

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

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

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ СИСТЕМ ПАДРАХУНКУ ОСЕЙ РУХОМОГО СКЛАДУ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до випускної кваліфікаційної роботи

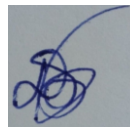
ВКР 01.25.01.24.ПЗ

Галузь знань – 15 Автоматика та приладобудування

Спеціальності – 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Виконав:

Студент IV курсу групи 106 – АКІТ – Д21
(робота виконана самостійно, відповідно
до принципів академічної доброчесності)



Данііл СОКОЛОВСЬКИЙ

Керівник:



Віктор КУСТОВ

Рецензент:



Андрій ЄЛІЗАРЕНКО

**Український державний університет залізничного транспорту Фа-
культет інформаційно-керуючих систем та технологій**

Кафедра автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів

Ступінь освіти бакалавр

Спеціальність 151 «Автоматика та комп'ютерно-інтегровані технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри,

доцент, канд. техн. наук



Василь СОТНИК

«15» червня 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Соколовському Даніілу Павловичу, групи 106-АКІТ-Д21

1 Тема «Удосконалення систем залізничної автоматики за рахунок впровадження мікропроцесорних систем підрахунку осей рухомого складу» затверджена розпорядженням по факультету інформаційно-керуючих систем та технологій від «24» лютого 2025 р. за № 11.

2 Строк подання студентом закінченої роботи « 10 » червня 2025 р.

Вихідні дані:

Схематичний план станції «А». Схематичний план перегону «А-Б».

Правила технічної експлуатації залізниць України. Норми технологічного проектування пристроїв автоматики та телемеханіки на залізничному транспорті України.

Електронна система контролю стану колійних дільниць СКПУ. Технічний опис та інструкція по експлуатації. ІЕ 2717879 – 010.

Електронна система контролю стану колійних ділянок СКПУ. Керівництво користувача. РП2717879 – 011.

Електронна система контролю стану колійних ділянок СКПУ. Керівництво для проектування. ТОВ «НВП САТЕП». РП 22717879 – 012.

3 Зміст розрахунково-пояснювальної записки

Вступна частина:

- титульний аркуш;
- завдання на випускню роботу (з додатком);
- реферат;
- зміст.

Основна частина:

- вступ;
- суть роботи (назви розділів роботи з висновками по кожному розділу);
- висновки по роботі;
- перелік посилань.

Додатки.

4 Перелік графічного матеріалу

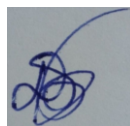
1. Структурні схеми існуючих систем підрахунку осей рухомого складу. Класифікація рейкових датчиків для підрахунку осей рухомого складу.
2. Схематичний план станції «А» з рейковими датчиками.
3. Структурна схема мікропроцесорної системи підрахунку осей рухомого складу для станції «А».
4. Кабельна мережа мікропроцесорної системи підрахунку осей рухомого складу. Схема перемикачів колійних приймачів рейкових кіл на резерв.
5. Схематичний план перегону «А-Б».
6. Структурна схема мікропроцесорної системи підрахунку осей рухомого складу для перегону «А-Б». Схема перемикачів колійних приймачів рейкових кіл на резерв.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
1 Аналіз існуючих систем підрахунку осей рухомого складу	20.03.2025 р.	
2 Удосконалення системи електричної централізації стрілок та сигналів станції «А» за рахунок використання мікропроцесорної системи підрахунку осей рухомого складу	20.04.2025 р.	
3 Удосконалення систем напівавтоматичного блокування на перегоні «А- Б» за рахунок використання мікропроцесорної системи підрахунку осей рухомого складу	20.05.2025 р.	
4 Охорона праці	01.06.2025 р.	

