

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет «Управління процесами перевезень»

Кафедра «Залізничні станції та вузли»

**ОБГРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ РЕЖИМІВ ГАЛЬМУВАННЯ
ВІДЧЕПІВ НА СОРТУВАЛЬНІЙ ГІРЦІ**

Пояснювальна записка та розрахунки

до кваліфікаційної роботи

ОРРГВ.200.00.00.000 ПЗ

Розробив студент групи 132-ОПУТ-322
спеціальності 275 / 275.02 (роботу
виконано самостійно, відповідно до
принципів академічної доброчесності)



Віталія ГЕРАСИМОВА

Керівник: доцент, канд. техн. наук

Максим КУЦЕНКО

Рецензент: доцент, канд. техн. наук

Олена МАЛАХОВА

2025 р.

Анотація

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 8 слайдів презентації, 83 сторінки пояснювальної записки формату А4, 29 літературних джерел.

Ключові слова: сортувальна гірка, режим гальмування, техніко-експлуатаційна характеристика, сортувальний пристрій, автоматизація, математичне моделювання, система підтримки прийняття рішень, штучний інтелект, безпека, економічна ефективність.

Об'єкт дослідження – процес функціонування сортувальної гірки.

У кваліфікаційній роботі розглянуто техніко-експлуатаційні характеристики передавальної станції та проаналізовано конструктивно-технологічні параметри існуючих сортувальних пристроїв в Україні. Основну увагу приділено удосконаленню технології сортувального процесу, зокрема режимів гальмування відчепів на сортувальній гірці. Розроблено математичну модель, що дозволяє визначити оптимальні режими гальмування з урахуванням ресурсозбереження. Запропоновано систему підтримки прийняття рішень для гіркових операторів з елементами штучного інтелекту, що сприяє підвищенню рівня автоматизації та безпеки. Визначено ймовірності виникнення небезпечних ситуацій. Проведено техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів і розраховано економічний ефект від їх впровадження.

Abstract

This qualification work includes 8 presentation slides, an 83-page explanatory note in A4 format, and 29 literary sources.

Keywords: hump yard, braking mode, technical and operational characteristics, classification device, automation, mathematical modeling, decision support system, artificial intelligence, safety, economic efficiency.

Object of the research – the operation process of the classification hump.

The qualification thesis examines the technical and operational characteristics of a transfer station and analyzes the design and technological parameters of existing classification devices in Ukraine. The main focus is on improving the classification process technology, particularly the braking modes of railcars on the hump yard. A mathematical model has been developed to determine optimal braking modes with consideration of resource conservation. A decision support system with elements of artificial intelligence is proposed for hump yard operators to enhance the level of automation and safety. The probabilities of hazardous situations related to the operation of hump equipment are determined. A techno-economic justification of the proposed measures has been carried out, and the economic effect of their implementation has been calculated.

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет «Управління процесами перевезень»

Кафедра «Залізничні станції та вузли»

Освітній рівень: бакалавр

Спеціальність 275 Транспортні технології

275.02 Транспортні технології (на залізничному транспорті)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри,

професор, доктор техн. наук

 Олександр ОГАР

(підпис)

« 19 » 05 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Герасімової Віталії Яківни

1. Тема роботи «Обґрунтування раціональних режимів гальмування відчепів на сортувальній гірці»
керівник роботи Куценко Максим Юрійович, канд. техн. наук, доцент
затверджені розпорядженням по факультету «Управління процесами перевезень» від «19» травня 2025 року № 07/25.
2. Строк подання студентом закінченої роботи «12» червня 2025 року.
3. Вихідні дані до роботи: 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.

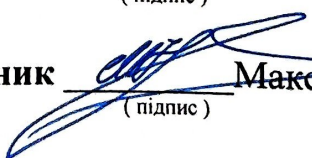
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень та їх кількості): мета та задачі дослідження; об'єкт, предмет, методи дослідження; математична модель визначення оптимальних режимів гальмування відчепів на сортувальній гірці; техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів з підвищення ефективності роботи станції. Загалом слайдів.

6. Дата видачі завдання «28» квітня 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

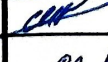
Назва етапів	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1. Вступ. Техніко-експлуатаційна характеристика станції	12.05.2025 р.	
2. Аналіз основних конструктивно-технологічних характеристик існуючих сортувальних пристроїв України та шляхи удосконалення технології сортувального процесу	16.05. 2025 р.	
3. Математична модель визначення оптимальних режимів гальмування відчепів на сортувальній гірці з позиції ресурсозбереження	21.05. 2025 р.	
4. Система підтримки прийняття рішень для гіркових операторів з елементами штучного інтелекту	26.05. 2025 р.	
5. Визначення імовірностей виникнення небезпечних ситуацій пристроїв сортувальної гірки	30.05. 2025 р.	
6. Техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів з підвищення ефективності роботи станції	09.06. 2025 р.	
7. Висновки. Оформлення пояснювальної записки	13.06. 2025 р.	

