

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів

РОЗРОБЛЕННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ СИСТЕМИ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ СТРІЛОК ТА СИГНАЛІВ НА СТАНЦІЇ Д

Пояснювальна записка

до випускної кваліфікаційної роботи першого
освітнього ступеня бакалавр

ВКР 01.25.02.01.ПЗ

Виконав здобувач вищої освіти
групи 101 – АКІТ – 320

(робота виконано самостійно, відповідно
до принципів академічної доброчесності)

_____Аліна КЛИМЕНКО

Керівник кандидат технічних наук, доцент

_____Іван СІРОКЛИН

Рецензент кандидат технічних наук, доцент

_____Наталія КОРОЛЬОВА



Харків 2025 рік

Бакалаврська кваліфікаційна робота на здобуття ступеня бакалавр за спеціальністю 151 Автоматизація та комп'ютерно – інтегровані технології на тему Розроблення проєктних рішень системи централізації стрілок та сигналів на станції Д. Український державний університет залізничного транспорту, кафедра «Автоматика та комп'ютерне телекерування рухом поїздів» – Харків, 2025 рік, 89 сторінок пояснювальної записки, містить 3 таблиці та 22 рисунки, список використаних джерел містить з 23 найменування.

Бакалаврська кваліфікаційна робота присвячена розробленню проєктних рішень системи централізації стрілок та сигналів на станції Д. У дипломному проєкті розглянуто методи оптимізації та підвищення ефективності управління на залізничних станціях України та світу. Проведено аналіз вимог до систем керування та контролю станційної інфраструктури, розглянуто функціональні можливості сучасних мікропроцесорних систем централізації стрілок і сигналів, а також здійснено вибір оптимальної системи для модернізації залізничних станцій. На основі проведеного аналізу розроблено та оптимізовано проєктні рішення для мікропроцесорної централізації станції Д. Запропоновано варіанти одониткового та двониткового планів станції, структурну схему централізації, схеми керування стрілочними електроприводами, світлофорами та пристроями контролю вільності колійних ділянок. Також розглянуто інтеграцію мікропроцесорної централізації з перегінними пристроями. Окрему увагу приділено розрахунку показників безвідмовності та функційної безпечності мікропроцесорних контролерів введення та виведення дискретної інформації, їх взаємозв'язку, а також оцінці економічної ефективності запропонованих рішень. У проєкті враховано питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. Результати дослідження можуть бути використані для модернізації залізничних станцій з метою підвищення рівня безпеки та ефективності.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЗАЛІЗНИЧНА СТАНЦІЯ; МІКРОПРОЦЕСОРНА ЦЕНТРАЛІЗАЦІЯ; СИСТЕМА КЕРУВАННЯ; СИСТЕМА КОНТРОЛЮ; СТРИЛОЧНІ ЕЛЕКТРОПРИВОДИ; СВІТЛОФОРИ; СТАНЦІЙНА ІНФРАСТРУКТУРА; МОДЕРНІЗАЦІЯ; ФУНКЦІОНАЛЬНА БЕЗПЕЧНІСТЬ;

БЕЗВІДМОВНИСТЬ; КОНТРОЛЕРИ; ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ; ОХОРОНА ПРАЦІ; БЕЗПЕКА.

Abstracts

Bachelor's thesis for the degree of bachelor in specialty 151 Automation and computer – integrated technologies on the topic Development of design solutions for the system of centralization of switches and signals at station D. Ukrainian State University of Railway Transport, Department of Automation and Computerized Train Control – Kharkiv, 2025, 89 pages of explanatory note, contains 3 tables and 22 figures, the list of references includes 23 titles. The bachelor's thesis is devoted to the development of design solutions for the centralization system of switches and signals at station D. The thesis project considers methods of optimizing and improving the efficiency of management at railway stations in Ukraine and around the world. The requirements for station infrastructure management and control systems were analyzed, the functionality of modern microprocessor – based systems for centralizing switches and signals, was considered, and the optimal system for modernizing railway stations was selected. Based on the analysis, design solutions for the microprocessor – based centralization of station D were developed and optimized. Variants of single – line and double – line station plans, a structural scheme of centralization, control circuits for switch drives, traffic lights, and track section vacancy control devices were proposed. The integration of microprocessor – based centralization with distillation devices is also considered. Particular attention is paid to the calculation of reliability and functional safety indicators of microprocessor – based controllers for input and output of discrete information, their interconnection, and the assessment of the economic efficiency of the proposed solutions. The project takes into account the issues of labor protection and safety in emergency situations. The results of the study can be used to modernize railway stations to improve safety and efficiency.

