

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра залізничних станцій та вузлів

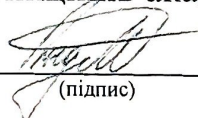
ОБҐРУНТУВАННЯ ПОТУЖНОСТІ ГАЛЬМОВИХ ЗАСОБІВ СОРТУВАЛЬНОГО
ПРИСТРОЮ З КОМБІНОВАНИМ ГАЛЬМУВАННЯМ ВІДЧЕПІВ

Пояснювальна записка і розрахунки

до кваліфікаційної роботи

ОПГЗС.300.00.00.000 ПЗ

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


Андрій МРАКА
(підпис)

Керівник: професор, доктор техн. наук
Олександр ОГАР

Рецензент: професор, канд. техн. наук
Віктор ЗАПАРА

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 13 слайдів презентації, 88 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 9 рисунків, 11 таблиць, 18 літературних джерел.

Ключові слова: ПРОЦЕС РОЗФОРМУВАННЯ СОСТАВІВ, СОРТУВАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ, КОМБІНОВАНЕ ГАЛЬМУВАННЯ, ВАГОН, ГАЛЬМОВІ ЗАСОБИ, ПАРАМЕТРИ КОНСТРУКЦІЇ.

Об'єктом дослідження є процес розформування составів на сортувальних пристроях. Метою дослідження є підвищення ефективності процесу розформування составів шляхом обґрунтування раціональних параметрів конструкції сортувального пристрою з комбінованим гальмуванням відчепів та оптимізації потужності його гальмових засобів.

У кваліфікаційній роботі виконано огляд підходів до розформування составів поїздів і розрахунку сортувальних пристроїв та визначено фактори, що впливають на якість сортувального процесу. Проаналізовано теорії розрахунку конструктивних параметрів сортувальних гірок. Обґрунтовано вибір технології гальмування відчепів для підвищення ефективності процесу розформування составів. Розроблено науковий підхід до зменшення потужності паркової гальмової позиції сортувального пристрою з комбінованим гальмуванням відчепів. Обґрунтовано раціональні параметри поздовжнього профілю спускної частини сортувального пристрою з комбінованим гальмуванням відчепів. Обґрунтовано раціональний варіант механізації сортувального пристрою з комбінованим гальмуванням відчепів. Визначено економічну привабливість інвестиційних проектів впровадження варіантів механізації сортувального пристрою з комбінованим гальмуванням відчепів.

ABSTRACT

This qualification work includes 13 presentation slides, 88 pages of an explanatory note in A4 format, featuring 9 figures, 11 tables, and 18 literature references.

Keywords: PROCESS OF DISASSEMBLING COMPOSITIONS, SORTING DEVICE, COMBINED BRAKING, CAR, BRAKING DEVICES, DESIGN PARAMETERS.

The object of the study is the process of train decoupling on sorting devices. The goal of the study is to increase the efficiency of the train decoupling process by substantiating rational parameters of the design of a sorting device with combined brake shoe braking and optimizing the power of its braking devices.

The qualification work reviewed approaches to train decoupling and sorting device calculation and identified factors affecting the quality of the sorting process. The theories of calculating the design parameters of sorting humps were analyzed. The choice of brake shoe braking technology was substantiated to increase the efficiency of the train decoupling process. A scientific approach to reducing the power of the yard brake position of a sorting device with combined brake shoe braking was developed. Rational parameters of the longitudinal profile of the descending part of the sorting device with combined brake shoe braking were substantiated. A rational option for mechanization of the sorting device with combined brake shoe braking was substantiated. The economic attractiveness of investment projects for the implementation of options for mechanization of the sorting device with combined brake shoe braking was determined.

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 (на залізничному транспорті)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри,
професор, д-р техн. наук

 Олександр ОГАР
« 30 » вересня 2024 р.



ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Мраці Андрію Васильовичу

1. Тема проекту «Обґрунтування потужності гальмових засобів сортувального пристрою з комбінованим гальмуванням відчепів»
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): характеристика вагонних уповільнювачів, характеристика пристроїв автоматизації, план гіркової горловини сортувального пристрою, середньодобові розміри переробки на сортувальному пристрої.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Огляд підходів до розформування составів поїздів і розрахунку сортувальних пристроїв та визначення факторів, що впливають на якість сортувального процесу. Аналіз теорії розрахунку конструктивних параметрів сортувальних гірок. Вибір технології гальмування відчепів для підвищення ефективності процесу розформування составів. Обґрунтування раціональних параметрів поздовжнього профілю і потужності гальмових засобів сортувального пристрою з комбінованим гальмуванням відчепів. Техніко-економічне обґрунтування вибору варіанту механізації сортувального пристрою з комбінованим гальмуванням відчепів. Організація маневрів на сортувальних гірках. Формалізація процесу розформування составів на сортувальній гірці та методи дослідження систем управління технологічним процесом розпуску.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): об'єкт, предмет, мета роботи, задачі дослідження, наукова новизна; конструкція сортувального пристрою з комбінованим гальмуванням відчепів; математична модель визначення раціональних конструктивних параметрів поздовжнього профілю спускної частини сортувального пристрою з комбінованим гальмуванням відчепів; оптимальні конструктивні параметри сортувального пристрою з комбінованим гальмуванням відчепів та величини гальмування ШВ на ПГП за

умови його зупинки; результати імітаційного моделювання скочування розрахункових бігунів у розрахункових сполученнях ПЛ-ШВ і П-ШВ; поздовжні профілі сортувального пристрою без ДПГ і з ДПГ; математична модель визначення раціонального варіанту механізації сортувального пристрою з комбінованим гальмуванням відчепів; витрати у варіантах механізації сортувального пристрою з комбінованим гальмуванням відчепів; висновки. Загалом 13 аркушів.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

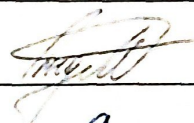
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультантів	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Техніко-економічне обґрунтування вибору варіанту механізації сортувального пристрою з комбінованим гальмуванням відчепів	Євгеній БАЛАКА, доцент, канд. екон. наук		

7. Дата видачі завдання «30» вересня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
Вступ		
1 Огляд підходів до розформування составів поїздів і розрахунку сортувальних пристроїв та визначення факторів, що впливають на якість сортувального процесу	07.10.2024	
2 Аналіз теорії розрахунку конструктивних параметрів сортувальних гірок	14.10.2024	
3 Вибір технології гальмування відчепів для підвищення ефективності процесу розформування составів	21.10.2024	
4 Обґрунтування раціональних параметрів поздовжнього профілю і потужності гальмових засобів сортувального пристрою з комбінованим гальмуванням відчепів	04.11.2024	
5 Техніко-економічне обґрунтування вибору варіанту механізації сортувального пристрою з комбінованим гальмуванням відчепів	18.11.2024	
6 Організація маневрів на сортувальних гірках. Формалізація процесу розформування составів на сортувальній гірці та методи дослідження систем управління технологічним процесом розпуску	02.12.2024	
7. Висновки	09.12.2024	
8. Оформлення роботи	16.12.2024	

Студент



Андрій МРАКА

Керівник проекту (роботи)



Олександр ОГАР

Зміст

Перелік умовних скорочень	7
Вступ	8
1 Огляд підходів до розформування составів поїздів і розрахунку сортувальних пристроїв та визначення факторів, що впливають на якість сортувального процесу	11
1.1 Історичний огляд способів розформування составів і теорії розрахунку сортувальних пристроїв	11
1.2 Фактори, що впливають на якість розформування составів на сортувальних гірках	16
2 Аналіз теорії розрахунку конструктивних параметрів сортувальних гірок	20
3 Вибір технології гальмування відчепів для підвищення ефективності процесу розформування составів	32
4 Обґрунтування раціональних параметрів поздовжнього профілю і потужності гальмових засобів сортувального пристрою з комбінованим гальмуванням відчепів	35
4.1 Розрахунок висоти сортувального пристрою з комбінованим гальмуванням відчепів	35
4.2 Математична модель визначення раціональних конструктивних параметрів поздовжнього профілю спускної частини сортувального пристрою з комбінованим гальмуванням відчепів	38

ОПГЗС.300.00.00.000 ПЗ							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Мрака А.В.				5	88
Перев.		Огар			УкрДУЗТ 5		
Н. контр.		Шаповал					
Затв		Огар					
Обґрунтування потужності гальмових засобів сортувального пристрою з комбінованим гальмуванням відчепів							

