

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ ДЛЯ
МЕТРОПОЛІТЕНУ НА ОСНОВІ ДАТЧИКІВ ПРОХОДУ КОЛІС

Пояснювальна записка

до випускної кваліфікаційної роботи першого
освітнього ступеня бакалавр

ВКР 01.25.01.10.ПЗ

Розробив студент групи 133–АКІТ–Д22
спеціальності 151 «Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології»

 Слєпченко О.О.

Керівниця д.т.н., професорка

 Ананьєва О.М.

Рецензент к.т.н., доцентка

 Зінченко О.Є.

Харків 2025 рік

Бакалаврська кваліфікаційна робота на здобуття ступеня бакалавр за спеціальністю 151 Автоматизація та комп'ютерно – інтегровані технології на тему «Розробка системи залізничної автоматики для метрополітену на основі датчиків проходу коліс». Український державний університет залізничного транспорту, кафедра «Автоматика та комп'ютерне телекерування рухом поїздів» – Харків, 2025 рік, 75 сторінок пояснювальної записки, містить 3 таблиці та 23 рисунки, список використаних джерел містить з 21 найменування.

Бакалаврська кваліфікаційна робота присвячена дослідженню та розробці систем автоматичної ідентифікації рухомого складу із застосуванням сучасних технологій. У роботі проведено аналіз існуючих методів ідентифікації, розглянуто різновиди автоматизованих систем та їхні основні завдання. Особливу увагу приділено технологіям відеоспостереження та радіочастотної ідентифікації (RFID), а також специфіці застосування технологій Amtech, Dynicom та системи «Пальма».

Другий розділ присвячений проектуванню мікропроцесорної системи автоматичної ідентифікації рухомого складу. Розглянуто принципи роботи, організацію системи, логіку та етапи виконання алгоритму ідентифікації. Запропоновано алгоритм підрахунку кількості вагонів та аналіз функціонування датчиків проходу колісних пар ДПД – 01.

У третьому розділі розглядається розробка підсистеми оптичної ідентифікації на основі нейронних мереж. Досліджено структуру та механізм функціонування, алгоритми розпізнавання номерів рухомих одиниць, а також використання штучного інтелекту. Вивчено особливості навчання нейронних мереж, їхню топологію та оптимізацію. Виконано технічне моделювання системи оптичної ідентифікації. Отримані результати можуть бути використані для підвищення ефективності автоматизації ідентифікації рухомого складу на залізничному транспорті.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АВТОМАТИЧНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ; РУХОМИЙ СКЛАД; ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ; РАДІОЧАСТОТНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ (RFID); АМТЕСН; DYNICOM; НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ; ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ; ДАТЧИКИ ПРОХОДУ КОЛІСНИХ ПАР (ДПД – 01); ОПТИЧНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ

Abstracts

Bachelor's thesis for a bachelor's degree in the specialty 151 Automation and computer-integrated technologies on the topic “Development of a railway automation system for the subway based on wheel travel sensors”. Ukrainian State University of Railway Transport, Department of Automation and Computerized Train Control – Kharkiv, 2025, 75 pages of explanatory note, contains 3 tables and 23 figures, the list of references includes 21 titles.

The bachelor's thesis is devoted to the research and development of automatic rolling stock identification systems using modern technologies. The work analyzes existing identification methods, considers the types of automated systems and their main tasks. Particular attention is paid to video surveillance and radio frequency identification (RFID) technologies, as well as the specifics of using Amtech, Dynicom, and the Palm system.

The second section is devoted to the design of a microprocessor – based system for automatic identification of rolling stock. The principles of operation, organization of the system, logic, and stages of the identification algorithm are considered. An algorithm for counting the number of cars and an analysis of the functioning of the DPD – 01 wheel set passage sensors are proposed.

The third section considers the development of an optical identification subsystem based on neural networks. The structure and mechanism of functioning, algorithms for recognizing the numbers of rolling stock, as well as the use of artificial intelligence are investigated. The features of neural network training, their topology and optimization are studied. The technical modeling of the optical identification system was performed. The obtained results can be used to improve the efficiency of automation of rolling stock identification in railway transport.

KEYWORDS: AUTOMATIC IDENTIFICATION; ROLLING STOCK; VIDEO SURVEILLANCE; RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION (RFID); AMTECH; DYNICOM; NEURAL NETWORKS; ARTIFICIAL INTELLIGENCE; WHEEL PAIR PASSAGE SENSORS (DPD – 01); OPTICAL IDENTIFICATION.