KEYWORDS: RAILWAY STATION; MICROPROCESSOR CENTRALIZATION; CONTROL SYSTEM; CONTROL SYSTEM; RAILROAD ELECTRIC DRIVES; TRAFFIC LIGHTS; STATION INFRASTRUCTURE; MODERNIZATION; FUNCTIONAL SAFETY; RELIABILITY; CONTROLLERS; COST – EFFECTIVENESS; OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY; SAFETY.

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

Клименко Аліні Юрієвні

1 Тема Розроблення проєктних рішень системи централізації стрілок та сигналів на станції Д

Керівник Сіроклин Іван Миколайович, канд. техн. наук, доцент
затверджені розпорядженням по факультету інформаційно – керуючих
систем та технологій від «6» січня 2025 року № _____

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

3 Вихідні дані

Правила технічної експлуатації залізниць України; Охорона праці на залізничному транспорті; Експлуатаційні основи автоматики та телемеханіки; Типові принципові рішення рейкових кіл; Схематичний план умовної станції Д; Типові принципові рішення систем МПЦ.

4 Зміст розрахунково – пояснювальної записки

Аналіз методів оптимізації та покращення ефективності управління на залізничних станціях України та Європи; розробка та оптимізація проєктних рішень для мікропроцесорної системи централізації станції Д; розрахунок безвідмовності та функційної безпечності мікропроцесорних контролерів; розрахунок економічної ефективності розробки.

5 Перелік графічного матеріалу

1. Аналіз сучасних систем електричної централізації;

2. Структурна схема системи ЕЦ;

3. Колійні плани станції;

4. Принципові схемні рішення;

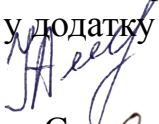
5. Результати розрахунку безвідмовності та функційної безпечності мікропроцесорних контролерів.

6 Дата видачі завдання «13» Січня 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

№/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз методів оптимізації та покращення ефективності управління на залізничних станціях України та країн світу	03.02.2025 р.	
2	Розробка та оптимізація проектних рішень для мікропроцесорної системи централізації станції Д	03.03.2025 р.	
3	Розрахунок безвідмовності та функційної безпечності мікропроцесорних контролерів	01.05.2025 р.	

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

Студент _____Аліна КЛИМЕНКО

Керівник _____Іван СІРОКЛИН

ДОДАТОК ДО ЗАВДАННЯ КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
Вступ	03.02.2025 р.	
1 Аналіз методів оптимізації та покращення ефективності управління на залізничних станціях України та країн світу	03.02.2025 р.	
1.1 Аналіз вимог до систем керування та контролю обладнання залізничної станційної інфраструктури	03.02.2025 р.	
1.2 Аналіз функціональних можливостей мікропроцесорних систем централізації керування стрілками та сигналами	03.02.2025 р.	
1.3 Вибір оптимальної системи МПЦ для модернізації станційної інфраструктури залізничного транспорту	03.02.2025 р.	
1.4 Висновки по розділу	03.02.2025 р.	
2 Розробка та оптимізація проектних рішень для мікропроцесорної системи централізації станції Д	03.03.2025 р.	
2.1 Розробка одониткового плану станції Д	03.03.2025 р.	
2.2 Розробка двониткового плану станції Д	03.03.2025 р.	
2.3 Розробка структурної схеми мікропроцесорної централізації	03.03.2025 р.	
2.4 Розробка схем керування стрілочними електроприводами	03.03.2025 р.	
2.5 Розробка схем керування входним, вихідним та маневровим світлофорами	03.03.2025 р.	
2.6 Вибір і обґрунтування типів пристроїв контролю вільності колійних діляниць.	03.03.2025 р.	
2.7 Розробка схем інтеграції мікропроцесорної централізації з перегінними пристроями	03.03.2025 р.	
2.8 Висновки по розділу	03.03.2025 р.	
3 Розрахунок безвідмовності та функційної безпечності мікропроцесорних контролерів	01.05.2025 р.	
3.1 Розрахунок показників безвідмовності мікропроцесорних контролерів введення та виведення дискретної інформації	01.05.2025 р.	
3.2 Оцінка показників функційної безпечності мікропроцесорних контролерів введення та виведення дискретної інформації	01.05.2025 р.	
3.3 Аналіз взаємозв'язку між показниками безвідмовності та функційної безпечності мікропроцесорних контролерів	01.05.2025 р.	
3.4. Розрахунок економічної ефективності розробки	01.05.2025 р.	
3.5 Висновки по розділу	01.05.2025 р.	
Висновки	01.05.2025 р.	
Список використаної літератури	01.05.2025 р.	