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

Студент



Даніїл Соколовський

Керівник

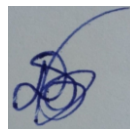


Віктор КУСТОВ

ДОДАТОК ДО ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
Реферат	10.06.2025	
Вступ	01.06.2025	
1 Аналіз існуючих систем підрахунку осей рухомого складу	30.04.2025	
1.1 Аналіз надійності рейкових кіл і можливості підвищення їхньої функціональної безпечності, готовності та інформативності		
1.2 Аналіз існуючих мікропроцесорних систем підрахунку осей рухомого складу для контролю вільності колійних ділянок		
1.3 Аналіз і класифікація датчиків для систем підрахунку осей рухомого складу		
1.4 Висновки по розділу		
2 Удосконалення системи електричної централізації стрілок та сигналів станції «А» за рахунок використання мікропроцесорної системи підрахунку осей рухомого складу	15.05.2025	
2.1.Схематичний план станції «А» з рейковими датчиками.		
2.2 Розроблення структурної схеми мікропроцесорної системи підрахунку осей рухомого складу на станції «А»		
2.3 Розроблення схем підключення рейкових датчиків.		
2.4 Розроблення схем електроживлення рейкових датчиків		
2.5 Розроблення схем перемикачів станційних колійних приймачів рейкових кіл на резервні пристрої контролю вільності ділянок.		
2.6 Розробка специфікації обладнання мікропроцесорної системи підрахунку осей рухомого складу		
2.7 Висновки по розділу		
3 Удосконалення систем напівавтоматичного блокування на перегоні «А-Б» за рахунок використання мікропроцесорної системи підрахунку осей рухомого складу	30.05.2025	
3.1 Схематичний план перегону «А-Б»		
3.2 Розроблення структурної схеми і специфікації обладнання для мікропроцесорної системи підрахунку осей рухомого складу перегону «А-Б»		
3.3 Розрахунок підвищення готовності і функційної безпечності у разі використання резервних пристроїв контролю вільності ділянок		
3.4 Висновки по розділу		
4. Охорона праці	05.06.2025	
4.1Аналіз основних небезпек при експлуатації мікропроцесорної системи підрахунку осей рухомого складу		
4.2 Розроблення рекомендацій щодо підвищення безпеки праці персоналу у разі впровадження мікропроцесорної системи підрахунку осей рухомого складу		
Висновки	10.06.2025	
Список використаних джерел	10.06.2025	

Студент



Данііл Соколовський

Керівник



Віктор КУСТОВ

Анотація

В даній випускній кваліфікаційній роботі було розглянуто методику інтеграції систем виявлення положення рухомого складу за допомогою рейкових кіл та лічення вісей, та створено принципову та структурну схеми перемикання пристроїв автоматики. Було створено одонитковий план станції з обладнанням підрахунку осей рухомого складу. Також розглянуто вплив резервування на показники надійності систем відповідальних за безпеку руху залізничного транспорту, та встановлено необхідну конфігурацію системи для дотримання вимог норм та стандартів з надійності.

Annotation

This qualification paper examines the methodology of integration track circuit based rolling stock position detection system and axle counter based system. In a result schematic and structural diagrams for automation devices switch were developed. Station layout that includes axle counting equipment for rolling stock was created. Also, the impact of redundancy on the reliability parameters of systems responsible for railway traffic safety was analysed in this paper. Necessary system configuration was established to comply with reliability norms and standards.

Зміст

Вступ	12
1 Аналіз існуючих систем підрахунку осей рухомого складу	14
1.1 Аналіз надійності рейкових кіл і можливості підвищення їхньої функціональної безпечності, готовності та інформативності	14
1.2 Аналіз існуючих мікропроцесорних систем підрахунку осей рухомого складу для контролю вільності колійних ділянок	21
1.3 Аналіз і класифікація датчиків для систем підрахунку осей рухомого складу	25
1.4 Висновки по розділу	26
2 Удосконалення системи електричної централізації стрілок та сигналів станції «А» за рахунок використання мікропроцесорної системи підрахунку осей рухомого складу	27
2.1 Схематичний план станції «А» з рейковими датчиками	27
2.2 Розроблення структурної схеми мікропроцесорної системи підрахунку осей рухомого складу на станції «А»	29
2.3 Розроблення схем підключення рейкових датчиків	30
2.4 Розроблення схем електроживлення рейкових датчиків	32
2.5 Розроблення схем перемикачів станційних колійних приймачів рейкових кіл на резервні пристрої контролю вільності ділянок	35
2.6 Розробка специфікації обладнання мікропроцесорної системи підрахунку осей рухомого складу	38
2.7 Висновки по розділу	41
3 Удосконалення систем напівавтоматичного блокування на перегоні «А- Б» за рахунок використання мікропроцесорної системи підрахунку осей рухомого складу	42

