

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра залізничних станцій та вузлів

ОБҐРУНТУВАННЯ ШВИДКОСТІ РОЗПУСКУ СОСТАВІВ ПОЇЗДІВ
ТА РАЦІОНАЛЬНИХ РЕЖИМІВ ГАЛЬМУВАННЯ ВІДЧЕПІВ
НА СОРТУВАЛЬНІЙ ГІРЦІ

Пояснювальна записка та розрахунки
до випускної кваліфікаційної роботи

ОШРСР.300.00.00.000 ПЗ

Розробив студент групи 213-МКТ-Д24
спеціальності 275 / 275.02 (роботу
виконано самостійно, відповідно до
принципів академічної доброчесності)


(підпис)

Дмитро ЗУБКО

Керівник: асистент, кандидат техн. наук

Дмитро ГУРІН

Рецензент: доцент, кандидат техн. наук

Антон КОВАЛЬОВ

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 9 слайдів презентації, 88 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 16 рисунків, 14 таблиць, 14 літературних джерел.

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

Об'єктом дослідження є сортувальний процес. Метою дослідження є підвищення ефективності функціонування сортувальної гірки шляхом обґрунтування швидкості розпуску составів та раціональних режимів гальмування відчепів на її спускній частині.

У роботі досліджено сучасні особливості функціонування сортувальних гірок на залізницях світу з урахуванням відмінностей у технічному оснащенні, рівні автоматизації та організації сортувальної роботи. Проведено комплексний аналіз технології розформування составів поїздів, існуючих методів розрахунку основних технологічних параметрів сортувальних гірок і підходів до управління сортувальним процесом. Обґрунтовано доцільність застосування системного підходу для визначення раціональних технологічних параметрів гірок, що дозволяє враховувати взаємозв'язок технічних, технологічних та експлуатаційних чинників. Запропоновано науковий підхід до реалізації раціональних параметрів сортувальної гірки, орієнтований на підвищення ефективності та безпеки процесу розформування составів. Виконано техніко-економічне обґрунтування вибору оптимального варіанту технологічних параметрів сортувальної гірки з урахуванням експлуатаційних витрат, енергоефективності та якості сортувального процесу.

ABSTRACT

This qualification work includes 9 presentation slides, 88 pages of an explanatory note in A4 format, featuring 16 figures, 14 tables, and 14 literature references.

Keywords: HUMP YARD, SORTING PROCESS, BRAKING MODES, CUT, TECHNOLOGICAL PARAMETERS, TRAIN BREAK-UP.

The object of the study is the sorting process. The aim of the study is to improve the efficiency of hump yard operation by substantiating the train break-up speed and rational braking modes of cuts on the descending section of the hump.

The paper examines modern features of the operation of hump yards on railways worldwide, taking into account differences in technical equipment, levels of automation, and the organization of sorting operations. A comprehensive analysis is conducted of train make-up and break-up technologies, existing methods for calculating the main technological parameters of hump yards, and approaches to managing the sorting process. The feasibility of applying a systems approach to substantiate rational technological parameters of hump yards is justified, enabling consideration of the interrelations among technical, technological, and operational factors. A scientific approach to implementing rational parameters of a hump yard is proposed, aimed at improving the efficiency and safety of train break-up operations. A techno-economic justification is provided for selecting the optimal variant of technological parameters of a hump yard, taking into account operating costs, energy efficiency, and the quality of the sorting process.

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

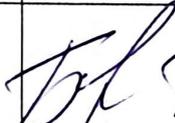
 О. М. Огар
« 24 » жовтня 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Зубку Дмитру Віталійовичу

1. Тема проекту «Обґрунтування швидкості розпуску составів поїздів та раціональних режимів гальмування відчепів на сортувальній гірці»
керівник проекту (роботи) Гурін Дмитро Олегович, к.т.н., асистент
затвердені розпорядженням факультету УПП від «24» жовтня 2025 року № 19/25
2. Строк подання студентом закінченої роботи – «05» січня 2026 року
3. Вихідні дані до проекту (роботи): Технічна характеристика сортувальної гірки. План і профіль гіркової горловини. Середньодобові обсяги переробки сортувальної гірки. Вартісні показники капітальних і експлуатаційних витрат. Показники роботи станції за 2023-2025 рр.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Особливості сортувальних гірок на залізницях світу. Аналіз технології розформування составів, методів до розрахунку технологічних параметрів гірок та підходів до управління сортувальним процесом. Обґрунтування раціональних технологічних параметрів сортувальних гірок на основі системного підходу. Науковий підхід до реалізації раціональних технологічних параметрів сортувальної гірки. Техніко-економічне обґрунтування вибору варіанту технологічних параметрів сортувальної гірки.
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 від допустимих швидкостей виходу відчепів 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; 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	Євгеній БАЛАКА, доцент, канд. екон. наук		

