Український державний університет залізничного транспорту

Факультет «Управління процесами перевезень»

Кафедра «Залізничні станції та вузли»

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СОРТУВАЛЬНОЇ ГІРКИ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ СОРТУВАННЯ ВАГОНІВ

Пояснювальна записка і розрахунки
до кваліфікаційної роботи

МТПСГ.300.00.00.000 ПЗ

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

_____Ганна ЛИТОВЧЕНКО

Керівник: доцент, канд. техн. наук
Максим КУЦЕНКО

Рецензент: доцент, канд. техн. наук
Антон КОВАЛЬОВ

2025

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 12 слайдів презентації, 95 аркушів пояснювальної записки формату А4, 52 літературні джерела.

Ключові слова: СОРТУВАЛЬНА ГІРКА, СОРТУВАЛЬНИЙ ПРОЦЕС, ВІДЧЕП, ТЕХНІЧНІ ПАРАМЕТРИ ГІРКИ.

Об'єктом дослідження є процес експлуатації сортувальної гірки, а предметом – її конструктивні параметри.

Метою роботи є підвищення ефективності функціонування сортувальної гірки на станції Конотоп шляхом оптимізації її поздовжнього профілю та впровадження сучасних моделей пристроїв для регулювання швидкості відчепів.

У дипломній роботі вирішене науково-практичне завдання раціоналізації конструктивних параметрів сортувальної гірки станції Конотоп з використанням програми імітаційного моделювання процесу скочування розрахункових бігунів, розробленої на кафедрі «Залізничні станції та вузли» Українського державного університету залізничного транспорту.

Економічно доцільно провести оптимізацію висоти та поздовжнього профілю гірки зі встановленням на спускній частині першої гальмової позиції двох уповільнювачів типу УВУ-07 та механізацією паркової гальмової позиції шляхом встановлення двох уповільнювачів типу УВУ-07. При цьому, на 10-й рік експлуатації гірки, економічний ефект з наростаючим підсумком буде становити – 461,57 тис. грн.

ABSTRACT

This qualification work includes 12 presentation slides, 95 pages of an explanatory note in A4 format, and 52 literary sources.

Keywords: HUMP YARD, SORTING PROCESS, RAILCAR, TECHNICAL PARAMETERS OF THE HUMP.

The object of the research is the operational process of the hump yard, while the subject is its structural parameters.

The aim of the work is to improve the efficiency of the hump yard at Konotop station by optimizing its longitudinal profile and implementing modern devices for railcar speed regulation.

This thesis addresses the scientific and practical task of rationalizing the structural parameters of the hump yard at Konotop station, using a simulation modeling program for calculating the rolling process of runners, developed at the "Railway Stations and Junctions" department of the Ukrainian State University of Railway Transport.

From an economic perspective, it is feasible to optimize the height and longitudinal profile of the hump by installing two retarders of the UVU-07 type on the first braking position of the descending section and mechanizing the yard braking position by installing two additional UVU-07 retarders. By the 10th year of operation, the cumulative economic effect will amount to 461.57 thousand UAH.

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет «Управління процесами перевезень»
Кафедра «Залізничні станції та вузли»
Освітній ступінь: магістр
Спеціальність: 275 «Транспортні технології»
275.02 «Транспортні технології (залізничний транспорт)»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
професор, д-р тех. наук
_____ Олександр ОГАР
«01» жовтня 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Литовченко Ганни Сергіївни

1. Тема роботи «Модернізація технічних параметрів сортувальної гірки для оптимізації процесу сортування вагонів»
керівник роботи Куценко Максим Юрійович, канд. техн. наук, доцент
затверджені розпорядженням по факультету управління процесами перевезень від 30 вересня 2024 року № 12/24.
2. Строк подання студентом роботи «03» січня 2025 року.
3. Вихідні дані до роботи: Техніко-експлуатаційна характеристика сортувальної станції, докладна схема сортувальної станції, масштабний план гіркової горловини сортувальної гірки станції, поздовжній профіль сортувальної гірки станції, статистичні дані щодо структури вагонопотоку з переробкою по сортувальній станції
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Техніко-експлуатаційна характеристика сортувальної станції. Аналіз відомих нормативів до розрахунку конструктивних параметрів сортувальних пристроїв. Раціоналізація конструктивних параметрів сортувальної гірки. Техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Титульний лист, мета роботи, об'єкт, предмет, задачі дослідження, наукова новизна, немасштабна схема станції, середньорічна кількість осаджувань, визначення легкої та трудної за опором скочування колії, узагальнені результати імітаційного моделювання, визначення економічного ефекту, висновки. (Загалом 12 слайдів)

6. Консультанти окремих розділів

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів	Балака Є. І., доцент, к. е. н.		

