

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра залізничних станцій та вузлів

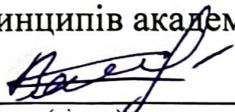
ВИЗНАЧЕННЯ ПОТУЖНОСТІ ГАЛЬМОВИХ ЗАСОБІВ
СОРТУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ З ПРОТИУХИЛАМИ

Пояснювальна записка і розрахунки

до кваліфікаційної роботи

ВПГЗС.300.00.00.000 ПЗ

Розробив студент групи 211-ТТ-324
спеціальності 275 / 275.02 (роботу
виконано самостійно, відповідно до
принципів академічної доброчесності)


Ярослав ВОВКІВ
(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, 13 таблиць, 17 літературних джерел.

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

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

У роботі узагальнено та проаналізовано світовий і вітчизняний досвід сортування вагонів, формалізації процесу розпуску поїзних составів і визначено основні чинники, що впливають на ефективність функціонування сортувальних пристроїв. Розглянуто теоретичні підходи до розрахунку конструктивних параметрів сортувальних гірок і обґрунтовано технологію гальмування відчепів, спрямовану на підвищення продуктивності та безпеки сортувального процесу. Запропоновано методи оптимізації поздовжнього профілю та потужності гальмівних засобів сортувального пристрою з протиухилами, що забезпечують раціональне використання енергії та стабільність режимів розпуску. Виконано техніко-економічне обґрунтування вибору варіанта механізації сортувального пристрою з протиухилами з урахуванням експлуатаційних витрат і очікуваного ефекту. Розроблено процедуру оцінювання впливу дефектів залізничного полотна та структури вагонопотоку, що переробляється, на якість заповнення підгіркових колій.

ABSTRACT

This qualification work includes 13 presentation slides, 88 pages of an explanatory note in A4 format, featuring 9 figures, 13 tables, and 17 literature references.

Keywords: SORTING DEVICE, TRAIN BREAK-UP PROCESS, BRAKING, CAR, DESIGN PARAMETERS, BRAKING EQUIPMENT.

The object of the study is the process of train break-up at sorting device. The aim of the study is to improve the efficiency of the train break-up process by optimizing the design parameters of a sorting device with counter-grades and the capacity of its braking equipment.

The paper summarizes and analyzes international and domestic experience in wagon sorting and in formalizing the train break-up process, and identifies the key factors affecting the performance of sorting facilities. Theoretical approaches to calculating the design parameters of hump yards are examined, and a braking technology for cuts is substantiated, aimed at increasing the productivity and safety of the sorting process. Methods are proposed for optimizing the longitudinal profile and the capacity of braking equipment of sorting facilities with counter-grades, ensuring rational energy use and stable break-up regimes. A techno-economic justification is provided for selecting a mechanization option for a sorting facility with counter-grades, taking into account operating costs and the expected effect. A procedure is developed to assess the impact of track defects and the structure of the processed wagon flow on the quality of filling of the yard tracks downstream of the hump.

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
« 24 » жовтня 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Вовків Ярославу Богдановичу

1. Тема проекту «Визначення потужності гальмових засобів сортувального пристрою з протиухилами»
керівник проекту (роботи) Огар Олександр Миколайович, д.т.н., професор
затверджені 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): 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): Аналіз досвіду сортування вагонів, формалізації процесу розпуску составів поїздів та чинників, що впливають на ефективність функціонування сортувальних пристроїв. Теоретичні підходи до розрахунку параметрів конструкції сортувальних гірок. Обґрунтування технології гальмування відцепів для підвищення ефективності функціонування сортувальних пристроїв. Оптимізація поздовжнього профілю і потужності гальмових засобів сортувального пристрою з протиухилами. Техніко-економічне обґрунтування вибору варіанту механізації сортувального пристрою з протиухилами. Процедура оцінки дефектів залізничного полотна та структури вагонопотоку, що переробляється, на якість заповнення колій сортувального парку.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): об'єкт, предмет, мета роботи, задачі дослідження, наукова новизна; конструкція сортувального пристрою з протиухилами; математична модель визначення раціональних конструктивних параметрів поздовжнього профілю спускної частини сортувального пристрою з протиухилами; оптимальні конструктивні параметри сортувального пристрою з протиухилами та величини гальмування ШВ на ПГП за умови його зупинки; результати імітаційного моделювання скочування розрахункових бігунів у розрахункових сполученнях ПЛ-Ш і П-ШВ; поздовжні