4.3	Визначення оптимальних параметрів поздовжнього профілю сортувального пристрою з комбінованим гальмуванням відчепів та розробка наукового підходу до зменшення потужності паркової гальмової позиції	47
4.4	Визначення раціонального варіанту механізації сортувального пристрою з комбінованим гальмуванням відчепів	56
5	Техніко-економічне обґрунтування вибору варіанту механізації сортувального пристрою з комбінованим гальмуванням відчепів	59
5.1	Прогнозування обсягів переробки вагонів на сортувальному пристрою	60
5.2	Визначення експлуатаційних витрат	61
5.3	Визначення економічної привабливості інвестиційного проекту впровадження варіанту механізації сортувального пристрою з комбінованим гальмуванням відчепів	64
6	Організація маневрів на сортувальних гірках	69
7	Формалізація процесу розформування составів на сортувальній гірці та методи дослідження систем управління технологічним процесом розпуску	74
	Висновки	81
	Список використаних джерел	84
	Додаток А. Результати розрахунку об'єму земляних робіт при спорудженні сортувальних пристроїв	87

					ОПГЗС.300.00.00.000 ПЗ	Арх
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Вступ

Сортувальні гірки є головним технічним засобом для переробки потоків составів вантажних поїздів та їх формування на сортувальних станціях, забезпечують зменшення простоїв вагонів на станціях та роблять вклад у прискорення доставки вантажів клієнтурі. На даний момент, коли дедалі більшого значення набувають якісні показники роботи залізничного транспорту поряд з кількісними показниками, забезпечення життєдіяльності експлуатаційного персоналу та безпеки руху поїздів, рухомого складу і вантажів, що перевозяться, роль сортувальних пристроїв ще більше зростає. Від ефективності та безпечного функціонування сортувальних комплексів залежать підсумки роботи української залізниці.

Удосконалення технології роботи сортувальних станцій та модернізація їх інфраструктури дозволяють скоротити тривалість знаходження на них вагонів, підвищити переробну спроможність, зменшити собівартість переробки одного вагона при безумовному виконанні плану формування і графіка руху поїздів та забезпеченні безпеки руху і техніки безпеки. До основних завдань на даному етапі слід віднести ефективне використання пропускнуої і переробної спроможностей сортувальних станцій.

Якість функціонування гіркових пристроїв суттєво впливає на ефективність роботи сортувальних станцій. Сучасні сортувальні гірки є складним комплексом технічних пристроїв, що включає керуючі і виконавчі системи і механізми та різні об'єкти інфраструктури. Від чіткої роботи сортувальних гірок залежать конкурентоспроможність та ефективність роботи залізниць. І особливо це важливо при зростанні обсягів перевезень. З підвищенням рівня керування зростають можливості застосування оптимізаційних методів, що дозволяють максимізувати показники ефективності, якості та безпеки, а також мінімізувати витрати за період життєвого циклу і тривалість розпуску составів.

Таким чином, визначення раціональних параметрів сортувальних пристроїв з використанням наукових підходів, що базуються на урахуванні стохастичних параметрів процесу розформування составів, та оптимізація потужності їх гальмових засобів є актуальними науково-прикладними задачами, що відповідають сучасним напрямкам наукових програм Укрзалізниці, в тому числі Національній транспортній стратегії України на період до 2030 року [1].

Метою даної роботи є підвищення ефективності процесу розформування составів шляхом обґрунтування раціональних параметрів конструкції сортувального пристрою з комбінованим гальмуванням відчепів та оптимізації потужності його гальмових засобів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- виконати огляд підходів до розформування составів поїздів і розрахунку сортувальних пристроїв та визначити фактори, що впливають на якість сортувального процесу;
- проаналізувати теорії розрахунку конструктивних параметрів сортувальних гірок;
- обґрунтувати вибір технології гальмування відчепів для підвищення ефективності процесу розформування составів;
- розробити науковий підхід до зменшення потужності паркової гальмової позиції сортувального пристрою з комбінованим гальмуванням відчепів;
- обґрунтувати раціональні параметри поздовжнього профілю спускної частини сортувального пристрою з комбінованим гальмуванням відчепів;
- обґрунтувати раціональний варіант механізації сортувального пристрою з комбінованим гальмуванням відчепів;
- виконати техніко-економічне обґрунтування вибору варіанту механізації сортувального пристрою з комбінованим гальмуванням відчепів.

Об'єкт дослідження – процес розформування составів на сортувальних пристроях.

Предмет дослідження – конструктивні і технічні параметри сортувальних пристроїв.

