. Сортувальні станції відіграють ключову роль у забезпеченні ефективності перевізного процесу на українській залізниці. Саме на цих станціях здійснюється більшість сортувальних робіт з поїздами та вагонами, що є критично важливим для підтримання безперервності руху. Час, протягом якого вагони перебувають на сортувальних станціях, суттєво впливає на загальний час їх обігу, і тому оптимізація цих процесів має велике значення.

З огляду на сучасні виклики в транспортній галузі, важливо підкреслити, що сортувальні станції містять великий потенціал для поліпшення якості та кількості перевезень. У цьому контексті автоматизація управлінських процесів на сортувальних станціях стає пріоритетним завданням. Використання новітніх інформаційних технологій дозволяє значно зменшити час простою вагонів, підвищити ефективність обслуговування та зменшити експлуатаційні витрати.

Системи моніторингу в реальному часі, а також алгоритми оптимізації, здатні аналізувати дані про стан вагонів і заплановані маневри, відкривають нові можливості для покращення організації роботи сортувальних станцій. Таким чином, впровадження автоматизованих рішень не тільки підвищує оперативність виконання сортувальних завдань, але й забезпечує більш гнучке реагування на зміни у вантажопотоках.

Метою даної роботи є вдосконалення процедур оперативного управління технічними станціями шляхом використання сучасних методів цифрового моделювання та забезпечення інтелектуальних систем прийняття рішень на їх основі якісними вихідними даними.

Об'єкт дослідження – процес організації вантажних залізничних перевезень.

Предмет дослідження – технологія оперативного планування роботи сортувальних станцій.

Для досягнення цієї мети необхідно:

– здійснити аналіз сучасного стану вантажних залізничних перевезень в Україні та визначити критичні параметри, покращення яких можливе за рахунок

підвищення ефективності технологічних процесів через автоматизацію управлінських процедур;

- обґрунтувати вибір підходу до автоматизації управління роботою сортувальної станції та забезпечити якісну підготовку необхідних вхідних даних;
- провести моделювання функціонування автоматизованої системи оперативного управління сортувальною станцією, здійснити аналіз отриманих результатів і надати оцінку ефективності запропонованих рішень.

Практична цінність отриманих результатів.

- розроблено дієвий підхід до формування вхідної інформації для потреб оперативного планування роботи сортувальних станцій на основі прогнозування із застосуванням нейромережових моделей;
- отримано практичне підтвердження можливості реалізації автоматизованого планування операцій на сортувальній станції за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення.

Висновки

Сортувальні станції відіграють ключову роль у вантажних перевезеннях в Україні, і їх оптимізація є необхідною умовою для покращення загальної ефективності залізничної транспортної системи. Статистичні дослідження, проведені в рамках оцінки сортувальних та експлуатаційних показників, виявили ряд негативних тенденцій, таких як збільшення часу обігу вантажних вагонів, зниження середньодобового пробігу вантажних локомотивів та тривалість простою вагонів на сортувальних станціях. Ці фактори можуть призвести до затримок у доставці вантажів, що негативно вплине на фінансові результати АТ "Укрзалізниця".

Основною причиною, що сприяє погіршенню ситуації, є невиробничі простої вагонів, які часто виникають через неефективне планування роботи станцій. У умовах обмежених ресурсів та деградації залізничної інфраструктури це питання стає особливо актуальним. Вирішення зазначених проблем вимагає впровадження сучасних методів управління, зокрема автоматизованих систем, які забезпечують ефективний розрахунок оперативного плану роботи сортувальної станції.

Для цього пропонується використовувати оптимізаційні моделі з цільовим критерієм, таким як вагоногодина. Сучасні нейронні мережі глибокого навчання можуть бути застосовані для підготовки вихідних даних, що дозволяє ефективно аналізувати інформацію про прибуття поїздів та навантаження вагонів. Використання багатозмінних часових рядів для моделювання цих даних забезпечує більш точне прогнозування, що є критично важливим для оперативного планування.

Дослідження показали, що рекурентні нейронні мережі типу GRU, навіть у випадках високої мінливості даних, можуть успішно прогнозувати інтервали надходження поїздів та склад вагонів. Це дозволяє підтримувати основні показники в допустимих межах, навіть при значних навантаженнях на станцію. Моделювання підтвердило, що нові технології управління не лише забезпечують високу якість організації технологічного процесу, але і здатні адаптуватися до змін у динаміці вантажопотоків.

Таким чином, впровадження сучасних методів автоматизації та оптимізації в управлінні сортувальними станціями є важливим кроком для підвищення ефективності та надійності залізничних перевезень. Це не лише покращує обслуговування клієнтів, але й сприяє стабільному розвитку залізничного транспорту в цілому.

Список використаних джерел

1. Бутько Т.В., Прохоров В.М., Чехунов Д.М. Інтелектуальне управління сортувальними станціями при перевезеннях небезпечних вантажів на основі багатоцільової оптимізації. *Вісник ДНУЗТ*. 2018. №5(77). С.41–52
2. Бутько Т.В., Прохоров В.М. Розробка інтелектуальної автоматизованої системи управління поїзною роботою станції на основі нейронних мереж. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. Харків (Коктебель). 2008. Вип. №22 спеціалізований. С.51.
3. Прокопов А. О., Прохоров В. М., Калашнікова Т. Ю. Розроблення моделі своєчасного забезпечення станцій місцевої роботи порожніми вагонами на основі концепції Precision Scheduled Railroading. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2022. № 3. С. 22-34. DOI: 10.18664/ikszt.v27i3.265541
4. 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.
5. Gao Y., Glowacka D., Deep Gate Recurrent Neural Network. *Asian conference on machine learning*, 2016. pp. 350–365.
6. Dahlhaus E., Horak P., Miller M., Ryan J. F. The train marshalling problem. *Discrete Applied Mathematics*, 2000. vol. 103, no. 1–3, pp. 41–54.
7. Прохоров В. М., Карнаух І. В. Удосконалення технології планування оперативної роботи сортувальної станції в умовах перевезень небезпечних вантажів. *ІКСЗТ (додаток)*. 2018. №4 (додаток). С. 40.
8. Yang, J., et al. A survey on railway yard automation: research issues and trends. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 2017. 28(2), 313-326.
9. Прохоров В.М. Удосконалення маневрової роботи на сортувальних станціях шляхом побудови динамічної моделі маневрової роботи. *Збірник наукових праць УкрДАЗТ*, 2007. №85. С.171–177.