7. Дата видачі завдання «30» вересня 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Техніко-експлуатаційна характеристика сортувальної станції	04.11.2024 р.	20 %
2	Аналіз сучасного стану теорії та практики проектування сортувальних гірок з точки зору оцінки якості заповнення колій накопичення	18.11.2024 р.	40 %
3	Раціоналізація конструктивних параметрів сортувальної гірки	16.12.2024 р.	70 %
4	Техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів	30.12.2024 р.	90 %
5	Оформлення роботи	03.01.2025 р.	100 %

Студент _____ Ганна ЛИТОВЧЕНКО

Керівник _____ Максим КУЦЕНКО

Зміст

Вступ	6
1 Техніко-експлуатаційна характеристика сортувальної станції	9
1.1 Технічна та експлуатаційна характеристика роботи сортувальної станції	9
1.2 Управління експлуатаційною роботою сортувальної станції	11
1.3 Технологія розформування і формування составів	14
2 Аналіз сучасного стану теорії та практики проектування сортувальних гірок з точки зору оцінки якості заповнення колій накопичення	16
3 Раціоналізація конструктивних параметрів сортувальної гірки	44
3.1 Методика статистичної оцінки ступеня заповнення колії накопичення вагонів з урахуванням ймовірнісного характеру умов зовнішнього середовища	44
3.2 Вплив висоти сортувальної гірки на ступінь заповнення колій накопичення вагонів при різних вітрових умовах і постійній структурі составів	48
3.3 Дослідження існуючих динамічних характеристик сортувальної гірки	55
3.4 Визначення раціональних конструктивних параметрів сортувальної гірки	60
4 Техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів	65
Висновки	77
Список використаних джерел	79
Додаток А Характеристика колійного розвитку сортувальної станції та дані щодо розміщення споруд та будівель	85
Додаток Б Варіанти конструктивного виконання відомих типів сортувальних пристроїв та формули для їх розрахунку	90

Вступ

Практичний досвід використання сортувальних гірок свідчить, що проблема якісного заповнення сортувальних колій ще не вирішена повністю. Значна частина відчепів не досягає вагонів, які знаходяться на коліях, утворюючи так звані "вікна". Водночас фіксуються випадки зіткнень з неприпустимо високими швидкостями, що часто призводить до пошкодження вагонів та вантажів.

Серед можливих причин такої ситуації можна виділити: невідповідність фактичного поздовжнього профілю сортувальних пристроїв до проєктного, нестачу гальмівних засобів, помилки оператора під час гальмування відчепів, збої в роботі системи гальмування через технічні несправності, а також похибки у визначенні характеристик відчепів через недостатнє врахування багатьох випадкових факторів (наприклад, впливу вітру) та інші труднощі, які інколи важко піддаються формалізації.

Для вирішення проблеми якісного заповнення сортувальних колій необхідно мати точні дані щодо впливу різних факторів на цей процес. Наявність таких даних дозволить розробити проєктно-технічні рішення, спрямовані на оптимізацію параметрів сортувальних гірок для покращення заповнення колій та забезпечення безпечних умов зіткнення вагонів відповідно до Правил технічної експлуатації залізниць України.

Важливо зазначити, що проведення точної кількісної оцінки впливу різних зовнішніх і внутрішніх чинників на процес заповнення колій суттєво ускладнюється. У реальних умовах експлуатації сортувальної гірки часто неможливо однозначно визначити, наскільки той чи інший фактор вплинув на якість заповнення. Наявність багатьох змінних, що взаємодіють між собою, зокрема випадкових величин, таких як характеристики відчепів або напрямок і швидкість вітру, створює «шум», який

заважає точно оцінити окремі впливи. Відсутність достатньо достовірної інформації про вплив цих факторів ускладнює розробку ефективних проектних та організаційних рішень для покращення ситуації із мінімізацією роботи щодо осаджування вагонів і забезпечення їх збереження, зокрема шляхом дотримання норм безпечних швидкостей зіткнення відповідно до Правил технічної експлуатації залізниць України.