Студент _____ Аліна КЛИМЕНКО

Керівник _____ Іван СІРОКЛИН

Зміст

Вступ	10
1 Аналіз методів оптимізації та покращення ефективності управління на залізничних станціях України та країн світу	12
1.1 Аналіз вимог до систем керування та контролю обладнання залізничної станційної інфраструктури	12
1.2 Аналіз функціональних можливостей мікропроцесорних систем централізації керування стрілками та сигналами	16
1.3 Вибір оптимальної системи МПЦ для модернізації станційної інфраструктури залізничного транспорту	25
1.4 Висновки по розділу	31
2 Розробка та оптимізація проектних рішень для мікропроцесорної системи централізації станції Д	32
2.1 Розробка одониткового плану станції Д	32
2.2 Розробка двониткового плану станції Д	33
2.3 Розробка структурної схеми мікропроцесорної централізації	35
2.4 Розробка схем керування стрілочними електроприводами	40
2.5 Розробка схем керування вхідним, вихідним та маневровим світлофорами	42
2.6 Вибір і обґрунтування типів пристроїв контролю вільності колійних ділянок	45
2.7 Розробка схем інтеграції мікропроцесорної централізації з перегінними пристроями	48
2.8 Висновки по розділу	50

3 Розрахунок безвідмовності та функційної безпечності мікропроцесорних контролерів	52
3.1 Розрахунок показників безвідмовності мікропроцесорних контролерів введення та виведення дискретної інформації	52
3.2 Оцінка показників функційної безпечності мікропроцесорних контролерів введення та виведення дискретної інформації	56
3.3 Аналіз взаємозв'язку між показниками безвідмовності та функційної безпечності мікропроцесорних контролерів	60
3.4. Розрахунок економічної ефективності розробки	66
3.5 Висновки по розділу	80
Висновки	81
Список використаної літератури	83
Додаток А Однотитковий план станції	85
Додаток Б Двотитковий план станції	86
Додаток В Структурна схема системи	87
Додаток Г Розрахунок показників Б та ФБ IN	88
Додаток Д Розрахунок показник Б та ФБ OUT	89

Вступ

Залізничний транспорт має величезне значення для економічного розвитку нашої країни. Він продовжує виробничі процеси, сприяє ефективному розміщенню виробничих сил і забезпечує раціональні економічні зв'язки. Пропускна здатність залізниць залежить від швидкості обробки поїздів на станціях. Ключовою концепцією є безпека руху поїздів, яка значною мірою визначається безпекою пересувань на станціях. Ці переміщення мають особливості: прохід поїздів через стрілочні переводи, одночасність пересувань, а також наявність двох типів руху (поїзного та маневрового). В автоматизації станцій головну роль відіграє централізація стрілок і сигналів, яка включає пристрої для центрального управління і контролю за стрілками і сигналами. Централізація забезпечує логічні зв'язки між об'єктами станції для безпеки руху, а також ефективне і безпечне управління на відстані стрілочними переводами та сигналами [1].

