

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Український державний університет залізничного транспорту
Кафедра автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів

**МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ ШЛЯХОМ
ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ГОТОВНОСТІ**

Пояснювальна записка

до випускної кваліфікаційної роботи першого
освітнього ступеня бакалавр

ВКР 01.25.02.32.ПЗ

Виконав здобувач вищої освіти
групи 133-АКІТ-з22
(робота виконано самостійно, відповідно
до принципів академічної доброчесності)

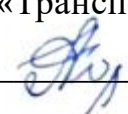
 ДУРАВКІНА

Керівник PhD, доцент

 Олена ЩЕБЛИКІНА

Рецензент доцент кафедри

«Транспортний зв'язок» (ТЗ)

 Наталія КОРОЛЬОВА

Харків 2025 рік

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет інформаційно-керуючих систем та технологій

Кафедра автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів

Ступінь: бакалавр

Спеціальність: 151 «Автоматика та автоматизація на транспорті»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри,
доцент, к. техн. наук

_____ В.О. Сотник
«___» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ Дуравкіної Юлії Андріївни

1 Тема «Модернізація системи електричної централізації шляхом підвищення експлуатаційної готовності», керівник Щебликіна, PhD, доцент, затверджена розпорядженням по факультету інформаційно-керуючих систем та технологій від 24.02.2025 року № 11

2 Строк подання студентом закінченої роботи 06.06.2025 року.

3 Вихідні дані Норми технологічного проектування пристроїв автоматики і телемеханіки на залізничному транспорті України. Мікропроцесорна електрична централізація МПЦ-У Альбом 1-4. Мікропроцесорна централізація стрілок та сигналів МПЦ-У Принципи побудови 421418.001ПП. Мікропроцесорна централізація стрілок та сигналів МПЦ-У Технічний опис МПЦ-У 421418.001 ТО.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки

4.1. Аналіз існуючих систем керування стрілками та сигналами на залізничних станціях

4.2. Розроблення та обґрунтування проектних рішень системи керування стрілками та сигналами на станції «А»

4.3. Дослідження шляхів підвищення експлуатаційної готовності системи

4.4. Охорона праці та безпечна експлуатація акумуляторних батаре

5 Перелік графічного матеріалу

5.1. План станції

5.2. Двонитковий план станції

5.3. Принципові схемні рішення

5.4. Результати досліджень

6 Консультанти окремих розділів

Розділ	Прізвище, ініціали, посада та науковий ступінь консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7 Дата видачі завдання «____» _____ 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
Експлуатаційна характеристика залізничної станції	01.04.2025 р.	
Розроблення та обґрунтування проектних рішень системи керування стрілками та сигналами на станції «А»	20.05.2025 р.	
Дослідження шляхів підвищення експлуатаційної готовності системи	20.05.2025 р.	
Охорона праці та безпечна експлуатація акумуляторних батарей	06.06.2025 р.	

Примітка – Розгорнутий календарний план виконання дипломного проекту наведений у додатку до завдання.

Здобувач



Юлія ДУРАВКІНА

Керівник

Олена ЩЕБЛИКІНА

ДОДАТОК ДО ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
Реферат	06.06.2025 р.	
Вступ	01.04.2025 р.	
1 Аналіз існуючих систем керування стрілками та сигналами на залізничних станціях	01.04.2025 р.	
1.1 Експлуатаційна характеристика залізничної станції	01.04.2025 р.	
1.2 Вибір системи мікропроцесорної системи централізації	01.04.2025 р.	
2 Розроблення та обґрунтування проектних рішень системи керування стрілками та сигналами на станції «А»	01.04.2025 р.	
2.1 Одонитковий план станції «А»	01.04.2025 р.	
2.2 Двонитковий план станції «А»	20.04.2025 р.	
2.3 Розроблення структурної схеми мікропроцесорної системи керування стрілками та сигналами для станції «А»	20.04.2025 р.	
2.4 Розроблення схем мікропроцесорного керування стрілочними електроприводами	20.04.2025 р.	
2.5 Розроблення схем мікропроцесорного керування поїзними та маневровими світлофорами	20.04.2025 р.	
2.6 Розроблення схем контролю вільності колійних діляниць	20.04.2025 р.	
2.7 Огляд існуючої архітектури підсистеми живлення МПЦ-У	20.05.2025 р.	
3 Дослідження шляхів підвищення експлуатаційної готовності системи	20.05.2025 р.	
3.1 Теоретичні основи експлуатаційної готовності мікропроцесорних систем електричної централізації	20.05.2025 р.	
3.2 Фактори, що впливають на експлуатаційну готовність МПЦ на залізничному транспорті України	20.05.2025 р.	
3.3 Підвищення експлуатаційної готовності залізничної станції шляхом покращення енергонезалежності	20.05.2025 р.	
4. Охорона праці та безпечна експлуатація акумуляторних батарей	20.05.2025 р.	
Список використаних джерел	06.06.2025 р.	

