MODERN RESEARCH: TRANSPORT INFRASTRUCTURE AND INNOVATION TECHNOLOGIES



III INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE FOR APPLICANTS FOR HIGHER EDUCATION, OF EDUCATION WORKERS AND SCIENTISTS
28-29 November 2024

Volume 1

KYIV 2024

Proceedings Of III International Scientific and Practical Conference for Applicants for Higher Education, of Education Workers and Scientists " MODERN RESEARCH: TRANSPORT INFRASTRUCTURE AND INNOVATION TECHNOLOGIES" 28-29 November 2024 Kyiv, UKRAINE

Volume 1

The conference is held according to the plan of the Ministry of Education and Science of Ukraine for 2024 and is registered with the State Scientific Institution "Ukrainian Institute of Scientific and Technical Information (№ 589, December 20, 2023)".

ORGANIZERS

1. Ministry of Education and Science of Ukraine.
2. Kyiv Institute of Railway Transport of the State University of Infrastructure and Technologies, Ukraine.
3. Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Ukraine.
4. University of Žilina, Country Slovak Republic.
5. University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Faculty of Technical Sciences, Poland.
6. Technical University of Koszalin, Koszalin, Poland
7. Tafila Technical University, Jordan.
8. The Institute of Power Engineering, Moldova.

The collection of conference materials is a scientific and practical publication, which contains scientific articles of students, graduate students, candidates and Doctors of Science, scientists and practitioners from Ukraine, Europe and other countries. Articles contain researches of modern innovative processes in science. The collection is intended for approbation of scientific research by bachelors, masters, graduate students, doctoral students, teachers and scientific researchers, as well as to expand the scientific horizons of researchers from relevant fields of knowledge and inform a wide range of scientists and practitioners about the existing modern problems in various fields.

The materials are presented in the author's edition

The conference was held by the Kyiv Institute of Railway Transport of the State University of Infrastructure and Technology (Ukraine)

© Kyiv Institute of Railway Transport of the State University of Infrastructure and Technology, 2024

М А Т Е Р І А Л И

ІІІ Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти, викладачів та науковців «СУЧАСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ: ТРАНСПОРТНА ІНФРАСТРУКТУРА ТА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ»
28-29 листопада 2024 р., м.Київ

Частина 1

Конференція проводиться за планом Міністерства освіти і науки України 2024 року та зареєстрована у Державній науковій установі «Український інститут науково-технічної інформації УкрІНТЕІ за № 589 від 20.12.2023р.

Сучасні дослідження: транспортна інфраструктура та інноваційні технології: Матеріали ІІІ Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти, викладачів та науковців 28-29 листопада 2024р. м. Київ, вид-во: Київський інститут залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій, реєстр. УкрІНТЕІ №589 від 20.12.2023, 2024.Ч.1, 381с.

Голова оргкомітету конференції:
Губаревич О.В. – к.т.н., доцент кафедри електромеханіки та рухомого складу залізниць Київського інституту залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій

Відповідальний секретар конференції:
Муравйов В.М. – к.ф.-м.н., доцент кафедри «Системи штучного інтелекту та телекомунікаційні технології» Київського інституту залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій

До електронного збірника увійшли матеріали досліджень, поданих до ІІІ Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти, викладачів та науковців «СУЧАСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ: ТРАНСПОРТНА ІНФРАСТРУКТУРА ТА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ», яка організована Київським інститутом залізничного транспорту Державного університету інфраструктури при підтримці Міністерства освіти і науки України.

Електронне наукове видання призначено для апробації наукових досліджень бакалаврів, магістрів, аспірантів, докторантів, викладачів та наукових співробітників, а також для розширення наукового кругозору дослідників з транспортної та суміжних галузей знань, інформування широкого кола вчених та практиків щодо існуючих сучасних проблем у транспортній галузі та розвитку міжнародної співпраці.

Матеріали подано в авторській редакції

© КІЗТ Державний університет інфраструктури та технологій, 2024

НАУКОВИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ
SCIENTIFIC COMMITTEE CONFERENCES

Голова

Твердомед В.М. – к.т.н., доцент, директор Київського інституту залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій.

Заступники голови

Брайковська Н.С. – к.т.н., професор кафедри вагонів та вагонного господарства Київського інституту залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій;

Горобченко О.М. – д.т.н., професор, декан факультету інфраструктури та рухомого складу залізниць Київського інституту залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій, головний редактор Збірника наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій «Транспортні системи та технології»;

Стрелко О.Г. – д.і.н., професор, декан факультету управління залізничним транспортом Київського інституту залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій;

Губаревич О.В. – к.т.н., доцент, член-кореспондент Академії прикладних наук, доцент кафедри електромеханіки та рухомого складу залізниць Київського інституту залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій.

Члени наукового комітету

Кузнєцов Ю.М. – д.т.н., професор, віце-президент ГО «Національна академія наук вищої освіти України», академік Міжнародної академії наук і інноваційних технологій, професор кафедри конструювання машин Механіко-машинобудівного інституту Національного технічного університету України «*Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського*»;

Саленко О.Ф. – д.т.н., професор, академік ГО «Національна академія наук вищої освіти України», академік Академії інженерних наук України, академік Академії наук національного прогресу України, професор кафедри конструювання машин Механіко-машинобудівного інституту Національного технічного університету України «*Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського*»;

Шинкаренко В.Ф. – д.т.н., професор, академік ГО «Національна академія наук вищої освіти України», професор кафедри електромеханіки Національного технічного університету України «*Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського*»;

Даніленко Е.І. – д.т.н., професор, професор кафедри залізничної колії та колійного господарства Київського інституту залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій;

Кириченко І.О. – д.т.н. професор, професор кафедри логістичного управління та безпеки руху на транспорті Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля;
Ловська А.О. – д.т.н., доцент, професор кафедри інженерії вагонів та якості продукції Українського державного університету залізничного транспорту;
Мазуренко Л.І. – д.т.н., професор, завідувач відділу електромеханіки інституту електродинаміки НАН України, завідувач кафедри електротехніки та електроприводу Київського національного університету будівництва і архітектури;
Мироненко В.К. – д.т.н., професор, завідувач кафедри управління комерційною діяльністю залізниць Київського інституту залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій;
Подольцев О.Д. – д.т.н., головний науковий співробітник Інституту електродинаміки НАН України;
Самсонкін В.М. – д.т.н., професор, професор кафедри технологій транспорту та управління процесами перевезень Київського інституту залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій;
Тимченко Л.І. – д.т.н., професор, завідувач кафедри систем штучного інтелекту та телекомунікаційних технологій Київського інституту залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій;
Ткаченко В.П. – д.т.н., професор, завідувач кафедри електромеханіки та рухомого складу залізниць Київського інституту залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій;
Фомін О.В. – д.т.н., професор, професор кафедри вагонів та вагонного господарства Київського інституту залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій;
Шавьолкін О.О. – д.т.н., професор, професор кафедри комп'ютерної інженерії та електромеханіки Київського національного університету технологій та дизайну;
Шведчикова І.О. – д.т.н., професор, професор кафедри комп'ютерної інженерії та електромеханіки Київського національного університету технологій та дизайну;
Волошин Д.І. – к.т.н., доцент, доцент кафедри інженерії вагонів та якості продукції Українського державного університету залізничного транспорту;
Гулак С.О. – к.т.н., доцент, доцент кафедри електромеханіки та рухомого складу залізниць Київського інституту залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій;
Кравець А.М. – к.т.н., доцент, завідувач науково-дослідної частини Українського державного університету залізничного транспорту;
Мелконов Г.Л. – к.т.н. доцент, доцент кафедри машинобудування та прикладної механіки Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля;
Мелконова І.В. – к.т.н., доцент, зав. кафедри електричної інженерії Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля;

Петруха Н.М. – к.е.н., доцент, доцент кафедри менеджменту в будівництві, Київський національний університет будівництва і архітектури;
Atef Saleh Almashakbeh – Professor, Vice President for Academic Affairy, Tafila Technical University, Jordan;
Abdullah Eial Awwad **–** Doctor of Electrical Engineering Sciences, Professor, Electrical Power and Mechatronics Engineering Department, Tafila Technical University, Jordan;
Eyad Kh Almaita – Professor At Power And Mechatronics Engineering Dept. In Tafila Technical University, Jordan;
Ján Dižo – PhD, Associate Professor of the Department of Transport and Handling Machines, University of Zilina, Slovak Republic;
Ion Comendant – Ph.D, Institute of Power Engineering of the Technical University of Moldova, Republic of Moldova;
Juraj Gerlici – Professor, Dr. Ing. Head of the Department of transport and handling machines, Faculty of Mechanical Engineering, University of Zilina, Slovak Republic;
Kateryna Kravchenko – Associate Professor, Ph.D. research of the Department of transport and handling machines, The Faculty of Mechanical Engineering, University of Zilina, Slovak Republic;
Michał Duda – Doctor of Technical Sciences, Faculty of Technical Sciences, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland;
Mihai Tirsu – Doctor of Engineering, Managing Director at Institute of Power Engineering of Technical University of Moldova, Republic of Moldova;
Mikhail Sit – Ph.D, Assistant Professor - Researcher, Leading Researcher Chisinau, Institute of Power Engineering of Technical University of Moldova, Republic of Moldova;
Miroslaw Bramowicz – Doctor hab. inż., Associate professor, Faculty of Technical Sciences, Warmia and Mazury University in Olsztyn, Poland;
Mohamed Qawaqzeh – Associate Professor Al-Balqa Applied University, Department of Electrical and Electronics Engineering (Jordan);
Oleksandr Kravchenko – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Transport and Handling Machines, University of Zilina, Slovak Republic;
Paś Jacek – Professor of Technical Sciences, Department of electronics, Institute of Electronic Systems, Military University of Technology, Warsaw, Poland;
M.S. Priyadarshini – Dr, Ph.D, Professor and Head, Department of Electrical and Electronics Engineering K.S.R.M., College of Engineering (Autonomous), Kadapa, India;
Szymon Racewicz – Doctor of Technical Sciences, Assistant professor, Faculty of Technical Sciences, Department of Mechatronics of the Warmia and Mazury University in Olsztyn, Poland;
Sławomir Wierzbicki – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Mechatronics, Faculty of Technical Sciences, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland;

Stanislaw Duer – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Energy, Faculty of Mechanical Engineering and Power Engineering, Technical University of Koszalin, Poland, Koszalin;
Valentin Oleschuk – Doctor of technical science, Chief (Principal) researcher Institute of Power Engineering of Technical University of Moldova, Republic of Moldova;
Wojciech Sobieski – Doctor of Technical Sciences, Professor UWM, Faculty of Technical Sciences, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland.

ЗМІСТ
TABLE OF CONTENTS

Секція 1: ІННОВАЦІЇ У ТРАНСПОРТНІЙ ІНФРАСТРУКТУРІ ТА ТЕХНОЛОГІЯХ
Section 1: INNOVATIONS IN TRANSPORT INFRASTRUCTURE AND TECHNOLOGIES.……..…… 20

Аношин С.О., Неведров О.В.
СУЧАСНІ ДИЗЕЛЬНІ ДВИГУНИ ДЛЯ ТЕПЛОВОЗІВ: НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ПЕРЕВАГИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ
MODERN DIESEL ENGINES FOR LOCOMOTIVES: LATEST TECHNOLOGIES, ADVANTAGES AND PROSPECTS……..... 20

Барис І.О., Неведров О.В.
МОДЕРНІЗАЦІЯ РУХОМОГО СКЛАДУ В УКРАЇНІ: СУЧАСНИЙ СТАН, ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ
MODERNIZATION OF ROLLING STOCK IN UKRAINE: CURRENT STATE, CHALLENGES AND PROSPECTS…….…… 24

Батир А.Д., Ковальчук В.В.
ІННОВАЦІЙНА ДІЯЛЬНІСТЬ КРЮКІВСЬКОГО ВАГОНОБУДІВНОГО ЗАВОДУ
INNOVATIVE AKTIVY OF KRYUKIVSKY RAILWAY CAR BULDING WORKS……... 28

Безбах О. М., Дорошенко О. Ю.
ЗАСТОСУВАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ СПОСОБІВ ВІДНОВЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ
APPLICATION OF INNOVATIVE WAYS TO RESTORE DAMAGED REINFORCED CONCRETE STRUCTURES……... 32

Блатніцкий М., Діжо Я., Кравченко О.П., Ловська А.О.
РОЗРОБКА ЕЛЕМЕНТІВ МАНІПУЛЯТОРА ДЛЯ СКЛАДАЛЬНИХ ОДИНИЦЬ АВТОМОБІЛІВ
DEVELOPMENT OF MANIPULATOR ELEMENTS FOR VEHICLE ASSEMBLY UNITS……..... 36

Блощаневич В.Ю., Неведров О.В.
ШВИДКІСНИЙ РУХ В УКРАЇНІ:СУЧАСНИЙ СТАН, ПЕРСПЕКТИВИ ТА ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ
HIGH-SPEED TRAFFIC IN UKRAINE: CURRENT STATUS, PROSPECTS AND SIGNIFICANCE FOR TRANSPORT INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT……... 42

Боженко Т.І., Михайлова Ю.В.
ІННОВАЦІЇ В КРУЇЗНІЙ ІНДУСТРІЇ. ТЕХНОЛОГІЇ МАЙБУТНЬОГО
INNOVATIONS IN THE CRUISE INDUSTRY. TECHNOLOGIES OF THE FUTURE……..... 46
Волошин Д.І., Волошина Л.В.
КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ ВІДМОВ У ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМАХ ВАГОНОРЕМОНТНИХ ПІДПРИЄМСТВ
AN INTEGRATED APPROACH TO ASSESSING THE RISKS FAILURES IN PRODUCTION SYSTEMS OF WAGON REPAIR ENTERPRISES……... 51
Главацький К.Ц., Черкудінов В.Е., Брильова М.Г.
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ПРОЦЕСІВ ЗАСТОСУВАННЯ МАШИН ДЛЯ ЗЕМЛЯНИХ РОБІТ ПРИ СПОРУДЖЕННІ ОСНОВИ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ І АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ
RESEARCH OF ENERGY-EFFICIENT PROCESSES OF THE APPLICATION OF EARTHWORK MACHINES IN THE CONSTRUCTION OF THE RAILWAY AND ROAD BASE…….. 54
Голота О.О., Муха А.М., Устименко Д.В., Плаксін С.В.
РОЗПОДІЛЕНА МОДУЛЬНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ РУХОМ МАГНІТОЛЕВІТАЦІЙНОГО ТРАНСПОРТУ
DISTRIBUTED MODULAR SYSTEM FOR CONTROLLING THE MOVEMENT OF MAGNETIC LEVITATION TRANSPORT……..... 59
Гречун О.В., Сорока О.О.
ПРИЧИНИ ВИНИКНЕННЯ ХВИЛЕПОДІБНОГО ЗНОСУ ПОВЕРХНІ КОЧЕННЯ РЕЙОК ТА МЕТОДИ ЙОГО УСУНЕННЯ
CAUSES OF WAVY WEAR OF THE ROLLING SURFACE OF RAILS AND METHODS OF ITS ELIMINATION……. 64
Грибовський В. А., Прокопенко П. М.
ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕСІВНИХ КОНСТРУКЦІЙ ЕЛЕКТРОВОЗІВ ВЛ80К З МЕТОЮ ПОДАЛЬШОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ
RESEARCH OF THE STRENGTH CHARACTERISTICS OF VL80K ELECTRIC LOCOMOTIVE BEARING STRUCTURES FOR FURTHER OPERATION…… 67
Демир Л.Ф., Михайлова Ю.В.
ІННОВАЦІЇ У СФЕРІ БЕЗПЕКИ МОРСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ
INNOVATIONS IN THE SECURITY OF SEA PASSENGER TRANSPORTATION……... 72