7. Дата видачі завдання «24» жовтня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

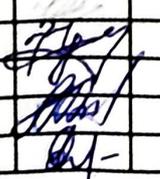
Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
Вступ		
1 Особливості сортувальних гірок на залізницях світу	27.10.2025	
2 Аналіз технології розформування составів, методів до розрахунку технологічних параметрів гірок та підходів до управління сортувальним процесом	03.11.2025	
3 Обґрунтування раціональних технологічних параметрів сортувальних гірок на основі системного підходу	17.11.2025	
4 Науковий підхід до реалізації раціональних технологічних параметрів сортувальної гірки	01.12.2025	
5 Техніко-економічне обґрунтування вибору варіанту технологічних параметрів сортувальної гірки	15.12.2025	
6 Висновки	29.12.2025	
7 Оформлення роботи	05.01.2026	

Студент  Дмитро ЗУБКО

Керівник проекту (роботи)  Дмитро ГУРІН

Зміст

Перелік умовних скорочень	7
Вступ	8
1 Особливості сортувальних гірок на залізницях світу	10
2 Аналіз технології розформування составів, методів до розрахунку технологічних параметрів гірок та підходів до управління сортувальним процесом	20
2.1 Аналіз технології розформування составів на сортувальних гірках	20
2.2 Аналіз методів розрахунку технологічних параметрів гірок і підходів до управління сортувальним процесом	27
3 Обґрунтування раціональних технологічних параметрів сортувальних гірок на основі системного підходу	35
3.1 Модель визначення швидкості розпуску составів та раціональних режимів гальмування відчепів	35
3.2 Розрахунок координат осей вагона при насуві состава на гірку і скочуванні відчепів на колії сортувального парку	41
3.3 Моделі об'єктів рухомого складу. Диференціальне рівняння скочування відчепів з гірки	45
3.4 Визначення швидкості розпуску составів та раціональних режимів гальмування відчепів	49
4 Науковий підхід до реалізації раціональних технологічних параметрів сортувальної гірки	53

ОШРСП.300.00.00.000 ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Зубко		Обґрунтування швидкості розпуску составів поїздів та раціональних режимів гальмування відчепів на сортувальній гірці
Перев.		Гурін		
Заст. Дирек.				
Н. контр.		Шаповал		
Затв.		Огар		
		Літ.	Аркуш	Аркушів
		i	5	88
УкрДУЗТ				

4.1 Методи розв'язання завдання інтервального і прицільного регулювання швидкостей скочування відчепів на сортувальній гірці	53
4.2 Реалізація розрахункових швидкостей виходу відчепів з гальмових позицій гірки	61
5 Техніко-економічне обґрунтування вибору варіанту технологічних параметрів сортувальної гірки	68
5.1 Визначення експлуатаційних витрат	71
5.2 Визначення економічної привабливості інвестиційного проекту впровадження варіанту технологічних параметрів сортувальної гірки	78
Висновки	83
Список використаних джерел	85
Додаток А Результати моделювання процесу розформування потоку составів	87

					ОШРСП.300.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Перелік умовних скорочень

ГАЦ – гіркова автоматична централізація

АРШ ЦНДІ – система автоматичного регулювання швидкості скочування відцепів Центрального науково-дослідного інституту

АРШ ДТСЗ – система автоматичного регулювання швидкості скочування відцепів «Діпротрансигналзв'язку»

АСУ РСГ – автоматизована система управління розпуском составів з гірки

КГМ РІІЗТ – комплекс гірковий мікропроцесорний Ростовського інституту інженерів залізничного транспорту

ДХ – дуже хороший бігун

ДП – дуже поганий бігун

ХБ – хороший бігун

РБ – розрахунковий бігун

I ГП – перша гальмова позиція

II ГП – друга гальмова позиція

ППП – паркова гальмова позиція

ВГ – вершина гірки

УВГ – умовна вершина гірки

Вступ

В сучасних умовах одним із провідних напрямів підвищення ефективності роботи сортувальних станцій залізниць України є зниження витрат паливно-енергетичних, виробничих та перевізних ресурсів, пов'язаних з експлуатацією сортувальних гірок. Розв'язання цієї проблеми потребує вдосконалення теоретичних основ експлуатації та методів визначення конструктивно-технологічних параметрів сортувальних гірок. Це дозволить обґрунтовувати раціональні параметри в реальних умовах експлуатації, нового будівництва або реконструкції сортувальних пристроїв.

