

Український державний університет залізничного транспорту

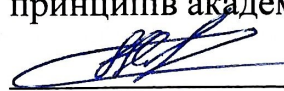
Факультет «Управління процесами перевезень»

Кафедра «Залізничні станції та вузли»

**РАЦІОНАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНОЇ ГІРКИ З ПОЗИЦІЇ
ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ**

**Пояснювальна записка і розрахунки
до кваліфікаційної роботи
РРСГП.300.00.00.000 ПЗ**

Розробив студент групи 221-ОПУТ-Д23
спеціальності 275 / 275.02 (роботу
виконано самостійно, відповідно до
принципів академічної доброчесності)

 Іван ЮТРОВ

Керівник: доцент, канд. техн. наук

Максим КУЦЕНКО

Рецензент: доцент, канд. техн. наук

Олена МАЛАХОВА

2025 р.

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 11 слайдів презентації, 83 аркушів пояснювальної записки формату А4, 29 літературні джерела.

Ключові слова: сортувальна гірка, гальмування відчепів, автоматизація, математичне моделювання, штучний інтелект, безпека, техніко-економічне обґрунтування.

У магістерській кваліфікаційній роботі розглянуто техніко-експлуатаційні характеристики сортувальної станції, проведено аналіз конструктивно-технологічних рішень існуючих сортувальних пристроїв України. Виявлено недоліки сучасної технології сортувального процесу та обґрунтовано шляхи її удосконалення, зокрема за рахунок підвищення рівня автоматизації. Запропоновано математичну модель визначення оптимальних режимів гальмування відчепів на сортувальній гірці, орієнтовану на принципи ресурсозбереження. Розроблено систему підтримки прийняття рішень для операторів сортувальної гірки з використанням елементів штучного інтелекту, а також проведено ймовірнісну оцінку виникнення небезпечних ситуацій. Надано техніко-економічне обґрунтування впровадження запропонованих заходів, що передбачає зниження експлуатаційних витрат і підвищення ефективності роботи станції.

ABSTRACT

This qualification work includes 11 presentation slides, 83 A4 pages of the explanatory note, and 29 literary sources.

Keywords: hump yard, railcar braking, automation, mathematical modeling, artificial intelligence, safety, techno-economic justification.

The master's qualification thesis examines the technical and operational characteristics of a marshalling yard and analyzes the structural and technological solutions of existing sorting devices in Ukraine. The shortcomings of the current sorting process technology are identified, and ways to improve it are substantiated, particularly through increased automation. A mathematical model for determining optimal braking modes for railcars descending the hump, based on resource-saving principles, is proposed. A decision support system using artificial intelligence elements is developed to assist hump yard operators, and a probabilistic assessment of hazardous situations is conducted. A techno-economic justification of the proposed measures is provided, demonstrating reduced operational costs and improved station efficiency.

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет «Управління процесами перевезень»

Кафедра «Залізничні станції та вузли»

Освітній рівень магістр

Спеціальність 275 «Транспортні технології»

275.02 «Транспортні технології (на залізничному транспорті)»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри,

професор, д-р техн. наук

 Олександр ОГАР

(підпис)

«24» 02 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Ютрову Івану Ігоровичу

1 Тема «Рационалізація роботи сортувальної гірки з позиції підвищення енергоефективності»

керівник роботи Куценко Максим Юрійович, канд. техн. наук, доцент

затверджені розпорядженням по факультету управління процесами перевезень від 24 лютого 2025 року № 04/25

2 Строк подання студентом закінченої роботи «18» червня 2025 року.

3 Вихідні дані: технічна характеристика станції; технологія роботи станції; показники роботи станції.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): техніко-експлуатаційна характеристика станції; аналіз основних конструктивно-технологічних характеристик існуючих сортувальних пристроїв України; математична модель визначення оптимальних режимів гальмування відчепів на сортувальній гірці з позиції ресурсозбереження; система підтримки прийняття рішень для гіркових операторів з елементами штучного інтелекту; визначення імовірностей виникнення небезпечних ситуацій пристроїв сортувальної гірки; техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів.

5 Перелік графічного матеріалу: мета та задачі дослідження; об'єкт, предмет, методи дослідження; наукова новизна отриманих результатів; математична модель визначення оптимальних режимів гальмування відчепів на сортувальній гірці; техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів з підвищення ефективності роботи станції.

6 Консультанти окремих розділів

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів	Гриценко Н.В., доцент, к. е. н.		