Демченко Л.Д., Тітенко О.А., Муравйов В.М., Тітенко А.М.
ФУНКЦІОНАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ З ЕПФ ЯК ДЕМПФУЮЧІ ЕЛЕМЕНТИ В ЗАЛІЗНИЧНІЙ ІНФРАКСТРУКТУРІ
FUNCTIONAL MATERIALS WITH SME AS DAMPING ELEMENTS IN THE RAILWAY INFRASTRUCTURE……. 76
Дяденко Б.Є., Ваганов О.І.
ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ ДЛЯ АГРЕГАЦІЇ І АНАЛІТИКИ ВЕЛИКИХ ОБ'ЄМІВ ІНФОРМАЦІЇ В ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ
INNOVATIVE SOLUTIONS FOR AGGREGATION AND ANALYSIS OF LARGE VOLUMES OF INFORMATION IN RAILWAY TRANSPORT INFORMATION SYSTEMS……... 81
Завадська А.О., Дорошенко О. Ю.
МОДИФІКОВАНІ БАЗАЛЬТОВІ ВОЛОКНА В ТРАНСПОРТНИХ КОНСТРУКЦІЯХ
MODIFIED BASALT FIBERS IN TRANSPORTATION STRUCTURES... 85
Заєць Є.О., Михайлов Є.В.
РОЗВИТОК ІННОВАЦІЙНИХ ВИСОКОШВИДКІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ
DEVELOPMENT OF INNOVATIVE HIGH-SPEED TRANSPORT SYSTEMS……. 89
Зеленько Б.В, Малюк С.В.
ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВІЗІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ КОНТРОЛЬ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ
USE OF THERMAL VISION TECHNOLOGIES FOR CHECKING THE TECHNICAL CONDITION OF TRACTION ENGINES……... 93
Зуб Є.П., Сапронова С.Ю., Ткаченко В.П., Сиваківський С.В.
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНОЇ СИСТЕМИ «ВІЗОК-КОЛІЯ»
MATHEMATICAL MODELING OF A DYNAMIC SYSTEM «FREIGHT WAGON CART-RAILWAY TRACK»……... 96
Іванов Р.В., Курган М.Б.
ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ІСНУЮЧИХ ПЕРЕЇЗДІВ НА МЕРЕЖІ ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ
IMPLEMENTATION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR THE MODERNIZATION OF EXISTING CROSSINGS ON THE RAILWAY NETWORK OF UKRAINE…….. 99
Клюєв С.О., Кириченко І.О.
НАВІГАЦІЙНІ СИСТЕМИ ЯК ІНСТРУМЕНТ ОПТИМІЗАЦІЇ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ
NAVIGATION SYSTEMS AS A TOOL FOR OPTIMIZING LOGISTICS PROCESSES IN THE TRANSPORT INDUSTRY……. 104

Карнатов С.А., Герцій О.А.
СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АВТОНОМНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ: АНАЛІТИКА ТА КЛЮЧОВІ ГРАВЦІ
THE STATE AND PROSPECTS OF AUTONOMOUS TRANSPORT VEHICLES: ANALYSIS AND KEY PLAYERS……..... 109
Козаков А.А., Іванченко С.С., Співак О.М.
ДОСЛІДЖЕННЯ І АНАЛІЗ РОБОТИ КОЛЕКТОРНИХ МАШИН ЛОКОМОТИВІВ
ADDITIONAL ENGINEERING AND ANALYSIS OF ROBOTS OF LOCOMOTIVE VEHICLES…… 113
Комарова Г.Л., Волошина Л.В., Чичин Є.В.
ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ
IMPLEMENTATION OF INNOVATIVE QUALITY CONTROL METHODS IN THE CONTEXT OF DIGITALIZATION OF PRODUCTION PROCESSES IN RAILWAY TRANSPORT…… 117
Кривопалов В.О., Дубравін Ю.Ф.
ВИПРОБУВАННЯ ІЗОЛЯЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН ІМПУЛЬСНИМ МЕТОДОМ
INSULATION TESTING OF ELECTRICAL MACHINES BY THE PULSE METHOD…… 121
Кривошея В.Р., Кузнєцов Ю.М.
ПОРІВНЯЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДРІЗАННЯ ТРУБ РІЗЦЯМИ І ДИСКОВИМИ ФРЕЗАМИ ЗСЕРЕДИНИ І ЗЗОВНІ
COMPARATIVE RESEARCH OF PIPE CUTTING WITH CUTTERS AND DISC MILLS FROM THE INSIDE AND OUTSIDE…… 125
Кручек С.В., Вільшанюк М.С.
РЕГУЛЮВАННЯ ВИКИДІВ СУДНОПЛАВСТВА У МЕЖАХ ЄВРОПЕЙСЬКОЇ СИСТЕМИ ТОРГІВЛІ ВИКИДАМИ (EU ETS)
REGULATION OF SHIPPING EMISSIONS WITHIN THE EUROPEAN EMISSIONS TRADING SYSTEM (EU ETS)…… 129
Костров М.О., Михайлов Є.В.
ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ МАГНІТНОЇ ЛЕВІТАЦІЇ
PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF TRANSPORTATION SYSTEMS BASED ON MAGNETIC LEVITATION…… 134
Кудін А.С., Проскурняк А.В., Стасюк О.І.
ІНФРАСТРУКТУРА ДЛЯ АВТОНОМНОГО ТРАНСПОРТУ: ВИКЛИКИ, ІННОВАЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ
INFRASTRUCTURE FOR AUTONOMOUS TRANSPORTATION: CHALLENGES, INNOVATIONS, AND PERSPECTIVES…… 139

Кузишин А.Я., Ковальчук В.В.
ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНОЇ РОБОТИ ПНЕВМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ РЕСОРНОГО ПІДВІШУВАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ В УМОВАХ ШВИДКІСНОГО РУХУ
INVESTIGATION OF THE DYNAMIC OPERATION OF THE PNEUMATIC SYSTEM OF ROLLING STOCK SPRING SUSPENSION IN HIGH-SPEED TRAFFIC CONDITIONS……... 142
Кузьміч А.В.
ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНОГО СТАНУ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ШВИДКІСНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УКРАЇНІ
RESEARCH ON THE CURRENT STATE AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF HIGH-SPEED RAIL PASSENGER TRANSPORTATION IN UKRAINE…….. 145
Лакуста Д.І., Гулак С.О.
РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ НАЯВНОСТІ УШКОДЖЕННЯ РОТОРА В ТЯГОВИХ АСИНХРОННИХ ДВИГУНАХ
DEVELOPMENT OF A FUNCTIONAL SYSTEM FOR DIAGNOSTIC OF THE PRESENCE OF ROTOR DAMAGE IN TRACTION INDUCTION MOTORS……... 149
Лемещук В.Ю., Співак О.М.
ДОСЛІДЖЕННЯ І АНАЛІЗ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ КОНТАКТОРІВ В СИЛОВИХ СХЕМАХ ЛОКОМОТИВІВ
RESEARCH AND ANALYSIS OF ELECTROMAGNETIC CONTACTORS IN POWER CIRCUITS OF LOCOMOTIVES……. 152
Лисенко Є.В., Костенко І.Д., Гулак С.О.
ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСТОТИ КОМУТАЦІЇ ТРАНЗИСТОРНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ДЛЯ ТЯГОВОГО КОЛЕКТОРНОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА ЛОКОМОТИВА
DETERMINING THE SWITCHING FREQUENCY OF A TRANSISTOR CONVERTER FOR A TRACTION COLLECTOR MOTOR……. 154
Лузан С.О.
ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИБОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАЗМОВОГО БРОНЗОВОГО ПОКРИТТЯ У ПОРІВНЯННІ З ЛИТОЮ БРОНЗОЮ
STUDIES OF TRIBOTECHNICAL CHARACTERISTICS OF PLASMA BRONZE COATING IN COMPARISON WITH CAST BRONZE……... 157
Максимчук М.М., Малюк С.В.
ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ РЕКУПЕРАЦІЇ ТЕПЛА ДЛЯ ПІДТРИМКИ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ ДИЗЕЛІВ ТЕПЛОВОЗІВ
MODES OF DIESEL USE OF THE HEAT RECOVERY SYSTEM TO SUPPORT THE TEMPERATURE LOCOMOTIVES…… 162

Мацюк Р.В., Співак О.М.
ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ СТРУМОПРИЙМАЧІВ ЕЛЕКТРОПОТЯГІВ
IMPROVEMENT OF OPERATIONAL RELIABILITY OF CURRENT COLLECTORS OF ELECTRIC TRAINS……... 165
Мензатюк О.П., Бахоня В.О., Дубравін Ю.Ф.
ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ ДІАГНОСТИКИ
IMPROVING THE RELIABILITY OF ELECTRIC MACHINES OF ELECTRIC ROLLING STOCK BY USING DIAGNOSTIC TOOLS…… 169
Муравицький В.Є, Малюк С.В
ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ДІАГНОСТИКИ ПРИ ПІДГОТОВЦІ ЛОКОМОТИВІВ ДО ЕКСПЛУАТАЦІЇ
USE OF MODERN DIAGNOSTIC METHODS IN THE PREPARATION OF LOCOMOTIVES FOR OPERATION……... 175
Мямлін С.С.
ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНОЇ НАВАНТАЖЕНОСТІ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ РІЗНИХ КОНСТРУКЦІЙ
RESEARCH OF DYNAMIC LOADING OF VARIOUS DESIGNS FREIGHT CARS……..... 179
Нєвєров Д.М., Ткаченко В.П.
РЕМОНТ ТА ОБСЛУГОВУВАННЯ ШВИДКІСНИХ ПОЇЗДІВ В УКРАЇНІ
REPAIR AND MAINTENANCE OF HIGH-SPEED TRAINS IN UKRAINE……. 182
Неділя С.А., Іванченко С.С., Співак О.М.
ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ЕКІПАЖНОЇ ЧАСТИНИ ЛОКОМОТИВІВ ВІБРОАКУСТИЧНИМ МЕТОДОМ КОНТРОЛЮ
INVESTIGATION OF THE CONDITION OF THE CREW OF LOCOMOTIVES BY VIBROACOUSTIC CONTROL METHOD…… 187
Осипчук А.С., Неведров О.В.
РОЗВИТОК ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ УКРЗАЛІЗНИЦІ:ВАЖЛИВИЙ КРОК ДО СУЧАСНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ
DEVELOPMENT OF THE ELECTRIFICATION OF THE UKRZALIZNYT: AN IMPORTANT STEP TOWARDS MODERN INFRASTRUCTURE……..... 192
Орловська О.В.
ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ
IMPLEMENTATION OF MODERN TECHNOLOGIES IN THE ORGANIZATION OF RAILWAY TRANSPORTATION……. 196

Палій Б.І., Неведров О.В.
ТЕПЛОВОЗОРЕМОНТНІ ЗАВОДИ УКРАЇНИ: РОЛЬ У ПІДТРИМЦІ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ
THERMAL REPAIR PLANTS OF UKRAINE: THE ROLE IN SUPPORTING THE RAILWAY INFRASTRUCTURE AND DEVELOPMENT PROSPECTS…….. 199
Панченко Б.С., Фащевський А.В.
ПЕРСПЕКТИВНІ МАТЕРІЛИ АДИТИВНОГО ВИРОБНИЦТВА У ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ РЕМОНТУ РУХОМОГО СКЛАДУ
PROSPECTIVE MATERIALS OF ADDITIVE MANUFACTURING IN THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF ROLLING STOCK REPAIR…… 203
Пенедюк М. М., Дорошенко О.Ю.
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НЕОРГАНІЧНИХ В'ЯЖУЧИХ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ АРМОВАНИХ ҐРУНТІВ
STUDY OF THE INFLUENCE OF INORGANIC BINDERS ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF REINFORCED SOILS…… 206
Попов С.В., Бурлака О.А., Лисак А.І.
УДОСКОНАЛЕННЯ ПЕДАЛІ ЗЧЕПЛЕННЯ МАЛОТОННАЖНИХ ФУРГОНІВ КОНЦЕРНУ STELLANTIS
IMPROVEMENT OF STELLANTIS CONCERN LOW-TONNAGE COMMERCIAL VANS CLUTCH PEDAL……. 210
Степаненко Е.Д., Ваганов О.І.
РОЗРОБКА ІННОВАЦІЙНИХ РІШЕНЬ НА БАЗІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ
DEVELOPMENT OF INNOVATIVE SOLUTIONS BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR TRANSPORT NFRASTRUCTURE.. 213
Резанов П.С., Стасюк О.І.
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В АВТОМАТИЧНИХ СИСТЕМАХ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦІ
PROSPECTS FOR THE USE OF ARTIFICAL INTELLIGENCE IN AUTOMATIC FIRE SAFETY SYSTEMS FOR RAILWAY ROLLING STOK……. 215
Родіонов А.Ю., Кара С.В.
ВИМІРЮВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РУХОМОГО СКЛАДУ МЕТОДОМ ТАХЕОМЕТРИЧНОГО ЗНІМАННЯ
MEASUREMENT OF THE GEOMETRIC PARAMETERS OF ROLLING STOCK BY THE METHOD OF TACHEOMETRIC SURVEYING……. 221
Роговий О.В.
ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ЗАЛІЗНИЦІ В КРИЗОВИХ УМОВАХ
INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR RAILWAY PROTECTION UNDER CRISIS CONDITIONS……..... 224