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет інформаційно – керуючих систем та технологій

Кафедра автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів

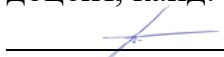
Ступінь вищої освіти: бакалавр

Спеціальність: 151 «Автоматизація, комп'ютерно – інтегровані технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри,

доцент, канд. техн. наук

 **Василь СОТНИК**

«6» Січня 2025

ЗАВДАННЯ ДО ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ПЕРШОГО ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВР

Слепченко Олександр Олександровичу

1 Тема Розробка системи залізничної автоматики для метрополітену на основі датчиків проходу коліс

Керівниця: Ананьєва Ольга Михайлівна, доктор технічних наук, професорка затверджені розпорядженням по факультету інформаційно – керуючих систем та технологій від «24» лютого 2025 року №11

2 Строк подання студентом закінченої роботи «26» травня 2025 року

3 Вихідні дані

Технічні умови для систем RFID для залізничного транспорту; Технічна документація: Системи Amtech та Dynicom; Документація системи «Пальма»; Технічні характеристики датчиків ДПД – 01; Технічні характеристики відеокамер та оптичних датчиків; Стандарти на автоматичну ідентифікацію рухомого складу; Стандарти маркування вагонів; Вимоги до систем безпеки на залізничному транспорті;

Показники точності різних систем ідентифікації; Статистика помилок розпізнавання; Набори даних для навчання нейронних мереж; Зображення номерів вагонів; Приклади розмітки даних; Метрики для оцінки якості розпізнавання; Специфікації мікроконтролерів; Технічні характеристики RFID зчитувачів; Параметри відеокамер для систем відеоспостереження.

4 Зміст розрахунково – пояснювальної записки

1 Аналіз сучасних систем автоматичної ідентифікації рухомого складу

2 Проєктування мікропроцесорної системи для автоматичної ідентифікації рухомого складу

3 Проєктування підсистеми оптичної ідентифікації рухомих одиниць на базі нейронної мережі

5 Перелік графічного матеріалу

1. Системи ідентифікації та розпізнавання номерів вагонів
2. Радіочастотна ідентифікація (RFID)
3. Нейронні мережі та алгоритми обробки зображень
4. Обробка зображень номерів вагонів

6 Дата видачі завдання «24» Січня 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

№/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз сучасних систем автоматичної ідентифікації рухомого складу	01.03.2025 р.	
2	Проектування мікропроцесорної системи для автоматичної ідентифікації рухомого складу	01.04.2025 р.	
3	Проектування підсистеми оптичної ідентифікації рухомих одиниць на базі нейронної мережі	01.05.2025 р.	

Примітка – Розгорнутий календарний план виконання випускної кваліфікаційної роботи наведений у додатку до завдання.

Студент  Олександр СЛЄПЧЕНКО

Керівник  Ольга АНАНЬЕВА

ДОДАТОК ДО ЗАВДАННЯ КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
Вступ	26.05.2025 р	
1. Аналіз сучасних систем автоматичної ідентифікації рухомого складу	01.03.2025 р	
1.1 Різновиди та основні завдання автоматизованих систем ідентифікації рухомого складу	01.03.2025 р	
1.2 Системи аналізу рухомого складу із застосуванням відеоспостереження	01.03.2025 р	
1.3 Радіочастотна ідентифікація як метод розпізнавання рухомого складу	01.03.2025 р	
1.3.1 Технологія RFID: особливості та перспективи використання	01.03.2025 р	
1.3.2 Технологія автоматичної ідентифікації рухомого складу на основі Amtech	01.03.2025 р	
1.3.3 Технологія автоматичної ідентифікації за допомогою системи Dynicom	01.03.2025 р	
1.3.4 Технології та функціонування системи ідентифікації «Пальма»	01.03.2025 р	
1.4 Висновки по розділу	01.03.2025 р	
2. Проектування мікропроцесорної системи для автоматичної ідентифікації рухомого складу	01.04.2025 р.	
2.1 Принципи роботи та організація системи автоматичної ідентифікації рухомого складу	01.04.2025 р.	
2.2 Логіка та етапи виконання алгоритму системи	01.04.2025 р.	
2.3 Алгоритм ідентифікації та підрахунку кількості вагонів	01.04.2025 р.	
2.4 Особливості роботи датчиків проходу колісних пар ДПД – 01 у системах ідентифікації	01.04.2025 р.	
2.5 Висновки по розділу	01.04.2025 р.	
3. Проектування підсистеми оптичної ідентифікації рухомих одиниць на базі нейронної мережі	01.05.2025 р.	
3.1 Структура та механізм функціонування оптичної підсистеми ідентифікації рухомих одиниць	01.05.2025 р	
3.2 Алгоритм ідентифікації номерів рухомих одиниць у системах автоматизації	01.05.2025 р	
3.3 Аналіз технологій штучного інтелекту на основі нейронних мереж	01.05.2025 р	
3.3.1 Структурні особливості та властивості нейронів штучних нейронних мереж	01.05.2025 р	
3.3.2 Основні класи нейронних мереж та їх функціональні характеристики	01.05.2025 р	
3.3.3 Топологічні моделі нейронних мереж та їх особливості	01.05.2025 р	
3.3.4 Навчання та оптимізація нейронних мереж	01.05.2025 р	
3.4 Технічне моделювання підсистеми оптичної ідентифікації транспортних засобів	01.05.2025 р	
3.5 Висновки по розділу	01.05.2025 р	
Висновки	26.05.2025 р.	
Список використаної літератури	26.05.2025 р.	