профілі сортувального пристрою без ДПГ і з ДПГ; математична модель визначення раціонального варіанту механізації сортувального пристрою з протиухилами; витрати у варіантах механізації сортувального пристрою з протиухилами; 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 протиухилами	Наталія ГРИЦЕНКО, доцент, канд. екон. наук		

7. Дата видачі завдання «24» жовтня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

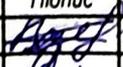
Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
Вступ		
1 Аналіз досвіду сортування вагонів, формалізації процесу розпуску составів поїздів та чинників, що впливають на ефективність функціонування сортувальних пристроїв	27.10.2025	
2 Теоретичні підходи до розрахунку параметрів конструкції сортувальних гірок	03.11.2025	
3 Обґрунтування технології гальмування відчепів для підвищення ефективності функціонування сортувальних пристроїв	17.11.2025	
4 Оптимізація поздовжнього профілю і потужності гальмових засобів сортувального пристрою з протиухилами	01.12.2025	
5 Техніко-економічне обґрунтування вибору варіанту механізації сортувального пристрою з протиухилами	15.12.2025	
6 Процедура оцінки дефектів залізничного полотна та структури вагонопотоку, що переробляється, на якість заповнення колій сортувального парку	29.12.2025	
7. Висновки	03.01.2026	
8. Оформлення роботи	05.01.2026	

Студент  Ярослав БОВКІВ

Керівник проекту (роботи)  Олександр ОГАР

Зміст

Перелік умовних скорочень	7
Вступ	8
1 Аналіз досвіду сортування вагонів, формалізації процесу розпуску составів поїздів та чинників, що впливають на ефективність функціонування сортувальних пристроїв	11
1.1 Аналіз відомих підходів до сортування вагонів	11
1.2 Аналіз підходів до формалізації процесу розпуску составів	16
1.3 Визначення основних чинників, що впливають на ефективність функціонування сортувальних пристроїв	22
2 Теоретичні підходи до розрахунку параметрів конструкції сортувальних гірок	27
3 Обґрунтування технології гальмування відчепів для підвищення ефективності функціонування сортувальних пристроїв	39
4 Оптимізація поздовжнього профілю і потужності гальмових засобів сортувального пристрою з протиухилами	42
4.1 Розрахунок висоти сортувального пристрою з протиухилами	42
4.2 Математична модель розрахунку оптимальних параметрів конструкції поздовжнього профілю спускної частини сортувального пристрою з протиухилами	45
4.3 Визначення оптимальних параметрів конструкції поздовжнього профілю сортувального пристрою з протиухилами. Науковий підхід до зменшення потужності паркової гальмової позиції	54

ВПГЗС.300.00.00.000 ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Вовків			
Перев.	Огар			
Н. коітр.	Шаповал			
Затв.	Огар			
Визначення потужності гальмових засобів сортувального пристрою з протиухилами				
		Літ.	Аркуш	Аркушів
		5	88	
УкрДУЗТ				5

Перелік умовних скорочень

СГ – сортувальна гірка

ДХ – дуже хороший бігун

ДП – дуже поганий бігун

ХБ – хороший бігун

РБ – розрахунковий бігун

ПЛ – повільний легкий бігун

ШВ – швидкий важкий бігун

I ГП – перша гальмова позиція

II ГП – друга гальмова позиція

ПГП – паркова гальмова позиція

ВГ – вершина гірки

УВГ – умовна вершина гірки

РТ – розрахункова точка

СЗ – стрілочна зона

Вступ

Сортувальні гірки є основним технічним засобом переробки потоків составів вантажних поїздів і їх формування на сортувальних станціях; вони сприяють зменшенню простоїв вагонів на станціях та забезпечують прискорення доставки вантажів клієнтурі. На сучасному етапі, коли поряд із кількісними показниками діяльності залізничного транспорту дедалі більшої ваги набувають якісні характеристики, а також питання життєзабезпечення експлуатаційного персоналу та безпеки руху поїздів, рухомого складу й вантажів, роль сортувальних пристроїв істотно посилилася. Підсумкові результати роботи української залізниці значною мірою визначаються ефективністю та безпечністю функціонування сортувальних комплексів.

