

Український державний університет залізничного транспорту

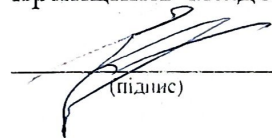
Кафедра залізничних станцій та вузлів

ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ШВИДКОСТЕЙ ВИХОДУ ВІДЧЕПІВ З
ПАРКОВОЇ ГАЛЬМОВОЇ ПОЗИЦІЇ МЕХАНІЗОВАНОЇ СОРТУВАЛЬНОЇ ПІРКИ

Пояснювальна записка та розрахунки
до випускної кваліфікаційної роботи

ВРШВВ.300.00.00.000 ПЗ

Розробив студент групи 214-МКТ-Д23
спеціальності 275 / 275.02 (роботу
виконано самостійно, відповідно до
принципів академічної доброчесності)



Тимур СЫТНОВ

Керівник: доцент, кандидат техн. наук

Ігор БЕРЕСТОВ

Рецензент: доцент, кандидат техн. наук

Григорій СІКОНЕНКО

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 13 слайдів презентації, 84 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 9 рисунків, 19 таблиць, 18 літературних джерел.

Ключові слова: СОРТУВАЛЬНИЙ ПРОЦЕС, ГАЛЬМОВА ПОЗИЦІЯ, ПРИЦІЛЬНЕ ГАЛЬМУВАННЯ, ВАГОННИЙ УПОВІЛЬНЮВАЧ, ТЕХНОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ, СКОЧУВАННЯ ВАГОНІВ.

Об'єктом дослідження є сортувальний процес Південної системи станції О. Метою дослідження є підвищення ефективності прицільного гальмування відчепів на сортувальній гірці Південної системи станції О шляхом визначення раціональних швидкостей виходу відчепів з паркової гальмової позиції механізованої сортувальної гірки.

У кваліфікаційній роботі проаналізовано показники роботи Південної сортувальної гірки станції О, методи управління процесом скочування відчепів з гірки і принципи побудови та функціонування модулів управління гальмовими засобами.

Удосконалено математичну модель скочування відчепів на сортувальних коліях в умовах дії випадкових факторів. Розраховано раціональні технологічні параметри процесу регулювання швидкості скочування відчепів на парковій гальмовій позиції. Обґрунтовано варіант автоматизації паркової гальмової позиції.

ABSTRACT

This qualification work includes 13 presentation slides, 84 pages of an explanatory note in A4 format, featuring 9 figures, 19 tables, and 18 literature references.

Keywords: SORTING PROCESS, BRAKING POSITION, TARGET BRAKING, WAGON RETARDER, TECHNOLOGICAL PARAMETERS, ROLLING OF CARS.

The study focuses on the sorting process of the Southern system of station O. The goal is to enhance the efficiency of targeted braking of detachments on the sorting hump by determining the optimal speeds for detachments leaving the park braking position of the mechanized sorting hump.

The research analyzes the performance indicators of the Southern sorting hump, methods for managing the rolling detachments from the hump, and the principles of construction and operation of modules for controlling braking devices.

The mathematical model of rolling detachments on sorting tracks under the influence of random factors is refined. Optimal technological parameters for regulating the speed of rolling detachments at the park braking position are calculated. The feasibility of automating the park braking position is justified.

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет управління процесами перевезень

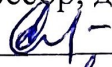
Кафедра залізничних станцій та вузлів

Рівень вищої освіти: 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

Сбітневу Тимуру Володимировичу

1. Тема проекту «Визначення раціональних швидкостей виходу відчепів з паркової гальмової позиції механізованої сортувальної гірки»
керівник проекту (роботи) Берестов Ігор В'ячеславович, к.т.н., доцент
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): техніко-експлуатаційна характеристика станції, докладна схема станції, план гіркової горловини сортувального пристрою, профіль сортувального пристрою.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Техніко-експлуатаційна характеристика сортувальної станції О. Аналіз методів управління процесом скочування відчепів з гірки. Принципи побудови та функціонування модулів управління гальмовими засобами. Удосконалення математичної моделі скочування відчепів на сортувальних коліях в умовах дії випадкових факторів. Розрахунок раціональних технологічних параметрів процесу регулювання швидкості скочування відчепів на парковій гальмовій позиції. Техніко-економічне обґрунтування варіанту автоматизації паркової гальмової позиції. Виконання митних процедур в умовах створення тимчасових зон митного контролю для вагонів міжнародного сполучення
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): об'єкт, предмет, задачі дослідження, наукова новизна, мета роботи; випадкові фактори, що впливають на процес регулювання швидкості скочування відчепів на ПГП; критерій оптимізації задачі розрахунку раціональної швидкості виходу відчепів з ПГП; математична модель визначення раціональної швидкості виходу відчепів з ПГП; «розмиті» області значень швидкості співударяння відчепів у сортувальному парку; математичні очікування швидкості співударяння відчепів; «розмиті» області значень швидкості співударяння відчепів у сортувальному парку,