Рубан А.С., Михайлов Є.В.
ПЕРЕВАГИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБІГУ ПРИ ЗДІЙСНЕННІ АВТОМОБІЛЬНИХ ВАНТАЖОПЕРЕВЕЗЕНЬ В УКРАЇНІ
ADVANTAGES OF THE IMPLEMENTATION OF ELECTRONIC DOCUMENT MANAGEMENT WHEN PERFORMING ROAD TRUCK TRANSPORTATION IN UKRAINE…….. 228
Сапронова С.Ю., Скляренко І.Ю., Ганношина І.М.
ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ШУМУ КОЧЕННЯ В КОНТАКТІ «КОЛЕСО-РЕЙКА»
RESEARCH ON ROLLING NOISE CHARACTERISTICS IN THE «WHEEL-RAIL» CONTACT…….. 233
Скосар В.Ю., Бурилова Н.В., Бурилов С.В.
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ РІДКОКРИСТАЛІЧНИХ ДАТЧИКІВ МАГНІТНОГО ПОЛЯ В ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТІ
PERSPECTIVES OF THE USE OF LIQUID CRYSTAL MAGNETIC FIELD SENSORS IN ELECTRIC TRANSPORT……... 238
Стасенко С.С., Мірошник В.А., Лужицький О.Ф.
ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ СКАНУВАННЯ ТА МОНІТОРИНГУ ОБ'ЄКТІВ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В НЕБЕЗПЕЧНИХ УМОВАХ
IMPLEMENTATION OF MODERN SCANNING AND MONITORING TECHNOLOGIES FOR TRANSPORT INFRASTRUCTURE OBJECTS IN HAZARDOUS CONDITIONS……..... 243
Сумцов А.Л.
ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО БАЛАНСУ ГІБРИДНИХ ЛОКОМОТИВІВ
FEATURES OF DETERMINING THE ENERGY BALANCE OF HYBRID LOCOMOTIVES…… 248
Таранець Є.О., Хилько І.І.
ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ІННОВАЦІЙ НА ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗВИТОК: ПРОГНОСТИЧНИЙ АНАЛІЗ
IMPACT OF TECHNOLOGICAL INNOVATIONS ON ECONOMIC DEVELOPMENT: FORECAST ANALYSIS……..... 251
Терещенко В. С., Горобченко О. М.
ВИЗНАЧЕННЯ ДІАГНОСТИЧНОЇ ВАГИ ПАРАМЕТРІВ ЛОКОМОТИВА, ЗАДАНИХ НЕЧІТКИМИ ЧИСЛАМИ
DETERMINATION OF THE DIAGNOSTIC WEIGHT OF LOCOMOTIVE PARAMETERS SPECIFIED BY FUZZY NUMBERS…..... 254

Усачов Е.В., Губаревич О.В.
АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ВІБРАЦІЙНОЇ ДІАГНОСТИКИ ПІДШИПНИКІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ ДВИГУНІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ
ANALYSIS OF THE USE OF VIBRATION DIAGNOSTIC METHODS OF BEARINGS OF ELECTRIC MOTORS OF VEHICLES…….. 257
Фомін О.В., Прокопенко П.М.
ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ БЕЗПЕКИ РУХУ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ У ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД МІСЦЯ ПОСТАНОВКИ ЇХ У СКЛАДІ ПОЇЗДА
ASSESSMENT OF SAFETY INDICATORS OF FREIGHT WAGONS DEPENDING ON THEIR PLACE IN THE TRAIN COMPOSITION…….. 263
Фомін О.В., Туровець Д.А.
ГРУПОВІ НАТУРНІ ВИПРОБУВАННЯ НОВИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОВІТРОРОЗПОДІЛЬНИКІВ
GROUP FIELD TESTS OF NEW PASSENGER AIR DISTRIBUTORS……..... 266
Хамітов Р.Р., Хилько І.І.
РОЛЬ 5G У РОЗВИТКУ АВТОМАТИЗОВАНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ
THE ROLE OF 5G IN THE DEVELOPMENT OF AUTOMATED TRANSPORT SYSTEMS…… 270
Хмелевська Н.П., Курган М.Б.
ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПЛАНУ ЗАЛІЗНИЦІ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ШВИДКІСНОГО РУХУ ПОЇЗДІВ
IMPLEMENTATION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR OPTIMIZATION OF THE RAILWAY PLAN IN THE ORGANIZATION OF HIGH-SPEED TRAIN TRAFFIC…….. 273
Шеховцов О.М., Малюк С.В.
АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СИНХРОННОГО ТЯГОВОГО ПРИВОДУ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ УКРАЇНИ
USE OF THERMAL VISION TECHNOLOGIES FOR CHECKING THE TECHNICAL CONDITION OF TRACTION ENGINES…….. 278
Юрченко В.В., Гулак С.О.
РОЗРОБКА СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ НАЯВНОСТІ ЕКСЦЕНТРИСИТЕТУ РОТОРА В ТЯГОВИХ АСИНХРОННИХ ДВИГУНАХ
DEVELOPMENT OF A DIAGNOSTIC SYSTEM FOR THE PRESENCE OF ROTOR ECCENTRICITY IN TRACTION ASYNCHRONOUS MOTORS…….. 281
Юрченко Д.О., Самсонкін В.М.
СУЧАСНІ СТРАТЕГІЇ ТА ПІДХОДИ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ РУХУ ВАНТАЖНИХ ПОЇЗДІВ
MODERN STRATEGIES AND APPROACHES TO THE ORGANIZATION OF FREIGHT TRAIN TRAFFIC……. 284

Kovalchuk Viktoriia
ANALYSIS OF THE KINEMATICS OF TYPICAL LEVER MECHANISMS BY MEANS OF APPLIED MATHEMATICAL PROGRAMS……. 289
Kosarchuk V. V., Tverdomed V. M., Bashutskyi I. Ya.
INCREASING THE WEAR RESISTANCE OF RAIL TRACK ELEMENTS USING NANOTECHNOLOGY…… 292
Kosarchuk V., Tverdomed V., Stenzia D.
ASSESSMENT OF RAIL DURABILITY IN CURVED SECTIONS OF RAILWAY TRACK……. 296
Kosarchuk V.V, Yarukhin Yu.Yu
PROSPECTS OF USING COMPOSITE REINFORCEMENT IN TRANSPORT CONSTRUCTION…….. 301
Menzatiuk O.P., Melnyk O.S., Dubravin Y.F.
INTRODUCTION OF PREDICTIVE TECHNICAL DIAGNOSTICS OF ELECTRICAL EQUIPMENT OF MAINLINE ELECTRIC LOCOMOTIVES……..... 306
Oleschuk V.
MULTI-ZONE OVERMODULATION REGULATION OF MULTIPHASE POWER CONVERTERS OF TRACTION SYSTEMS……... 310
Priyadarshini M.S.
COMPARATIVE STUDY OF BATTERY DISCHARGE CHARACTERISTICS FOR ELECTRIC VEHICLE APPLICATIONS…….. 315
Zaripov R., Medvedev A., Asan A., Zeken Sh., Romanenko D.
DEVELOPMENT OF A MULTIFUNCTIONAL UTILITY VEHICLE BASED ON A PASSENGER CAR…….. 321
Zaripov R., Yessaulkov V., Vasilevsky V., Golotsvan I., Sarsenbaev R.
METHODS FOR IMPROVING THE EFFICIENCY OF ELECTROPLANTING……. 325

Секція 2: СУЧАСНІ ПИТАННЯ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОГО БУДІВНИЦТВА

Section 2: MODERN PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF TRANSPORT CONSTRUCTION…….. 330
Горбенко Є.О., Лісовський В.А., Молчанов В.М.
НОВІ КОНСТРУКЦІЇ ВОДОПРОПУСКНИХ ТРУБ ПРИ РЕМОНТАХ ТА РЕКОНСТРУКЦІЇ ЗАЛІЗНИЦЬ
NEW DESIGNS OF CULVERTS FOR RAILROAD REPAIRS AND RECONSTRUCTION……. 330
Дмитрієв Г.О., Бозовчук А.М., Молчанов В.М.
ОСОБЛИВОСТІ ДІАГНОСТИКИ ЗАКРИТИХ ТРАНШЕЙНИХ ТРУБЧАСТИХ ДРЕНАЖІВ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ
PECULIARITIES OF DIAGNOSTICS OF CLOSED TRENCH PIPE DRAINS ON RAILWAYS……... 336

Єна Ю.М., Ндінга М.Р., Демченко М.Є.
ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОПЕРЕЧНОЇ СТІЙКІСТІ РЕЙКО-ШПАЛЬНОЇ РЕШІТКИ З УРАХУВАННЯМ КВАЗІСТАТИЧНОЇ СТИСКАЮЧОЇ СИЛИ В ПОЇЗДІ
THEORETICAL STUDIES OF THE TRANSVERSE STABILITY OF A RAIL AND SLEEPER GRID WITH CONSIDERATION OF QUASI-STATIC COMPRESSIVE FORCE IN A TRAIN……. 341
Карпінський С.Л., Левицький Б.В., Демченко М.Є.
ПОЗДОВЖНЯ СТІЙКІСТЬ СУЧАСНИХ КОНСТРУКЦІЙ ВЕРХНЬОЇ БУДОВИ КОЛІЇ ПРИ РІЗНИХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ УМОВАХ
LONGITUDINAL STABILITY OF MODERN TRACK SUPERSTRUCTURE STRUCTURES UNDER VARIOUS OPERATING CONDITIONS…….. 344
Котковський О.М., Височанський В.В., Демченко М.Є.
СТАБІЛЬНІСТЬ ШИРИНИ РЕЙКОВОЇ КОЛІЇ ПРИ РІЗНИХ КОНСТРУКЦІЯХ ПРОМІЖНИХ РЕЙКОВИХ СКРІПЛЕНЬ
RESEARCH OF VIBRATION DIAGNOSTIC EQUIPMENT OF ELECTROMECHANICAL SYSTEMS……... 348
Ловська А.О., Діжо Я., Бучко М.
ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ КАРКАСА ВАГОНА КРИТОГО БРЕЗЕНТОМ ПРИ СПРИЙНЯТТІ ПОВЗДОВЖНІХ НАВАНТАЖЕНЬ
RESEARCH OF STRENGTH OF A WAGON FRAME COVERED WITH A TARPAUL WHEN ACTING THE LONGITUDINAL LOADS……... 352
Панченко С.В., Ловська А.О., Діжо Я., Рукавішников П.В.
ОСОБЛИВОСТІ ПРОЄКТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНКУ НА МІЦНІСТЬ ЗЙОМНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ КРІПЛЕННЯ КОНТЕЙНЕРІВ В НАПІВВАГОНАХ
FEATURES OF A DESIGN AND A STRENGTH CALCULATION OF A REMOVABLE MODULE FOR FIXING CONTAINERS ON OPEN WAGONS……..... 356
Першко О.С., Ковальчук В.В.
УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ МАГІСТРАЛЕЙ ЯК СКЛАДОВА СТАЛОГО РОЗВИТКУ
IMPROVEMENT OF TRANSPORT HIGHWAYS AS A COMPONENT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT……... 360
Семко Ж.О.
АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ СПЕЦИФІКАЦІЇ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ (ОПЕРАТИВНОЇ СУМІСНОСТІ) ДЛЯ ЗАЛІЗНИЦЬ КОЛІЇ 1520 ММ
ACTUAL ISSUES ON THE IMPLEMENTATION OF TECHNICAL SPECIFICATIONS OF INTEROPERABILITY (INTEROPERABILITY) FOR RAILWAYS OF 1520 MM GAUGE…….. 364

Сикал С.А., Бойко В.Д.
АНАЛІЗ ЧИННИХ НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧНИХ ДОКУМЕНТІВ УКРЗАЛІЗНИЦІ З ОГЛЯДУ НА СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИМІРЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ
ANALYSIS OF THE CURRENT REGULATORY AND METHODOLOGICAL DOCUMENTS OF UKRAINE'S RAILWAYS IN LIGHT OF MODERN MEASUREMENT AND CONTROL TECHNOLOGIES…… 370
Ціко І.В., Прокопенко П.М.
ОЦІНКА МІЦНІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕСІВНИХ КОНСТРУКЦІЙ ЕЛЕКТРОВОЗА СЕРІЙ ВЛ10 ПІСЛЯ ТРИВАЛОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ
ASSESSMENT OF STRENGTH CHARACTERISTICS OF LOAD-BEARING STRUCTURES OF THE VL10 SERIES ELECTRIC LOCOMOTIVE AFTER LONG-TERM OPERATION…….. 374
Ярош Д.Ю., Бондарчук В.О.
ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ЛУБРИКАТОРІВ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ЇХ УДОСКОНАЛЕННЯ
PERFORMANCE EFFICIENCY OF EXISTING LUBRICATOR SYSTEMS AND PROPOSALS FOR THEIR IMPROVEMENT……... 377

СЕКЦІЯ 1: ІННОВАЦІЇ У ТРАНСПОРТНІЙ ІНФРАСТРУКТУРІ ТА ТЕХНОЛОГІЯХ

SECTION 1: INNOVATIONS IN TRANSPORT INFRASTRUCTURE AND TECHNOLOGIES

СУЧАСНІ ДИЗЕЛЬНІ ДВИГУНИ ДЛЯ ТЕПЛОВОЗІВ: НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ПЕРЕВАГИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Аношин С.О. – бакалаврант, anoshin_so@gsuite.duit.edu.ua
Неведров О.В. – Ph.D., ст. викладач, *nvp2020lts@gmail.com*
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

MODERN DIESEL ENGINES FOR LOCOMOTIVES: LATEST TECHNOLOGIES, ADVANTAGES AND PROSPECTS

Anoshyn S.O. – bachelor's student, anoshin_so@gsuite.duit.edu.ua
Nevedrov O.V. – Ph.D., Art. teacher, *nvp2020lts@gmail.com*
Kyiv Institute of Railway Transport of the State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract*. The article examines modern diesel engines for diesel locomotives, including their technical characteristics, latest technologies and advantages for railway transport. Key innovations such as improved fuel combustion systems, reduced emissions, and increased fuel efficiency are described. The ecological advantages of modern diesel engines, which allow to reduce the negative impact on the environment, as well as to increase the profitability and reliability of transportation, have been analyzed. Prospects for the further development of technologies, including hybrid and alternative energy sources for diesel locomotives, which can ensure adaptation to European standards and contribute to the integration of Ukrainian railways into the international transport system, are considered.*
Keywords: *modern diesel engines, diesel locomotives, the latest technologies, fuel efficiency, emission reduction, reliability, energy saving, environmental safety.*

Дизельні двигуни залишаються ключовим елементом для тепловозів у багатьох країнах, зокрема й в Україні. Хоча електрифікація залізниць активно просувається, дизельні тепловози продовжують розвивати важливу роль, особливо на не електрифікованих ділянках залізничної мережі, що особливо актуально для України, де значна частина шляхів ще не забезпечена електрифікацією. Сучасні дизельні двигуни для тепловозів стали значно ефективнішими та екологічнішими з попередніми поколіннями. Вони забезпечують високу потужність, зниження витрат пального та зменшення

викидів шкідливих речовин, що робить їх прибутковими для сучасної транспортної інфраструктури.

