

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра залізничних станцій та вузлів

ОБґРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ  
СОРТУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ

Пояснювальна записка та розрахунки  
до випускної кваліфікаційної роботи

ОРТПС.300.00.00.000 ПЗ

Розробила студентка групи 213-ОПУТ-323  
спеціальності 275 / 275.02 (роботу  
виконано самостійно, відповідно до  
принципів академічної доброчесності)



(підпис)

Дарина МРАКА

Керівник: професор, доктор техн. наук

Олександр ОГАР

Рецензент: професор, доктор техн. наук

Денис ЛОМОТЬКО

## АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 9 слайдів презентації, 93 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 9 рисунків, 14 таблиць, 14 літературних джерел.

Ключові слова: СОРТУВАЛЬНИЙ ПРОЦЕС, СОРТУВАЛЬНА ГІРКА, РЕЖИМИ ГАЛЬМУВАННЯ, ВАГОН, РОЗПУСК СОСТАВІВ, ТЕХНОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ.

Об'єктом дослідження є сортувальний процес сортувальної гірки станції Л.

Метою дослідження є підвищення ефективності функціонування сортувальної гірки станції Л шляхом обґрунтування раціональних режимів гальмування відцепів на її спускній частині.

У кваліфікаційній роботі виконано огляд технології та технічного оснащення сортувальної станції Л, принципів підходів до управління процесом розформування составів і розрахунку технологічних параметрів сортувальних гірок.

Удосконалено модель визначення раціональних технологічних параметрів сортувальних гірок. Визначено раціональні режими гальмування відцепів сортувальної гірки станції Л.

Розроблено процедуру реалізації раціональних технологічних параметрів сортувальної гірки станції Л.

Оцінено економічний ефект від впровадження раціональних технологічних параметрів на сортувальній гірці станції Л.

## ABSTRACT

This qualification work includes 9 presentation slides, 93 pages of an explanatory note in A4 format, featuring 9 figures, 14 tables, and 14 literature references.

Keywords: SORTING PROCESS, SORTING HUMPS, BRAKING MODES, CAR, DISBANDMENT OF THE COMPOSITIONS, TECHNOLOGICAL PARAMETERS.

The study focuses on the sorting process of the sorting hump at station L.

The goal of the study is to enhance the efficiency of the sorting hump at station L by validating rational braking modes for detachments on its downhill section.

The qualification work examined the technology and technical equipment of the sorting station L, along with fundamental approaches to managing the train dismantling process and calculating the technological parameters of sorting humps.

The model for determining the rational technological parameters of sorting humps has been refined. Rational braking modes for the detachments of the sorting hump at station L have been established.

A procedure for implementing rational technological parameters at the sorting hump of station L has been developed.

The economic impact of implementing rational technological parameters at the sorting hump of station L has been evaluated.



# Український державний університет залізничного транспорту

Факультет управління процесами перевезень

Кафедра залізничних станцій та вузлів

Освітній рівень: магістр

Спеціальність 275 Транспортні технології

275.02 Транспортні технології (залізничний транспорт)

## ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри,

професор, доктор техн. наук



О. М. Огар  
« 30 » вересня 2024 р.

## ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Мрака Дарині Миколаївні

1. Тема проекту «Обґрунтування раціональних технологічних параметрів сортувального пристрою»  
керівник проекту (роботи) Огар Олександр Миколайович, д.т.н., професор  
затверджені розпорядженням факультету УПП від «30» вересня 2024 року № 12/24
2. Строк подання студентом закінченої роботи – «16» грудня 2024 року
3. Вихідні дані до проекту (роботи): Технічна характеристика сортувальної гірки сортувальної станції Л. План і профіль гіркової горловини. Середньодобові обсяги переробки сортувальної гірки. Вартісні показники капітальних і експлуатаційних витрат. Техніко-розпорядчий акт станції. Показники роботи станції за 2022-2024 рр.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Технічна та експлуатаційна характеристика станції Л. Аналіз технологічних процесів розпуску составів та підходів до розрахунку технологічних параметрів гірок і управління процесом розформування составів. Науковий підхід до розрахунку раціональних технологічних параметрів діючих сортувальних гірок. Розробка процедури реалізації раціональних технологічних параметрів сортувальної гірки станції Л. Техніко-економічне обґрунтування вибору варіанту технологічних параметрів сортувальної гірки станції Л.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): об'єкт, предмет, задачі дослідження, елементи наукової новизни, мета роботи; модель для визначення раціональних технологічних параметрів сортувальної гірки; робоче вікно програмного забезпечення; залежність річних експлуатаційних витрат сортувальної гірки станції Л від допустимих швидкостей виходу відцепів з гальмових позицій спускної частини; результати моделювання процесу розформування потоку составів у варіанті, що рекомендується; результати моделювання процесу розформування потоку составів у базовому варіанті; розрахунок економічного ефекту від впровадження варіанту технологічних параметрів сортувальної гірки станції Л; висновки. Загалом 9 аркушів.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)


Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультантів	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Техніко-економічне обґрунтування вибору варіанту технологічних параметрів сортувальної гірки станції Л	Євгеній БАЛАКА, доцент, канд. екон. наук		

7. Дата видачі завдання «30» вересня 2024 року

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
Вступ		
1 Технічна та експлуатаційна характеристика станції Л	07.10.2024	
2 Аналіз технологічних процесів розпуску составів та підходів до розрахунку технологічних параметрів гірок і управління процесом розформування составів	21.10.2024	
3 Науковий підхід до розрахунку раціональних технологічних параметрів діючих сортувальних гірок	04.11.2024	
4 Розробка процедури реалізації раціональних технологічних параметрів сортувальної гірки станції Л	18.11.2024	
5 Техніко-економічне обґрунтування вибору варіанту технологічних параметрів сортувальної гірки станції Л	02.12.2024	
6 Висновки	09.12.2024	
7 Оформлення роботи	16.12.2024	






Студент  Дарина МРАКА

Керівник проекту (роботи)  Олександр ОГАР



## Зміст

Перелік умовних скорочень	7
Вступ	8
1 Технічна та експлуатаційна характеристика станції Л	10
1.1 Технічна характеристика станції Л	10
1.2 Експлуатаційна характеристика станції Л	16
2 Аналіз технологічних процесів розпуску составів та підходів до розрахунку технологічних параметрів гірок і управління процесом розформування составів	19
2.1 Аналіз технологічних процесів розпуску составів на сортувальних гірках	19
2.2 Аналіз підходів до розрахунку технологічних параметрів гірок і управління процесом розформування составів	33
3 Науковий підхід до розрахунку раціональних технологічних параметрів діючих сортувальних гірок	41
3.1 Модель визначення раціональних технологічних параметрів сортувальних гірок	41
3.2 Розрахунок координат осей вагона при насуві або скочуванні відцепів з гірки	47
3.3 Моделі состава, відцепу і вагона. Диференціальне рівняння скочування відцепів з гірки	51
3.4 Визначення раціональних технологічних параметрів сортувальної гірки станції Л	55

ОРТПС.300.00.00.000 ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Мрака Д.М.		
Перев.		Огар		
Заст. Дирек.				
Н. контр.		Шаповал		
Затв.		Огар		
Обґрунтування раціональних технологічних параметрів сортувального пристрою			Літ.	Аркуш
			i	5
			УкрДУЗТ	
			Аркушів	93

4 Розробка процедури реалізації раціональних технологічних параметрів сортувальної гірки станції Л	58
4.1 Математичні методи інтервального і прицільного регулювання швидкостей скочування відчепів на сортувальній гірці	58
4.2 Процедура реалізації розрахункових швидкостей виходу відчепів з гальмових позицій гірки	66
5 Техніко-економічне обґрунтування вибору варіанту технологічних параметрів сортувальної гірки станції Л	73
5.1 Визначення експлуатаційних витрат	76
5.2 Визначення економічної привабливості інвестиційного проекту впровадження варіанту технологічних параметрів сортувальної гірки станції Л	83
Висновки	88
Список використаних джерел	90
Додаток А Результати моделювання процесу розформування потоку составів	92



## Вступ

В сучасних умовах одним з основних напрямків підвищення ефективності функціонування сортувальних станцій на залізниці України є скорочення витрат паливно-енергетичних, виробничих та перевізних ресурсів, які пов'язані з експлуатацією сортувальних гірок. Вирішення цієї проблеми потребує удосконалення теорії експлуатації та методів розрахунку конструктивно-технологічних параметрів сортувальних гірок. Це дасть можливість визначити раціональні параметри в реальних умовах експлуатації, будівництва або реконструкції сортувальних гірок.