Елементи наукової новизни кваліфікаційної роботи. Вперше обґрунтовано раціональні параметри поздовжнього профілю сортувального пристрою з комбінованим гальмуванням відчепів і оптимальну потужність гальмових засобів з урахуванням стохастичних параметрів процесу розформування составів для заданих умов експлуатації.

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

Висновки

У роботі представлено рішення актуальної науково-прикладної задачі підвищення ефективності сортувального процесу шляхом оптимізації потужності гальмових засобів сортувального пристрою з комбінованим гальмуванням відчепів. При цьому:

1. Виконано огляд підходів до розформування составів поїздів і розрахунку сортувальних пристроїв та визначено фактори, що впливають на якість сортувального процесу. Аналіз вказаних факторів довів, що їх урахування, прогнозування або формалізація на даний момент є дуже складною проблемою, у зв'язку з чим обґрунтовано необхідність пошуку нових способів підвищення ефективності сортувального процесу;

2. Проаналізовано теорії розрахунку конструктивних параметрів сортувальних гірок. Виконаний аналіз довів, що:

– у якості критеріїв оптимізації приймалися окремі якісні показники без аналізу ступеню їх впливу на загальносистемний ефект;

– розрахована за діючим методом висота у більшості випадків забезпечує пробіг вагонів з поганими ходовими характеристиками у зимових несприятливих умовах за розрахункові точки розрахункових колій. Це свідчить про наявність надлишкової висоти гірок, що приводить до необхідності підвищення потужності гальмових засобів спускної частини та підгіркових колій, додаткових витрат електроенергії на регулювання швидкості скочування відчепів та дизельного палива (електроенергії) на насув і розпуск составів;

3. Обґрунтовано вибір технології гальмування відчепів для підвищення ефективності процесу розформування составів. Сутність підходу полягає у застосовуванні нової технології регулювання швидкості скочування відчепів – технології комбінованого гальмування, яка може бути реалізована шляхом застосування сортувального пристрою зі спеціальною конструкцією плану і профілю. На відміну від відомих підходів щодо підвищення ефективності процесу розформування составів даний підхід суттєво спрощує технологію регулювання швидкості скочування відчепів, вимагає автоматизації їх гальмування тільки на ПГП

та дозволяє зменшити вплив «людського» фактору і параметрів, що мають стохастичну природу, на показники сортувального процесу;

4. Розроблено науковий підхід до зменшення потужності паркової гальмової позиції сортувального пристрою з комбінованим гальмуванням відчепів. Результати виконаних досліджень довели, що зменшення потужності ПГП за рахунок застосування на спускній частині сортувального пристрою ДГП є можливим. Максимальна величина гальмування на ДГП (0,74 м. ен. в.) для заданих умов експлуатації забезпечується при гальмуванні відчепів, маса яких більше 34,8 т. З точки зору спрощення процесу гальмування таких відчепів на ДГП (тобто регулювання їх швидкості здійснювати шляхом повного використання потужності вагонних уповільнювачів на заданому ступені гальмування) доцільним є застосування малопотужних уповільнювачів, номінальна потужність яких менше максимально можливої величини гальмування на цій позиції.

У разі використання на ДГП вагонних уповільнювачів УВСК-11 їх номінальна потужність на 0,14 м ен. в. менше максимально можливої величини гальмування на вказаній позиції. При цьому порівняння потрібної потужності ПГП при $H_{z ШВ}^{ДГП} = 0$ м ен. в. і $H_{z ШВ}^{ДГП} = 0,6$ м ен. в. показує її зменшення на 0,57 м ен. в.. Крім того, при $H_{z ШВ}^{ДГП} = 0,6$ м ен. в. висота сортувального пристрою зменшується на 0,4 м, а гранична маса відчепу складає 30,8 т, що на 4,0 т менше, ніж при максимально можливій величині гальмування на ДГП (0,74 м ен. в.).

5. Обґрунтовано раціональні параметри поздовжнього профілю спускної частини сортувального пристрою з комбінованим гальмуванням відчепів, що забезпечують мінімальну висоту гірки і виконання умов розділення відчепів в заданих умовах експлуатації. При $H_{z ШВ}^{ДГП} = 0$ м ен. в. висота пристрою складає 5,26 м, при $H_{z ШВ}^{ДГП} = 0,6$ м ен. в. – 4,86 м;

6. Обґрунтовано раціональний варіант механізації сортувального пристрою з комбінованим гальмуванням відчепів. За вартісним критерієм раціональним варіантом механізації при $H_{z ШВ}^{ДГП} = 0$ м ен. в. є варіант обладнання паркової гальмової