Ця ситуація підкреслює актуальність даного напряму досліджень. Основною метою роботи є підвищення ефективності функціонування сортувальної гірки на станції Конотоп шляхом оптимізації її поздовжнього профілю та впровадження сучасних моделей пристроїв для регулювання швидкості відчепів, які вирізняються економічністю та надійністю.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз існуючих наукових підходів до визначення раціональних параметрів сортувальних пристроїв;

- дослідити сучасний стан сортувальної гірки станції Конотоп;

- визначити оптимальні конструктивні параметри для гірки цієї станції;

- обґрунтувати економічну доцільність впровадження запропонованих параметрів.

Об'єктом дослідження є процес експлуатації сортувальної гірки, а предметом – її конструктивні параметри.

Методологія дослідження базується на використанні програми імітаційного моделювання процесу скочування бігунів, розробленої на кафедрі «Залізничні станції та вузли» Української державної академії залізничного транспорту. В дослідженні застосовуються чисельні методи та економічний аналіз.

Наукова новизна полягає в тому, що вперше при визначенні оптимальних конструктивних параметрів сортувальної гірки станції Конотоп було проведено аналіз впливу її висоти на заповнення сортувальних колій.

Висновки

У дипломній роботі вирішене науково-практичне завдання раціоналізації конструктивних параметрів сортувальної гірки станції Конотоп з використанням програми імітаційного моделювання процесу скочування розрахункових бігунів, розробленої на кафедрі «Залізничні станції та вузли» Української державної академії залізничного транспорту. Це дозволить зменшити експлуатаційні витрати, якими супроводжується сортувальний процес, за рахунок застосування оптимальних висоти і поздовжнього профілю з раціональним використанням вагонних уповільнювачів спускної частини та забезпечити вимоги щодо безпеки та безперебійності сортувального процесу.

На підставі проведених в роботі досліджень, можна зробити наступні висновки.

1. На основі аналізу відомих методів розрахунку конструктивних параметрів сортувальних пристроїв можна зробити висновок, що останнім часом багато наукових розробок направлені на вирішення питання оптимізації конструктивних параметрів сортувальних пристроїв з метою зменшення затрат, підвищення безпеки перевезень та безперебійності роботи залізниць.

2. Для проведення раціоналізації конструктивних параметрів сортувальної гірки станції Конотоп було досліджено сучасний стан сортувальної гірки. Результати дослідження дали змогу стверджувати що при існуючих параметрах сортувальна гірка не забезпечує безпечні та безперебійні умови роботи і виникає необхідність її реконструкції.

3. Проведена раціоналізація конструктивно-технічних параметрів сортувального пристрою станції Конотоп дозволила зробити наступні висновки:

- рекомендований поздовжній профіль сортувального пристрою станції Конотоп вимагає мінімальних обсягів земляних робіт;

- у ході раціоналізації конструктивно-технічних параметрів сортувального пристрою станції Конотоп рекомендовано на спускній частині першої гальмової позиції двох уповільнювачів типу РНЗ-2М або УВУ-07 та механізувати паркову

гальмову позицію шляхом встановлення двох уповільнювачів типу РНЗ-2М або УВУ-07;

- рекомендований поздовжній профіль потребує збільшити висоту сортувальної гірки з 2,35 м до 2,95 м;

- введення механізованої першої гальмової позиції дозволить збільшити швидкість розпуску з 0,8 м/с до 1,2 м/с;

- проведені динамічні розрахунки встановили, що пробіг розрахункового бігуна до розрахункової точки в зимових несприятливих умовах забезпечується при встановленні механізованої гальмової позиції на спускній частині та механізації паркової гальмової позиції;

- при встановленні механізованої гальмової позиції на спускній частині та механізації паркової гальмової позиції ліквідується небезпечна праця регулювальників швидкості руху відчепів.

4. Техніко-економічне обґрунтування обраних конструктивно-технічних параметрів сортувальної гірки станції Конотоп дозволило зробити висновок, що економічно доцільно провести оптимізацію висоти та поздовжнього профілю гірки зі встановленням на спускній частині першої гальмової позиції двох уповільнювачів типу УВУ-07 та механізацією паркової гальмової позиції шляхом встановлення двох уповільнювачів типу УВУ-07. При цьому, на 10-й рік експлуатації гірки, економічний ефект з наростаючим підсумком буде становити – 461,57 тис. грн.

