

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет «Управління процесами перевезень»


Кафедра «Залізничні станції та вузли»

**ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ГАЛЬМУВАННЯ ВІДЧЕПІВ ШЛЯХОМ
ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ЦИФРОВОГО РОЗПІЗНАВАННЯ**

Пояснювальна записка і розрахунки
до кваліфікаційної роботи

ОПГВШ.300.00.00.000 ПЗ

Розробила студентка групи 211-ОПУТ-323
спеціальності 275 / 275.02 (роботу виконано
самостійно, відповідно до принципів
академічної доброчесності)

 Лілія ЛЕВЧЕНКО

Керівник: доцент, канд. техн. наук

Максим КУЦЕНКО

Рецензент: доцент, канд. техн. наук

Антон КОВАЛЬОВ

2025 р.

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 15 слайдів презентації, 112 аркушів пояснювальної записки формату А4, 97 літературних джерел.

Ключові слова: СОРТУВАЛЬНА ГІРКА, СОРТУВАЛЬНИЙ ПРОЦЕС, ВІДЧЕП, ЦИФРОВИЙ ЗІР.

Об'єктом дослідження є процес функціонування сортувальної гірки, а предметом – автоматизація сортувального процесу.

Метою дослідження є вдосконалення конструктивних параметрів сортувальної гірки станції «Основа» та підвищення її ефективності шляхом застосування енергоефективного поздовжнього профілю та впровадження системи машинного зору.

Питання оптимізації конструктивних параметрів сортувальних пристроїв з метою приведення у відповідність витрат, якими супроводжується сортувальний процес, до існуючих обсягів переробки, не може бути вирішене за допомогою відомих методів їх розрахунку. Обґрунтовано доцільність впровадження системи машинного зору і розроблено докладну схему розташування камер відео спостереження. Виявлено, що для максимально ефективного функціонування системи використання лише одного методу Хорна-Шанке не достатньо, тому було вирішено використовувати синтез методів для досягнення ефекту синергії.

Економічно доцільно провести впровадження системи машинного зору зі збереженням існуючих технічних засобів регулювання швидкості відчепів. Економічний ефект з наростаючим підсумком буде становити 32665,57 тис. грн.

ABSTRACT

This qualification work includes 15 presentation slides, 112 pages of explanatory notes in A4 format, and 97 literary sources.

Keywords: CLASSIFICATION HUMP, CLASSIFICATION PROCESS, CUT OF CARS, MACHINE VISION.

The object of the study is the operational process of a classification hump, while the subject is the automation of the classification process.

The purpose of the study is to improve the design parameters of the classification hump at Osnova station and enhance its efficiency through the implementation of an energy-efficient longitudinal profile and a machine vision system.

The issue of optimizing the design parameters of classification devices to align the costs associated with the classification process with the existing processing volumes cannot be resolved using conventional calculation methods. The feasibility of implementing a machine vision system has been substantiated, and a detailed scheme for positioning video surveillance cameras has been developed. It has been determined that relying solely on the Horn-Schunck method for the system's functionality is insufficient. Therefore, a synthesis of methods was chosen to achieve a synergistic effect.

The implementation of a machine vision system while retaining the existing technical means of regulating the speed of cuts is economically justified. The cumulative economic effect will amount to 32,665.57 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 техн. наук

Олександр ОГАР



« 30 » вересня 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Левченко Лілії Станіславівни

1. Тема «Оптимізація процесу гальмування відцепів шляхом впровадження технологій цифрового розпізнавання»
керівник Куценко Максим Юрійович, к.т.н., доцент
затверджені розпорядженням по факультету управління процесами перевезень від 30 вересня 2024 року № 12/24.
2. Строк подання студентом закінченої роботи– 03 січня 2025 року
3. Вихідні дані :Техніко-технологічна характеристика сортувальної станції Основа. Докладна схема станції Основа. Масштабний план гіркової горловини сортувальної гірки станції Основа. Поздовжній профіль сортувальної гірки. Структура вагонопотоку з переробкою по станції Основа.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Технічна та експлуатаційна характеристика сортувальної станції. Аналіз відомих методологічних підходів до розрахунку та раціоналізації конструктивних параметрів сортувальних гірок. Дослідження відомих систем автоматизації сортувального процесу. Вивчення можливості застосування машинного зору при використанні інтервально-прицільного гальмування відцепів. Визначення раціональних конструктивних параметрів сортувальної гірки при застосуванні інтервально-прицільного гальмування відцепів з використанням технології машинного зору. Техніко-економічне обґрунтування запропонованих варіантів раціоналізації конструктивних параметрів Південної сортувальної гірки станції Основа.
5. Перелік графічного матеріалу: мета роботи, об'єкт, предмет, задачі дослідження, схема ідентифікації фону, послідовність на півтонових зображень, моделювання методом віднімання фону, формули для реалізації методу Хорна-Шанке, результати моделювання, схема розташування камер, техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів, висновки (загалом 16 слайдів).