отримані у результаті моделювання; результати моделювання швидкості співударяння відчепа з вагонами у сортувальному парку; раціональні швидкості виходу відчепів розрахункового составу з ППІ, отримані в результаті моделювання; розрахунок економічного ефекту від автоматизації паркової гальмової позиції (2 аркуши); висновки. Загалом 13 аркушів.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультантів	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Техніко-економічне обґрунтування варіанту автоматизації паркової гальмової позиції	Наталія ГРИЦЕНКО, 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 Техніко-експлуатаційна характеристика сортувальної станції О	07.10.2024	
2 Аналіз методів управління процесом скочування відчепів з гірки. Принципи побудови та функціонування модулів управління гальмовими засобами	14.10.2024	
3 Удосконалення математичної моделі скочування відчепів на сортувальних коліях в умовах дії випадкових факторів	21.10.2024	
4 Розрахунок раціональних технологічних параметрів процесу регулювання швидкості скочування відчепів на парковій гальмовій позиції	04.11.2024	
5 Техніко-економічне обґрунтування варіанту автоматизації паркової гальмової позиції	18.11.2024	
6 Виконання митних процедур в умовах створення тимчасових зон митного контролю для вагонів міжнародного сполучення	02.12.2024	
7 Висновки	09.12.2024	
8 Оформлення роботи	16.12.2024	

Студент



Тимур СЫТНІСВ



Керівник проекту (роботи)



Ігор БЕРЕСТОВ

Зміст

Вступ	7
1 Техніко-експлуатаційна характеристика станції О	9
1.1 Призначення і місце у вузлі опорної сортувальної станції	9
1.2 Характеристика основних пристроїв станції	10
1.3 Характеристика експлуатаційної роботи станції	12
2 Аналіз методів управління процесом скочування відчепів з гірки. Принципи побудови та функціонування модулів управління гальмовими засобами	14
2.1 Аналіз теоретичних підходів до управління процесом скочування відчепів у системах автоматизованого регулювання швидкості	14
2.2 Принципи побудови та функціонування модулю управління парковою гальмовою позицією у системі АРЩ-ПУПГ	20
3 Удосконалення математичної моделі скочування відчепів на сортувальних коліях в умовах дії випадкових факторів	30
3.1 Дослідження впливу випадкових факторів на процес скочування відчепів на сортувальних коліях	30
3.2 Математична модель розрахунку раціональної швидкості виходу відчепів з паркової гальмової позиції з урахуванням впливу випадкових факторів	32
4 Розрахунок раціональних технологічних параметрів процесу регулювання швидкості скочування відчепів на парковій гальмовій позиції	45

ВРШВВ.300.00.00.000 ПЗ						
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		
					Визначення раціональних швидкостей виходу відчепів з паркової гальмової позиції механізованої сортувальної гірки	
						
Розробив		Сбітисв			Літ.	
Перевірив		Берестов			Аркуш	
					Аркушів	
					5	
					84	
Н. Копр		Шановал			УкрДУЗТ	
Затверд		Огар			5	

4.1 Обґрунтування об'єму вибірки	45
4.2 Моделювання швидкості співударяння одновагонного відчепу з вагонами у сортувальному парку	46
4.3 Визначення швидкості виходу відчепів з паркової гальмової позиції	49
5 Техніко-економічне обґрунтування варіанту автоматизації паркової гальмової позиції	55
5.1 Прогнозування обсягів переробки вагонів на гірці	57
5.2 Розрахунок одноразових витрат на реалізацію проекту	58
5.3 Визначення витрат на ремонт пошкоджених вагонів	59
5.4 Визначення витрат від пошкодження вантажів	60
5.5 Розрахунок витрат, пов'язаних з простоем вагонів у парку приймання	62
5.6 Розрахунок витрат на електроенергію	63
5.7 Розрахунок коефіцієнту приведення результатів та затрат проекту до розрахункового року	64
5.8 Розрахунок економічного ефекту від реалізації інвестиційного проекту автоматизації паркової гальмової позиції	65
6 Виконання митних процедур в умовах створення тимчасових зон митного контролю для вагонів міжнародного сполучення	68
6.1 Загальні положення	68
6.2 Форми та порядок проведення митного контролю	70
Висновки	72
Список використаних джерел	74
Додаток А Результати натурних спостережень за роботою сортувальної гірки	77
Додаток Б Процедура прийняття рішення з управління ПГП	83

Вступ

Видатки на забезпечення сортувального процесу становлять значну частину експлуатаційних витрат залізниць. Це спричинено недоліками застарілих типів уповільнювачів, незадовільним станом поздовжнього профілю підгіркових колій, недосконалістю технології регулювання швидкості відчепів та помилками в роботі гіркових операторів. Основним шляхом вирішення даної проблеми є комплексна автоматизація процесів розформування составів на сортувальних гірках.