Особливості сучасних дизельних двигунів для тепловозів

Сучасні дизельні двигуни для тепловозів мають ряд переваг, які відрізняють їх від старших моделей:

1. **Підвищена паливна ефективність** . Сучасні дизелі забезпечують покращену систему згоряння пального, що дозволяє підвищити енергоефективність двигуна і, відповідно, знизити витрати на експлуатацію. Новітні двигуни можуть працювати більш економно і споживати менше дизельного пального, що є особливою частиною огляду на зростання ціни на енергоносії.

2. **Система турбо наддуву** . Сучасні двигуни оснащуються системами турбо наддуву, які забезпечують підвищення потужності двигуна при одночасному зниженні витрат пального. Турбо наддув підвищує ефективність згоряння, що дозволяє тепловозам розвивати більшу швидкість і потужність без значного збільшення витрат на паливо.

3. **Зниження викидів шкідливих речовин** . Використання нових технологій дозволяє зменшити викиди оксидів азоту, також і інші шкідливі речовини, що відповідають сучасним екологічним стандартам. Це досягається завдяки покращенню системи згоряння та впровадженню додаткових фільтрів і каталізаторів для очищення вихлопних газів. У країнах Європи та США новітні дизельні двигуни відповідають стандартам Stage V та Tier 4, які встановлюють дуже жорсткі вимоги до викидів.

4. **Надійність та довговічність** . Сучасні дизелі для тепловозів розроблені з використанням нових матеріалів та технологій обробки, що досягає їх стійкості до зносу і довговічності. Це знижує частоту технічного обслуговування та продовжує термін служби двигуна, що є числом аспектів для залізничного транспорту з високими навантаженнями.

5. **Інтегровані системи управління** . Новітні дизельні двигуни оснащені системами електронного управління, які дозволяють точно регулювати подачу пального, контролювати роботу двигуна та автоматично вводити корективи у разі потреби. Такі системи значно підвищують ефективність і знижують ризик поломок, забезпечуючи стабільну роботу двигуна навіть в умовах високих навантажень.

Основні виробники сучасних дизельних двигунів для тепловозів

Є кілька провідних виробників, які розробляють сучасні дизельні двигуни для тепловозів, кожен з яких відомий своїми новітніми технологіями:

1. **GE Transportation** . Компанія General Electric є одним із світових лідерів у виробництві дизельних двигунів для тепловозів. Їхні двигуни, зокрема

серії GEVO, мають високу потужність та паливну економічність. Вони працюють на тепловозах, що працюють на довгих маршрутах і здатні тягнути важкі вантажі при знижених викидах.

2. **Caterpillar (через дочірню компанію Progress Rail)** . Caterpillar виробляє двигуни серії 3600, які мають високу потужність і адаптовані до жорстких умов експлуатації. Їхні сучасні моделі відповідають екологічним стандартам Tier 4, що забезпечують низький рівень викидів і високий рівень енергоефективності.

3. **MTU (частина Rolls-Royce Power Systems)** . Німецька компанія MTU виробляє дизельні двигуни для залізничного транспорту, які відзначаються високою потужністю і довговічністю. Двигуни серії MTU 4000 особливо популярні для використання в сучасних тепловозах завдяки надійності та низькому рівню викидів.

4. **Alstom** . Французька компанія Alstom пропонує дизельні двигуни для гібридних тепловозів, які використовують у поєднанні з електричними двигунами. Це особливо актуально для залізниці, де є електрифіковані та неелектрифіковані ділянки, що дозволяє економити більше на ділянках з електрифікацією.

Перспективи розвитку сучасних дизельних двигунів для тепловозів

1. **Гібридні технології** . Сучасні дизельні тепловози часто розробляються як гібридні, що дозволяє з'єднувати дизельний двигун з електричним. Такий підхід забезпечує економію пального на ділянках з електрифікацією та зниження викидів на неелектрифікованих лініях. Гібридні тепловози можуть автоматично перемикатися між дизельним та електричним режимами, що забезпечує ефективність та знижує експлуатаційні витрати.

2. **Альтернативні види пального** . Виробники активно досліджують можливості використання альтернативних видів пального для дизельних двигунів, таких як біодизель, скраплений природний газ (СПГ) та водень. Використання таких видів пального може значно зменшити викиди парникових газів та інші шкідливі речовини, та зробить тепловози екологічно чистими.

3. **Електронні системи управління** . Додатковий розвиток електронних систем управління дозволить ще більше оптимізувати витрати пального, автоматично регулюючи роботу двигуна залежно від умов використання. Це також сприяє підвищенню безпеки та стабільності роботи двигуна, знижуючи ризики аварійних ситуацій.

4. **Мініатюризація та зменшення ваги** . Сучасні технології дозволяють створити більш компактні та легкі дизельні двигуни, які при цьому забезпечують таку ж потужність, як і більші аналоги. Це зменшує вагу

тепловозів і дозволяє використовувати їх у більш складних умовах, зокрема на підйомах і в умовах високих навантажень.

Значення сучасних дизелів для залізничної галузі України

Сучасні дизельні двигуни для тепловозів мають велике значення для розвитку української залізничної мережі. Оновлення парку тепловозів із використанням новітніх дизелів дозволяє значно підвищити ефективність перевезень, зменшити витрати на паливо та забезпечити відповідність екологічним стандартам. Це особливо в контексті оновлення рухомого складу та розширення залізничної інфраструктури, зокрема на неелектрифікованих ділянках.

Висновок. Сучасні дизельні двигуни для тепловозів є невід'ємною частиною сучасної залізничної інфраструктури, яка підвищує ефективність, економічність та екологічність перевезень. Вони зменшать викиди шкідливих речовин, зменшать витрати на експлуатацію та подовжать термін служби локомотивів. Інноваційні технології у сфері дизельних двигунів мають значний потенціал для розвитку залізничного транспорту, що відповідає вимогам сталого розвитку та екологічних стандартів. Для України де тепловози залишаються недостатньою складовою залізничного рухомого складу, впровадження сучасних дизельних технологій є кроком до більш ефективної та конкурентоспроможної транспортної системи.

Література

1. Гончаренко, Л. А. (2019). *Екологічні стандарти в транспорті та залізничній галузі України* . Журнал транспортної екології, 5(2), 12-23.

2. Джонсон, М., Ван, Л. (2020). «Досягнення технологій дизельних двигунів для сучасних локомотивів». *Journal of Rail Transport Engineering* , 8(3), 35-48.

3. Томашевський, С. В., Мельничук, І. І. (2022). *Інноваційні технології в дизельних двигунах тепловозів* . Київ: Техніка і наука.

4. Вагнер, П. **,** Краузе, С. (2021). «Гібридні технології в сучасних тепловозах». *Огляд залізничних систем і технологій* , 15(4), 69-78.

5. Мартинюк, В. І. (2020). *Розвиток дизельної тяги на залізничному транспорті України*. Вісник національного транспортного університету, 14(6), 98-110.

6. Caterpillar Inc. (2019). *Дизельні двигуни Caterpillar серії 3600 для локомотивів* . Отримано з офіційного сайту Caterpillar: https ://www .cat .com/

7. Rolls-Royce Power Systems (MTU) . (2021). «Локомотивні двигуни серії MTU 4000». Отримано з: https ://www .mtu -solutions .com/

МОДЕРНІЗАЦІЯ РУХОМОГО СКЛАДУ В УКРАЇНІ: СУЧАСНИЙ СТАН, ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Барис І.О. – бакалаврант, baris_io@gsuite.duit.edu.ua
Неведров О.В. – Ph.D.,ст. викладач, *nvp2020lts@gmail.com*
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

MODERNIZATION OF ROLLING STOCK IN UKRAINE: CURRENT STATE, CHALLENGES AND PROSPECTS

Barys I.O. – bachelor's student, *baris_io@gsuite.duit.edu.ua*
Nevedrov O.V. – Ph.D., Art. teacher, *nvp2020lts@gmail.com*
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract*. The article examines the modernization of railway rolling stock in Ukraine as a key element in the development of the national transport infrastructure. The current condition of the fleet of locomotives and wagons is considered, including the level of technical wear and tear that requires comprehensive renewal. The main challenges have been identified, including financial constraints, lack of investment and the need to adapt to modern environmental standards. The role of international partners and leading technological companies in the implementation of innovative solutions for the railway industry of Ukraine is analyzed. The prospects of modernization, which involve a gradual transition to energy-efficient technologies, improvement of safety and comfort of transportation, are also considered. Conclusions were made regarding the importance of rolling stock modernization for the country's economic development, integration into European transport corridors, and increasing the competitiveness of Ukrainian railways at the international level.*
Keywords*: modernization of rolling stock, railway transport of Ukraine, technical wear and tear, transportation safety, railway development, integration into the European transport network.*

Україна, будучи важливою транзитною країною, має розгалужену мережу залізничних і автомобільних шляхів, які змінюють ключову роль у транспортній системі країни. Модернізація рухомого складу є значним аспектом для забезпечення ефективності та безпеки перевезень, зниження витрат на експлуатацію, підвищення комфорту для пасажирів та зменшення впливу транспорту на довкілля. Однак оновлення парку транспортних засобів в Україні стикається поруч із викликами, які потребують комплексного підходу та значних інвестицій.

Поточний стан рухомого складу

Українська залізниця (Укрзалізниця) є єдиною з найбільших транспортних компаній в Європі за тривалістю шляхів і обсягом перевезень. Проте більша частина рухомого складу є морально та фізично застарілою. За даними Укрзалізниці, майже 90% локомотивів та вагонів вже перевищили експлуатаційний термін, що призводить до збільшення витрат на обслуговування та підвищення ризику виникнення аварійних ситуацій. Крім залізничного транспорту, в Україні існує проблема з автопарком, останній середній вік автобусів, які обслуговують міжміські та міські маршрути, становить понад 15 років.

Виклики модернізації

1. **Фінансування**. Основною перешкодою для оновлення рухомого складу є нестача фінансових ресурсів. Проекти модернізації залізничного та автомобільного транспорту потребують значних інвестицій, які українська економіка на даний момент може забезпечити лише частково. Крім того, необхідне залучення міжнародних кредиторів і донорів, які готові вкладати кошти у розвиток інфраструктури.

2. **Технологічне відставання**. Велика частина рухомого складу є застарілою і не відповідає сучасним стандартам безпеки та екології. Існує потреба у впровадження нових технологій для скорочення споживання палива, зменшення викидів шкідливих речовин та покращення комфорту для пасажирів.

3. **Кадровий дефіцит**. Недостатність кваліфікованих фахівців у галузі транспорту ускладнює впровадження нових технологій та управління процесом модернізації. Необхідно приділити увагу підготовці фахівців і впровадити нову навчальну програму для підвищення кваліфікації навичок співробітників галузі.

4. **Регуляторні обмеження**. Законодавчі норми та нормативні документи не завжди відповідають сучасним стандартам та реаліям. Відсутність чіткої регуляторної бази для модернізації транспорту призводить до затримок у реалізації відповідних проектів.

Розвиток модернізаційних проектів

1. **Залучення міжнародних партнерів** . Укрзалізниця активно співпрацює з міжнародними партнерами, такими як Європейський банк реконструкції та розвитку (ЄБРР), Європейський інвестиційний банк (ЄІБ) та іншими інституціями, для отримання фінансування на модернізацію. Наприклад, ЄІБ виділив кошти на оновлення вагонного парку та покращення інфраструктури.

2. **Запровадження нових технологій** . У рамках програми з модернізації рухомого складу в Україні впроваджуються енергоефективні технології, що дозволяють знизити витрати на паливо та електроенергію. Також заміна старих

тепловозів на більш екологічно чисті та економічні електровози, що відповідають європейським стандартам.

3. **Переоснащення вагонів та локомотивів** . Укрзалізниця активно займається модернізацією наявного парку вагонів шляхом їхнього капітального ремонту та встановлення нових сучасних систем. Крім того, ведуться переговори з іноземними виробниками для закупівлі сучасних локомотивів і вагонів.

4. **Розвиток пасажирських перевезень** . Для покращення умов для пасажирів у міжміських поїздах Укрзалізниця провела модернізацію салонів, зокрема, заміну сидіння, покращення кондиціювання та освітлення, такі зміни можуть підвищити комфорт та безпеку пасажирських перевезень.

Перспективи модернізації рухомого складу

Модернізація транспортної інфраструктури України відкриває значні перспективи для економічного зростання та покращення транспортних послуг. Оновлення рухомого складу дозволяє зменшити викиди шкідливих речовин, підвищити енергоефективність та знизити експлуатаційні витрати. Це також сприятиме інтеграції України в європейську транспортну систему, що стане основою для подальшого розвитку економіки та розширення міжнародного співробітництва.

Модернізація рухомого складу також позитивно впливає на розвиток внутрішнього туризму, залишаючи сучасні та комфортабельні поїзди, дозволяє пасажирам насолоджуватися подорожами з підвищеним рівнем зручності та безпеки. Це особливо важливо для міжміських перевезень, де часто курсують застарілі поїзди з низьким рівнем комфорту.

Висновок. Модернізація рухомого складу в Україні є невідкладною метою для розвитку транспортної інфраструктури країни, незважаючи на значні виклики, перед якими стоїть галузь, спільні зусилля уряду, приватного сектора та міжнародних партнерів можуть створити умови для успішної реалізації програми модернізації. Вдосконалення технічного стану рухомого складу та впровадження сучасних технологій забезпечить підвищення конкурентоспроможності української транспортної системи та зробить її більш надійною, ефективною та екологічно чистою.

Література

1. Петренко, В.І. (2021). *Модернізація рухомого складу залізниць України: сучасні технології та досвід* . Київ: Транспортне видавництво.

2. Мельник, О.С., Коваль, Л.І. (2022). "Економічна доцільність модернізації рухомого складу в Україні". *Транспортна економіка і логістика* , 17(2), 63-71.

3. Укрзалізниця (2020). *Стратегія оновлення та модернізації рухомого складу до 2030 року* . Київ: УЗ.