6. Консультанти окремих розділів

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Техніко-економічне обґрунтування запропонованих варіантів раціоналізації конструктивних параметрів Південної сортувальної гірки станції Основа	Гриценко Н. В., доцент, к.е.н.		

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН





Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1. Технічна та експлуатаційна характеристика сортувальної станції	04.11.2024 р.	10 %
2. Аналіз відомих методологічних підходів до розрахунку та раціоналізації конструктивних параметрів сортувальних гірок	18.11.2024 р.	20 %
3. Дослідження відомих систем автоматизації сортувального процесу	16.12.2024 р.	30 %
4. Вивчення можливості застосування машинного зору при використанні інтервально-прицільного гальмування відчепів	30.12.2024 р.	60 %
5. Визначення раціональних конструктивних параметрів сортувальної гірки при застосуванні інтервально-прицільного гальмування відчепів з використанням технології машинного зору	03.01.2025 р.	80 %
6. Техніко-економічне обґрунтування запропонованих варіантів раціоналізації конструктивних параметрів Південної сортувальної гірки станції Основа	03.01.2025 р.	90 %
5. Оформлення роботи	03.01.2025 р.	100 %

Студентка  Лілія ЛЕВЧЕНКО

Керівник  Максим КУЦЕНКО

Зміст

Вступ	6
1 Технічна та експлуатаційна характеристика сортувальної станції	9
1.1 Технічна характеристика сортувальної станції	9
1.2 Експлуатаційна характеристика сортувальної станції	14
2 Аналіз відомих методологічних підходів до розрахунку та раціоналізації конструктивних параметрів сортувальних гірок	16
3 Дослідження відомих систем автоматизації сортувального процесу	30
4 Вивчення можливості застосування технології машинного зору при використанні інтервально-прицільного гальмування відчепів	43
5 Визначення раціональних конструктивних параметрів сортувальної гірки при застосуванні інтервально-прицільного гальмування відчепів з використанням технології машинного зору	59
5.1 Дослідження структури вагонопотоку з переробкою на Південній сортувальній гірці станції Основа	59
5.2 Визначення основного питомого опору розрахункового бігуна за допомогою методу параболічної інтерполяції	60
5.3 Дослідження існуючих енергетичних характеристик конструктивних параметрів Південної сортувальної гірки станції Основа	65
5.4 Обґрунтування вибору методу раціоналізації конструктивних параметрів Південної сортувальної гірки станції Основа	65
5.5 Раціоналізація конструктивних параметрів Південної сортувальної гірки станції Основа	70
6 Техніко-економічне обґрунтування запропонованих варіантів раціоналізації конструктивних параметрів Південної сортувальної гірки станції Основа	74
Висновки	84
Список використаних джерел	86
Додаток А – Дані про варіанти конструктивного виконання відомих типів сортувальних пристроїв та формули для їх розрахунку	96
Додаток Б – Відомі системи автоматизації сортувального процесу	103
Додаток В – План та профіль розрахункової колії Південної сортувальної гірки станції Основа	107
Додаток Г – Результати імітаційного моделювання процесу скочування розрахункових бігунів для Південної сортувальної гірки станції Основа	108
Додаток Д – Схема розміщення відеокамер для впровадження технології машинного зору	112

ОПГВІШ.300.00.00.000 ПЗ								
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Оптимізація процесу гальмування відчепів шляхом впровадження технологій цифрового розпізнавання	Літ.	Лист	Листів
Розробив		Левченко				5	5	112
Перевірив		Квценко						
Н. контр.		Шаповал						
Затв.		Огар			УкрДУЗТ			

Вступ

Проблема ефективного використання паливно-енергетичних, виробничих і транспортних ресурсів є однією з найбільш важливих для залізничного транспорту України і з кожним роком стає все актуальнішою. Це зумовлено зростанням вартості енергоносіїв, значним зносом основних фондів, недосконалою конструкцією транспортних засобів та іншими чинниками.