У даний час ведуться роботи щодо створення автоматизованих систем керування сортувальним процесом на гірках України. При цьому відповідальною і складною задачею є оптимізація процесу регулювання швидкості скочування відчепів, насамперед, прицільного регулювання, що здійснює суттєвий вплив на довжину «вікон» на сортувальних коліях та кількість операцій осаджування вагонів і, як наслідок, на тривалість маневрових операцій, що певною мірою визначають тривалість знаходження вагонів на сортувальних станціях, термін доставки вантажів та робочий парк вагонів. Також точність гальмування відчепів впливає на швидкість їх підходу до вагонів, що знаходяться на коліях сортувального парку, перевищення нормованої величини якої може викликати пошкодження вагонів і вантажів.

У зв'язку з цим підвищення ефективності функціонування сортувальних гірок шляхом визначення раціональних технологічних параметрів прицільного регулювання швидкості скочування відчепів, що дозволяють зменшити експлуатаційні витрати на розформування составів, представляє собою актуальне науково-прикладне завдання, що відповідає сучасним напрямкам наукових програм Укрзалізниці, в тому числі Національній транспортній стратегії України на період до 2030 року [1].

Метою роботи є підвищення ефективності прицільного гальмування відчепів на сортувальній гірці Південної системи станції О шляхом визначення раціональних швидкостей виходу відчепів з паркової гальмової позиції механізованої сортувальної гірки.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- охарактеризувати сортувальну станцію О;
- провести аналіз теоретичних підходів до управління процесом скочування відчепів, що використовуються в існуючих системах автоматичного регулювання швидкості скочування відчепів;
- удосконалити математичну модель розрахунку раціональної швидкості виходу відчепів з паркової гальмової позиції з урахування впливу випадкових факторів;
- визначити раціональні режими прицільного гальмування відчепів із застосування удосконаленої математичної моделі;
- оцінити економічну ефективність автоматизації паркової гальмової позиції;
- визначити тимчасові зони митного контролю для вагонів міжнародного сполучення для виконання митних процедур.

Об'єктом дослідження є сортувальний процес Південної системи станції О.

Предметом дослідження є технологічні параметри процесу регулювання швидкості скочування відчепів на парковій гальмовій позиції.

Для дослідження показників роботи сортувальної гірки використано методи математичної статистики. Для моделювання сортувального процесу використано методи імітаційного моделювання. Для визначення раціональних технологічних параметрів процесу регулювання швидкості скочування відчепів на парковій гальмовій позиції використано чисельні методи розв'язання оптимізаційних задач та методи математичної статистики.

Елементи наукової новизни. Для підвищення ефективності прицільного гальмування відчепів удосконалено науковий підхід до розрахунку раціональної швидкості виходу відчепів з паркової гальмової позиції, який на відміну від відомих підходів враховує вплив випадкових факторів на процес скочування вагонів з гірки.

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

Висновки

У випускній кваліфікаційній роботі представлено рішення актуальної науково-прикладної задачі підвищення ефективності прицільного регулювання швидкості скочування відчепів на сортувальних коліях Південної системи станції О. Виконані дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

1. Аналіз показників роботи Південної сортувальної гірки станції О свідчить про те, що ефективність прицільного регулювання швидкості скочування відчепів залишається низькою. Середня швидкість співударяння відчепів з вагонами на сортувальних коліях становить 1,79 м/с, що перевищує допустиме значення на 0,39 м/с. Середня довжина «вікна» у сортувальному парку у розрахунку на 1 вагон становить 6,42 м, що майже у три рази перевищує нормативне значення. Кількість вагонів, пошкоджених у результаті перевищення допустимої швидкості співударяння, становить вісім одиниць на рік. Це пов'язано з інерційністю й нестабільністю гальмових характеристик балкових вагонних уповільнювачів, неналежним станом поздовжніх профілів колій, помилками в роботі гіркових операторів та недостатністю достовірної інформації про ходові властивості відчепів.