					ВКР 01.25.01.24.ПЗ			
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Соколовський Д.П.		13.06	Удосконалення систем залізничної автоматики за рахунок впровадження мікропроцесорних систем підрахунку осей рухомого складу	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Кустов В.Ф.		15.06			12	76
Н. контр.		Ананьєва О.М.		15.06		УкрДУЗТ 106 – АКІТ – Д21		
Затв.		Сотник В.О.		15.06				

3.1 Схематичний план перегону «А-Б»	42
3.2 Розроблення структурної схеми і специфікації обладнання для мікропроцесорної системи підрахунку осей рухомого складу перегону «А-Б»	46
3.3 Розрахунок підвищення готовності і функційної безпечності у разі використання резервних пристроїв контролю вільності дільниць	48
3.4 Висновки по розділу	60
4. Охорона праці	61
4.1 Аналіз основних небезпек при експлуатації мікропроцесорної системи підрахунку осей рухомого складу	61
4.2 Розроблення рекомендацій щодо підвищення безпеки праці персоналу у разі впровадження мікропроцесорної системи підрахунку осей рухомого складу	63
Висновки	66
Список використаних джерел	67

Список скорочень:

ТД – точковий датчик;

ЕСПО - електронна система підрахунку осей;

РК – рейкове коло;

СЦБ – сигналізація, централізація та блокування;

ТРК – тональне рейкове коло;

КРУ – контролер резервований управляючий;

МРК – мікропроцесорне тональне рейкове коло;

НЕМ – напільний електронний модуль;

МККД - мікропроцесорний контролер колійних датчиків;

ЦП – центральний процесор системи електричної централізації;

МПАБ – мікропроцесорне напівавтоматичне блокування;

ПАБ – напівавтоматичне блокування;

ДСП – черговий по станції;

КТЗ – комплекс технічних засобів

					ВКР 01.25.01.24.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Розвиток економіки та торгівлі, а як наслідок збільшення обсягів та інтенсивності перевезень, створює потребу в постійному технологічному та інформаційному розвитку, інфраструктурних рішеннях що мають високу надійність та відмовостійкість, легко та швидко масштабуються, забезпечують швидке виконання перевезень, мають відносно низьку вартість встановлення та обслуговування, при цьому є чи можуть бути інтегровані до регіональної міжнародної інфраструктури.

Для України розвиток та інтеграція залізничної інфраструктури з існуючими логістичними мережами Європи, є одним з стратегічних напрямків. Транспортна система України з урахуванням тимчасово окупованої території має розгалужену залізничну мережу експлуатаційна довжина залізничних колій станом на серпень 2024 року становить 19759,8 кілометра, що включає 59 пунктів пропуску через державний кордон. Крім того, територією України проходять чотири мультимодальних Європейських транспортних коридори загальною протяжністю 3335 кілометрів: Північне море - Балтика, Балтійське море - Чорне море - Егейське море, Середземноморський та Рейн - Дунай, поетапна модернізація транспортної інфраструктури на яких є ключовим довгостроковим пріоритетом у розвитку сполучення України з державами - членами ЄС. Є нагальна потреба приведення законодавства України у відповідність з вимогами асquis ЄС, впровадження міжнародних стандартів та їх дотримання, забезпечення повноцінного виконання взятих Україною міжнародних зобов'язань та інтеграції національної транспортної мережі до транс'європейської транспортної мережі (Trans-European Transport Network, TEN-T). Національна транспортна політика також потребує гармонізації з пріоритетами відповідних політик ЄС, зокрема цілями Європейського зеленого курсу в секторі транспорту і мобільності [1].

Повномасштабна збройна агресія Російської Федерації проти України докорінно змінила транспортну систему. Із введенням воєнного стану автомобільний та залізничний транспорт виконують надважливі для обороноздатності держави функції, а саме: забезпечення можливості евакуації та мобільності населення, переміщення військової техніки та гуманітарних вантажів тощо [1]. В умовах постійної непе-

редбачуваної загрози для систем залізничної автоматики, що полягає в отриманні					Арк.
					ВКР 01.25.01.24.ПЗ
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	11

значних фізичних ушкоджень та руйнувань, питання безпеки, надійності, відновлюваності, та діагностичних можливостей постають надзвичайно гостро.