4. Руденко, І.П., Голуб, С.М. (2021). "Технічні аспекти модернізації локомотивного парку України". *Вісник інженерії транспорту* , 14(3), 45-54.

5. Кравченко, А.В. (2019). "Екологічний вплив модернізації рухомого складу залізниць". *Журнал екології транспорту* , 9(2), 22-29.

6. Риженко, М.Л., Кузьменко, Н.І. (2020). «Модернізація пасажирських вагонів: перспективи та виклики». *Залізничний транспорт України* , 5(1), 65-72.

7. Коваленко, М.О. (2022). "Перспективи використання інноваційних технологій в модернізації рухомого складу". *Інновації в транспортній галузі* , 8(3), 78-86.

ІННОВАЦІЙНА ДІЯЛЬНІСТЬ КРЮКІВСЬКОГО ВАГОНОБУДІВНОГО ЗАВОДУ

Батир А.Д. **–** бакалаврант, batur_ad@gsuite.duit.edu.ua
Ковальчук В.В. **–** к.ф.-м.н., доцент kovalchuk_vv@gsuite.duit.edu.ua
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

INNOVATIVE AKTIVY OF KRYUKIVSKY RAILWAY CAR BULDING WORKS

Batyr A.D. **–** bachelor's student, batur_ad@gsuite.duit.edu.ua
Kovalchuk V.V. – Ph.D., Associate Professor, kovalchuk_vv@gsuite.duit.edu.ua
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract*. The subject of the scientific article is the innovative activity of Kryukovsky Railway Car Building Works. This works is one of the leading enterprises in the railway industry in Ukraine, specializing in the production and repair of railway cars and other rolling stock. An important direction of this enterprise's activity is the modernization of wagons, ensuring their reliability and safety. For the implementation of the latest technologies, the enterprise has significant production facilities and qualified personnel. The activity of this plant is of strategic importance for the transport infrastructure of Ukraine. The innovative activity of the Kryukovsky Railway Car Building Works is ensured by close cooperation with leading research institutes.*

Keywords: *Kryukovsky Railway Car Building Works, innovative activity, wagon-building enterprise, railway transport, the latest technologies, sustainable development*

Актуальність дослідження зумовлена недостатньою кількістю наукових публікацій, які висвітлюють інноваційну діяльність такого стратегічно важливого підприємства залізничної галузі України як Крюківський вагонобудівний завод.

Метою роботи є аналіз історії, сучасного стану і перспектив удосконалення виробничих потужностей Крюківського вагонобудівного заводу, який є одним із провідних підприємств, що впроваджує новітні технологій для модернізації рухомого складу залізниць і підвищення конкурентоспроможності транспортної галузі країни.

Крюківський вагонобудівний завод (КВБЗ) відіграє важливу роль у розвитку залізничної інфраструктури України та у забезпеченні перевезень вантажів і пасажирів залізничним транспортом [1, 2]. Підприємство є провідним у галузі вагонобудування, має широкий профіль, розробляє та виготовляє сучасне обладнання для потреб залізниць і при цьому виконує всі

етапи виробництва. До початку повномасштабного вторгнення загарбників в Україну продукція заводу складала майже 52% всього ринку вантажного вагонобудування країни. У 2021 році підприємство посіло 1 місце в рейтингу основних виробників вагонів. Окрім вагонів завод також займається виробництвом залізничних локомотивів, виготовляє підіймальне та вантажно-розвантажувальне обладнання, автотранспортні засоби, спеціалізоване обладнання, кузови для автомобілів та ін.

Крюківський вагонобудівний завод має важливе значення для забезпечення збалансованого розвитку транспортної галузі України і залізничного транспорту зокрема. І це в умовах, коли робота галузі ускладнена наявністю таких проблем, як високий фізичний та моральний знос рухомого складу, об'єктів залізничної інфраструктури, виробничо-ремонтної бази. Ще до початку війни згідно з експертними даними [3] зношеність локомотивів становила 98,3 % (тепловози) і 94,4 % (електровози). Повномасштабне вторгнення росії в Україну підвищило вразливість підприємств залізничного транспорту, поглибило внутрішні проблеми транспортної галузі.

Незважаючи на всі виклики і складні умови на Крюківському вагонобудівному заводі продовжують роботу щодо впровадження новітніх технологій і модернізації підприємства та рухомого складу. Маючи багату історію (у 2024 році на заводі святкували ювілей – 155 років від дня заснування), КВБЗ постійно демонструє передові тенденції та орієнтується на розвиток залізничного транспорту. Адже від самого заснування на заводі розробляють і впроваджують проєкти, спрямовані на удосконалення процесів ремонту і виробництва вагонів та модернізацію рухомого складу. І якщо у 1898 році завод починав свою діяльність з ремонту товарних вагонів, а в 1900 році почав ремонтувати і пасажирські вагони, то вже у 1930 році підприємство стало вагонобудівним заводом і розпочало випуск нового рухомого складу, досягаючи значних успіхів у виробництві напіввагонів та іншої техніки для залізничного транспорту.

Варто зазначити, що незважаючи на кризу та війну в країні, Крюківський вагонобудівний завод продовжує свою інноваційну діяльність. Адже для економіки країни є надзвичайно вагомою роль залізничного машинобудування і, зокрема, вантажного вагонобудування. Забезпечуючи неперервний рух вантажів (до 82% вантажних і 36% пасажирських перевезень), ця галузь як частина єдиної транспортної системи країни сприяє нормальному функціонуванню всіх галузей суспільного виробництва, соціальному та економічному розвитку [4], що відповідає концепції сталого розвитку країни загалом.

Слід зазначити, що Крюківський вагонобудівний завод є підприємством з

виробництва як пасажирських, так і вантажних вагонів, яке має повний цикл виготовлення вагонобудівної продукції та виступає центром розробки найкращих інноваційних технологій.

Ще у 1970-х рр. Крюківський вагонобудівний завод став базовим підприємством країни у галузі вагонобудування та освоїв понад 30 типів і моделей вантажних вагонів (шестивісний саморозвантажувальний піввагон з бортами, що відкриваються, для перевезення вугілля та інших сипких вантажів; вагон-хопер для перевезення цементу підвищеної вантажопідйомності і новим приводом механізму розвантаження; вагони для перевезення зерна тощо).

Після проголошення Незалежності України в 1991 році у складний для країни період завод зумів зберегти виробничі потужності й кадри. Саме тоді було розроблено стратегію розвитку, що діє на підприємстві. У липні 2002 року заводом був випущений перший швидкісний потяг українського виробництва ("Столичний експрес", курсує сполученням Київ- Харків). Потяг складається з локомотива і вагонів з кріслами для сидіння.

У 2005 році 24 серпня на День Незалежності України були продемонстровані перші два вагони українського поїзда метро виробництва КВБЗ. Ці вагони відповідають нормам європейських стандартів, мають аеродинамічну форму, сконструйовані з урахуванням вимог шумоізоляції.

Окрім вагонів власного виробництва, Крюківський вагонобудівний завод ще у 2011 році розпочав модернізацію старих метропоїздів, які вичерпали свій строк експлуатації. Модернізовані вагони мають нові асинхронні тягові електродвигуни, що знижує споживання електроенергії на 40%.

Також у 2011 році завод розпочав розробку другого українського швидкісного поїзду. Нова розробка отримала назву «Тарпан» і вже у 2013 році міжвідомча приймальна комісія Укрзалізниці прийняла до експлуатації перший поїзд ЕКр1-001 «Тарпан». Новий швидкісний електропоїзд ЕКр-1 «Тарпан» може розвивати швидкість до 200 км/год.

У квітні 2014 року на заводі завершили будівництво першого дизель-поїзда ДПКр-2 «Обрій». Маска головного вагону містить «краш-систему», яка значно підвищує безпечність перевезень. Крім того, подовжена обтічна форма голови поїзда зменшує опір повітря при русі складу на великій швидкості. У 2019 році завод розпочав будівництво другого дизель-поїзда. Новий дизель-поїзд отримав нову модульну дизель-гідравлічну силову установку Voith RailPack 600 DH виробництва компанії «Voith» з дивізіоном «Voith Turbo» німецького виробництва. Силова установка складається з дизельного двигуна «Voith V2862T3», розробленого спільно з компанією «MAN Truck&Bus», і забезпечує вищу потужність та екологічні стандарти.

Високий рівень продукції та її відповідність міжнародним стандартам були

продемонстровані на міжнародній залізничній виставці Inno Trans, яка проходила 24–27 вересня 2024 р. у Берліні [2].

На початку листопада 2024 р. Крюківським вагонобудівним заводом були представлені перші пасажирські вагони в рамках виконання державного замовлення на 66 одиниць за програмою модернізації залізничної інфраструктури України. Офіційна презентація нових вагонів відбулася 4 листопада 2024 року в Києві під час святкування Дня залізничника [1].

Важливим перспективним напрямком інноваційної діяльності КВБЗ є робота над проєктом виготовлення нових наскрізних поїздів для Київського метрополітену. Це будуть метропоїзди з асинхронним тяговим приводом з трьома моторними та двома причіпними немоторними вагонами, візки вітчизняного виробництва з центральним пневмопідвішуванням та дисковими гальмами. Довжина такого поїзда – 97 метрів, конструкційна швидкість – 90 км/год. Призначений термін служби вагона – 50 років. Вагони матимуть наскрізний прохід між вагонами через герметичні переходи.

Висновки. Крюківський вагонобудівний завод є провідним українським виробником залізничних вагонів та іншого рухомого складу. Інноваційна діяльність КВБЗ має потужний потенціал, який активно реалізується і сприяє підвищенню конкурентоспроможності підприємства та розвитку залізничної інфраструктури України. Нові розробки і проєкти спрямовані на створення нових конструкцій вантажних вагонів (у тому числі й інноваційних) і нових візків, налагодження серійного виробництва пасажирських вагонів і вітчизняних вагонів метро, створення швидкісних міжрегіональних поїздів тощо. Комплексна модернізація на КВБЗ є основою забезпечення збалансованого розвитку залізничної галузі країни та сталого розвитку.

Л і т е р а т у р а

1. Крюківський вагонобудівний завод [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. Технічні можливості. Режим доступу: https://kvsz.com/index.php/ua/golovna/pro-virobnitstvo/tekhnichni-mozhlivosti (дата звернення 22.11.2024) Назва з екрана.

2. Railway Sapply: Галузеве видання для фахівців залізничного транспорту. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://surl.li/sqhsec (дата звернення 22.11.2024).

3. Dykan, V., Obruch, H., & Dmytriiev, I. (2023). Conceptual provisions for ensuring balanced development of railway transport enterprises under the conditions of implementation of digital changes in the industry. *Innovative development of the road and transport complex: Problems and Prospects*, 139-157.

4. Коба, М. О. (2018). Інноваційна діяльність вагонобудівних підприємств в Україні. *Підприємництво та інновації*, (6), 94-100.

ЗАСТОСУВАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ СПОСОБІВ ВІДНОВЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

Безбах О. М. – магістрант, bezbah_om@gsuite.duit.edu.ua
Дорошенко О. Ю. – к.т.н., доц., doroshenko_oy@gsuite.duit.edu.ua
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна м. Київ

APPLICATION OF INNOVATIVE WAYS TO RESTORE DAMAGED REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Bezbakh O. M. – master's student, bezbah_om@gsuite.duit.edu.ua
Doroshenko O. Yu. – Ph. D., associate professor, doroshenko_oy@gsuite.duit.edu.ua
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract*. Evidence suggests that concrete self-healing can be achieved by introducing bacteria into the concrete matrix. Despite the fact that a number of researchers have conducted experiments with different types of bacteria, the ideal combination of factors such as bacterial species, types of mineral substrate, types of carrier materials and the amount of each of these components has yet to be identified to make a qualitative breakthrough in solving the problem of self-healing concrete and reinforced concrete structures. The paper presents the results of a study on the development of a technology for obtaining materials with bio-additives, the study of the process of crack repair in concrete, and the establishment of physical and technical properties of concrete modified with a microbiological additive and restored materials.*
Keywords: *bacteria, self-healing concrete, microbiological additives, cracks, physical and technical properties of concrete.*

Актуальність дослідження Дослідження присвячені методам отримання бетонів, модифікованих мікробіологічними добавками, та відновленню міцності і довговічності залізобетонних конструкцій, що самовідновлюються, під час заліковування тріщин Boguet, V. Ramarkrichnan, Chun Xiang Qian, P. Ehogh, W. De Muynck, H. M. Jonkers, J. Park, V. Achal, Jing Xu, S. R. Ghosh, H. M. Jonkers, V. S. Whiffin, K. van Tittelboom, M. D. Hager, J. Y. Wang, Hua Xia, L. Znong, C. Edvardsen, C. A. Clear, T. Nishiwoki, H. Mihashi та ін.

Вчені припускають, що спочиваючі, але життєздатні спори бактерій, іммобілізовані в бетонній матриці, стають метаболічно активними, як тільки вода проникає через новоутворені тріщини. Ці тріщини закриваються присутністю кальциту, який утворюється в результаті мікробної активності.

Мета роботи є дослідження самовідновлюваних бетонів, модифікованих мікробіологічною добавкою.

Метою роботи є аналіз процесів структуроутворення, фізико-механічних властивостей бетону та інших цементних композитів, методів їх покращення, процесів деградації, пошкоджень та дефектів, що знижують довговічність залізобетонних конструкцій, а також методів їх ремонту та відновлення. На основі аналізу існуючих підходів до біотехнологічного бетонобудування та процесів самовідновлення дефектних залізобетонних конструкцій розроблено теоретичні передумови для створення технологій бетонобудування та самовідновлення конструкцій, модифікованих мікробіологічними добавками.

Вчені припустили, що спочиваючі, але життєздатні спори бактерій, іммобілізовані в бетонній матриці, стають метаболічно активними, як тільки вода проникає через новоутворені тріщини. Потім ці тріщини закриваються кальцитом, що утворюється в результаті життєдіяльності мікроорганізмів.

Метою даного дослідження є аналіз процесів структуроутворення, фізико-механічних властивостей бетону та інших цементних композитів, методів їх покращення, процесів деградації, пошкоджень і дефектів, що знижують довговічність залізобетонних конструкцій та методів їх ремонту і відновлення. На основі аналізу існуючих підходів до біотехнологічного бетонобудування та процесів самовідновлення дефектних залізобетонних конструкцій розроблено теоретичні передумови для технологічного розвитку бетонобудування та самовідновлення конструкцій, модифікованих мікробіологічними добавками.