Для вирішення цієї проблеми необхідно розробляти і впроваджувати нові технічні та технологічні рішення, зокрема, щодо вдосконалення роботи сортувальних гірок. Конструкція та технологія роботи цих гірок мають значний вплив на ефективність збереження енергії та ресурсів, що робить актуальним удосконалення їх конструктивних параметрів і процесу сортування.

До цього часу питання комплексної оптимізації параметрів сортувальних гірок з урахуванням зазначених факторів не було достатньо досліджено.

Основою для розробки цієї теми стали положення Транспортної стратегії України на період до 2030 року та Закону України про енергозбереження, які спрямовані на підвищення ефективності галузі в умовах збереження енергетичних і виробничих ресурсів, а також інтеграції українського транспорту до європейської та світової транспортної системи.

Інформацією для роботи стали техніко-експлуатаційні характеристики сортувальної станції «Основа», схеми цієї станції, детальний план гіркової горловини та поздовжній профіль сортувальної гірки, а також статистичні дані про структуру вагонопотоку на цій станції.

Конструктивні параметри вітчизняних сортувальних гірок, що були розроблені в середині минулого століття, досі застосовуються в Україні. Важливо зауважити, що методи їх розрахунку того часу були орієнтовані на інтенсифікацію сортувального процесу з метою обробки збільшених обсягів вагонопотоків. Крім того, парк вантажних вагонів того періоду значно відрізнявся від сучасного, зокрема, більшим значенням питомого опору руху. Тому питання енергоефективності та зменшення експлуатаційних витрат тоді не мало такої

актуальності, як зараз. Аналіз сучасних методів розрахунку конструктивних параметрів показав, що багато з них не враховують комплексного підходу, а також потребують значних витрат на експериментальні дослідження і є складними у використанні.

Згідно з аналізом статистичних даних щодо характеристик сортувальних пристроїв в Україні, жоден з них не відповідає повністю сучасним вимогам, а їх технічне оснащення потребує оновлення. Це створює необхідність перегляду існуючих конструкцій плану і профілю сортувальних гірок, а також їх модернізації за рахунок впровадження нових технологій, таких як системи регулювання швидкості відчепів та автоматизації сортувального процесу. Це визначає актуальність запропонованої роботи, яка спрямована на вирішення важливого наукового завдання.

Основною метою дослідження є вдосконалення конструктивних параметрів сортувальної гірки станції «Основа» та підвищення її ефективності шляхом застосування енергоефективного поздовжнього профілю та впровадження системи машинного зору. Для досягнення цієї мети необхідно вирішити низку завдань, серед яких:

- аналіз техніко-експлуатаційних характеристик сортувальної станції «Основа»;
- дослідження сучасних систем автоматизації сортувального процесу;
- обґрунтування доцільності використання машинного зору для гравітаційно-прицільного гальмування відчепів;
- оптимізація конструктивних параметрів сортувальної гірки станції «Основа»;
- економічне обґрунтування доцільності застосування раціональних конструктивних параметрів на станції «Основа».

Об'єктом дослідження є процес функціонування сортувальної гірки, а предметом – автоматизація сортувального процесу.

Методи дослідження базуються на використанні імітаційного моделювання процесу скочування розрахункових бігунів за допомогою ПЕОМ, а також на методах математичної статистики, теорії ймовірностей, нелінійного програмування,

чисельних методах і економічному аналізі.

Науковою новизною роботи є вперше запропонована для сортувальної гірки станції «Основа» система автоматизації сортувального процесу, що ґрунтується на застосуванні технології машинного зору.

Висновки

У кваліфікаційній роботі вирішене науково-практичне завдання впровадження технології машинного зору при застосуванні інтервально-прицільного гальмування відчепів, що 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, а також зменшити експлуатаційні витрати.

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

1. Питання оптимізації конструктивних параметрів сортувальних пристроїв з метою приведення у відповідність витрат, якими супроводжується сортувальний процес, до існуючих обсягів переробки, не може бути вирішене за допомогою відомих методів їх розрахунку. Наукові підходи щодо розрахунку та оптимізації конструктивних параметрів, які були розроблені за радянських часів (в тому числі і нині діючі ПНПСП), були спрямовані на підвищення переробної спроможності сортувальних пристроїв, а питання застосування ресурсозберігаючих та енергоефективних конструктивних параметрів не було актуальним.