Список використаних джерел

1. Транспортна стратегія України на період до 2030 року [Електронний ресурс] / Схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 20199 р. №1555-р. – Режим доступу: www/URL: http://www.mintrans.gov.ua 10.12.2019. – Загол. з екрана.

2. Технологчний процес роботи сортувальної станції Конотоп [Текст]: рукопис. – Київ: Управління Південно-Західної залізниці, 2007. – 189 с.

3. Техніко-розпорядчий акт станції Конотоп Південно-Західної залізниці [Текст]: рукопис. – Київ: Управління Південно-Західної залізниці, 2007. – 167 с.

4. Про концепцію створення спеціальних (вільних) економічних зон в Україні [Текст]. – К.: Кабінет міністрів України від 25 серпня 2004 р. №1109. – 15 с.

5. Кірпа, Г. М. Інтеграція залізничного транспорту України у європейську транспортну систему [Текст] / Г. М. Кірпа. – 2-е видання, перероб. і доп. – Дніпропетровськ: Рекламно-видавничий відділ ДІІТ, 2004. – 248 с.

6. Технологічний процес роботи Конотопської дирекції залізничних перевезень [Текст]: рукопис. – Київ: Управління Південно-Західної залізниці, 2007. – 216 с.

7. Образцов, В. М. Станції та вузли. Ч. 2 [Текст] / В. М. Образцов. – М. : Трансзаліничвидат, 1929. – 90 с.

8. Рогінський, М. О. Менханізація сортувальних гірок [Текст] / М. О. Рогінський. – М. : Трансзаліничвидат, 1938. – 87 с.

9. Бартенєв, П. В. Станції та вузли [Текст] / П. В. Бартенєв. – М. : Трансзаліничвидат, 1945. – 127 с.

10. Станції та вузли [Текст] / В. М. Образцов, В. Д. Нікітін, Ф. И. Шаульский, С. П. Бузанов. – М.: Транспорт, 1949. – 304 с.

11. Страковський, І. І. Опір вагонів при скочуванні з гірки у зимовий час [Текст] / І. І. Страковський // Тр. ВНІІЗТа. – М. : Трансзаліничвидат, 1952. – Вип. 63. – 129 с.

12. Бузанов, С. П. Проектування механізованих та автоматизованих сортувальних гірок [Текст] / Навчальний посібник для вишів залізничного т ранспорту. С. П. Бузанов. – М.: Транспорт, 1965. – 232 с.

13. Павлов, В. Є. Дослідження проблеми оптимального проектвання автоматизованої сортувальної гірки [Текст]: дисс... доктора техн. наук / В. Є. Павлов. – Л., 1970. – 285 с.

14. Родімов, Б. А. Проектування механізованих та автоматизованих сортувальних гірок [Текст]: навч. посібн. / Б. А. Родімов, В. Є. Павлов, В. Д. Прокінова. – М.: Транспорт, 1980. – 16 с.

15. Кривошей, Б. А., Пестременко, А. З. Техніко-експлуатаційні параметри сортувальної гірки [Текст] / Б. А. Кривошей, А. З. Пестременко // Механізація та автоматизація сортувального процесу на станціях / Праці ДІІТа. – 1977. – С. 39 – 47.

16. Бессоненко, С. А. Розрахунок поздовжнього профіля спускної частини сортувальної гірки // В кн. Проблеми перпективного розвитку залізничних станцій та вузлів [Текст]: Міжвуз. зб.наук.статей / Гомель: 1984. - с. 69-76.

17. Гурічев, Ю. Т. Про один підхід до задачі знаходження оптимальних параметрів гірки [Текст] / Ю. Т. Гурічев, А. М. Гуда, С. М. Дегтярьов, М. М. Новгородов // Мікропроцесорні системи управління на залізничному транспорті / Праці РІІЗТа. – Ростов-на-Дону, 1984. – Вип. 54. – С. 35 – 38.

18. Дашков, М. Г. До питання проектування ступінчастого профілю спускної частини сортувальної гірки [Текст] / М. Г. Дашков // Підвищення ефективності експлуатаційної роботи залізниць / Міжвуз. зб. наук. працьв. – Новосибірськ, 1987. – Вип. 219/4. –С. 57 – 64.

19. Дашков, М. Г. Аналіз норм проектування сортувальних гірок та умов пропуску по їх профілю вагонів зі збільшеною базою [Текст] / М. Г. Дашков // Удосконалення управління перевезеннями на залізницях / Міжвуз. зб. наук. праць. – Новосибірськ, 1986. – Вип. 218/7. – С. 19 – 28.