Здобувач

Юлія ДУРАВКІНА

Керівник

Олена ЩЕБЛИКІНА

Анотація

Робота присвячена розробленню проекту системи автоматизації для керування стрілками та сигналами на станції «А» з використанням мікропроцесорної централізації з метою підвищення безпеки руху поїздів та ефективності експлуатаційної роботи. Проведено аналіз існуючих систем керування стрілками та сигналами на залізничних станціях, включаючи релейні, релейно-процесорні та мікропроцесорні системи. Розглянуто їх функціональні можливості, переваги та недоліки.

У роботі розроблено та обґрунтовано проектні рішення для системи мікропроцесорної централізації (МПЦ) станції «А», що включають однитковий та двонитковий плани станції. Розроблено структурну схему МПЦ на базі трирівневої архітектури, виконано розрахунок кількості об'єктних контролерів. Розроблено схеми мікропроцесорного керування стрілочними електроприводами та світлофорами, а також схеми контролю вільності колійних ділянок з використанням тональних рейкових кіл. Розроблено технічну документацію, що включає дослідження показників безвідмовності та функційної безпечності центрального обчислювального модуля системи МПЦ, який має мажоритарну структуру резервування "2 із 3", для різних періодів контролю.

Окремий розділ присвячено питанням охорони праці, зокрема аналізу основних небезпек при експлуатації системи МПЦ та питанням електромагнітної безпечності персоналу.

Ключові слова: МІКРОПРОЦЕСОРНА ЦЕНТРАЛІЗАЦІЯ, КЕРУВАННЯ СТРІЛКАМИ ТА СИГНАЛАМИ, ЗАЛІЗНИЧНА СТАНЦІЯ, БЕЗПЕКА РУХУ ПОЇЗДІВ, ЗАЛІЗНИЧНА АВТОМАТИКА, ОБ'ЄКТНИЙ КОНТРОЛЕР, ТОНАЛЬНІ РЕЙКОВІ КОЛА, ФУНКЦІЙНА БЕЗПЕЧНІСТЬ.

ABSTRACT

The work is devoted to the development of an automation system project for controlling switches and signals at station "A" using microprocessor-based interlocking to enhance train traffic safety and operational efficiency. An analysis of existing switch and signal control systems at railway stations was conducted, including relay, relay-processor, and microprocessor systems. Their functional capabilities, advantages, and disadvantages were reviewed.

The thesis develops and substantiates design solutions for the Microprocessor Interlocking (MPI) system of station "A", which include single-line and double-line station plans. A structural scheme of the MPI based on a three-level architecture was developed, and the calculation of the required number of object controllers was performed. Schemes for microprocessor control of point machines and signals, as well as schemes for track vacancy detection using tonal track circuits, were developed. Technical documentation has been developed, including a study of reliability and functional safety indicators of the MPI's central processing module, which has a "2 out of 3" majority redundancy structure, for different inspection periods.

A separate section is dedicated to occupational safety issues, particularly the analysis of main hazards during MPI system operation and issues of electromagnetic safety for personnel.

Keywords: MICROPROCESSOR INTERLOCKING, SWITCH AND SIGNAL CONTROL, RAILWAY STATION, TRAIN TRAFFIC SAFETY, RAILWAY AUTOMATION, OBJECT CONTROLLER, TONAL TRACK CIRCUITS, FUNCTIONAL SAFETY.