2.Проведений аналіз відомих систем автоматизації сортувального процесу дозволив зробити висновки:

- ускладнення завдань (в тому числі і на необхідності підвищення переробки на станції при різкому підвищенні якості переробки), величезний обсяг факторів, що впливають, підвищення загального інтелектуально-технічного рівня виконавців робить ручну працю значно дорожче і менш ефективною на сортувальній гірці, а «людський фактор» визначальним у виникненні нештатних ситуацій.

- в цих умовах релейні системи вичерпали свій технологічний ресурс - вони не мають перспектив. Так само не має перспектив поділ по окремим системам функцій ГАЦ і АРС. Досвід розвитку гіркових систем за кордоном і вітчизняний

досвід вказують на перспективу впровадження повнофункціональних мікропроцесорних систем управління технологічним процесом розпуску составів.

- не дивлячись на різні умови експлуатації схожість технологічних процесів дозволяє зробити висновок про можливість застосування зарубіжних аналогів окремих пристроїв (особливо європейських) на вітчизняних залізницях після адаптації до умов технологічного процесу.

- основною умовою ефективності зарубіжних систем є збереження рівня безпеки при скороченні персоналу, в тому числі – зниження ролі «людського фактора» в технологічному процесі.

3. Обґрунтовано доцільність впровадження системи машинного зору і розроблено докладну схему розташування камер відео спостереження. Виявлено, що для максимально ефективного функціонування системи використання лише одного методу Хорна-Шанке не достатньо, тому було вирішено використовувати синтез методів для досягнення ефекту синергії.

4. Аналіз результатів імітаційного моделювання дозволив зробити наступні висновки:

- пробіг розрахункового бігуна до розрахункової точки в зимових несприятливих умовах цілком забезпечується.

5. Оскільки за існуючих конструктивних параметрів, сортувальна гірка не в змозі забезпечити вимоги безпеки та безперебійності сортувального процесу, що спричиняє пошкодження вагонів, економічно доцільно провести впровадження системи машинного зору зі збереженням існуючих технічних засобів регулювання швидкості відчепів. При цьому, на 10-й рік експлуатації гірки, економічний ефект з наростаючим підсумком буде становити 32665,57 тис. грн.

Список використаних джерел

- 1 Транспортна стратегія України на період до 2030 року [Електронний ресурс] / Схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2019 р. №1555-р. – Режим доступу: [www/URL: http://www.mintrans.gov.ua](http://www.mintrans.gov.ua) 10.12.2019. – Загол. з екрана.
- 2 Технологічний процес роботи сортувальної станції Основа в умовах функціонування базового програмно-технічного комплексу комп'ютерної системи електронного обміну даними КСЕОД-сортувальна станція [Текст]: рукопис. – Харків: ДН-2, 2000. – 267 с.
- 3 Образцов, В. М. Станції та вузли. Ч. 2 [Текст] / В. М. Образцов. – М. : Трансзалізничвидання, 1929. – 90 с.
- 4 Гібшман, Є. А. Облаштування пасажирських і товарних станцій [Текст] / Є. А. Гібшман. – М. : Трансдрук, 1928. – 117 с.
- 5 Огар, О. М. Підвищення ресурсозбереження та ефективності функціонування сортувальних гірок при оптимізації поздовжнього профіля [Текст] : дисс.... канд. техн. наук / О. М. Огар. – Харків, 2002. – 194 с.
- 6 Рогінський, М. О. Механізація сортувальних гірок [Текст] / М. О. Рогінський. – М. : Трансзалізничвидання, 1938. – 87 с.
- 7 Бартенєв, П. В. Станції та вузли [Текст] / П. В. Бартенєв. – М. : Трансзалізничвидання, 1945. – 127 с.
- 8 Основні вимоги до технічного оснащення сортувальних станцій [Текст] : зб. наук. праць. ВНІЗТа. – М.: Трансзалізничвидання. – Вип. 270. – 1963. – 220 с.
- 9 Правдін, М.В. Аналіз існуючих методів розрахунку ортувальних гірок [Текст] / М.В. Правдін, С.А. Бессоненко // Транспорт: наука, техніка, управління. – 2005. – №2. – С. 8 – 23.
- 10 Архангельський, Є. В. Розрахунок і проектування сортувальних гірок підвищеної, великої і середньої потужності [Текст] : навч. посібник / Є. В. Архангельський, А.М. Сухопяткін. – М.: 1994. – 157 с.