Точкові датчики (ТД) з мікропроцесорною основою витісняють аналогові варіанти завдяки перевагам таким як: самодіагностування елементів системи в режимі реального часу, запис інформації про стан та показання датчику на карту пам'яті та гнучкі алгоритми роботи. Завдяки зростанню швидкості та ефективності ліній зв'язку, наприклад, оптоволоконних чи супутникових, підвищення надійності та відмовстійкості елементів систем автоматики та збільшенню можливостей обробки отриманої інформації відбувається зміна підходу до обслуговування апаратури. Залізничні компанії отримали можливість зосередитися не на відновлювальних роботах, а на роботі по обслуговувані на основі результатів оцінки поточного стану та прогнозування стану у майбутньому. На даний момент на ринку існує велика кількість різноманітних електронних систем підрахунку осей рухомого складу (ЕСПО), кожна з яких має власні експлуатаційні параметри. Вибір типу системи необхідний для ефективного використання особливостей умов експлуатації конкретної ділянки залізничного шляху. ЕСПО поділяються за типом, методом кінцевого застосування, технологіями, що використовуються та функціональним можливостям. За типом розрізняють лічильники осей та колісні датчики, де самі лічильники осей підрозділяють на бортові системи та колійні, тоді як колісні датчики класифікуються як одно чи дво-колісні. За методом реєстрації проходження розрізняють: електромагнітні (найрозповсюдженіший тип), інфрачервоні, оптичні та резистивні датчики. Електромагнітні датчики додатково розділяють на індуктивний та інерційний типи, інфрачервоні підрозділяються на середньо та коротко хвильові, оптичні діляться на лазерні та фотоелектричні, а в резистивні входять як тензорезистори, так і термопари. За прогнозами, глобальний ринок цифрових систем рахунку осей зросте з приблизно 5,86 млрд USD у 2025 році до 8,84 млрд USD до 2030 року при середньорічному темпі ~8,6 % CAGR [2].

Типовий індуктивний колісний датчик складається з окремих котушок і продукує два сигнали, кожен до окремого каналу. Колісний датчик встановлюється безпосередньо на рейку. Поява колеса зробленого з феромагнітного матеріалу над датчиком змінює параметри електромагнітного поля і в результаті цього датчик формує

Відповідний сигнал. Різноманітні типи побудови колісного датчика дозволяють спе.					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12

рувати такими параметрами електромагнітного поля як: амплітуда, фаза чи частота модуляції вихідного сигналу. Рахунковий модуль може бути відповідальним як за аналіз сигналу отриманого від датчика, визначаючи, таким чином, кількість коліс (осей), що увійшли на ділянку і кількість коліс що вийшли з ділянки, або рахунковий модуль може рахувати різниці між осями що увійшли і вийшли, якщо інформація про їх кількість одразу надходить від колісного датчика (який в такому випадку називається пристроєм підрахунку осей). Тим не менш, у таких системах завжди присутній елемент, що є відповідальним за підрахунок коліс що пройшли місце встановлення датчика. Вище описана функція має бути виконана в відповідності до найвищого рівня безпеки (SIL-4 згідно зі стандартом CENELEC) [3, 4]. Для подібних задач допустимий рівень небезпечних відмов має становити менше ніж 10^{-8} . Всі вищезгадані методи визначення вступу колісної пари на контрольовану ділянку колії мають низку переваг і недоліків їх застосування. Деякі з них можуть мати імунітет до електромагнітних завад [5], але при цьому бути дуже вразливими до фізичного положення у просторі [6].

					ВКР 01.25.01.24.ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

В даній випускній кваліфікаційній роботі було показано, що електроні системи лічення осей це напрямок залізничної автоматики, що постійно розвивається як технологічно так і економічно. Так, за прогнозами, глобальний ринок цифрових систем рахунку осей зросте з приблизно 5,86 мільярдів доларів у 2025 році до 8,84 мільярдів доларів. Україна також є зацікавленою в цьому ринку технологій, так як в інтереси країни входить інтеграція з регіональними залізничними мережами, та в розширенні можливостей власних вже існуючих систем залізничної автоматики. Основним типом ТД що має масове застосування на даний момент це ТД індуктивного типу, проте не виключається що в майбутньому інші типи займуть своє місце в системах автоматики.