Студент  Олександр СЛЄПЧЕНКО

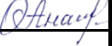
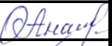
Керівник  Ольга АНАНЬЕВА

Список скорочень

AIC – Автоматизована інформаційна система;
ACIPC – Автоматизована система ідентифікації рухомого складу;
ДПД – Датчик проходу колісних пар;
НМ – Нейронна мережа;
ШНМ – Штучна нейронна мережа;
RFID – Радіочастотна ідентифікація;
РС – Рухомий склад;
ПЗ – Програмне забезпечення;
ТЗ – Транспортний засіб;
ІІ – Штучний інтелект;
АСК – Автоматизована система керування;
БД – База даних;
ВК – Відеокамера;
ДІ – Детектор ідентифікації;
ЕОМ – Електронна обчислювальна машина;
ІС – Інформаційна система;
КП – Колісна пара;
МК – Мікроконтролер;
МПС – Мікропроцесорна система;
ОЗП – Оперативний запам'ятовуючий пристрій;
ПК – Персональний комп'ютер;
ПЛК – Програмований логічний контролер;
САІ – Система автоматичної ідентифікації;
СУБД – Система управління базами даних;
СШІ – Системи штучного інтелекту;
ТКС – Телекомунікаційна система;
УОІ – Устаткування обробки інформації;
ЦОД – Центр обробки даних;
ЦП – Центральний процесор;
ЧПУ – Числове програмне управління.

Зміст

Вступ	10
1. Аналіз сучасних систем автоматичної ідентифікації рухомого складу	11
1.1 Різновиди та основні завдання автоматизованих систем ідентифікації рухомого складу	11
1.2 Системи аналізу рухомого складу із застосуванням Відеоспостереження	14
1.3 Радіочастотна ідентифікація як метод розпізнавання рухомого складу	21
1.3.1 Технологія RFID: особливості та перспективи використання	21
1.3.2 Технологія автоматичної ідентифікації рухомого складу на основі Amtech	25
1.3.3 Технологія автоматичної ідентифікації за допомогою системи Dynicom	27
1.3.4 Технології та функціонування системи ідентифікації «Пальма»	29
1.4 Висновки по розділу	33
2. Проектування мікропроцесорної системи для автоматичної ідентифікації рухомого складу	34
2.1 Принципи роботи та організація системи автоматичної ідентифікації рухомого складу	34
2.2 Логіка та етапи виконання алгоритму системи	36
2.3 Алгоритм ідентифікації та підрахунку кількості вагонів	38
2.4 Особливості роботи датчиків проходу колісних пар ДПД – 01 у системах ідентифікації	41

					ВКР 01.25.01.10.ПЗ			
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Слепченко О.О.			Розробка системи залізничної автоматики для метрополітену на основі датчиків проходу коліс	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Ананьєва О.М.					8	75
						УкрДУЗТ 133-АКІТ-Д22		
Н. контр.		Ананьєва О.М.						
Затв.		Сотник В.О.						