11 Дашков, М. Г. До питання визначення мінімальної довжини першого елемента швидкісної дільниці гірки [Текст] / М. Г. Дашков // Питання проектування і організації роботи залізничних станцій та вузлів / Праці НІІЗТа. – Новосибірськ, 1979. – Вип. 201/14. – С. 23 – 34.

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

13 Панкратова, Л. В. Адаптивні моделі транспортних технологічних процесів [Текст] / Л. В. Панкратов. – М.: РГОТУПС, 2001. – 63 с.

14 Бессоненко, С. А. Розрахунок поздовжнього профілю спускної частини сортувальної гірки [Текст] / С. А. Бессоненко // Проблеми перспективного розвитку залізничних станцій та вузлів / Труды БілІІЗТа. – Гомель, 1984. – С. 69 – 76.

15 Костін, М. І. Опір руху одиночних вагонів [Текст] / М. І. Костін // Залізнична справа. – Москва, 1931. – № 12. – С. 5 – 11.

16 Пугачевський, Ф. В. Механізовані сортувальні гірки та їх розрахунок [Текст] / Ф. В. Пугачевський. – М. : Трасзалізничвидання, 1933. – 173 с.

17 Фролов, А. М. Опір вагонів при скочуванні з гірок [Текст] / А. М. Фролов, Б. В. Боцманов // Пр. ВІІІЗТа. – М. : Трасзалізничвидання, 1939. – Вип. 60. – С. 13 – 16.

18 Рогінський, М. О. Механізація сортувальних гірок [Текст] / М. О. Рогінський. – М.: Трасзалізничвидання, 1938. – 255 с.

19 Страковський, І. І. Опір вагонів при скочуванні з гірки зимовий час [Текст] / І. І. Страковский // Пр. ВІІІЗТа. – М. : Трасзалізничвидання, 1952. – Вип. 63. – 129 с.

20 Крячко В. І. До питання про опір від повітряного середовища при скочуванні відчепів на сортувальних гірках [Текст] / В. І. Крячко // РЖ ВІНТІ Залізничний транспорт. – 1990. – № 5. – 8 с.

21 Інструкція по проектуванню станцій та вузлів на залізницях [Текст] // ВСН 56–78. – М. : Транспорт, 1978. – 175 с.

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

23 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. – Выпуск 4/7 (40). – С. 20 – 26.

24 Куценко, М. Ю. Підвищення енергоефективності функціонування сортувальних пристроїв на основі комплексної оптимізації конструктивних параметрів [Текст] : дис. ... канд. техн. наук / М.Ю. Куценко. – Харків, 2009. – 268 с.

25 Павлов, В. Є. Брохістохрома у застосуванні до сортувальної гірки [Текст] / В. Є. Павлов. – Л. : сб. науч. тр. ЛШЗТа. – 1969. – № 300. – 76 – 85 с.

26 Павлов, В. Є. Дослідження проблеми оптимального проектування автоматизованої сортувальної гірки [Текст] : автореф. дис.... д-ра техн. наук: 05.22.08 / В. Є. Павлов. – Л., 1971. – 32 с.

27 Оптимізація поздовжнього профіля спускної частини сортувальної гірки [Текст] : матеріали 22 науково-практичної конференції ЛШЗТа / редкол. : Б. Ю. Золотов (відп. ред.). Л.: ЛШЗТ, 1969. – С. 42 – 49.

28 Павлов, В. Є. Оптимізація плану гіркової горловини і профіля гірки: інструктивно-методичне видання по проектуванню станцій та вузлів [Текст] / В. Є. Павлов. – К.: Київдіпротранс, 1968. – 64 с.

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

30 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 ДШТа. – 1977. – С. 39 – 47.

31 Гурічев, Ю. Т. Про один підхід до задачі знаходження оптимальних параметрів гірки горки [Текст] / Ю. Т. Гурічев, А. М. Гуда, С. М. Дегтярьов,

М. М. Новгородов // Мікропроцесорні системи управління на залізничному транспорті / Праці РІЗТа. – Ростов-на-Дону, 1984. – Вип. 54. – С. 35 – 38.

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

33 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. – Новосибірск, 1986. – Вип. 218/7. – С. 19 – 28.