Удосконалення технології роботи сортувальних станцій і модернізація їх інфраструктури дають змогу скоротити тривалість перебування на них вагонів, підвищити переробну спроможність, знизити собівартість переробки одного вагона за безумовного виконання плану формування та графіка руху поїздів, а також за умови забезпечення безпеки руху і дотримання вимог охорони праці. До ключових завдань на цьому етапі слід віднести ефективне використання пропускної та переробної спроможностей сортувальних станцій.

Якість функціонування гіркових пристроїв істотно визначає ефективність роботи сортувальних станцій. Сучасні сортувальні гірки являють собою складний комплекс технічних засобів, що охоплює керувальні та виконавчі системи й механізми, а також різноманітні об'єкти інфраструктури. Від узгодженої та стабільної роботи сортувальних гірок залежать конкурентоспроможність і результативність діяльності залізниць, причому особливої ваги це набуває за умов зростання обсягів перевезень. Із підвищенням рівня керування розширюються можливості застосування оптимізаційних методів, які дають змогу максимізувати показники ефективності, якості та безпеки, мінімізувати витрати протягом життєвого циклу і скорочувати тривалість розпуску составів.

Отже, визначення раціональних параметрів сортувальних пристроїв із використанням наукових підходів, що ґрунтуються на врахуванні стохастичних характеристик процесу розформування составів, а також оптимізація потужності їх гальмівних засобів є актуальними науково-прикладними завданнями, які відповідають сучасним напрямам наукових програм АТ «Укрзалізниця», зокрема положенням Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року [1].

Метою даної роботи є підвищення ефективності процесу розформування составів шляхом оптимізації параметрів конструкції сортувального пристрою з протиухалами та потужності його гальмових засобів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- проаналізувати досвід сортування вагонів, формалізації процесу розпуску составів поїздів та чинники, що впливають на ефективність функціонування сортувальних пристроїв;
- проаналізувати теоретичні підходи до розрахунку параметрів конструкції сортувальних гірок;
- обґрунтувати технологію гальмування відчепів для підвищення ефективності функціонування сортувальних пристроїв;
- сформулювати науковий підхід до зменшення потужності паркової гальмової позиції сортувального пристрою з протиухалами;
- визначити оптимальні параметри конструкції поздовжнього профілю сортувального пристрою з протиухалами;
- визначити оптимальний варіант механізації сортувального пристрою з протиухалами;
- виконати техніко-економічне обґрунтування вибору варіанту механізації сортувального пристрою з протиухалами.

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

Предмет дослідження – конструктивні і технічні параметри сортувального пристрою з протнухилами.

Елементи наукової новизни кваліфікаційної роботи. Вперше обґрунтовано оптимальні параметри конструкції поздовжнього профілю сортувального пристрою з протнухилами і оптимальний варіант його механізації 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 параметрів конструкції сортувального пристрою з протиухалами та потужності його гальмових засобів. При цьому:

1. Проаналізовано досвід сортування вагонів, формалізації процесу розпуску составів поїздів та чинники, що впливають на ефективність функціонування сортувальних пристроїв. Аналіз зазначених чинників засвідчив, що їх повне врахування, прогнозування або формалізація на сучасному етапі є надзвичайно складною проблемою, у зв'язку з чим обґрунтовується необхідність пошуку нових підходів до підвищення ефективності сортувального процесу;