Зміст

Вступ.....	9
1 Аналіз існуючих систем керування стрілками та сигналами на залізничних станціях	11
1.1 Експлуатаційна характеристика залізничної станції	11
1.2 Вибір системи мікропроцесорної системи централізації	12
Висновки по розділу.....	25
2 Розроблення та обґрунтування проектних рішень системи керування стрілками та сигналами на станції «А»	27
2.1 Однотрестковий план станції «А»	27
2.2 Двотрестковий план станції «А»	29
2.3 Розроблення структурної схеми мікропроцесорної системи керування стрілками та сигналами для станції «А»	33
2.4 Розроблення схем мікропроцесорного керування стрілочними електроприводами	40
2.5 Розроблення схем мікропроцесорного керування поїзними та маневровими світлофорами.....	43
2.6 Розроблення схем контролю вільності колійних ділянок	48
2.7 Огляд існуючої архітектури підсистеми живлення МПЦ-У	49
Висновки по розділу.....	52
3 Дослідження шляхів підвищення експлуатаційної готовності системи...	54
3.1 Теоретичні основи експлуатаційної готовності мікропроцесорних систем електричної централізації	54
3.2 Фактори, що впливають на експлуатаційну готовність МПЦ на залізничному транспорті України.....	61

					ВКР 01.25.02.32 ПЗ			
мн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Модернізація системи електричної централізації шляхом підвищення експлуатаційної готовності	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Дуравкіна Р.В.						
Перевірів		Щебликіна О.В.					7	
Н. Контр.		Сосунов О.О.				УкрДУЗТ		
Затверд.		Сотник В.О.						

3.3 Підвищення експлуатаційної готовності залізничної станції шляхом покращення енергонезалежності	64
Висновки по розділу	68
4. Охорона праці та безпечна експлуатація акумуляторних батарей.....	70
4.1. Загальні положення з охорони праці під час обслуговування акумуляторних батарей.....	70
4.2 Вимоги до приміщень та обладнання	71
4.3 Безпека під час експлуатації та обслуговування	72
4.4 Дії в аварійних ситуаціях.....	73
4.5 Запобігання та профілактика.....	75
4.6 Міжнародний досвід та передові практики.....	76
Висновки.....	77
Список використаних джерел	78
Додаток А Однотокковий план станції	80
Додаток Б Двотокковий план станції	81
Додаток В Схеми ув'язки з рейковими колами	82
Додаток Г Схеми контролю та керування стрілками.....	83

Висновки

У кваліфікаційній роботі вирішено актуальне науково-практичне завдання, спрямоване на підвищення експлуатаційної готовності систем залізничної автоматики шляхом модернізації системи централізації на базі сучасних мікропроцесорних технологій та вдосконалення її підсистеми електроживлення. Надійність та безперебійність функціонування пристроїв сигналізації, централізації та блокування є фундаментальною умовою забезпечення безпеки руху поїздів, що набуває особливої ваги в сучасних умовах функціонування залізничного транспорту України. У рамках виконання роботи проведено комплексний аналіз об'єкта автоматизації, обґрунтовано вибір вітчизняної мікропроцесорної централізації МПЦ-У як оптимального рішення для модернізації. У проектній частині роботи розроблено повний комплект технічних рішень для обладнання станції «А» системою МПЦ-У. Розроблені рішення повністю відповідають чинним нормам та правилам і можуть слугувати основою для створення реальних проектів модернізації аналогічних залізничних станцій. Основний науковий та практичний інтерес представляє дослідницька частина роботи, присвячена пошуку шляхів підвищення експлуатаційної готовності розробленої системи. На основі теоретичних положень теорії надійності проаналізовано ключові показники, такі як коефіцієнт готовності (Кг), середній наробіток на відмову (MTBF) та середній час відновлення (MTTR). Аналіз підтвердив, що підсистема гарантованого електроживлення є критично важливим елементом, який суттєво впливає на загальну надійність комплексу МПЦ. У роботі доведено, що стратегічним напрямком підвищення експлуатаційної готовності є модернізація системи гарантованого електроживлення шляхом переходу на сучасні технології накопичення енергії. Проведено детальний порівняльний аналіз традиційних свинцево-кислотних акумуляторних батарей та сучасних літій-залізо-фосфатних (LiFePO₄) акумуляторів.