34 Дашков, М. Г. Про можливість 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.

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

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

37 Правдін, М. В. Розрахунок закону розподілу і ймовірностей питомого опору руху відчепів на сортувальній гірці [Текст] / М. В. Правдін, С. А. Бессоненко // Транспорт: наука, техніка, управління. – 2006. – №3. – С. 3 – 10.

38 Правдін, М. В. Розрахунок швидкості відчепів і потужності гальмових позицій сортувальної гірки з використанням ймовірнісних показників [Текст] / М. В. Правдін, С. А. Бессоненко // Транспорт: наука, техніка, управління. – 2006. – №5. – С. 11 – 16.

39 Правдін, М. В. Комплексний розрахунок уклонів поздовжнього профіля спускної частини і висоти сортувальної гірки по ймовірнісним показникам [Текст] /

М. В. Правдін, С. А. Бессоненко // Транспорт: наука, техніка, управління. – 2006. – №7. – С. 12 – 19.

40 Основні вимоги до технічного оснащення сортувальних станцій [Текст]: зб. наук. пр. ВПІЗТа. – М. : Трансзалізничвидання, 1963. – Вип. 270. – 220 с.

41 Брехістохрома відносно до сортувальної гірки [Текст]: зб. наук. пр. ЛПЗТа. – Л.: ЛПЗТ, 1969. – № 300. – 73 с.

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

43 Писанко, А. С. До питання про розрахунок швидкісної ділянки гіркового профіля [Текст] / А. С. Писанко // Питання збільшення пропускнуої спроможності залізниць / Праці РПЗТа. – Ростов-на-Дону, 1983. – Вип. 63. – С. 63 – 70.

44 Крячко, В. І. Ресурсозберігаючі підходи до конструктивно-технологічних параметрів сортувальних станцій [Текст] / В. І. Крячко, К. В. Крячко, М. П. Носенко // Збірник наукових праць ДонІЗТ. – 2007. – №12. – С. 5 – 9.

45 Кобзев, В. А. Стан та перспективи розвитку гальмівної гіркової техніки [Текст] / В. А. Кобзев // Автоматика, зв'язок, інформатика. – 2004. – №11. – С. 2 – 5.

46 Куценко, М. Ю. Комплексна оптимізація конструктивних параметрів сортувальних пристроїв Південної залізниці [Текст] / М. Ю. Куценко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2009. – Выпуск 4/7 (40). – С. 14 – 18.

47 Конструкції та параметри стрілочних горловин автоматизованих та механізованих сортувальних гірок [Текст] : під ред. А. П. Гоголева. – Л.: Діпротрансигналзв'язок, – 1983. – 63 с.

48 Опір руху вагонів при скочуванні з гірок [Текст]: зб. наук. пр. ЦНІ МПС. – М. : Транспорт, 1975. – Вип. 545. – 104 с.

49 Кобзев, В. А. Стан та перспективи розвитку гальмівної гіркової техніки [Текст] / В. А. Кобзев // Автоматика, зв'язок, інформатика. – 2004. – №11. – С. 2 – 5.

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

51 Шафіт, Є. М. Машинне рішення диференціальних рівнянь скочування відчепів з сортувальної гірки [Текст] / Є. М. Шафіт // Міжвуз. зб. наук. праць. – Дніпропетровськ: ДІТ, 1965. – Вип. 52. – С. 73 – 95.

52 Корабльов, Є. А. Використання ЕЦОМ для розрахунку гірок [Текст] / Є. А. Корабльов // Зб. наук. праць. – Л: ЛІЗТ, 1966. – Вип. 34. – С. 143 – 155.

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

54 Пилипченко, П. А. Моделювання на ЕЦОМ розпуску составів на сортувальній гірці [Текст] / П. А. Пилипченко // Міжвуз. зб. наук. праць. – Дніпропетровськ : ДІТ, 1971. – Вип. 125/7. – С. 33 – 42.

55 Вундерліх, В. М. Моделювання різних етапів виробничого процесу сортувальної станції [Текст] / В. М. Вундерліх, Р. С. Віденбейн // Залізничі світу. – 1973. – №9. – С. 58 – 67.

56 Узунов, Л. С. Розрахунок швидкості та часу прямування вагонів через сортувальну гірку за допомогою ЕОМ [Текст] / Л. С. Узунов // Залізничний транспорт. – 1973. – №5. – С. 41 – 45.