Для обґрунтування таких параметрів необхідно застосовувати системний підхід до експлуатації та розрахунку сортувальних гірок, який має враховувати параметри метеорологічних умов у процесі роботи, номенклатуру та характеристики технічних засобів, що використовуються під час розформування составів, а також інші впливові фактори. Застосування цього підходу повинно забезпечувати приріст синергетичного ефекту, оцінка якого доцільна на основі показників економічної ефективності від упровадження раціональних конструктивних рішень і технології роботи протягом усього життєвого циклу сортувальної гірки.

Отже, подальший розвиток теорії експлуатації та методів розрахунку параметрів сортувальних гірок із використанням системного підходу та урахуванням стохастичного характеру складових процесу розформування становить актуальну наукову проблему, яка узгоджується з сучасними напрямками наукових програм Укрзалізниці, зокрема з положеннями Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року [1].

Метою даної роботи є підвищення ефективності функціонування сортувальної гірки шляхом обґрунтування швидкості розпуску составів та раціональних режимів гальмування відчепів на її спускній частині.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- визначити особливості сортувальних гірок на залізницях світу; проаналізувати технологію розформування составів, методи до розрахунку технологічних параметрів гірок та підходи до управління сортувальним процесом;
- удосконалити модель визначення швидкості розпуску составів та раціональних режимів гальмування відчепів на спускній частині гірки;
- обґрунтувати швидкість розпуску составів та раціональні режими гальмування відчепів;
- розробити процедуру реалізації розрахункових швидкостей виходу відчепів з гальмових позицій гірки;
- оцінити економічну ефективність впровадження раціональних технологічних параметрів сортувальної гірки.

Об'єкт дослідження – сортувальний процес.

Предмет дослідження – технологічні параметри сортувальної гірки.

Елементи наукової новизни кваліфікаційної роботи. Вперше на основі системного підходу визначено швидкість розпуску составів та раціональні режими гальмування відчепів на спускній частині сортувальної гірки, 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 шляхом обґрунтування швидкості розпуску составів та 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. Розглянуто особливості сортувальних гірок на залізницях світу; проаналізовано технологію розформування составів, методів до розрахунку технологічних параметрів гірок та підходів до управління сортувальним процесом. Аналіз концептуальних підходів до керування процесом розформування составів та визначення технологічних параметрів сортувальних гірок показав, що завдання високоякісного регулювання швидкості скочування відчепів на сьогодні остаточно не розв'язано. Для створення ефективних автоматизованих систем насамперед необхідно вдосконалити теоретичні засади розрахунку ключових технологічних параметрів сортувальних гірок, а також комплекс технічних засобів гіркової автоматики.

2. Удосконалено модель визначення швидкості розпуску составів та раціональних режимів гальмування відчепів. Запропонований підхід до визначення зазначених параметрів, окрім забезпечення можливості комплексного розв'язання задач раціоналізації цих показників і формування стратегічних напрямів експлуатації сортувальних пристроїв, дає змогу в динаміці оцінювати якість конструкції та технології функціонування чинних сортувальних гірок, а також коригувати параметри їхнього керування.

3. Обґрунтовано швидкість розпуску составів та раціональні режими гальмування відчепів на сортувальній гірці. 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. Швидкість розпуску составів повинна бути максимальною за умови ручного розчеплення вагонів – 1,9 м/с.

4. Розроблено процедуру реалізації розрахункових швидкостей виходу відчепів з гальмових позицій гірки. Сформовано підходи до інтервального та прицільного регулювання швидкостей скочування відчепів. Запропонований метод ґрунтується на визначенні середніх прискорень відчепів, їх накопиченні в спеціальній таблиці з подальшим постійним уточненням після проходження кожного наступного відчепа. Розрахунок швидкостей виходу відчепів з третьої гальмової позиції здійснюється за аналогічним принципом, як і на спускній частині гірки, але обчислення прискорень відчепів виконується на окремих ділянках сортувальних колій у зоні дії апаратури контролю заповнення колій.

5. Розрахунок економічного ефекту від впровадження раціональних технологічних параметрів довів доцільність їх використання на сортувальній гірці. Величина вказаного ефекту за розрахунковий період 10 років склала 9424,50 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 Зубко Д. В. Аналіз підходів до визначення раціональних режимів гальмування відчепів на сортувальній гірці. Тези доп. 85-ї студ. наук.-техн. конф., м. Харків, 10-11 грудня 2025 р. Харків, 2025. С. 383-384.

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 ДІІТу*. 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 ДІІТу*. 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 складу 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.