Поряд з постійним удосконаленням існуючих матеріалів, що мають значні техніко-економічні переваги завдяки унікальному поєднанню властивостей, спостерігається тенденція до створення нових матеріалів, здатних до позитивної взаємодії із зовнішніми факторами.

Такі матеріали називають «інтелектуальними». Це означає, що вони здатні самостійно діагностувати виникнення і розвиток дефектів, усувати їх і стабілізувати стан критичних ділянок. Завдяки різноманітним властивостям «розумних» матеріалів, їх використання дає можливість вчасно контролювати і прогнозувати стан різних конструкцій та обладнання і навіть у важкодоступних місцях, значно збільшуючи термін служби і надійність системи [3,4].

Для отримання самовідновлюваного бетону розроблені різні хімічні методи [5]. Згідно з деякими пропозиціями, ремонтний агент поміщається в мікрокапсули. Коли бетон тріскається, капсула розривається і відновлювач вивільняється, заповнюючи тріщини. Були випробувані різні ремонтні агенти, включаючи епоксидні смоли, ціанакрилати і лужні розчини кремнезему. Результати показали, що вони можуть відновити механічну міцність приблизно в тій же мірі, що і ручна ін'єкція тріщин. Ці продукти мають кілька спільних властивостей. А саме, вони мають велику площу ремонту завдяки низькій

в'язкості, відмінну адгезію між поверхнями тріщин і достатню капілярну силу, щоб дозволити ремонтному агенту просуватися глибше в тріщину.

Одним з проривів у виробництві ефективних будівельних матеріалів є біотехнології, засновані на використанні мікроорганізмів. На сьогоднішній день матеріали, отримані шляхом мікробного синтезу, розроблені на високому науково-технічному рівні. Основними з них є деревні пластики, клеї, біосуперпластифікатори та пінобетон [2].

Багато дослідників вивчали використання кальциту, виробленого бактеріями, для подовження терміну служби цементних конструкцій та модернізації будівель шляхом усунення тріщин, підвищення міцності бетону, зменшення проникності та зниження водопоглинання [9]. Автори в роботі [8] провели більш ефективний ремонт тріщин за допомогою мікроорганізмів порівняно з традиційними методами ремонту, використовуючи ґрунтові бактерії виду Bacillus pasteurii, іммобілізовані та захищені поліуретановим полімером, вапном, дрібнодисперсним кремнеземом і летучою золою. Результати показали значне збільшення міцності на стиск і жорсткості реконструйованого бетону. Міцність на стиск виявилася приблизно на 5% вищою, ніж у зразків без іммобілізованих мікроорганізмів у пустотах матеріалу.

Можливість використання карбонату, виробленого бактерією Bacillus sphaericus, для ремонту тріщин у бетоні була підтверджена результатами одного дослідження [7]. Дослідники повідомили, що штучно створені тріщини шириною 0,3 мм і глибиною 10 мм були повністю закриті, і відзначили, що проникність бетону була значно нижчою, ніж під тріщинами, заповненими цементним розчином. У дослідженні [6] також повідомляється, що міцність на стиск оброблених зразків відновилася до 84% при обробці мікробіологічно отриманим кальцитом.

Були проведені дослідження з вивчення можливості використання біологічного бетону для підвищення міцності на стиск бетону та цементних розчинів [1, 2, 10]. Під час експериментальних досліджень до бетонної суміші вводили різні мікроорганізми.

Висновок. Можна зробити висновок, що потенційно можливе лікування тріщин у бетоні під бактеріальним контролем в результаті утворення мінерального шламу. Однак є деякі аспекти цієї концепції, які потребують подальшого розвитку. Необхідно з'ясувати, наскільки мінеральний осад, утворений бактеріями, ефективно герметизує великі тріщини, тобто наскільки він зменшує проникність потрісканого бетону, запобігає корозії закладеної арматури і подовжує термін служби будівельних матеріалів. Крім того, існує потреба у відборі видів бактерій, які при введенні в бетонну матрицю продовжуватимуть виживати протягом щонайменше очікуваного терміну

служби споруди. Це дуже перспективний напрямок досліджень у сфері самовідновлення бетону, хоча якісних проривів поки що не досягнуто.

Література

1. Achal V. Microbial concrete: Away to enhance the durability of concrete buildings / V. Achal, A. Mukherjee, M. S. Reddy // Journal of Materials in Civil engineering. 2011. Vol. 23. № 6. P. 730–734.

2. Achal V. Microbial remediation of defects in building materials and structures: PhD thesis. India: Thapar University, Patiala, 2010. P. 1–263.

3. Ahmad S. Effects of Key Factors on Compressive and Tensile Strengths of Concrete Exposed to Elevated Temperatures / S. Ahmad, Y. S. Sal-lam, M. A. Al-Hawas // Arabian Journal for Science and Engineering. 2014. 39(6). P. 4507–4513.

4. Bacterial calcification / H. Knorre, W. Krumbein // Microbial Sediments. Springer-Verlag, R. E. Riding, S. M. Awramik (eds.). Berlin, Germany, 2000. P. 25–31.

5. Bang S. S. Calcite precipitation in duced by polyurethane immobilized Sporosarcina pasteurii / S.S. Bang, J. K. Galinat, V. Ramakrishnan // Enzyme and Microbial Technology. 2001. Vol. 28, № 4. P. 404–409.

6. Biomediated precipitation of calcium carbonate metastable phases in hypogeanenvironments: A short review / S. Sanchez-Moral, J. C. Canaveras, L. Laiz [et. al.] // Geomicrobiology Journal. 2003. Vol. 20(5). P. 491–500.

7. Cihan M. T. Response surfaces for compressive strength of concrete / M. T. Cihan, A. Güner, N. Yüzer // Construction and Building Materials. 2013. № 40. P. 763–774.

8. De Infusies en de Ontdekking der Backterien, Jaarboek van de Kon-inklijke Akademie v. Wetenschappen / M. Beijerinck. Muller, Amsterdam, 1913.

9. De Muynck W. Bacterial carbonate precipitation improves the durability of cementitious materials / W. De Muynck, D. Debrouwer, N. DeBelie, W. Verstraete // Cementand Concrete Research, 2008. Vol. 38, № 7. P. 1005–1014.

10. De Muynck W. Bacterial carbonate precipitation as an alternative surface treatment for concrete / W. De Muynck, C. Kathelijn, N. De Belie. // Construction and Building Materials. 2008. Vol. 22(5). P. 875–885.

РОЗРОБКА ЕЛЕМЕНТІВ МАНІПУЛЯТОРА ДЛЯ СКЛАДАЛЬНИХ ОДИНИЦЬ АВТОМОБІЛІВ

Блатніцкий М.[1] – к.т.н., доцент, miroslav.blatnicky@fstroj.uniza.sk
Діжо Я.[1] **–** к.т.н., доцент, jan.dizo@fstroj.uniza.sk
Кравченко О.П.[2] – д.т.н., проф., avtoap@ucr.net
Ловська А.О.[3] **–** д.т.н., проф., alyonalovskaya.vagon@gmail.com
[1]*Жилінський університет*
Словаччина, м. Жиліна
[2]*Вінницький національний технічний університет*
Україна, м. Вінниця
[3]*Український державний університет залізничного транспорту*
Україна, м. Харків

DEVELOPMENT OF MANIPULATOR ELEMENTS FOR VEHICLE ASSEMBLY UNITS

Blatnický M.[1] *– PhD, Associate Professor, miroslav.blatnicky@fstroj.uniza.sk*
Dižo J.[1] *– PhD, Associate Professor, jan.dizo@fstroj.uniza.sk*
Kravchenko O.P.[2] *– Doctor of Technical Sciences, Professor, avtoap@ucr.net*
Lovska, A.O.[3] *– Doctor of Technical Sciences, Professor,*
alyonalovskaya.vagon@gmail.com
[1]*Жилінський університет University of Zilina*
Slovak Republic, Zilina
[2]*Vinnytsia National Technical University*
Ukraine, Vinnitsa
[3]*Ukrainian state university of railway transport*
Ukraine, Kharkov

Abstract. *The work is devoted to the design and construction of an automatic station OPR30, which will be part of an automatic line for assembling a vehicle unit. The task of the work is to ensure stable and safe folding of two-component printed circuit boards with the possibility of adaptation to inaccuracies in their sizes. The construction of assemblies such as the two-axis manipulator and the gripper head is another goal of the work, resulting from a new approach to the gripper fingers of centric grippers. The designs are aimed at the composition of individual parts, ensuring mutual movements of kinematic pairs of the manipulator with the resulting parameters that meet the requirements.*
Keywords: *design, transportation, automation, requirements*

Актуальність дослідження зумовлена у необхідності конструкції та будівництві автоматичної станції, яка буде частиною автоматичної лінії, що слугуватиме для повного складання вузла дорожніх транспортних засобів. Запропонована конструкція матиме завдання стабільного та безпечного укладання маніпулятором двокомпонентних друкованих електронних плат із можливістю адаптації до неточностей їх розмірів. Всі виконані кроки призводять до компонування окремих частин забезпечення взаємних

переміщень виконаних кінематичними парами з результуючими параметрами, що відповідають вимогам, які пред'являються до маніпулятора.

Метою роботи є розробка конструктивного рішення для роботи маніпулятора в трьох осях із захватною головкою.

Сучасні тенденції використання маніпуляторів на автоматизованих лініях надають можливість виробникам знизити собівартість продукції. Це значно підвищує конкурентоспроможність продукції. Тому промислові маніпулятори стають стереотипною частиною більшості виробничих ліній [1, 2]. З цього приводу випливає перевага зі зростанням параметрів потужності, швидкості та точності, для яких розгортання людини є значним фізичним обмеженням. Постійний розвиток технологій і розширення областей застосування електроніки продовжуватимуть відігравати важливу роль у сучасному машинобудуванні.

Електроні плата є важливою частиною електронного приводу у сучасному автомобілебудуванні. Вони використовують передові електронні технології для керування електронних компонентів, таких як інтегральні схеми, мікропроцесори, контролери живлення, датчики тощо. Функція схемної плати полягає в тому, щоб отримувати зовнішні сигнали (наприклад, інструкції користувача, зворотний зв’язок датчика тощо) і контролювати параметри після обробки, таким чином досягаючи точного керування наприклад, двигуном [3, 4].

У роботі [4] викладено результати до пропонованого пристрою окремих вузлів (горизонтальний маніпулятор, станина для друкованих плат, стопор для ліжок, брудовідсмоктувач) автоматичної станції фальцювальних плат (рис. 1).

В даній роботі розширюється дослідження конструктивним рішенням маніпулятора в двох інших осях (крім вже згаданої горизонтальної в одному напрямку) і захватною головкою. Суть полягає в тому, що якщо станина горизонтального маніпулятора досягає кінцевого положення, то вона переміщується з відкритою захватною головкою над платою друкованої плати і головка закрита. Потім переміщується над піддоном і чекає там, доки блок позиціонування не підніме його над конвеєрною стрічкою і таким чином забезпечить точне положення за допомогою центруючих штифтів. Лише після цього друковану плату можна завантажити на частину двигуна й електроніки, що зберігаються на піддоні.

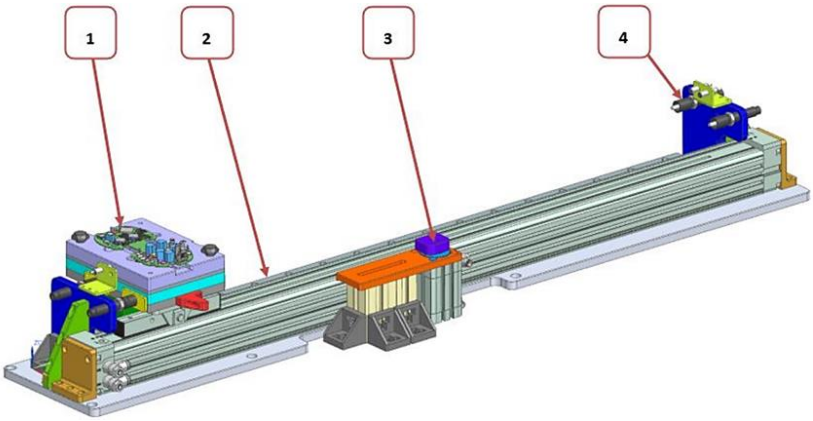


Рисунок 1 – 3D CAD-модель запропонованого горизонтального вузла маніпулятора: 1 - станина друкованої плати з її дисплеєм; 2 - лінійний горизонтальний привід по одній осі; 3 - упор станини; 4 – амортизатор

На автоматичній лінії встановлено кілька маніпуляторів. З цієї причини буде вигідно уніфікувати їх конструкцію. Ця уніфікація в основному стосується типів використовуваних сервоприводів, енергетичних ланцюгів, рейок з каретками, опорних стрижнів і їх держаків.

Опорна частина маніпулятора складається з підставки, яка має шість стрижнів. Чотири з них знаходяться на стороні сервоприводу і два з них на стороні опори рейки. Стрижні маніпулятора виступають на 3 мм за межі кронштейна з обох кінців і мають поглиблення в монтажних пластинах. Це забезпечує точне положення маніпулятора відносно опорної плити. Тому для збереження площинності захватної головки по відношенню до опорної плити на верхніх кріпильних пластинах маніпулятора по осі стрижня створені різьбові отвори. Вони служать для збільшення відстані від базової пластини в напрямку осі Z. Сервопривід разом з рейкою забезпечує переміщення захватного вузла по осі Y.

Враховуючи вимогу, що при зміні опорної плати друкованої плати буде можливість просто налаштувати додавання третього сервоприводу. Тому була обрана концепція пари рейок, розташованих одна за одною. У разі редагування репера, яке вимагало б переміщення маніпулятора по осі X, необхідно було б розібрати рейку з кареткою та замінити її сервоприводом. Ланцюг енергетичного кабелю можна побачити на рис. 2 разом з тримачами вже готовий до даної модифікації маніпулятора. Для руху по осі Z використовується той самий тип сервоприводу, що і по осі Y.

Основний робочий елемент станції складається з двох центричних трипальцевих захватів, які можна побачити на рис. 3. Ліва частина захватної головки може регулюватися відносно правої частини за допомогою регулювальних гвинтів по осі X.