57 Узунов, Л. С. Застосування ЕОМ для розрахунку швидкості та часу скочування вагонів на сортувальних гірках [Текст] / Л. С. Узунов // Залізничний транспорт. – 1974. – №1. – С. 32 – 35.

58 Сафріс, Л. В. Моделювання скочування відчепу на автоматизованій гірці [Текст] / Л. В. Сафріс, Т. І. Скабалланович // Зб. наук. праць ДІТа. – Дніпропетровськ : ДІТ, 1975. – Вип. 172/7. – С.11 – 18.

59 Сафріс, Л. В. Імітаційне моделювання прицільного альмування відчепів в АСУ РСГ [Текст] / Л. В. Сафріс, А. Б. Устенко // Міжвуз. зб. наук. праць. – Дніпропетровськ : ДІТ, 1975. – Вип. 211/9. – С. 27 – 38.

60 Муха, Ю. А. Опис процесу скочування відчепів з гірки за допомогою методу планування експерименту [Текст] / Ю. А. Муха // Міжвуз. зб. наук. праць. – Дніпропетровськ : ДПТ, 1975. – Вип. 168/9. – С. 3 – 19.

61 Муха, Ю. А. Методика режимів скочування відчепів на спускній частині автоматизованих сортувальних гірок [Текст] / Ю. А. Муха, В. І. Бобровський // Міжвуз. зб. наук. праць. – М. : МПТ, 1976. – Вип. 548. – С. 143 – 145.

62 Муха, Ю. А. Математичний опис і оптимізація процесу розпуску составів на сортувальній гірці [Текст] / Ю. А. Муха // Міжвуз. зб. наук. праць. – М.: МПТ, 1976. – Вип. 548. – С. 84 – 86.

63 Рибцов, В. М. Методика дослідження ефективності роботи АСУ РСГ методом статистичного моделювання з урахуванням надійності обчислювального комплексу [Текст] / В. М. Рибцов // Міжвуз. зб. наук. праць. – Дніпропетровськ : ДПТ, 1980. – Вип. 211/9. – С. 38 – 47.

64 Бобровський, В. І. Часовий принцип в імітаційній моделі процесу скочування відчепів з гірки [Текст] / В. І. Бобровський // Міжвуз. зб. наук. праць. – М.: МПТ, 1980. – Вип. 674. – С. 70 – 71.

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

66 Рибцов, В. М. Дослідження впливу точності роботи окремих пристроїв на показники якості функціонування АСУ РСГ методом імітаційного моделювання [Текст] / В. М. Рибцов // Міжвуз. зб. наук. праць. – Дніпропетровськ : ДПТ, 1981. – Вип. 218/10. – С. 52 – 60.

67 Бобровський, В. І. Моделювання керованого скочування відчепів на автоматизованих сортувальних гірок [Текст] / В. І. Бобровський, І. А. Горбачов, А. А. Муратов // Міжвуз. зб. наук. праць. – Дніпропетровськ: ДПТ, 1983. – Вип. 229/15. – С. 22 – 29.

68 Савицький, А. Г. Технологічні засоби на сортувальних станціях: вчора, сьогодні, завтра [Текст] / А. Г. Савицький // Залізничний транспорт. – 2005. – №6. – С. 33 – 37.

69 Грау, Б. Проектування залізничних станцій [Текст]: пер. з нім. В. Я. Болотного. – М.: Транспорт, 1978. – 488 с.

70 Шавкін, Г. Б. Схеми та оснащення сортувальних станцій залізниць США та Західної Європи [Текст] / Г. Б. Шавкін. – М.: Транспорт, 1960. – 64 с.

71 Скалов, К. Ю. Транспортні узли капіталістських країн [Текст] / К. Ю. Скалов. – М.: Акад. наук СРСР, 1962. – 320 с.

72 Кобзев, В. А. Засоби регулювання швидкості вагонів на гіркових сортувальних станціях [Текст] / В. А. Кобзев // Залізниці світу. – 1981. – №9. – С. 8 – 28.

73 Кобзев, В. А. Перспективні пристрої регулювання швидкості відчепів для сортувальних гірок великої та малої потужності [Текст] / В. А. Кобзев // Залізничний транспорт. – 2003. – Вип. 3. – С. 10 – 41.

74 Кобзев, В. А. Вагонні уповільнювачі [Текст] / В. А. Кобзев // Автоматика, інформатика. – 2001. – №8. – С. 64 – 67.