7 Дата видачі завдання «24» лютого 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Вступ. Техніко-експлуатаційна характеристика станції	07.03.2025 р.	10%
2 Аналіз основних конструктивно-технологічних характеристик існуючих сортувальних пристроїв України та шляхи удосконалення технології сортувального процесу	21.03.2025 р.	20%
3 Математична модель визначення оптимальних режимів гальмування відчепів на сортувальній гірці з позиції ресурсозбереження	04.04.2025 р.	30%
4 Система підтримки прийняття рішень для гіркових операторів з елементами штучного інтелекту	18.04.2025 р.	50%
5 Визначення імовірностей виникнення небезпечних ситуацій пристроїв сортувальної гірки	16.05.2025 р.	70%
6 Техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів з підвищення ефективності роботи станції	06.06.2025 р.	80%
7 Висновки. Оформлення пояснювальної записки	13.06.2025 р.	100%

Студент  Іван ЮТРОВ

Керівник  Максим КУЦЕНКО

Зміст

Вступ	7
1 Техніко-експлуатаційна характеристика станції	9
1.1 Технічна характеристика	9
1.2 Експлуатаційна характеристика	11
2 Аналіз основних конструктивно-технологічних характеристик існуючих сортувальних пристроїв України та шляхи удосконалення технології сортувального процесу	12
2.1 Основні конструктивно-технологічні характеристики існуючих сортувальних пристроїв України	12
2.2 Шляхи удосконалення технології сортувального процесу, підвищення рівня його автоматизації	20
3 Заходи щодо удосконалення технології роботи сортувальної гірки	26
3.1 Математична модель визначення оптимальних режимів гальмування відчепів на сортувальній гірці з позиції ресурсозбереження	26
3.2 Система підтримки прийняття рішень для гіркових операторів з елементами штучного інтелекту	32
3.3 Визначення імовірностей виникнення небезпечних ситуацій пристроїв сортувальної гірки	51
4 Техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів з підвищення ефективності роботи станції	55
4.1 Визначення капітальних та експлуатаційних витрат	55
4.2 Визначення економічного ефекту	58
Висновки	62

					ПРСГП.300.00.00.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Рационалізація роботи сортувальної гірки з позиції підвищення енергоефективності Літ. Арк. Аркушів 5 82 УкрДУЗТ		
Розроб.		Ютров					
Перевір.		Куценко					
Н. контр.		Шаповал					
Затв.		Огар					

Список використаних джерел	63
Додаток А Схема сортувальної станції	67
Додаток Б Структурно-логічна процедура розрахунку раціональних параметрів гальмування відцепів	71
Додаток В Вихідні дані для розрахунку параметрів керування гальмовими засобами	80
Додаток Г Структура локальної інформаційно-керуючої системи сортувальної гірки, що пропонується	83

Вступ

Діяльність залізничного транспорту, як частини єдиної транспортної системи нашої країни, сприяє нормальному функціонуванню всіх галузей економіки та зміцненню обороноздатності держави, що є важливими чинниками при вступі до Європейської зони торгівлі.

Перед фахівцями залізничного транспорту виникла задача збереження нормального і стабільного функціонування галузі при безумовному забезпеченні безпеки руху [1-4].

Збільшення об'ємів виробництва та перевезень в нашій країні в найближчі роки є досить складним питанням. В таких умовах роботи виникає одна з найважливіших задач: забезпечити збереження ресурсів, що відносяться до перевізного процесу, зокрема на залізничному транспорті. Але ресурсозбереження повинно бути забезпечено не тільки завдяки випуску найбільш економічної продукції, а також і найбільш надійної у використанні, особливо при виконанні процесу формування составів поїздів на сортувальних пристроях.

У зв'язку із зазначеним актуальними є дослідження, що спрямовані на: вирішення проблеми збереження ресурсів на сортувальних гірках (СГ) при забезпеченні надійності їх функціонування; удосконаленні технології сортувального процесу та підвищенні рівня його автоматизації.

Основним призначенням міждержавних прикордонних передавальних станцій є виконання операцій з приймання, обробки та відправлення вантажних і пасажирських поїздів, які курсують між українськими та закордонними пунктами. Від успішної роботи цих станцій залежить виконання завдань з формування та відправлення поїздів відповідно до графіку руху і плану формування поїздів.

Метою роботи є удосконалення технології роботи сортувальної гірки шляхом оптимізації режимів гальмування відцепів з позиції збереження енергетичних ресурсів.

Поставлена мета визначила наступні задачі дослідження:

- техніко-експлуатаційна характеристика сортувальної станції, що розглядається;
- аналіз основних конструктивно-технологічних характеристик існуючих сортувальних пристроїв України. Шляхи удосконалення технології сортувального процесу та підвищення рівня його автоматизації;
- розробка моделі визначення оптимальних режимів гальмування відчепів на сортувальній гірці з позиції ресурсозбереження;
- розробка системи підтримки прийняття рішень для гіркових операторів з елементами штучного інтелекту;
- оцінка економічної ефективності запропонованих заходів.

Об'єкт дослідження – процес функціонування сортувальної гірки.

Предмет дослідження – технологія роботи сортувальної гірки в процесі технічної експлуатації.