Забезпечення високої конкурентоспроможності залізничного транспорту та збереження необхідної позиції на транспортному ринку неможливе без впровадження сучасних комп'ютерних систем управління, що володіють широким функціональним спектром та покращеними експлуатаційними характеристиками. Наразі серед основних стратегічних завдань залізничної галузі, визначених концепцією та програмою інформатизації та розвитку телекомунікацій залізничного транспорту України, є створення та впровадження перспективних інформаційних технологій у всі сфери діяльності залізничного транспорту. Важливим є також питання визначення шляхів подальшого розвитку систем безпеки руху поїздів на станціях та перегонах. Це перш за все зумовлено реалізацією державних програм, спрямованих на створення та функціонування національної мережі міжнародних транспортних коридорів. Впровадження цих програм потребує розробки концепції сучасних систем залізничної автоматики. У сучасних умовах проектування та впровадження нових систем базується на передових технологіях, які сприяють створенню швидкісних залізничних ліній та підвищенню безпеки руху поїздів [1].

На сьогоднішній день мікропроцесорні системи активно розвиваються та вже широко використовуються у багатьох країнах Європи, Азії та Америки, де традиційні релейні системи поступово виводяться з експлуатації. Запровадження мікропроцесорної централізації на проміжних станціях є актуальним напрямком модернізації залізничної інфраструктури.

Використання таких систем значно розширює можливості електричної централізації, що безпосередньо впливає на покращення рівня безпеки та підвищення надійності функціонування залізничного транспорту [1].

Важливу роль відіграє контроль правильності встановлення маршруту, який забезпечується завдяки цим технологіям. Крім того, системи мікропроцесорної централізації дозволяють постійно моніторити роботу електромеханічних пристроїв, виявляти потенційні несправності на ранніх етапах та оперативно реагувати на них, що значно зменшує ризик виникнення аварійних ситуацій. Окрім цього, впровадження таких систем дозволяє значно покращити функціонування залізничних станцій, підвищуючи їхню загальну продуктивність та рівень безпеки. Використання передових мікропроцесорних технологій сприяє оперативному та точному контролю стрілочних переводів, світлофорів та інших важливих елементів інфраструктури, що мінімізує ймовірність аварій і підвищує пропускну здатність станцій. Автоматизоване управління дає змогу суттєво скоротити час, необхідний для виконання маневрових операцій, та зменшити вплив людського фактору на робочі процеси. Це особливо актуально для великих вузлових станцій із високим рівнем інтенсивності руху, де ефективне управління є ключовим фактором стабільної роботи залізничної інфраструктури. Крім того, мікропроцесорні централізовані системи дозволяють здійснювати віддалений моніторинг та діагностику обладнання, що значно підвищує ефективність технічного обслуговування і скорочує час простоїв. Таким чином, інтеграція мікропроцесорної централізації в залізничну інфраструктуру відкриває нові можливості для її розвитку та модернізації. Застосування цих технологій сприяє підвищенню рівня безпеки, покращенню ефективності роботи станцій і забезпеченню надійності руху поїздів, що повністю відповідає актуальним стандартам залізничної галузі [1].

Висновки

У даній кваліфікаційній роботі основна увага приділена впровадженню мікропроцесорної централізації від компанії «НВП «САТЕП». Ця система має ряд суттєвих переваг у порівнянні з релейними та релейно-процесорними системами автоматизації, зокрема, вона забезпечує економію енергії, більший ресурс експлуатації, скорочення кількості персоналу та використання менш витратних компонентів. Для станції Д були розроблені як однопиткові, так і двопиткові плани роботи. Також було створено структурну схему мікропроцесорної централізації та схеми управління різними пристроями на станції.

Мікропроцесорна система на станції є багаторівневою та включає три основні рівні, кожен з яких виконує свою специфічну роль у забезпеченні ефективної та безпечної роботи системи. Перший рівень — це автоматизоване робоче місце (АРМ) диспетчера. Цей рівень забезпечує зручний інтерфейс для операторів, які здійснюють моніторинг та керування процесами станції. Диспетчер за допомогою АРМ може отримувати всю необхідну інформацію про стан об'єктів та системи в цілому, а також здійснювати коригування налаштувань або відправляти команди на нижчі рівні системи.