позиції одним уповільнювачем УВСК-08 і одним уповільнювачем УВСК-09, при $H_{\text{ШВ}}^{\text{ДГП}}=0,6$ м ен. в – одним уповільнювачем УВСК-09 і одним уповільнювачем УВСК-10. Капіталовкладення відповідно складуть 4875 і 3899 тис. грн з розрахунку на одну сортувальну колію. При $H_{\text{ШВ}}^{\text{ДГП}}=0,6$ м ен. в на ДГП запропоновано укласти два вагонних уповільнювача УВСК-11, один з яких як резервний;

7. Визначено економічну привабливість інвестиційних проектів впровадження варіантів механізації сортувального пристрою з комбінованим гальмуванням відчепів. Результати розрахунків довели, що при впровадженні першого варіанту механізації витрати за розрахунковий період 10 років з приведенням вартісних оцінок результатів і витрат різних років до першого року на 58776,2 тис. грн більші ніж у другому варіанті. Таким чином, зроблено висновок, що другий варіант механізації є доцільним для використання на залізничних станціях України.

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 Цупко К. К., Мрака А. В. Підходи до моделювання руху відчепа по поздовжньому профілю спускної частини сортувальної гірки. Тези доп. 84-ї студ. наук.-техн. конф., м. Харків, 11-12 грудня 2024 р. Харків, 2024. С. 304-305.

3 Удосконалення конструкції та технології роботи сортувальних комплексів залізничних станцій : монографія / В. І. Бобровський, Д. М. Козаченко, А. І. Колесник та ін. Дніпропетровськ : Вид-во Маковецький, 2012. 236 с.

4 Бобровський В. І., Колесник А. І., Дорош А. С. Удосконалення конструкції плану колійного розвитку гіркових горловин. *Транспортні системи та технології перевезень* : збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Дніпропетровськ : ДНУЗТ, 2011. Вип. 1. С. 27-33.

5 Розсоха О. В. Підвищення ефективності функціонування сортувальних гірок шляхом удосконалення структур їх горловин : дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20. Харків, 2010. 272 с.

6 Бобровський В. І., Колесник А. І. Визначення раціональної конструкції поздовжнього профілю сортувальної гірки. *Транспортні системи та технології перевезень* : збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Дніпропетровськ : ДНУЗТ, 2012. Вип. 4. С. 19-24.

7 Жуковицький І. В., Загарій Г. І., Луханін М. І. Управління уповільнювачами гальмівної позиції сортувальної гірки. Частина 1. Модель системи. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2000. № 5. С. 10-15.

8 Жуковицький І. В. Управління уповільнювачами гальмівної позиції сортувальної гірки. Частина 2. Модель системи. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2002. № 4. С. 17-20.

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

10 Козаченко Д. М., Коробйова Р. Г., Таранець О. І. Дослідження прицільного регулювання швидкості скочування відчепів в умовах невизначеності інформації про їх ходові властивості. *Східноєвропейський журнал передових технологій*. 2009. № 6/3 (42). С. 45-50.

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

12 Огар О. М., Таратушка К. В. Дослідження ефективності застосування технології гравітаційно-прицільного гальмування відчепів. *Транспортні системи та технології перевезень*: зб. наук. праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2015. Вип. 9. С. 49-56.

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 Моделювання роботи вагонних уповільнювачів в задачах дослідження сортувального процесу / В. І. Бобровський, Д. М. Козаченко, Р. Г. Коробйова. *Залізничний транспорт України*. 2010. №1. С. 5-8.

15 Методичні рекомендації операторам сортувальних гірок щодо управління пристроями на механізованих і автоматизованих сортувальних гірках: Затв.: Наказ Укрзалізниці від 22.02.2013 р. № 042-Ц/од. Київ: ТОВ «Інпрес», 2013. 108 с.

16 Галузеві будівельні норми України. Споруди транспорту. Сортувальні пристрої залізниць. Норми проектування: ГБН В.2.3-37472062-1:2012: затв. Наказ Міністерство інфраструктури України 17.01.2013. № 25. Київ: Міністерство інфраструктури України, 2012. 112 с.

17 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.

18 Інструкція з руху поїздів і маневрової роботи на залізницях України : офіц. текст. Київ: Міністерство транспорту та зв'язку України, Державна адміністрація залізничного транспорту України, головне управління перевезень, 2005. 458 с.