Методи дослідження.

Проведені дослідження базуються на основі принципів системного підходу, методів нелінійного програмування, кваліметрії, теорії надійності, нейронних мереж та імітаційного моделювання процесу скочування розрахункових составів вагонів.

Наукова новизна отриманих результатів.

В роботі за допомогою комплексу математичних моделей вирішено прикладну задачу удосконалення технології роботи сортувальної гірки шляхом оптимізації режимів гальмування відчепів з позиції збереження енергетичних ресурсів.

Роботу виконано у відповідності з діючими стандартами оформлення текстової і конструкторської документації [28, 29], складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Список використаних джерел містить 29 найменувань.

Висновки

У роботі вирішено науково-прикладну задачу удосконалення технології роботи сортувальної гірки шляхом оптимізації режимів гальмування відчепів з позиції збереження енергетичних ресурсів. В результаті проведеного комплексу заходів отримано:

- проведено техніко-експлуатаційну характеристику сортувальної станції, що розглядається;
- проаналізовано основні конструктивно-технологічні характеристики існуючих сортувальних пристроїв України. Намічено шляхи удосконалення технології сортувального процесу та підвищення рівня його автоматизації;
- розроблено модель визначення оптимальних режимів гальмування відчепів на сортувальній гірці з позиції ресурсозбереження. В якості полігона для досліджень обрано Північну сортувальну гірку;
- розроблено систему підтримки прийняття рішень для гіркових операторів з елементами штучного інтелекту;
- проведено техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів. Економічний ефект від впровадження цих заходів на 5-й рік експлуатації буде складати 7665,96 тис.грн.

Список використаних джерел

1 Розсоха, О.В. Аналіз функціонування систем управління безпекою руху поїздів на залізницях країн Євросоюзу [Текст] / О.В. Розсоха, Ю.В. Смачило // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2015. – Вип. 151. – С. 4–11.

2 Розсоха, О.В. Функціонування систем керування безпекою руху на залізницях України [Текст] / О.М. Огар, Ю.О. Пазойський, О.В. Розсоха, А.А. Сідраков, Ю.В. Смачило // Збірник наукових праць УкрДУЗТ. – Харків: УкрДУЗТ, 2015. – Вип. 156. – С. 18–28.

3 Zhi-Chun Li, William H.K. Lam, S.C. Wong, A. Sumalee. Design of a rail transit line for profit maximization in a linear transportation corridor. [Text] / Zhi-Chun Li, William H.K. Lam, S.C. Wong, A. Sumalee // Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review. Select Papers from the 19th International Symposium on Transportation and Traffic Theory. – Elsevier Ltd, 2012. – Volume 48. – P. 50-70. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1366554511000627>.

4 Zoran Ž. Avramović. Method for evaluating the strength of retarding steps on a marshalling yard hump. [Text] / Zoran Ž. Avramović // European Journal of Operational Research. – Elsevier Ltd, 1995. – Volume 85, Issue 3. – P. 504-514. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0377221792001299>.

5 Діденко, В.В. Аналіз конструкції сортувальної гірки станції, що обслуговує металургійний комбінат [Текст] / В.В. Діденко, А.С. Рикуш, О.М. Олександров // Збірник наукових праць УкрДУЗТ. – Харків: УкрДУЗТ, 2017. – Вип. 13. – С. 226-236.

6 Галузеві будівельні норми України. Споруди транспорту. Сортувальні пристрої залізниць. Норми проектування [Текст]: ГБН В.2.3-37472062-

1:2012 : затв. Міністерством інфраструктури України 17.01.2013 : замість ВСН 207-89/МПС СССР : чинні від 01.03.2013. – К. [б. в.], 2012. – 112 с.

7 Огар, О.М. Аналіз існуючих методів оцінки конструкцій гіркових горловин [Текст] / О.М. Огар, В.І. Мойсеєнко, О.В. Розсоха // 3б. наук. праць. – Харків : УкрДАЗТ. – 2009. – Вип. 102. – С. 24–31.

8 Данько, М.І. Розробка методу комплексної оцінки конструкцій гіркових горловин [Текст] / М.І. Данько, О.М. Огар, О.В. Розсоха // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2009. – № 6/3(42). – С. 30–33.

9 Шейкін, В.П. Експлуатація механізованих сортувальних гірок [Текст] / В.П. Шейкін; – К.: Транспорт, 1992. – 240 с.

10 Шелухін, В.І. Автоматизація і механізація сортувальних гірок [Текст]: Підручник для технікумів та коледжів залізничного транспорту / В.І. Шелухін; – К.: Маршрут, 2005. – 240 с.

11 Порівняльний аналіз технічних засобів для механізації та автоматизації сортувальних станцій [Текст]: Науково-дослідний звіт / [відп. ред. О.В. Ніколаєв]. – 2007. – 341 с.