2. Аналіз існуючих систем гіркової автоматизації показав, що проблема якісного регулювання швидкості скочування відчепів вирішена не в повній мірі. Основними причинами, що перешкоджають забезпеченню необхідного рівня якості, є недосконалість теоретичних підходів до формування керуючих впливів на процес розпуску составів та недоліки у роботі комплексу пристроїв гіркової автоматики. На шляху удосконалення існуючих методів розрахунку раціональних керуючих впливів на процес скочування відчепів особливу увагу необхідно звернути на врахування у розрахунках випадкових факторів зовнішнього середовища, ходових якостей вагонів та інерційності гальмових засобів.

3. Удосконалено математичну модель розрахунку швидкості виходу відчепів з паркової гальмової позиції з урахування випадкових факторів, що впливають на процес скочування. Раціональна швидкість виходу визначається за умови мінімізації похибки реалізації заданої швидкості співударяння відчепів на сортувальних коліях.

4. Виконано оцінку прицільного регулювання швидкості скочування відчепів із застосуванням запропонованої математичної моделі. Встановлено, що середня швидкість співударяння відчепів у сортувальному парку зменшується на 1,41 м/с у порівнянні з базовим варіантом і становить 0,749 м/с. Отримане значення швидкості співударяння забезпечує докочування відчепів до вагонів у сортувальному парку і виключає пошкодження вагонів та вантажів у наслідок ударів.

5. Розрахунок економічного ефекту довів доцільність реалізації проекту автоматизації паркової гальмової позиції з використанням удосконаленої математичної моделі розрахунку швидкості виходу відчепів з вказаної позиції. Сумарний економічний ефект за розрахунковий період з урахуванням коефіцієнту приведення до останнього року реалізації проекту складає 2550,91 тис. грн. Повернення одночасних затрат на реалізацію проекту відбудеться на першому році його життєвого циклу.

6. Визначено тимчасові зони митного контролю для вагонів міжнародного сполучення для виконання митних процедур. Сформовано форми та порядок проведення митного контролю.

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 Сбітнєв Т В. Особливості розрахунку поздовжнього профілю гірки з урахуванням точок відриву відчепів на її вершині. Тези доп. 84-ї студ. наук.-техн. конф., м. Харків, 11-12 грудня 2024 р. Харків, 2024. С. 308.
- 3 Оптимізація режимів гальмування на сортувальних гірках: монографія / В. І. Бобровський та ін. Дніпропетровськ : Вид-во Маковецький, 2010. 260 с.
- 4 Shabelnikov A. N., Lyabakh N. N. Intellectualization of sorting processes control on the basis of instrumental determination of analogies. *2nd International Conference on Intelligent Information Technologies for Industry, IITI 2017, Varna, Bulgaria*. 2017. pp. 138-145. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-68324-9_15.
- 5 Kozachenko D. M., Bobrovskiy V. I., Grevtsov C. V., Berezoviy M. I. Controlling the speed of rolling cuts in conditions of reduction of brake power of car retarders. *Science and Transport Progress*. 2021. 3(63). pp. 28-40. <https://doi.org/10.15802/stp2016/74710>
- 6 Kovalev S. M., Shabelnikov A. N., Sukhanov A. V. Dynamic programming for automatic positioning of wheel chocks on marshalling yards. *2nd International Conference on Intelligent Information Technologies for Industry, IITI 2017, Varna, Bulgaria*. 2017. pp. 119-127.
- 7 Kozachenko D., Grevtsov S., Titova A. Determination of the Optimal Cars Exit Speeds from the Retarders on Sorting Humps. *Proceedings of 27th International Scientific Conference Transport Means 2023. Part II*. 2023. pp. 966–971.
- 8 Дорош А. С. Оптимізація режимів гальмування відчепів на сортувальній гірці. *Транспортні системи та технології перевезень: збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна*. Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2021. Вип. 22. С. 28–35.

9 Probabilistic approach for the determination of cuts permissible braking modes on the sorting humps / V. Bobrovskyi, D. Kozachenko, A. Dorosh et al. *Transport Problems*. 2016. 11(1). pp. 147–155. Available From: <http://dx.doi.org/10.20858/tp.2016.11.1.14>

10 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.

11 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.

12 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.

13 Галузеві будівельні норми України. Споруди транспорту. Сортувальні пристрої залізниць. Норми проектування ГБН В.2.3-37472062-1:2012. Київ: Міністерство інфраструктури України, 2012. 112 с.

14 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.

15 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.

16 Огар О. М. Удосконалення методу розрахунку додаткового питомого опору від середовища і вітру при моделюванні скочування вагонів з гірки. *Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту* : зб. наук. праць. Харків, 2009. Вип. 108. С. 150-154.

17 Журавель В. В., Музикіна В. І., Журавель І. Л. Точність гальмування, вага вагонів і показники роботи сортувальної гірки. *Залізничний транспорт України*. 2008. Вип. 5. С. 46-48.

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