2.5 Висновки по розділу	46
3. Проєктування підсистеми оптичної ідентифікації рухомих одиниць на базі нейронної мережі	47
3.1 Структура та механізм функціонування оптичної підсистеми ідентифікації рухомих одиниць	47
3.2 Алгоритм ідентифікації номерів рухомих одиниць у системах автоматизації	49
3.3 Аналіз технологій штучного інтелекту на основі нейронних мереж	53
3.3.1 Структурні особливості та властивості нейронів штучних нейронних мереж	53
3.3.2 Основні класи нейронних мереж та їх функціональні Характеристики	55
3.3.3 Топологічні моделі нейронних мереж та їх особливості	60
3.3.4 Навчання та оптимізація нейронних мереж	64
3.4 Технічне моделювання підсистеми оптичної ідентифікації транспортних засобів	66
3.5 Висновки по розділу	72
Висновки	73
Список використаної літератури	74

Вступ

Технології розпізнавання рухомого складу дозволяють автоматично зчитувати і обробляти дані про номери вагонів. Завдяки їх впровадженню значно покращується точність і швидкість збору інформації про стан локомотивного та вагонного парку. Це сприяє оптимізації робочих процесів, скороченню потреби в персоналі та переходу на цифрові методи обміну даними без використання паперових носіїв. У цій роботі розглядається розробка комплексної системи автоматизованої ідентифікації та технічного моніторингу рухомого складу [6].

Структура системи має багаторівневу організацію. На початковому рівні функціонують кодові датчики, встановлені на кожному вагоні. Наступний рівень включає пункти зчитування інформації, оснащені додатковими засобами контролю – камерами для визначення температури буксових вузлів та п'єзоелектричними сенсорами, що фіксують можливі дефекти коліс. Дані, отримані від зчитувальних пунктів, передаються до інформаційних вузлів лінійного та магістрального рівнів, а потім спрямовуються у центральний аналітичний центр ГІОЦ УЗ, який виступає вищою ланкою системи управління.

Розглядається кілька можливих конфігурацій системи. На початковому етапі доцільно застосовувати технологію оптичного розпізнавання, яка не потребує додаткового обладнання на вагонах. У подальшому, з інтеграцією кодових бортових датчиків, стане можливою більш надійна ідентифікація за допомогою радіочастотних технологій. Однак повне оснащення всього парку рухомого складу такими датчиками є тривалим процесом, що потребує значних ресурсів та часу.

У цей перехідний період є можливість використання комбінованої системи, яка поєднує оптичну та радіочастотну ідентифікацію. У межах цієї роботи також була розроблена нейронна мережа, здатна розпізнавати номери вагонів на фотографіях. Дослідження показали, що ця мережа ефективно визначає номери навіть за умов обмеженої видимості та забруднення поверхні вагона [6].

					ВКР 01.25.01.10.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

Системи автоматичної ідентифікації рухомого складу здатні автоматично зчитувати номери вагонів та оперативно обробляти отриману інформацію. Впровадження таких інноваційних технологій забезпечує значне покращення в роботі залізничних перевезень. Одним із основних переваг є підвищення точності та швидкості збору і обробки даних щодо стану вагонних і локомотивних парків, що дозволяє здійснювати більш оперативну звітність. Крім того, завдяки зменшенню потреби в людському ресурсі для ручного збору даних, можна значно скоротити штат працівників. Водночас, система сприяє впровадженню без паперових інформаційних технологій, що робить процеси більш зручними, зменшує витрати на документообіг і підвищує ефективність управління.

Пропонується використовувати комбіновану систему, яка поєднує дві технології ідентифікації: оптичну та радіочастотну. Радіочастотна ідентифікація має більшу точність і дозволяє ефективно працювати в умовах, де оптичне розпізнавання може бути ускладнене. Проте, для вагонів, що не оснащені RFID – транспондерами, використовуватиметься система оптичного розпізнавання. Для реалізації цієї технології були розроблені оптимізовані алгоритми обробки зображень. Пропонований метод на основі нейронних мереж забезпечує високу точність і швидкість розпізнавання номерів вагонів зображеннями. Цей підхід дозволяє автоматизувати процес ідентифікації, значно знижуючи ймовірність помилок, характерних для традиційних методів. Алгоритм нейронної мережі здатен ефективно обробляти великі обсяги даних, забезпечуючи оперативне розпізнавання номерів у реальному часі, що критично важливо для інфраструктури транспорту. Результати моделювання показують, що система працює стабільно в різноманітних умовах, навіть за змінних освітлювальних та погодних умов. Це дозволяє застосовувати її в широкому спектрі реальних задач, де потрібна висока надійність і швидкість обробки.