20. Дашков, М. Г. Щодо можливості збільшення максимального значення уклону швидкісної дільниці сортувальної гірки [Текст] / М. Г. Дашков // Механізація

і автоматизація сортувального процесу на станціях / Міжвуз. зб. наук. праць. – Дніпропетровськ, 1981. – Вип. 216/14. – С. 76 – 84.

21. Феоктістов, І. Б. Аналіз проходу вагонів через позитивні переломи профілю сортувальних гірок [Текст] / І. Б. Феоктістов, В. В. Стрельникова // Вісник ВНІІЗТа. – 1985. – №1. – С. 40 – 43.

22. Ахвердієв, К. С. Оптимальний гірковий профіль та динаміка скочування відчепів по ньому [Текст] / К. С. Ахвердієв, Б. І. Алібеков, В. П. Жуков // Транспорт: наука, техніка, управління. – 1991. – №8. – С. 13 – 18.

23. Правила та норми проектування сортувальних пристроїв на залізницях [Текст] // ВСН 207 – 89 / МПС. – Нормативне виробничо-практичне видання. – М. : Транспорт, 1992. – 104 с.

24. Петере, П., Дебушевич, П. Сучасні сортувальні пристрої на державних залізницях ФРН [Текст] / П. Петере // Залізниці світу. – 1991. – №3. – С. 10–14.

25. Чжун Чупбънь. Дослідження дискретно-безперервного варіанта системи регулювання швидкості на гірках КЖД [Текст] / Чупбънь Чжун // Бюлетень ОСЖД. – 1985. – №1. – С. 2 – 7.

26. Аркатов, В. С. Покращення використання сортувальних колій при автоматизації розпуску [Текст] / В. С. Аркатов, В. І. Бобровський, Ю. А. Муха, А. А. Муратов. // Залізничний транспорт. – 1983. – № 11. – С. 20 – 22.

27. Лапицький, Х. М. Опір середовища при скочуванні вагонів з сортувальної гірки [Текст] / Х. М. Лапицький // Транспортне будівництво. – 1967. – № 4. – С. 41 – 42.

28. Сотніков, Є. А. Опір руху вантажних вагонів при скочуванні з гірки [Текст] / під. ред. Е. А. Сотнікова // Тр. ЦНІІ МПС. – М.: Транспорт, 1975. Вип. 545. – 101 с.

29. Старшов, І. П. Визначення повітряного опору руху вагонів на сортувальних гірках [Текст] / І. П. Старшов // Вісник ВНІІЗТа. – 1970. – № 6. – С. 16 – 20.

30. Методичні рекомендації по проектуванню гірок малої потужності, що обладнані засобами механізації та автоматизації сортування вагонів [Текст]: ЦДС-11 от 18.02.80 / МПС М.: Транспорт, 1980. – 72 с.

31. Методичні рекомендації по типовим рішенням сортувальних пристроїв малої потужності та розміщенню їх на станціях формування багатогрупних составів і подач вагонів на вантажні пункти [Текст]: М.: ЦНІІТЕІ МПС, 1986. – 53 с.

32. Муха, Ю. А. Посібник по застосуванню правил та норм проектування сортувальних пристроїв [Текст]: навч. посібн. / Ю. А. Муха, Л. Б. Тішков, В. П. Шейкін та ін. – М.: Транспорт, 1994. – 220 с.

33. Буянова, В. К. Моделювання на ЕОМ процесу розпуску вагонів з сортувальної гірки [Текст] / В. К. Буянова // Вісник ВНІІЗТ. – 1965. – №6. – С. 60 – 64.

34. Нагорний, Є. В. Підвищення ефктивності прицільного регулювання швидкості відчепів на механізованих гірках // Проблеми перспективного розвитку залізничних станцій та вузлів [Текст]: міжвуз. зб. наук. статей / Є. В. Нагорний, Ф. В. Телегін: Гомель, 1978. – С. 83 – 86.

35. Нагорний, Є. В. Техніко-експлуатаційне порівняння принципів прицільного та квазібезперервного регулювання швидкості руху відчепів на коліях сортувального парку з системами АРШ // Проблеми перспективного розвитку залізничних станцій та вузлів [Текст]: міжвуз. зб. наук. статей / Є. В. Нагорний, І. В. Берестов: Гомель, 1987. - с. 44-51.