З метою обґрунтування раціональних параметрів необхідно застосовувати системний підхід до експлуатації та розрахунку сортувальних гірок, який повинен враховувати параметри метеорологічних умов під час експлуатації, технічні засоби, що застосовуються під час розформування составів та інші фактори. Такий підхід повинен забезпечувати приріст синергетичного ефекту, для оцінки якого доцільно використовувати економічну ефективність від впровадження раціональних конструкцій та технології роботи протягом усього життєвого циклу сортувальної гірки.

Таким чином, подальший розвиток теорії експлуатації та методів розрахунку параметрів сортувальних гірок з використанням системного підходу та урахуванням випадкового характеру складових процесу розформування є актуальною науковою задачею, що відповідає сучасним напрямкам наукових програм Укрзалізниці, в тому числі Національній транспортній стратегії України на період до 2030 року [1].

Метою даної роботи є підвищення ефективності функціонування сортувальної гірки станції Л шляхом обґрунтування раціональних режимів гальмування відчепів на її спускній частині.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

– охарактеризувати сортувальну станцію Л;

- проаналізувати технологічні процеси розпуску составів, підходи до розрахунку технологічних параметрів гірок і управління процесом розформування составів;
- удосконалити модель визначення раціональних технологічних параметрів сортувальних гірок;
- визначити раціональні технологічні параметри сортувальної гірки станції Л;
- розробити процедуру реалізації раціональних технологічних параметрів сортувальної гірки станції Л;
- оцінити економічну ефективність впровадження раціональних технологічних параметрів сортувальної гірки станції Л.

Об'єкт дослідження – сортувальний процес сортувальної гірки станції Л.

Предмет дослідження – технологічні параметри сортувальної гірки станції Л.

*Елементи наукової новизни кваліфікаційної роботи.* Вперше на основі системного підходу визначено раціональні режими гальмування відчепів на спускній частині сортувальної гірки станції Л, що дозволяє збільшити приріст синергетичного ефекту при впровадженні раціональної технології роботи вказаного пристрою.

Дослідження базуються на результатах імітаційного моделювання розформування потоку составів.

За результатами досліджень опубліковано тези доповідей на студентській науково-технічній конференції [2].



## Висновки

У роботі представлено рішення актуальної науково-прикладної задачі підвищення ефективності функціонування сортувальної гірки станції Л шляхом обґрунтування раціональних режимів гальмування відчепів на період життєвого циклу. Використаний підхід до розрахунку технологічних параметрів сортувальних гірок забезпечує раціональне використання паливно-енергетичних, виробничих і перевізних ресурсів в заданих умовах експлуатації та дозволяє отримати приріст синергетичного ефекту. При цьому:

1. Виконано огляд технології та технічного оснащення сортувальної станції.
2. Огляд принципів підходів до управління процесом розформування составів і розрахунку технологічних параметрів сортувальних гірок довів, що проблема якісного регулювання швидкості скочування відчепів на даний момент вирішено не в повній мірі. На шляху створення ефективних автоматизованих систем в першу чергу необхідно удосконалити теоретичні основи розрахунку основних технологічних параметрів сортувальних гірок та комплекс пристроїв гіркової автоматики.
3. Удосконалено модель визначення раціональних технологічних параметрів сортувальних гірок. Запропонований підхід до визначення вказаних параметрів, окрім можливості отримання комплексного рішення задач раціоналізації вказаних параметрів і визначення стратегічного напрямку експлуатації сортувальних пристроїв, дозволяє у динаміці оцінити якість конструкції і технології роботи існуючих сортувальних гірок та скорегувати параметри їх керування.
4. Визначено раціональні режими гальмування відчепів сортувальної гірки станції Л. Швидкість виходу відчепів з II ГП не повинна перевищувати 7,1 м/с; випуск відчепів з I ГП повинен відбуватися за умовою мінімального числа включень уповільнювачів вказаної позиції.
5. Розроблено процедуру реалізації раціональних технологічних параметрів сортувальної гірки станції Л. Сформовано методи інтервального і прицільного

регулювання швидкостей скочування відчепів. Зазначений метод базується на розрахунку середніх прискорень відчепів, їх накопичуванні у таблиці і постійному корегуванні після проходження наступних відчепів. Розрахунок швидкостей виходу відчепів з третьої гальмової позиції здійснюється за таким же принципом, як і на спускній частині. Тільки розрахунок прискорень відчепів виконується на окремих ділянках сортувальних колій в зоні дії апаратури, що контролює заповнення колій.