Студентка  Віталія ГЕРАСИМОВА
(підпис)

Керівник  Максим КУЦЕНКО
(підпис)

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	19
3 Заходи щодо удосконалення технології роботи сортувальної гірки	24
3.1 Математична модель визначення оптимальних режимів гальмування відчепів на сортувальній гірці з позиції ресурсозбереження	24
3.2 Система підтримки прийняття рішень для гіркових операторів з елементами штучного інтелекту	30
3.3 Визначення імовірностей виникнення небезпечних ситуацій пристроїв сортувальної гірки	49
4 Техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів з підвищення ефективності роботи станції	53
4.1 Визначення капітальних та експлуатаційних витрат	53
4.2 Визначення економічного ефекту	56
Висновки	60

					ОРРГВ.200.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Обґрунтування раціональних режимів гальмування відчепів на сортувальній гірці			
Розроб.		Герасімова						
Перевір.		Куценко						
Н. контр.		Шаповал						
Затв.		Огар						
					Літ.		Арк.	Аркушів
							5	81
					УкрДУЗТ			

Список використаних джерел	61
Додаток А Схема сортувальної станції	65
Додаток Б Структурно-логічна процедура розрахунку раціональних параметрів гальмування відчепів	69
Додаток В Вихідні дані для розрахунку параметрів керування гальмовими засобами	78
Додаток Г Структура локальної інформаційно-керуючої системи сортувальної гірки, що пропонується	81

Вступ

Залізничний транспорт є невід'ємною частиною національної інтегрованої транспортної системи, що відіграє вирішальну роль у стабільному функціонуванні економіки та зміцненні оборонного потенціалу держави. Ця роль набуває особливої ваги у світлі прагнення України до інтеграції в європейський економічний простір.

У сучасних умовах фахівці залізничної галузі стикаються з необхідністю забезпечення надійної та безперебійної роботи транспортної інфраструктури з одночасним дотриманням високих стандартів безпеки руху [1–4].

З урахуванням прогнозованого збільшення обсягів перевезень та темпів промислового виробництва, питання ефективного використання ресурсів, задіяних у транспортному процесі, особливо в межах залізничної мережі, стає все більш актуальним. Ресурсозбереження передбачає не лише впровадження енергоощадних технологій, а й підвищення експлуатаційної надійності існуючого обладнання, зокрема в процесі формування поїздів на сортувальних комплексах.

У зв'язку з цим пріоритетного значення набувають наукові розробки, спрямовані на раціоналізацію використання ресурсів на сортувальних гірках, удосконалення технологічних процесів, забезпечення стабільної роботи обладнання та розширення можливостей автоматизації. Міждержавні прикордонні передавальні станції виконують важливу функцію, пов'язану з прийманням, обробкою та відправленням вантажних і пасажирських потягів, що перетинають державний кордон. Від ефективності їхньої роботи залежить своєчасне формування складів та їх відправлення згідно з установленим розкладом і планами формування. Ціллю цього дослідження є підвищення продуктивності функціонування сортувальної гірки через оптимізацію процесу гальмування відцепів, орієнтуючись на зменшення споживання енергетичних ресурсів.

Для реалізації зазначеної мети поставлено такі завдання:

- здійснити аналіз технічного стану та експлуатаційних характеристик сортувальної станції, що досліджується;
- проаналізувати конструктивні й технологічні особливості існуючих сортувальних пристроїв в Україні та визначити напрями їх удосконалення, з особливою увагою до автоматизації;
- побудувати математичну модель, яка дозволить визначати оптимальні режими гальмування з урахуванням економії ресурсів;
- розробити інтелектуальну систему підтримки прийняття рішень для операторів сортувальної гірки;
- провести економічний аналіз запропонованих технічних і організаційних 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.