Рисунок 2 – Фото мобільної платформи маніпулятора по осі X

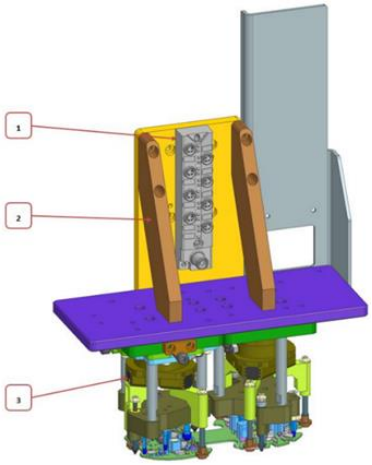


Рисунок 3 – 3D CAD модель головки захвату з монтажними пластинами: 1 - розподільна коробка; 2 – опора; 3 - захват

Центруючий вузол захватної головки виконує кілька завдань. Його головна мета полягає в тому, щоб відцентрувати електроніку відносно лівої частини друкованої плати. На його кінці розташований обертовий притискний елемент. Цей елемент має рельєф у центрі для центрувального штифта, який розташований у станині горизонтального маніпулятора. На цьому пристрої також є пружинний штифт, роль якого полягає в тому, щоб штовхати в напрямку осі Z на друкованій платі та торкатися його першим під час захоплення та торкатися його останнім під час зберігання. Цей штифт перешкоджає зворотному руху дошки при віддаленні маніпулятора від піддону. Його положення можна точно налаштувати в напрямку осі Z за допомогою різьбового отвору, в якому він встановлений. Також кілька різьбових отворів в монтажній пластині дозволяють перевірити кілька варіантів кріплення натискного штифта.

На рис. 4 можна побачити захват із трьома пальцями разом із трьома частинами підпружинених пальців. Використання захвату трьома пальцями на одній частині друкованої плати забезпечує автоматичне центрування та

стабільне захоплення. Кут між окремими лініями дорівнює 120°. Кожен палець прикручується до захвату двома гвинтами, а їх точне положення забезпечується центруючими кільцями.

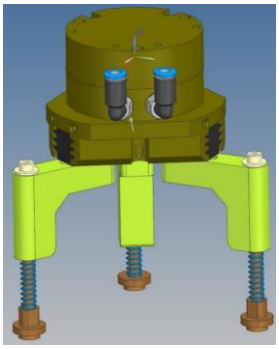


Рисунок 4 – 3D CAD-модель лівого захвату з пружинними пальцями

Вимога, яка виникла з попереднього досвіду роботи з захватами, полягала в тому, що його пальці повинні бути захищені від пошкоджень у разі поломки пристрою. Це вимагало іншого кута проектування для типово пасивного компонента, що складається з однієї виготовленої частини. Для збільшення терміну служби пристрою варіант, показаний на рисунку 5 зліва. Його основними частинами є пальцетримач, палець і дві розташовані одна за одною частини лінійних напрямних. При нормальній роботі пристрою палець не рухається в лінійній напрямній. У виняткових випадках, у разі зіткнення, кожен із пальців забезпечує підйом принаймні 10 мм, щоб вставити палець у напрямну.

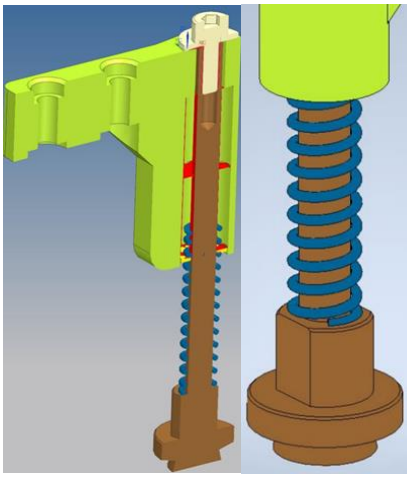


Рисунок 5 – 3D CAD-моделей розрізу правого пальця (ліворуч) і деталі нижньої частини підпруженого пальця (праворуч)

Важливим моментом будь-якої конструкції захоплення є вибір відповідної частини контактної поверхні деталі замовника. У лівій частині виділено два симетричних рельєфу напівкруглої форми. Тому можна було б використовувати

ті самі тримачі для пальців. Третій тримач мав бути коротшим через форму дошки. У правій частині також виділено два симетричних рельєфу, які створюють простір для проводів живлення мотора. Третій тримач довший з правого боку, також за рахунок форми. На рисунку 6 показано друковану плату, затиснуту шістьма пальцями.

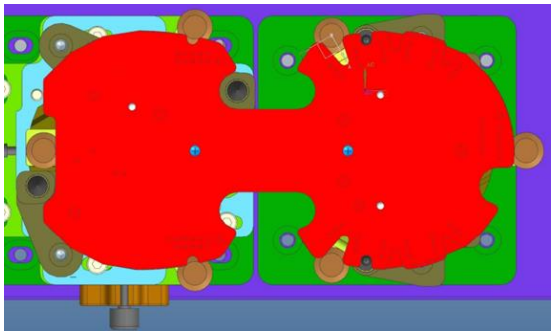


Рисунок 6 – 3D CAD-модель вигляду знизу затиснутої друкованої плати

Висновок. Робота реалізована шляхом створення прототипу, який відповідає вимогам, що пред'являються до маніпулятора. Конструкція забезпечує надійність захоплення та непошкодження маніпулюваної частини. Запропонована система захоплення зберігає друковану плату стабільною навіть у разі порущень стисненого повітря, що підтверджене експериментом.

Література

1. BLATNICKY, M., DIZO, J., GERLICI, J., SAGA, M., LACK, T., KUBA, E.: Design of a robotic manipulator for handling products of automotive industry. In: *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 2020, Vol. 17, No. 1, pp. 1-11. DOI: https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1729881420906290.

2. BLATNICKÝ, M., DIŽO, J., LOVSKA, A. Design of structural nodes of an automatic station for laying two-piece PCB plates. In: *CogSust-Cognitive Sustainability*, 2024, to be published.

3. *Shenzhen Eternity Technology Co., Ltd*. Available on: https://sk.eternity-em.com/news/what-is-a-motor-control-pcb-77688387.html

4. *Electronics Manufacturing Services Specalist for Industrial Control*. Available on: https://sk.tecootech.com/industrial-motherboard/dc-motor-drive/drive-controller-pcb-board-factory-pcba.html

ШВИДКІСНИЙ РУХ В УКРАЇНІ:СУЧАСНИЙ СТАН, ПЕРСПЕКТИВИ ТА ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Блощаневич В.Ю. – бакалаврант, bloshanevich@gsuite.duit.edu.ua
Неведров О.В. – Ph.D.,ст. викладач, nvp2020lts@gmail.com
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

HIGH-SPEED TRAFFIC IN UKRAINE: CURRENT STATUS, PROSPECTS AND SIGNIFICANCE FOR TRANSPORT INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT

Bloshchanevich V.Yu. – bachelor's student, bloshanevich@gsuite.duit.edu.ua
Nevedrov O.V. – Ph.D., Art. teacher, nvp2020lts@gmail.com
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract*. The article analyzes the current state of high-speed railway traffic in Ukraine, in particular its infrastructural and technical aspects. The key advantages and challenges of the implementation of high-speed transportation are identified, including the need to modernize the railway infrastructure, ensure adequate financing and support international standards. Prospects for the development of high-speed traffic were discussed, including opportunities for increasing the speed of transportation, increasing the comfort of passengers and reducing the time for moving between the main cities of Ukraine. Particular attention is paid to the importance of fast traffic for economic growth, the integration of Ukraine into the European transport system, as well as the reduction of the environmental burden due to the transition to more efficient modes of transport. The influence of high-speed traffic on the development of regions and improvement of transport accessibility for the population is considered.*
Keywords: *high-speed traffic, railway transport, transport infrastructure, railway modernization, economic development, regional accessibility, international standards, passenger transport, development prospects*

Швидкісний рух є ключовим фактором підвищення ефективності транспортної системи, а також комфорту і якості перевезення. Україна, яка має велику територію і є кількома транзитними коридорами між Європою та Азією, потребує модернізації залізничного транспорту, зокрема розвитку швидкісного руху. Швидкісні поїзди можуть значно скоротити час у дорозі, забезпечуючи зручне сполучення між великими містами та сприяючи інтеграції регіонів.

Поточний стан швидкого руху в Україні

На сьогодні в Україні існує кілька основних напрямків швидкісного залізничного сполучення, зокрема маршрут Київ — Харків, Київ — Львів, Київ — Одеса та Київ — Дніпро. Для обслуговування цих напрямків застосовуються

швидкісні потяги Hyundai Rotem та Skoda, які здатні досягати швидкості до 160 км/год. Проте це ще значно нижче, ніж у провідних країнах Європи, де швидкісні потяги можуть розвинути швидкість до 300 км/год і більше.

Основні проблеми, з якими досягається розвиток швидкісного руху в Україні, включають застарілу інфраструктуру, яка не дозволяє підтримувати високі швидкості на багатьох ділянках, а також брак фінансування для оновлення рухомого складу та модернізації колій. Тим не менше, швидкісний рух наявний на головних напрямках, що дає підстави сподіватися на подальший розвиток цієї системи.

Переваги розвитку швидкого руху

1. **Скорочення часу в дорозі**. Швидкісні поїзди суттєво скорочують час у дорозі між ключовими містами. Наприклад, завдяки швидкому сполученню шлях від Києва до Харкова можна подолати за 4,5 години замість 8-9 годин на звичайному потягу.

2. **Підвищення комфорту для пасажирів**. Швидкісні поїзди забезпечують сучасний рівень комфорту, зокрема мають кондиціонери, доступ до Wi-Fi, зручне сидіння та можливість замовлення їжі під час подорожі. Це сприяє підвищенню рівня обслуговування пасажирів та привабливості залізничних перевезень.

3. **Зміна навантаження на автомобільні дороги**. Розвиток швидкого руху сприяє зниженню навантаження на автомобільні дороги, що позитивно впливає на безпеку та екологію, зменшуючи затори та кількість аварій.

4. **Екологічність**. Швидкісні поїзди є більш екологічно чистим видом транспорту в порівнянні з авіаційними або автомобільними перевезеннями, і виробляють значно менше викидів CO_2 на пасажира.

Основні виклики для швидкісного руху в Україні

1. **Фінансування**. Реалізація проектів з розвитку швидкого руху вимагає значних інвестицій, зокрема на модернізацію колій, закупівлю сучасних швидкісних потягів, а також реконструкцію вокзалів. Залучення приватних інвесторів та міжнародних фінансових організацій, таких як Європейський банк реконструкції та розвитку, стає кроком на цьому шляху.

2. **Застаріла інфраструктура**. Високошвидкісні поїзди потребують спеціальної інфраструктури, здатної виробляти велику швидкість, зокрема залізничних шляхів, обладнаних для руху з постійною високою швидкістю. Українська залізнична мережа переважно застаріла, і модернізація основних напрямків потребує значних ресурсів.

3. **Безпека**. Підвищення швидкості руху вимагає підтримки високих стандартів безпеки, зокрема інстальованих сучасних сигналізаційних систем, автоматизованих бар'єрів на переїздах та інших заходів. Розвиток швидкого

руху також пов'язаний з підготовкою кваліфікованих кадрів для управління новою технікою та обладнанням.

4. **Залучення пасажирів**. На перевагу швидкісного руху, деякі пасажири все ще надають переваги автомобільним або авіаційним перевезенням. Для популяризації швидкісного залізничного транспорту необхідно покращити інформацію про його переваги та запроваджувати гнучку тарифну політику.

Перспективи розвитку швидкісного руху в Україні

1. **Нові маршрути**. Уряд і Укрзалізниця активно розглядають можливість запуску нових швидкісних напрямків, зокрема на маршрутах Київ — Одеса, Київ — Львів та Львів — Харків. Це дозволяє забезпечити швидке та зручне сполучення між кількістю міст та сприяти розвитку туристичних і ділових поїздок.

2. **Модернізація існуючих колій**. Для підтримки швидкісного руху необхідна модернізація наявної залізничної інфраструктури, зокрема реконструкція шляхів та оновлення сигналізаційних систем. Важливою частиною цього процесу є впровадження нових технологій, які підвищують безпеку та ефективність перевезень.

3. **Інтеграція з європейською мережею**. Важливим етапом розвитку швидкісного руху є інтеграція України в європейську мережу швидкісних залізниць. Це дозволить створити швидкісне залізничне сполучення з країнами ЄС, забезпечуючи зручний транзит пасажирів і вантажів. Україна має унікальне географічне розташування, яке сприяє розвитку міжнародного залізничного руху між Європою та Азією.

4. **Підтримка міжнародних організацій**. Розвиток швидкісного залізничного транспорту потребує співпраці з міжнародними організаціями, які можуть надати додаткові фінансові та технічні ресурси. Також важливо впроваджувати міжнародні стандарти швидкісного руху, які вже показали свою ефективність у країнах Європи.

Значення швидкісного руху для економіки України

Розвиток швидкісного руху має велике економічне значення для України. Швидкісні залізничні сполучення між основними містами сприяють пожвавленню ділової активності, розвитку туризму та покращенню мобільності населення. Це дозволяє значно підвищити конкурентоспроможність українського залізничного транспорту, зробити його більш привабливим як для місцевих, так і для міжнародних пасажирів.

Крім того, інвестиції у швидкісний рух стимулюють розвиток суміжних галузей, таких як машинобудування, будівництво та енергетика, створюючи нові робочі місця та сприяючи економічному зростанню. Швидкий рух також

дозволяє Україні стати важливою ланкою в міжнародних транспортних коридорах, що підвищить її роль у глобальній транспортній системі.

Висновок. Швидкісний рух в Україні є найбільшим напрямком розвитку транспортної інфраструктури, який швидше за все покращить якість перевезень, підвищить конкурентоспроможність та інтеграцію України в європейську транспортну мережу, розвиток швидкісних залізниць має великі перспективи і є ключем до сталого економічного зростання, поліпшення екологічної ситуації та підвищення рівня життя українців.

Література

1. Павлов, О. М. (2020). *Розвиток швидкісного залізничного транспорту в Україні*. Київ: *Науково-технічне видавництво транспортної інфраструктури*.
2. Бойко, Л.П., Кравченко, А.І. (2021). "Економічне значення швидкого залізничного руху в Україні". *Економіка і транспортна інфраструктура* , 15(3), 23-30.
3. Державне підприємство "Укрзалізниця" (2019). *Програма розвитку швидкого залізничного транспорту до 2030 року* . Київ: Укрзалізниця.
4. Рибак, М.В., та Гончарук, О.О. (2022). "Перспективи розвитку швидкого залізничного руху в Україні: технічні та економічні аспекти". *Вісник транспортної науки України* , 20(4), 77-84.
5. Миронюк, І. С. (2021). "Порівняльний аналіз швидкісного залізничного руху в Європі та Україні". *Журнал міжнародних транспортних систем* , 12(1), 45-53.
6. Федоров, С.В., та Мельник, І.В. (2019). *Технологічні аспекти впровадження швидкісних залізничних магістралей в Україні*. Харків: Видавництво "Залізнична техніка".
7. Швед, О.А., Коваленко, М.П. (2020). "Екологічні переваги розвитку швидкого залізничного транспорту в Україні". *Науковий вісник екологічного транспорту* , 9(2), 32-40.