6. Розрахунок економічного ефекту від впровадження раціональних технологічних параметрів довів доцільність їх використання на сортувальній гірці станції Л. Величина вказаного ефекту за розрахунковий період 10 років склала 6585,73 тис. грн з приведенням вартісних оцінок результатів і витрат різних років до першого року. Результати розрахунків показали, що найбільший вплив технологічні параметри сортувальної гірки здійснюють на тривалість гіркового технологічного інтервалу і витрати дизельного палива.



## Список використаних джерел

1 Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р. *Офіційний вісник України*. 2018. № 52. С. 533. Ст. 1848.

2 Шляхта В. В., Мрака Д. М. Аналіз підходів щодо вибору конструкції поздовжнього профілю гірки, що забезпечує мінімальний час скочування відчепу до розрахункової точки. Тези доп. 84-ї студ. наук.-техн. конф., м. Харків, 11-12 грудня 2024 р. Харків, 2024. С. 305-306.

3 Огар О. М., Ковалишин В. І., Кашенець О. О. Удосконалення підходів до управління процесом скочування відчепів з гірки. *Збірник наукових праць*. Харків, 2015. Вип. 158. Т. 1. С. 18-22.

4 Муха Ю. О., Бобровський В. І. Алгоритми та бібліотека програм для моделювання на ЕОМ «Наірі-К» сортувального процесу на гірках. *Праці ДІТУ*. Дніпропетровськ, 1977. Вип. 194/11. С. 53-102.

5 Муха Ю. О., Муратов А. А. Імітаційне моделювання процесу скочування відчепів під час виконання гіркових розрахунків. *Механізація та автоматизація сортувального процесу на станціях : міжвузівський збірник наукових праць*. Дніпропетровськ, 1990. С. 11-20.

6 Оптимізація режимів гальмування відчепів на сортувальних гірках : монографія / В. І. Бобровський та ін. Дніпропетровськ: Вид-во Маковецький, 2010. 260 с.

7 Муха Ю. О., Бобровський В. І. Моделювання на ЕЦОМ процесу скочування відчепів із сортувальної гірки. *Питання механізації та автоматизації сортувального процесу на станціях : праці ДІТУ*. Дніпропетровськ, 1969. Вип. 90/6. З. 53-63.

8 Бобровський В. І. Оцінка ефективності систем автоматизації сортувального процесу методом моделювання : дис. ... канд. техн. наук. : 05.22.08. Дніпропетровськ, 1973. 236 с.

9 Муха Ю. О. Оптимізація режимів гальмування відчепів, що скочуються при розформуванні составу на сортувальній гірці. *Питання механізації та автоматизації сортувального процесу на станціях : праці ДІТУ*. Дніпропетровськ, 1976. Вип. 181/10. З. 17-23.

10 Бобровський В. І. Багатокроковий двоетапний метод оптимізації режимів розпуску составів на гірках. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2004. №2. С. 8-14.

11 Огар О. М., Асеева К. А., Солянкін А. В. Системний підхід до розрахунку раціональних технологічних параметрів діючих сортувальних гірок. *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. 2011. № 4/3 (46). С. 4-7.

12 Огар О. М. Розвиток теорії експлуатації та методів розрахунку конструктивно-технологічних параметрів сортувальних гірок : дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.20. Харків, 2011. 368 с.

13 Бобровський В. І. Теоретичні основи вдосконалення конструкції та технології роботи залізничних станцій : дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.20. Дніпропетровськ, 2002. 534 с.

14 Балака Є. І., Зоріна О. І., Колеснікова Н. М., Писаревський І. Н. Оцінка економічної доцільності інвестицій в інноваційних проектах на транспорті: навч. посібник. Харків: УкрДАЗТ, 2005. 210 с.