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 / О. В. Розсоха, Ю. В. Смачило // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2015. – Вип. 151. – С. 4–11.
2. Огарь А. Н. Функционирование систем управления безопасностью движения на железных дорогах Украины и России / А. Н. Огарь, Ю. О. Пазойский, А. В. Розсоха, А. А. Сидраков, Ю. В. Смачило // Збірник наукових праць УкрДУЗТ. – 2015. – Вип. 156. – С. 18–28.
3. Li Z.-C. Design of a rail transit line for profit maximization in a linear transportation corridor / Zhi-Chun Li, William H.K. Lam, S.C. Wong, A. Sumalee // Transportation Research Part E. – 2012. – Vol. 48. – P. 50–70. – Режим доступу: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1366554511000627>.
4. Avramović Z. Ž. Method for evaluating the strength of retarding steps on a marshalling yard hump / Zoran Ž. Avramović // European Journal of Operational Research. – 1995. – Vol. 85, № 3. – P. 504–514. – Режим доступу: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0377221792001299>
5. Козак А. Б. Шляхи удосконалення технології сортувального процесу та підвищення рівня його автоматизації на сортувальних пристроях України / А. Б. Козак, К. П. Добуграй, В. О. Тхорук // Збірник наукових праць УкрДУЗТ. – 2016. – Вип. 13. – С. 226–236.
6. Галузеві будівельні норми України. Споруди транспорту. Сортувальні пристрої залізниць. Норми проектування : ГБН В.2.3-37472062-1:2012. – К. : [б. в.], 2012. – 112 с.
7. Огар О. М. Аналіз існуючих методів оцінки конструкцій гіркових горловин / О. М. Огар, В. І. Мойсеєнко, О. В. Розсоха // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2009. – Вип. 102. – С. 24–31.
8. Данько М. І. Розробка методу комплексної оцінки конструкцій гіркових горловин / М. І. Данько, О. М. Огар, О. В. Розсоха //

Східноєвропейський журнал передових технологій. – 2009. – № 6/3(42). – С. 30–33.

9. Аксьоненко М. Є. Залізничний транспорт у 2020 році: стратегія, задачі, перспективи / М. Є. Аксьоненко // Залізничний транспорт. – 2000. – № 2. – С. 5–9.

10. Павленко А. П. Бімодальний транспорт / А. П. Павленко // Бізнес-Інформ. – 1995. – № 17–18. – С. 25–28.

11. Tavakkoli S. Efficiency analysis of container transportation on railway networks: A case study / S. Tavakkoli, A. Afshar // Transportation Research Procedia. – 2019. – P. 291–296.

12. Галузеві будівельні норми України. Споруди транспорту. Сортувальні пристрої залізниць. Норми проектування : ГБН В.2.3-37472062-1:2012. – К. : [б. в.], 2012. – 112 с.

13. Бідняк М. Н. Комплексне обґрунтування провізних спроможностей парку універсальних та спеціалізованих транспортних засобів / М. Н. Бідняк, А. І. Воркут, А. Г. Ковалик. – К. : Транспорт, 1979. – 22 с.

14. Огар О. М. Розвиток теорії та методів розрахунку конструктивно-технологічних параметрів сортувальних гірок : дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.20 / О. М. Огар ; Українська державна академія залізничного транспорту. – Харків, 2011. – 368 с.

15. Дьомін Ю. В. Залізнична техніка міжнародних транспортних систем / Ю. В. Дьомін. – К. : Юнікон Прес, 2001. – 342 с.

16. Огар О. М. Інтелектуальна підтримка процесів прийняття рішень при регулюванні швидкості скочування відчепів з гірки / 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» / О. М. Огар, С. О. Бантюкова // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2008. – № 4. – С. 41–46.

18. Zhang H. Container transport on railways: A review / H. Zhang, Y. Zhou // *Transportation Research Procedia*. – 2019. – P. 757–763.
19. Gromov V. P. Railway container transport: Prospects for development / V. P. Gromov, S. N. Kholodov // *Transportation Research Procedia*. – 2019. – P. 604–611.
20. Вороновський Г. К. Генетичні алгоритми, штучні нейронні мережі та проблеми віртуальної реальності / Г. К. Вороновський, К. В. Махотило, С. М. Петрашев, С. О. Сергієв. – Харків : Основа, 1997. – 112 с.
21. Moura A. Optimizing empty container repositioning in railway intermodal transportation / A. Moura, P. Carvalho, J. Ferreira // *Journal of Cleaner Production*. – 2021. – P. 34–45.
22. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. – 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. – 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. – Чинний від 2003-07-01. – К. : Держстандарт України, 2003. – 32 с. – (Національний стандарт України).
25. Кустов В. Ф. Основи теорії надійності та функційної безпечності систем залізничної автоматики : навч. посібник / В. Ф. Кустов. – Харків : УкрДАЗТ, 2008. – 212 с.
26. ДСТУ 27.301-95. Надійність у техніці. Розрахунок надійності. Основні положення. – Мінськ : Міждержавна рада зі стандартизації, метрології та сертифікації, 1995. – 15 с. – (Міждержавний стандарт). – Чинний з 26.04.1995 р.

27. Оцінка економічної доцільності інвестицій в інноваційні проєкти на транспорті : 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). – 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 : навч. посібник / Л. М. Козар, Є. В. Коновалов, А. О. Лапко та ін. ; за заг. ред. Л. М. Козара. – Харків : УкрДАЗТ, 2014. – 58 с.