На прикладі станції «А» було розглянуто можливість інтеграції системи виявлення положення рухомого складу на основі РК та ТД. В результаті було створено схематичний план станції та структурну схему обладнання ЕСПО на станції «А». Також в роботі розглянуто особливості встановлення та електроживлення напільного та постового обладнання системи лічення осей, і створено специфікацію обладнання і запасних елементів. В результаті розгляду питання узгодження показань двох систем було встановлено, що для забезпечення нормального функціонування обладнання необхідно використовувати перемикання роздільне навантажене резервування.

Також було проведено розрахунки підвищення готовності і функційної безпечності у разі використання ЕСПО як резервних пристроїв контролю вільності ділянок. На основі порівняння отриманих результатів розрахунків та аналізу нормативних документів було зроблено наступні висновки варіант системи перемикання та резервування пристроїв системи визначення вільності колійних ділянок задовольняє вимогам державних стандартів з функційної безпеки для малодіяльних станцій, також було розраховано очікуваний термін безвідмовної роботи усіх пристроїв на усіх колійних ділянках даної станції.

					ВКР 01.25.01.24.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У висновку в роботі проаналізовано які вимоги висуваються до безпеки праці працівників, що обслуговують апаратуру ЕСПО з точки зору як польових так і робіт в приміщеннях. Було встановлено основні джерела небезпеки та норми їх контролю.

					ВКР 01.25.01.24.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел

1. Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року та затвердження операційного плану заходів з її реалізації у 2025-2027 роках [Електронний ресурс] : – Постанова Кабінету Міністрів України від 27.12.2024. - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/> - (Дата звернення: 21.04.2025).

2. Rail Wheel Sensors & Axle Counter Market by Component (Axle Counters, Rail Wheel Sensors), Type (Electromagnetic Sensors, Infrared Sensors, Optical Sensors), End-Use Application, Technology, Functionality, Railway Type - Global Forecast 2025-2030. [Електронний ресурс]: 360iResearch - Режим доступу: <https://www.360iresearch.com/> - (Дата звернення: 21.04.2025).

3. EN 50128-2011: Railway applications. Communications, signalling and processing systems. [Текст]. Введ. 17.06.2011: SIST – 127 – 88 ст.

4. IEC 62425:2025 ED2: Railway applications - Communication, signalling and processing systems - Safety related electronic systems for signalling [Текст]. Введ. 05.05.2025: GENORMA – 141 ст.

5. M. Petkova, Compatibility between Rolling Stock and Train Detection Systems, [Текст] / M. Petkova // Conference: EMC in Railways, 2006. The Institution of Engineering and Technology Seminar on - 2006 - pp. 71-82.

6. K. Futsuhara Realization of a fail-safe train wheel sensor using electromagnetic induction [Текст] / K. Futsuhara, M. Mukaidono // IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 38, no. 2, pp. 421-427, April 1989.

7. ДСТУ 4178-2003. Комплекси технічних засобів. Системи керування та регулювання руху поїздів. Функційна безпечність і надійність. [Текст]. - чинний з 2003-07-01. Вид. офіц. Київ, 2003. 35 с.

8. Мікропроцесорна централізація стрілок та сигналів. Мікропроцесорні рейкові кола тональної частоти на станціях та перегонах при електротязі змінного струму: звіт з науково-дослідницької теми. [Текст]. Розгонов А. П. № 421418.001 ТР-001.

9. EN 50126-1:2017. Railway applications. The specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS). Basic requirements and gener-

Іс					ВКР 01.25.01.24.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

process. [Текст]. Введ. 13.10.2017: SIST – 114 ст.

10. Панченко С. В Аналіз проєктних рішень мікропроцесорної системи рейкових кіл. [Текст]. / С. В. Панченко, О. А. Бунчуков, В. О. Сотник. / Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті - Том 28 № 4 (2023): Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті С. 19-27.

11. Manfred Sommergruber, BENEFITS OF MODERN TRAIN DETECTION SYSTEMS [Електронний ресурс]: Rail Knowledge Bank. – Режим доступу : <https://railknowledgebank.com> – (Дата звернення: 22.04.2025).

12. Damian Grzechca, Comparison of Filtering Methods for Enhanced Reliability of a Train Axle Counter System. Sensors (Basel). / Damian Grzechca, Adam Szczeponek. // MDPI. – 12.05.2020. – Electronic Sensors.