75 Міжнародний транспортний коридор №5 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : www/URL : http://zts.uz.ua/europe.html/ – Загол. з екрану.

76 Транзит без меж [Електронний ресурс]. – Режим доступу : www/URL : http://railworld.com.ua/component/content/article/8 – Загол. з екрану.

77 Європейська спілка транспортників України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : www/URL : http://www.estu.com.ua/Doklad%20Yaremcha%20ru – Загл. с екрана.

78 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.

79 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.

80 Іванов, Ю. А. Технології комп'ютерного зору в системах автоведення [Текст] / Ю. А. Іванов // Автоматика, зв'язок, інформатика . – 2011. – № 6. – С. 46–48.

81 Гасимов, Р. Ч. Програмний комплекс для відео-моніторингу залізничного переїзду [Текст]: збірник доповідей / Р. Ч. Гасимов // Наукова сесія ГУАП, Санкт-Петербург (квітень 2011). Ч. 2. Технічні науки. – 2011. – С. 10–12.

82 Іванов, Ю. А. Технології комп'ютерного зору для спостереження за об'єктами колійної інфраструктури [Текст] / Ю. А. Іванов // Пром. трансп. XXI. – 2011. – № 5-6. – С. 35–38.

83 Rodrigues, T. M. A novel approach to rail crossing protection using computer vision and radio communications [Text] / T. M. Rodrigues // Graph. And Vision. – 2011. – Vol. 20, Issue 1. – P. 41–71.

84 Іванов, Ю. А. Технології комп'ютерного зору [Текст] / Ю. А. Іванов // Залізничний транспорт. – 2012. – № 12. – С. 49.

85 Полонік, В. С. Телевізійна автоматика [Текст] / В. С. Полонік // Телевізійна автоматика. – 1970. – № 5. – С. 80.

86 Shapiro, L. M. Computer Vision [Text] / L. M. Shapiro, J. P. Stockman // Knowledge Laboratory. – 2006. – Vol. 2. – P. 752.

87 Форсайт, Д. Комп'ютерний зір. Сучасний підхід [Текст] / Д. Форсайт, Ж. Понс. – Видавничий дім «Вільямс», 2004. – 197 с.

90 Nagy, A. T. Super-Resolution for Traditional and Omnidirectional Image Sequences [Text] / A. T. Nagy, Z. M. Vamosy // John von Neumann Faculty of Informatics / Institute of Software Technology. – 2007. – P. 117–129.

91 Sun, D. Secrets of optical flow estimation and their principles [Text] / D. Sun, S. Roth, M. J. Black // 2010 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2010. doi: 10.1109/cvpr.2010.5539939

92 Bruhn, A. Lucas/Kanade Meets Horn/Schunck: Combining Local and Global Optic Flow Methods [Text] / A. Bruhn, J. Weickert, C. Schnörr // International Journal of Computer Vision. – 2005. – Vol. 61, Issue 3. – P. 211–231. doi: 10.1023/b:visi.0000045324.43199.43

93 Baker, S. A Database and Evaluation Methodology for Optical Flow [Text] / S. Baker, D. Scharstein, J. P. Lewis, S. Roth, M. J. Black, R. Szeliski // International Journal of Computer Vision. – 2011. – Vol. 92, Issue 1. – P. 1–31. doi: 10.1007/s11263-010-0392

94 Shapiro, L. M. Computer Vision [Text] / L. M. Shapiro, J. P. Stockman // Knowledge Laboratory. – 2006. – Vol. 2. – P. 752.

95 Nagy, A. T. Super-Resolution for Traditional and Omnidirectional Image Sequences [Text] / A. T. Nagy, Z. M. Vamosy. – Institute of Software Technology, 2007. – P. 117–129.

96 Шумейко, В. С. Обґрунтування раціональної етапності розвитку сортувальних станцій [Текст] / М. Ю. Куценко, В. С. Шумейко, А. О. Петренко // Тези 81 студентської науково-технічної конференції Українського державного університету залізничного транспорту. – 2019. – С. 178.

97 Advancing railway handling technologies at marshaling yards in Ukraine through the introduction of simulation planning software [Text] / D. Zlatiev // Proceedings of the III-rd forum for young researchers (may 19, 2017) / O. M. Beketov NUUE. – Kharkiv.: NUUE, 2017. – P. 221 – 222.