Другий рівень включає мікропроцесорну систему, яка базується на промислових комп'ютерах. Ці комп'ютери виконують складніші обчислювальні функції та забезпечують обробку даних з першого рівня, а також реалізацію алгоритмів керування. Промислові комп'ютери мають високу надійність і здатні працювати в умовах підвищених навантажень та екстремальних температур, що робить їх ідеальними для використання в автоматизованих системах керування на станціях.

Третій рівень складається з контролерів, які безпосередньо здійснюють керування об'єктами та виконавчими пристроями на станції. Ці контролери виконують функції збору і передачі даних від об'єктів до вищих рівнів системи, а також виконують команди, що надходять з мікропроцесорної системи, керуючи такими пристроями, як сигнальні ліхтарі, шлагбауми, електричні механізми та інші елементи інфраструктури станції.

Цей рівень є безпосереднім виконавцем рішень, що приймаються на вищих рівнях системи, та забезпечує фізичне управління об'єктами та їх взаємодію.

З метою досягнення високого рівня безпеки перевезень, особливо в умовах зростання обсягів перевезень та підвищення швидкості руху, були вжиті заходи для дублювання каналів зв'язку за схемою «2 з 2» і застосування трьох комп'ютерів, що працюють за схемою «2 з 3». Це дозволило забезпечити високий рівень резервування і мінімізувати ймовірність відмови системи. Також був проведений детальний розрахунок показників надійності та функційної безпечності контролерів введення та виведення інформації, що дозволяє забезпечити безперервну та ефективну роботу системи, навіть у разі відмови окремих елементів. Розрахунки показали, що система здатна гарантувати стабільність роботи при збереженні необхідного рівня безпеки на всіх етапах експлуатації. Техніко-економічні розрахунки підтверджують, що впровадження системи МПЦ сприяє значній оптимізації витрат на підприємстві. Зокрема, це дозволяє зменшити споживання електроенергії завдяки впровадженню більш ефективних технологій і автоматизації процесів. Крім того, зниження потреби в матеріальних ресурсах та скорочення чисельності персоналу також веде до зменшення операційних витрат. Важливим є й зниження трудовитрат на обслуговування, що дає можливість значно підвищити ефективність роботи та оптимізувати використання робочого часу.

Впровадження мікропроцесорної централізації (МПЦ) на підприємстві значно підвищує надійність і безпеку функціонування всіх технологічних процесів. Завдяки автоматизації та інтеграції системи з різними об'єктами і пристроями, зменшується ймовірність людських помилок, а також скорочуються ймовірність збоїв, що можуть виникнути через неполадки у старих системах управління. Впровадження МПЦ дозволяє знизити кількість аварійних ситуацій та полегшити процес моніторингу і реагування на непередбачувані обставини. Оскільки ці фінансові вигоди починають проявлятися на ранніх етапах її експлуатації, період окупності МПЦ скорочується до чотирьох років. Це є важливим фактором для будь-якого підприємства, оскільки швидкий період окупності дозволяє швидко повернути інвестиції та отримати значну економічну вигоду в подальшому.