					ВКР 01.25.02.32 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

Список використаних джерел

1. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. Київ: Держстандарт України, 1995. 71 с.
2. ДСТУ 3004-95. Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними. Київ: Держстандарт України, 1995.
3. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016.
4. ДСТУ EN ІЕС 62040-1:2020. Системи безперебійного живлення. Частина 1. Вимоги щодо безпеки (EN ІЕС 62040-1:2019, IDT; ІЕС 62040-1:2017, IDT). Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2021.
5. ДСТУ 2860-94 Надійність техніки. Терміни та визначення.
6. ГОСТ 27.003-90 Надійність в техніці. Склад і загальні правила завдання вимог щодо надійності.
7. ДСТУ 2862-94 Надійність техніки. Методи розрахунку показників надійності.
8. Кустов В. Ф. Основи теорії надійності та функційної безпечності систем залізничної автоматики: навчальний посібник. Харків : УкрДАЗТ, 2008. 217 с.
9. Щебликіна О. В. Підвищення експлуатаційної готовності систем керування рухом поїздів на основі контролю їх функціональних параметрів: дис. канд. техн. наук : 05.22.06. Український державний університет залізничного транспорту. Харків, 2020.
10. Бутенко В. М., Головка О. В. Аналіз методик розрахунку надійності систем залізничної автоматики з електронними компонентами. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2023. №2. С. 28–38.
11. Гаврилов М. О. Удосконалення системи електроживлення об'єктних контролерів мікропроцесорної централізації. Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. 2023. Вип. 197. С. 10-17.

					ВКР 01.25.02.32 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

12. Автоматизовані системи керування рухом поїздів на станціях: Навч. посібник./ В.І. Мойсеєнко та ін.. – Харків: УкрДУЗТ, 2024. – 184 с., рис. 70, табл. 26

13. Мойсеєнко, В.І. Автоматизовані станційні системи керування рухом поїздів [Текст] / В.І. Мойсеєнко та ін.; під ред. Мойсеєнка В.І. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – 213с.

14. ПрАТ «СНВО «Імпульс». Мікропроцесорна система МПЦ–У [Електроний ресурс]. – Режим доступу: www.imp.lg.ua – Загл. з екрану. – (Дата звернення 11.11.2022).

15. Мікропроцесорна централізація стрілок і сигналів МПЦ–У «Переїзна. Дон». Технічний опис №421418.002–РС–ЛУ – Д.: Дон. Залізниця, 2012.– с. 59.

16. Методичні матеріали до самостійного опрацювання змістовного модуля «Схеми систем електропостачання» за дисципліною “Електропостачання” освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів з напрямку підготовки 050701 – "Електротехніка та електротехнології" / В.Т. Заїка, В.М. Прокуда – Д.: Національний гірничий університет, 2012. – 19 с.

17. Таблиця напруги Lifepo4 12 В 24 В 48 В і таблиця напруги Lifepo4 стану заряду / <https://www.kmdpower.com/uk/news/lifepo4-voltage-state-of-charge-table/>

18. Акціонерне товариство «Укрзалізниця». Регіональна філія «Львівська залізниця». Виробничий структурний підрозділ «Здолбунівська дистанція сигналізації і зв’язку». Інструкція з охорони праці № 39 під час обслуговування акумуляторних батарей. Здолбунів, 2024.

19. IEC 62485-2:2018. Safety requirements for secondary batteries and battery installations – Part 2: Stationary batteries.

20. IEC 62619:2022. Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Safety requirements for secondary lithium cells and batteries, for use in industrial applications.

21. IEEE 1188™-2005. IEEE Recommended Practice for Maintenance, Testing, and Replacement of Valve-Regulated Lead-Acid (VRLA) Batteries for Stationary Applications.

					ВКР 01.25.02.32 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79