13. Clearguard ZP D 43 Electronic Wheel Detection Equipment. [Електронний ресурс]: Siemens. – Режим доступу : <https://www.siemens.com> – (Дата звернення: 24.04.2025).

14. Електронна система рахунку осей "SIGNAL" [Електронний ресурс]: AT-SIGNAL. – Режим доступу : <https://atsignal.com.ua> – (Дата звернення: 24.04.2025).

15. Dwayne Allan, AXLE COUNTERS – DISPELLING THE MYTHS & DEMONSTRATING THE BENEFITS. [Електронний ресурс]: Rail Knowledge Bank. – Режим доступу : <https://railknowledgebank.com> – (Дата звернення: 22.04.2025)

16. Jean-Luc Wybo, Track circuit reliability assessment for preventing railway accidents. [Текст]. / Jean-Luc Wybo. / Science Direct - Volume 110, Part B, December 2018, Pages 268-275.

17. Latifa Oukhellou, Fault diagnosis in railway track circuits using Dempster–Shafer classifier fusion. [Текст]. / Latifa Oukhellou, Alexandra Debiolles, Thierry Denœux, Patrice Akinin. / Science Direct – Volume 21, Issue 1, February 2010, Pages 117-128.

18. Гололобова О.О., Аналіз статистики відмов та збоїв у роботі автоматичної локомотивної сигналізації. [Текст]. / О.О. Гололобова, С. Ю Буряк, В. І. Гаврилюк. / Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті - Том 18 (2019): БЕЗПЕКА НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

					ВКР 01.25.01.24.ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

19. Журавльов А. Ю. Підвищення експлуатаційної надійності роботи рейкових кіл полігону електротяги змінного струму, який примикає до станції стикування [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.20 / Журавльов Антон Юрійович. - Дніпро, 2016. 159 с.

20. Навчальний посібник «Основи теорії надійності та функційної безпечності систем залізничної автоматики» [Текст] / В.Ф. Кустов. - Х. : УкрДАЗТ, 2008 р. - 156с.

21. Лекція 7. Напівавтоматичне блокування МПАБ. Автоматичне блокування УСАБ-М, ЦАБ-АЛСО, АБ-ЧКУ. Особливості і принципи побудови. [Електронний ресурс] : Український державний університет залізничного транспорту. Дистанційні технології навчання. – Режим доступу : <https://do.kart.edu.ua/> - (Дата звернення: 12.05.2025)

22. Напівавтоматичне блокування 5.1. Призначення та принципи організації напівавтоматичного блокування. [Електронний ресурс] : Навчання від Возняка. – Режим доступу: <http://vozom.org.ua/> - (Дата звернення: 12.05.2025).

23. ДСТУ 4178-2003 Комплекси технічних засобів систем керування та регулювання руху поїздів. Функційна безпечність і надійність. Вимоги та методи випробовування [Текст]. – чинний з 2003–07–01. : Держспоживстандарт України, 2003 – 36 с.

24. Про затвердження Правил безпеки для працівників залізничного транспорту на електрифікованих лініях [Електронний ресурс] : ДНАОП 5.1.11-1.48-00 : зареєстровано М-вом юстиції України 08.06.2000 р. - Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/> - (Дата звернення: 26.05.2025).

25. Про затвердження Правил безпеки праці під час виконання робіт у колійному господарстві [Електронний ресурс] : НПАОП 63.21-1.25.07 : зареєстровано М-вом юстиції України 03.04.2007 р. - Режим доступу : <https://zakononline.com.ua/> - (Дата звернення: 26.05.2025).

26. Про затвердження державних санітарних правил та норм МОЗ України [Електронний ресурс] : ДСН 239-96 : зареєстровано М-вом юстиції України 29.08.1996 р. - Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/> - (Дата звернення: 26.05.2025).

					ВКР 01.25.01.24.ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

27. Про затвердження Правил пожежної безпеки на залізничному транспорті Мінтрансв'язку України [Електронний ресурс] : [Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 22 березня 2010 р. за N 230/17525] - Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/> - (Дата звернення: 26.05.2025).

28. Про затвердження Правил безпеки праці для працівників залізничних станцій і вокзалів Держгірпромнагляд [Електронний ресурс] : [Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 3 квітня 2007 р. за N 304/13571] - Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/> - (Дата звернення: 26.05.2025).

					ВКР 01.25.01.24.ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		