Список використаної літератури

- 1 Мойсеєнко, В. І., Курцев, М. С., Лазарєв, О. В. Технології та технічні засоби систем керування рухом поїздів. Навчальний посібник. [Текст] – Х. 2020. – 38 – 45с.
- 2 Захарченко В.Л., Глушак М.Ю. «Цифрові системи управління на залізниці». – Х.: Харківський національний університет залізничного транспорту. 2020. 49 – 60С.
- 3 Альошин В.М. Етапи створення та впровадження МПЦ EbiLock –950[Текст]. «Автоматика, зв'язок, інформатика» № 12, 2005. – 9 – 20С.
- 4 Іваненко М. М. Автоматизовані системи керування та телемеханіка на залізничному транспорті [Текст]: Навчальний посібник для закладів вищої освіти залізничного транспорту / За ред. М. М. Іваненка. – Київ: Логос, 2022. – 420 – 430С.
- 5 Гребенюк, В.Ю., Соловей, І.М. Застосування мікропроцесорних систем управління для підвищення ефективності залізничного транспорту // Залізнична автоматика та телемеханіка. – 2020. – № 2. – С. 33 – 42.
- 6 Іваненко, П.М. Сучасні мікропроцесорні засоби автоматизації на залізничному транспорті // Залізничний транспорт України. – 2018. – № 5. – С. 12 – 20.
- 7 Ковальчук, С.Л., Романенко, Ю.В. Інтелектуальні системи безпеки на залізничному транспорті: досвід впровадження та перспективи розвитку. – Київ: Академія транспорту України, 2015. – 174 с.
- 8 Коротка характеристика систем МПЦ [Електронний ресурс]: НВП «САТЕП» – URL: <http://satep.com.ua>. – (Дата звернення 01.02.2025 року).
- 9 Системи релейно – мікропроцесорної централізації стрілок і сигналів [Електронний ресурс]: Системи та пристрої / НВП "САТЕП" – URL: <http://www.satep.com.ua/index.php?item=3&id=19>
- 10 Кошовий С.В. Автоматизовані системи мікропроцесорної централізації стрілок і сигналів залізничних станцій. С.В. Кошовий, В.Б. Романчук, О.Ф. Божок // Українські залізниці – К., 2009 – №8 – С. 44 - 52.

11 Кустов В.Ф. Основи теорії надійності та функціональної безпеки систем залізничної автоматики. Навчальний посібник / В.Ф. Кустов – Х.: УкрДАЗТ, 2008 – 218 -220с.

12 Мойсеєнко В.І. Методичні рекомендації до практичних занять, виконання курсових і дипломних проєктів, РГР та самостійної роботи з дисципліни "Станційні системи автоматики". В.І. Мойсеєнко, К.С. Клименко, С.А. Радковський. Х.: УкрДАЗТ, 2010 Ч1 – 50 с.

13 Душко Д. О. Економічна ефективність залізничного транспорту в Україні. Київ: Київська школа економіки, 2022. 21–31С.

14 Жердев М.Д. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни "Економіка залізничного транспорту". М. Д. Жержев, Ю.М. Юрченко, Ю.В. Мірошніченко – Х.: УкрДАЗТ, 2010 – 60 с.

15 Ткаченко, О. П., Пархоменко, В. В. Технології автоматизації процесів на залізничному транспорті: навчальний посібник. [Текст] – Київ: Техніка, 2019. – 120–130с.

16 Олександров, І. В., Мельник, П. В. Мікропроцесорні системи управління на транспорті. – Львів: Львівська політехніка, 2021. – 55–65 с.

17 Барсуков, О. І., Кудрявцев, Є. С. Основи залізничної автоматики та телемеханіки: теорія та практика. [Текст] – Київ: Наукова думка, 2022. – 45–56 с.

18 Ребрик, М. О. Автоматизовані системи управління на залізничному транспорті: підручник для студентів вищих навчальних закладів. – Харків: ХНУРТ, 2020. – 212–225 с.

19 Шевченко, А. І., Мартиненко, М. Ю. Застосування мікропроцесорних технологій у транспортних системах. // Залізничний транспорт України. – 2021. – № 6. – С. 34–42.

20 Коваленко, О. В., Костюк, П. О. Системи автоматичного управління та моніторингу на залізничному транспорті. – Харків: ХНУРТ, 2019. – 110–120 с.

21 Литвиненко, С. С., Куцев, В. М. Інноваційні технології автоматизації на залізничному транспорті. – Київ: Логістика, 2020. – 98–107 с.

22 Задорожний, В. О., Карпенко, Д. І. Мікропроцесорні засоби в управлінні залізничними перевезеннями. – Харків: ХДТУТ, 2018. – 85–94 с.

23 Степаненко, О. В., Коваленко, Ю. С. Системи автоматизації на залізничному транспорті: сучасні підходи та тенденції розвитку. – Харків: Національний транспортний університет, 2019. – 112–121 с.