12 Галузеві будівельні норми України. Споруди транспорту. Сортувальні пристрої залізниць. Норми проектування [Текст] : ГБН В.2.3-37472062-1:2012 : затв. Міністерством інфраструктури України 17.01.2013 : замість ВСН 207-89/МПС СССР: чинні від 01.03.2013. – К. [б. в.], 2012. – 112с.

13 Посібник із застосування правил та норм проектування сортувальних пристроїв [Текст] : навч. посібник / Ю.О. Муха, Л.Б. Тішков, В.П. Шейкін та ін.; під. заг. ред. Ю.О. Мухи – Транспорт, 1994. – 220с.

14 Огар, О.М. Розвиток теорії та методів розрахунку конструктивно-технологічних параметрів сортувальних гірок [Текст] : дис. ... докт. техн.

наук : 05.22.20 / О.М. Огар [Українська державна академія залізничного транспорту]. – Харків, 2011. – 368 с.

15 Литвиненко, А.Є. Метод спрямованого перебору в системах управління та діагностування [Текст] / А.Є. Литвиненко. – К. : НАУ, 2007. – 328 с.

16 Огар, О. М. Інтелектуальна підтримка процесів прийняття рішень при регулюванні швидкості скочування відцепів з гірки [Текст] / О. М. Огар // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2010. – № 5–6. – С. 39 – 44.

17 Огар, О. М. Управління ризиками в системі „сортувальна гірка” [Текст] / О. М. Огар, С. О. Бантюкова // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2008. – №4. – С. 41–46.

18 Медведєв, В. С. Нейронні мережі [Текст] / В. С. Медведєв, В.Г. Потемкін. Matlab 6 – К., 2002. – 496 с.

19 Круглов, В.В. Нечітка логіка та штучні нейронні мережі [Текст] : навчальний посібник / В. В. Круглов, М. І. Длі, Р. Ю. Голунов . – К. : Видавництво фізико-математичної літератури, 2001. – 224 с.

20 Генетичні алгоритми, штучні нейронні мережі та проблеми віртуальної реальності [Текст] / Г. К. Вороновський, К. В. Махотило, С. Н. Петрашев, С. А. Сергєєв. – Х. : ОСНОВА, 1997. – 112 с.

21 Федюкін, В.К. Методи оцінки та управління якістю промислової продукції [Текст] / В.К. Федюкін, В.Д. Дурнев, В.Г. Лебедев. – Х.: Інформаційно-видавничий дім «Филинь», Рілант, 2000. – 328 с.

22 ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення [Текст]. – чинний від 1995-01-01. – К.: Держстандарт України, 1995. – 91 с. – (Національний стандарт України).

23 ДСТУ 2862-94. Надійність техніки. Методи розрахунку показників надійності. Загальні вимоги [Текст]. – чинний від 1994-04-01. – К.: Держстандарт України, 1995. – 37 с. – (Національний стандарт України).

24 ДСТУ 4178-2003. Комплекси технічних засобів систем керування та регулювання руху поїздів. Функційна безпечність і надійність. Вимоги та методи випробовування [Текст]. – чинний від 2003-07-01. – К. : Держстандарт України, 2003. – 32с. – (Національний стандарт України).

25 Кустов, В.Ф. Основи теорії надійності та функційної безпечності систем залізничної автоматики [Текст]: [навчальний посібник] / В.Ф. Кустов. – Харків : УкрДАЗТ. – 2008. – 212 с.

26 ГОСТ 27.301-95. Надійність в техніці. Розрахунок надійності. Основні положення [Текст]. – чинний від 1995-04-26. – Мінськ: Міждержавна рада зі стандартизації, метрології та сертифікації, 1995. – 15с. – (Міждержавний стандарт).

27 Оцінка економічної доцільності інвестицій в інноваційні проекти на транспорті [Текст] : навч. посібник / Є.І. Балака, О.І. Зоріна, Н.М. Колеснікова, І.М. Писаревський . – Харків: Транспорт, 2005. – 186 с.

28 ДСТУ 7.1:2006. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання (ГОСТ 7.1:2003, IDT) [Текст]. – Взамен ГОСТ 7.1-84, ГОСТ 7.16-79, ГОСТ 7.18-79, ГОСТ 7.34-81, ГОСТ 7.40-82 ; введ. 2007-07-01. – К. : Держспоживстандарт України, 2007. – 48 с. (Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи).

29 Козар, Л.М. Студентська навчальна звітність. Текстова частина (пояснювальна частина). Загальні вимоги до побудови, викладення та оформлення. Методичний посібник з додержання вимог нормоконтролю у студентській навчальній звітності [Текст]: навч. посібник / Л.М. Козар, Є.В. Коновалов, А.О. Лапко та ін.; за заг. ред. Л.М. Козара – Харків: УкрДАЗТ, 2014. – 58 с.