2. Проаналізовано теоретичні підходи до розрахунку параметрів конструкції сортувальних гірок. Проведений аналіз засвідчив, що, по-перше, як критерії оптимізації, як правило, використовувалися окремі якісні показники без оцінювання ступеня їх впливу на загальносистемний ефект, і, по-друге, висота, визначена за чинною методикою, у більшості випадків забезпечує пробіг вагонів із незадовільними ходовими характеристиками за несприятливих зимових умов до точок, що перевищують розрахункові для відповідних колій. Це вказує на наявність надлишкової висоти гірок, яка зумовлює необхідність підвищення потужності гальмівних засобів спускної частини та підгіркових колій, а також додаткові витрати електроенергії на регулювання швидкості скочування відчепів і дизельного палива (або електроенергії) на насув і розпуск составів;

3. Обґрунтовано технологію гальмування відчепів для підвищення ефективності функціонування сортувальних пристроїв. Сутність підходу полягає у впровадженні нової технології регулювання швидкості скочування відчепів – технології комбінованого гальмування, реалізація якої можлива за рахунок застосування сортувального пристрою зі спеціальною конструкцією плану та профілю. На відміну від відомих підходів до підвищення ефективності процесу розформування составів, запропоноване рішення істотно спрощує технологію керування швидкістю скочування відчепів, передбачає автоматизацію їх

гальмування лише на ПГП та дає змогу зменшити вплив «людського» чинника й параметрів стохастичної природи на показники сортувального процесу;

4. Сформульовано науковий підхід до зменшення потужності паркової гальмової позиції сортувального пристрою з протиухилами. Результати проведених досліджень засвідчили, що зниження 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 під час гальмування відчепів масою понад 34,8 т. З огляду на спрощення процесу гальмування таких відчепів на ДГП (тобто здійснення регулювання їх швидкості шляхом повного використання потужності вагонних уповільнювачів на заданому ступені гальмування) доцільно застосовувати малопотужні уповільнювачі, номінальна потужність яких є меншою за максимально можливу величину гальмування на цій позиції.

У разі використання на ДГП вагонних уповільнювачів УВСК-11 їх номінальна потужність на 0,14 м ен. в. менша за максимальне можливе значення гальмування на зазначеній позиції. Водночас порівняння необхідної потужності ПГП при $H_{\text{ШВ}}^{\text{ДГП}}=0$ м ен. в. та $H_{\text{ШВ}}^{\text{ДГП}}=0,6$ м ен. в. свідчить про її зменшення на 0,57 м ен. в. Крім того, за $H_{\text{ШВ}}^{\text{ДГП}}=0,6$ м ен. в. висота сортувального пристрою знижується на 0,4 м, а гранична маса відчепу становить 30,8 т, що на 4,0 т менше, ніж за максимально можливої величини гальмування на ДГП (0,74 м ен. в.).

5. Визначено оптимальні параметри конструкції поздовжнього профілю сортувального пристрою з протиухилами, що забезпечують мінімальну висоту гірки і виконання умов розділення відчепів в заданих умовах експлуатації. При $H_{\text{ШВ}}^{\text{ДГП}}=0$ м ен. в. висота пристрою складає 5,26 м, при $H_{\text{ШВ}}^{\text{ДГП}}=0,6$ м ен. в. – 4,86 м;

6. Визначено оптимальний варіант механізації сортувального пристрою з протиухилами. За вартісним критерієм раціональним варіантом механізації при $H_{\text{ШВ}}^{\text{ДГП}}=0$ 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 6337 і 5069 тис. грн з розрахунку на одну сортувальну колію. При $H_{\Sigma ШВ}^{ДГП} = 0,6$ м ен. в на ДГП запропоновано укласти два вагонних уповільнювача УВСК-11, один з яких як резервний;

7. Виконано техніко-економічне обґрунтування вибору варіанту механізації сортувального пристрою з протиухилами. 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 82229,3 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 Вовків Я. Б., Желєнков І. Ю. Ефективність застосування комбінованих вагонних уповільнювачів на сортувальних гірках. Тези доп. 85-ї студ. наук.-техн. конф., м. Харків, 10-11 грудня 2025 р. Харків, 2025. С. 382-383.

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.