					ВКР 01.25.01.10.ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури

1. Хопфілд Дж.Дж. Нейрони з градуйованою відповіддю володіють колективними обчислювальними властивостями, подібними до властивостей двостатусних нейронів [Текст] / Дж.Дж. Хопфілд // Праці Національної академії наук США – 1984 – т.81 – С. 3088 – 3092.
2. Косько Б. Двонаправлена асоціативна пам'ять [Текст] / Б. Косько // IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. – 1987. – vol.18 – P.49-60.
3. Адаменко В.О. Штучні нейронні мережі в задачах реалізації матеріальних об'єктів [Текст] / В.О. Адаменко, Г.О. Мирських // Вісник Національного технічного університету України «КПІ» Серія – Радіотехніка. Радіоапаратобудування – 2011 – №47. – С. 182.
4. Zhang, Y., Wang, L., & Li, Y. (2017). Розпізнавання номерних знаків транспортних засобів: принципи, проблеми та застосування. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 18(4), 1102-1111.
5. Габарити наближення будівель і рухомого складу залізниць колії 1520 [Текст] / за ред. В. Адріанова. – КП «Науково – технічний центр Академії будівництва України», 2012 р. – 50 с.
6. Герстінг, Й. (2016). Інформаційні технології в обчислювальній техніці: підручник / Я. Герстінг // – 2016. – Р. 250-280.
7. Вантажні залізничні вагони / М. Адамс, Т. Джонсон. – London: Routledge, 2018. – 280 р.
8. Діагностування пристроїв залізничної автоматики та агрегатів рухомих одиниць [Текст]: Підручник / за ред. А.Б. Бойника. – Х.: ПП Видавництво «Нове слово», 2008 р. – 304 с.
9. Дранишников Л.В. Інтелектуальні методи в управлінні [Текст]: навчальний посібник / Л.В. Дранишников. – Кам'янське: ДДТУ, 2018. – 416 с.

					ВКР 01.25.01.10.ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Технології безконтактної ідентифікації: Комплексний посібник / Д. Сміт, Р. Джонсон. – 2nd ed. – New York: Wiley, 2019. – 350 p.
11. Інтегровані системи безпеки: Проектування, управління та технології / П. Метьюз, Л. Лі. – 3rd ed. – Amsterdam: Elsevier, 2020. – 400 p.
12. Технологія RFID та її застосування / М. Е. В. Pidgeon, Т. J. L. Spencer. – 2nd ed. – London: Wiley, 2016. – 350 p.
13. Коцовський В.М. Нейронні системи [Текст]: навчальний посібник / В.М. Коцовський. – Ужгород, 2013. – 25 с.
14. Кошовий С.В. Автоматична система діагностичного контролю температури буксових вузлів рухомих одиниць залізничного транспорту – АСДК – Б [Текст]: Навчальний посібник / С.В. Кошовий, М.С. Кошовий, К.А. Трубочанінова. – Харків: УкрДАЗТ, 2005 р. – 66 с.
15. Левін Д.Ю. Основи управління транспортними процесами [Текст]: Підручник / Д.Я. Левін. – 2 – е вид. – Нью – Йорк: Transport Press, 2017. – 280 p.
16. Міркес, Е. М. Нейронні комп'ютери: Проект стандартизації [Текст] / Е.М. Міркес. – 1st ed. – London: Springer, 2001. – 350 p.
17. Системи автоматичного розпізнавання номерних знаків (ALPR): Принципи та застосування / Д. Грін, Р. Картер. – 2nd ed. – Berlin: Springer, 2020. – 320 p.
18. Оптична ідентифікація об'єктів рухомого складу в задачах управління залізничними перевезеннями [Текст] / Е.В. Алієв та ін. – (Автоматизація в промисловості) // – 2009 – № 5 – С. 49-54.
19. Русакова О.А. Автоматична система ідентифікації транспортних засобів: PALMA [Текст]: Методичні вказівки / О.А. Русакова. – 1 – е вид. – Берлін: Springer, 2016. – 40 p.
20. Сучасні методи відстеження та моніторингу вантажів / Р. Томпсон, П. Міллер. – 3rd ed. – New York: Wiley, 2018. – 250 p.
21. Сучасні технічні рішення та міжнародний досвід автоматизації відстеження транспортних засобів / С.Л. Петерсон, К. Дж. – 2nd ed. – London: Elsevier, 2019. – 280 p.

					ВКР 01.25.01.10.ПЗ	Арк. 75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		