36. Тішков, Л. Б. Теоретичні та методологічні основи коректування алгоритмів розрахунку висоти, поздовжнього профіля сортувальних гірок та систем управління розформуванням составів // Вісник ВНІІЗТа [Текст] / Л. Б. Тішков.: 1996. – №6. – с. 22 – 26.

37. Бикадоров, А. В. Деякі особливості скочування відчепів з декількох вагонів [Текст] / А. В. Бикадоров // Тр. НІІЗТа. – Новосибірськ. – 1959. – Вип. 20. – С. 150 – 157.

38. Мацкель, С. С. Проектування поздовжнього профілю сортувальних станцій за допомогою математичного моделювання маневрових процесів на ЕЦОМ [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук / С. С. Мацкель. М.: 1968. – 34 с.

39. Огар, О. М. Розвиток теорії експлуатації та методів розрахунку конструктивно-технологічних параметрів сортувальних гірок [Текст]: автореф. дис д-ра техн. наук: 05.22.20 / О. М. Огар; [Українська державна академія залізничного транспорту]. – Харків, 2011. – 36 с.

40. Муха, Ю. А. Моделювання на ЕЦОМ процесу скочування відчепів з сортувальної гірки [Текст] / Ю. А. Муха, В. І. Бобровський // Міжвуз. зб. наук. праць. – Дніпропетровськ : ДІІТ, 1969. – Вип. 90/6. – С. 53 – 63.

41. Бобровський, В. І. Про один алгоритм управління інтервальними гальмовими позиціями [Текст] / В. І. Бобровський, А. А. Муратов // Міжвуз. зб. наук. праць – Д: ДІІТ,1981. – Вип. 172/7. – С. 29–36.

42. Нагорний, Є. В. Наукові основи та розробка комплексної технології потокової та безперервної переробки вагонів на сортувальних станціях [Текст] : дис…. доктора техн. наук / Є. В. Нагорний. – Харків, 1994. – 365 с.

43. Берестов, І. В. Оптимізація параметрів систем регулювання швидкості відчепів на коліях сортувальних парків [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук: / І. В. Берестов. – Л.: 1998. – 24 с.

44. Медведєва, Н. Л. Удосконалення методів розрахунку гірок малої потужності, що забезпечують функціонування місцевих сортувальних систем [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук. – М.: 2001. – 26 с.

45. Клімов, А. А. Удосконалення сортувальних пристроїв, що спеціалізуються для порожніх вагонів [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук.: 05.22.08 / А. А. Клімов – Новосибірськ, 2001. – 128 с.

46. Карасьов, С. В. Вплив конструкції гірки, структури вагонопотоку та зовнішнього середовища на якість заповнення колій сортувального парку а [Текст]: дис. канд. техн. наук: 05.22.08 / С. В. Карасьов. – Новосибірськ, 2003. – 201 с.

47. Муха, Ю. А. Автоматизація та механізація переробки вагонів на станціях [Текст] / Ю. А. Муха, І. В. Харланович, В. П. Шейкін та ін. – М.: Транспорт, 1985. – 248 с.

48. Оцінка економічної доцільності інвестицій в інноваційні проекти на транспорті [Текст] / Є. І. Балака, О. І. Зоріна, Н. М. Колеснікова, І. М. Писаревський; Українська державна академія залізничного транспорту.–Х.:Транспорт, 2005.– 186 с.

49. Крячко, В. І. До питання щодо опору від повітряного середовища при скочуванні відчепів на сортувальних гірках [Текст] / В. І. Крячко // РЖ ВІНІТІ Залізничний транспорт. – 1990. – № 5. – 8 с.

50. Огар, О. М. Удосконалення методу розрахунку додаткового питомого опору від середовища і вітру при моделюванні скочування вагонів з гірки [Текст] / О. М. Огар // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2010. – Випуск 4/7 (40). – С. 20 – 26.

51. Методичні вказівки до виконання дипломних проектів [Текст]. Ч. 1 – 3 / Л. О. Позднякова, М. Д. Жердєв, В. І. Куделя, В. О. Котик, Т. О. Тимофєєва; Українська державна академія залізничного транспорту. – Харків: УкрДАЗТ, 2007.

52. Савінова, Т. С. Аналіз теорії розрахунку основних параметрів сортувальних пристроїв [Текст] / М. Ю. Куценко, В. В. Гаврилко, Т. С. Савінова // Тези 81 студентської науково-технічної конференції. – 2019. –С. 179.