ІННОВАЦІЇ В КРУЇЗНІЙ ІНДУСТРІЇ. ТЕХНОЛОГІЇ МАЙБУТНЬОГО

Боженко Т.І. **–** бакалаврант, tettyboshenko05@gmail.com
Михайлова Ю.В. **–** к.е.н., доц., yuliya.mikhailova@i.ua
Одеський національний морський університет
Україна, м. Одеса

INNOVATIONS IN THE CRUISE INDUSTRY. TECHNOLOGIES OF THE FUTURE

Bozhenko T.I. **–** bachelor's student, tettyboshenko05@gmail.com
Mykhailova Iu.V. **–** Doctor of Economics, Assoc., yuliya.mikhailova@i.ua
Odessa National Maritime University
Ukraine, Odesa

Abstract. *Innovation in the cruise industry is the driving force behind its adaptation to modern challenges, chief among which are environmental sustainability and changing consumer expectations. The urgency of innovation in passenger shipping today is extremely high for several key reasons: technological and environmental innovations that are shaping the future of the cruise business. Innovation in the cruise industry is an important direction to ensure its sustainable development and meet the needs of modern travelers. In general, environmental and technological innovations are critical to the future of the cruise industry, as they allow for increased efficiency, reduced environmental impact, and increased consumer demands for travel quality.*

Актуальність дослідження. Інновації в круїзній індустрії є рушійною силою її адаптації до сучасних викликів, серед яких головними є екологічна стійкість та зміна споживчих очікувань. Отже, інновації у пасажирському судноплавстві є актуальними через зростаючі вимоги до безпеки, комфорту, екологічної стійкості та конкурентоспроможності. Впровадження новітніх технологій допомагає галузі відповідати сучасним стандартам та готуватися до майбутніх викликів, що робить її стійкою та привабливою для клієнтів і суспільства загалом. Актуальність інновацій у пасажирському судноплавстві сьогодні є надзвичайно високою через кілька ключових причин:

1. Підвищення рівня безпеки пасажирів. Безпека пасажирів залишається пріоритетом у морській індустрії, і впровадження інноваційних технологій значно знижує ризики аварій та надзвичайних ситуацій. Завдяки новітнім системам моніторингу, автономним рятувальним засобам і VR-тренажерам для екіпажу, судна стають більш готовими до реагування на потенційні небезпеки.

2. Зменшення екологічного впливу. Судноплавство є одним із значних джерел викидів CO_2 і забруднення океанів, тому сучасні інновації, такі як використання альтернативних видів палива (зріджений природний газ, електрика, гібридні двигуни) та енергоефективних систем, допомагають

зменшити екологічний слід суден. Ця тенденція актуальна, оскільки дедалі більше пасажирів обирають екологічно чистий транспорт.

3. Задоволення потреб сучасних пасажирів. Сучасні пасажири очікують високий рівень комфорту, цифрових зручностей та індивідуального підходу під час подорожей. Інновації, такі як розумні каюти, мобільні додатки для навігації судном та віртуальні помічники, роблять подорожі більш комфортними та зручними для кожного пасажира, що підвищує рівень задоволеності та лояльності клієнтів.

4. Підвищення конкурентоспроможності круїзної індустрії. Конкуренція у сфері пасажирського судноплавства є високою, і компанії, які швидко впроваджують інноваційні технології, мають перевагу. Інновації дозволяють знизити витрати на експлуатацію, покращити репутацію компанії та залучити більше пасажирів завдяки пропозиції нових, безпечних та екологічних рішень.

5. Підготовка до майбутніх регуляторних змін. Багато міжнародних організацій, таких як Міжнародна морська організація (IMO), планують посилити вимоги до екологічної стійкості судноплавства. Компанії, які вже зараз інвестують у технології зниження викидів, енергозбереження та цифровізації, легше адаптуватимуться до майбутніх змін, що дозволить їм відповідати вимогам без великих витрат.

6. Покращення ефективності роботи суден. Цифровізація суден, автоматизація управління та прогнозування технічного стану допомагають знизити витрати на обслуговування, оптимізувати маршрути та покращити управління ресурсами. Це дозволяє судноплавним компаніям працювати ефективніше, що є особливо важливим в умовах економічних коливань та зростання витрат на паливо.

7. Підтримка інклюзивності та доступності. Сучасні інновації сприяють покращенню умов для пасажирів з обмеженими можливостями, роблячи морські подорожі більш доступними. Завдяки таким рішенням, як інтуїтивна навігація на борту, інклюзивні системи розваг і додаткові зручності для людей з особливими потребами, компанії розширюють доступ до своїх послуг для ширшого кола клієнтів.

Сучасні інновації у пасажирському судноплавстві спрямовані на підвищення комфорту, безпеки та екологічної ефективності. Ось деякі з найбільш значущих інновацій:

1. Екологічно чисті технології

• Судна на зрідженому природному газі (LNG): Використання LNG як палива знижує викиди шкідливих речовин, таких як сірка, азотні оксиди та CO_2, що робить судна більш екологічно чистими.

• Гібридні та електричні судна: Деякі круїзні та пасажирські судна використовують гібридні системи, які поєднують дизельний двигун та електричну тягу, що знижує споживання пального та викиди.

• Сонячні панелі та вітрові турбіни: Деякі сучасні судна починають використовувати сонячні панелі та додаткові джерела енергії, такі як вітрові турбіни, що допомагає зменшити залежність від викопних видів палива.

2. Цифрові технології для підвищення комфорту пасажирів

• Розумні каюти: Каюти, обладнані системами, які дозволяють пасажирам контролювати освітлення, клімат, а також бронювати послуги через спеціальні додатки.

• Мобільні додатки для навігації судном: Багато круїзних компаній надають мобільні додатки, за допомогою яких пасажири можуть відстежувати своє місцезнаходження, знаходити ресторани, зони відпочинку та інші зручності на судні.

• Віртуальні помічники: Деякі компанії впроваджують голосових помічників у каютах, що дозволяють пасажирам зручно взаємодіяти з судновою інформаційною системою.

3. Інновації в безпеці та моніторингу

• Системи розпізнавання осіб: Впровадження систем розпізнавання обличчя при посадці та висадці підвищує безпеку, а також скорочує час реєстрації.

• Дрони для рятувальних операцій: Деякі судна оснащені дронами, які можуть допомогти в рятувальних операціях або швидкому моніторингу зон, важкодоступних для людей.

• Інноваційні рятувальні засоби: Використання автономних рятувальних плотів та катерів, оснащених системами GPS та автоматичним управлінням.

4. Автономні та дистанційно керовані технології

• Автономне управління судном: Деякі круїзні компанії тестують автономні системи управління, які можуть зменшити людський фактор у навігації та підвищити точність керування судном.

• Цифрове спостереження та прогнозування технічного стану: Використання датчиків для контролю технічного стану судна в реальному часі дозволяє запобігати поломкам і оптимізувати технічне обслуговування.

5. Віртуальна та доповнена реальність (VR/AR)

• Тренування екіпажу у віртуальній реальності: VR-тренажери дозволяють екіпажу практикувати навички безпеки, евакуації та реагування на надзвичайні ситуації у реалістичних умовах.

• AR-допомога для пасажирів: Доповнена реальність може допомагати пасажирам орієнтуватися на борту та відстежувати інформацію про подорож, наприклад, історію відвідуваних локацій.

6. Покращення інклюзивності та доступності

• Системи для пасажирів з обмеженими можливостями: На сучасних суднах впроваджуються спеціальні зручності, як-от аудіогіди, системи з низькою висотою розташування кнопок, ліфти та допоміжні засоби для людей з обмеженими можливостями.

• Системи інклюзивного дизайну: Використання спеціальних колірних схем, інтуїтивних навігаційних панелей та інших технологій, що підвищують комфорт для всіх пасажирів.

7. Розвиток розваг та дозвілля на суднах.

• Інтерактивні розважальні системи: Деякі судна обладнані інтерактивними стінами, ігровими консолями та 3D-кінотеатрами.

• Біометричний контроль доступу до розважальних зон: Для захисту дітей і підлітків круїзні лінії впроваджують біометричний контроль, який дозволяє регулювати доступ до певних зон розваг.

Загалом, інновації у пасажирському судноплавстві спрямовані на створення більш безпечного, екологічного та зручного середовища для пасажирів, що робить морські подорожі ще привабливішими та комфортнішими.

Головними в круїзній індустрії є технологічні й екологічні нововведення, які формують майбутнє круїзного бізнесу.

Екологічні інновації, такі як використання зрідженого природного газу (СПГ) замість традиційного дизельного палива, впровадження систем очищення вихлопних газів (EGCS) та перехід на альтернативні види палива, націлені на зниження викидів парникових газів і забруднення. Це відповідає глобальним екологічним цілям, зокрема досягненню нульових викидів до 2050 року. Круїзні компанії активно інвестують у нові технології для зменшення впливу на довкілля, що не тільки знижує їхній вуглецевий слід, але й допомагає їм відповідати міжнародним стандартам.

Технологічні інновації, зокрема доповнена (AR) і віртуальна реальність (VR), змінюють досвід пасажирів на борту. Завдяки цим технологіям користувачі круїзних послуг можуть отримати захоплюючий віртуальний досвід, персоналізовані тури та інтерактивні розваги, що робить подорожі більш цікавими та доступними для різних категорій пасажирів. Додатково, Інтернет речей (IoT) забезпечує підвищену безпеку на борту і створює зручніші умови для пасажирів, дозволяючи персоналізувати середовище в каютах і покращуючи загальний рівень сервісу.

Персоналізація подорожей завдяки аналізу великих даних стає новим стандартом у круїзній індустрії. Вона дозволяє компаніям краще розуміти потреби клієнтів, пропонуючи індивідуальні маршрути, екскурсії та бортові послуги, які відповідають їхнім інтересам. Завдяки цьому, пасажири отримують унікальні та незабутні враження, що стимулює їхню лояльність та повторні поїздки.

Висновки. Отже, круїзна індустрія швидко реагує на глобальні виклики й потреби ринку, пропонуючи нові екологічні рішення та технології, що забезпечують сталий розвиток і підвищення якості обслуговування пасажирів.

Інновації в круїзній індустрії є важливим напрямком для забезпечення її стійкого розвитку та задоволення потреб сучасних мандрівників. Екологічні нововведення, такі як використання зрідженого природного газу (СПГ), систем очищення вихлопних газів (EGCS), а також впровадження нових видів палива, таких як метанол і аміак, стають важливими кроками у зменшенні викидів і декарбонізації галузі. Однак екологічні виклики залишаються, оскільки ці технології ще не досконалі, і для досягнення нульових викидів до 2050 року необхідні подальші дослідження та інвестиції.

Технологічні інновації, такі як доповнена та віртуальна реальність (AR/VR), IoT, а також персоналізовані подорожі на основі даних, відкривають нові можливості для покращення досвіду пасажирів та оптимізації операцій суден. Вони сприяють створенню більш інклюзивного, персоналізованого і зручного сервісу, що відповідає сучасним запитам і очікуванням мандрівників.

Загалом, інновації в екологічній та технологічній сферах є вирішальними для майбутнього круїзної індустрії, оскільки вони дозволяють підвищувати ефективність, зменшувати вплив на навколишнє середовище та задовольняти зростаючі вимоги споживачів до якості подорожей.

Література

1. International Maritime Organization (IMO). Future of Maritime Safety and Digital Innovations. International Maritime Organization, 2022.

2. Cruise Lines International Association (CLIA). 2023 Cruise Trends and Innovations Report. Cruise Lines International Association.

3. Marine Insight. “Top 10 Technological Innovations in Passenger Shipping”. Marine Insight, 2021. https://www.marineinsight.com

4. DNV GL. Maritime Forecast to 2050. DNV GL, 2022.

5. Шафранюк, І. М. “Інноваційні підходи до забезпечення екологічної безпеки пасажирських перевезень”. Морський журнал України, 2021.

6. Wartsila. Smart Marine Ecosystem: The Future of Sustainable Shipping. Wartsila Corporation, 2020.

7. Jensen, O., and Martin, R. Sustainable Cruise Shipping and Environmental Innovations. Journal of Marine Science and Engineering, 2020.

8. Lloyd's Register. "Autonomous Ships and Digitalization in Passenger Shipping". Lloyd's Register, 2021.

КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ ВІДМОВ У ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМАХ ВАГОНОРЕМОНТНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Волошин Д.І. – к.т.н., доцент, dmivol777@gmail.com
Волошина Л.В. – к.т.н., ст. викладач, ludmivol@gmail.com
Український державний університет залізничного транспорту
Україна, Харків

AN INTEGRATED APPROACH TO ASSESSING THE RISKS FAILURES IN PRODUCTION SYSTEMS OF WAGON REPAIR ENTERPRISES

Voloshyn D.I. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
dmivol777@gmail.com
Voloshyna L.V. – Candidate of Technical Sciences, Senior Teacher,
ludmivol@gmail.com
Ukrainian State University of Railway Transport
Ukraine, Kharkiv

Abstract. *In modern conditions of operation of wagon repair enterprises, there is an actual decrease in the reliability of production systems. This is due to both the influence of external factors and the shortcomings of the system itself. To ensure a given level of reliability, it is proposed to introduce an industrial risk management system using advanced methods for predicting the state of complex systems. Cause-and-effect analysis consists of the combined use of two separate methods for studying the reliability of complex systems - "fault trees" and "event trees". The initial data for its implementation are a schematic representation of how the system can fail, as well as a quantitative assessment of the probability of each possible event.*
Keywords: *wagon repair production, risk assessment, cause and effect analysis, failure tree, event tree*

Актуальність дослідження. Поступова інтеграція транспортного комплексу України в Європейській простір потребує відповідних рішень стосовно орагнізації виробничих процесів залізничного транспорту. Враховуючи вплив вагоноремонтного комплексу на загальну функціональність залізниць, дослідження спрямовані на підвищення надійності та ефективності управління виробничими системами є важливою науковою задачею.

Метою роботи є аналіз виробничої системи вагоноремонтного підприємства з метою оцінки виникнення ризикових подій, в тому числі відмов виробничих елементів. Використання прогресивних інструментів

прогнозування небажаних ситуацій дозволить розробити ефективну систему управління виробничими та технологічними процесами ремонту вагонів.

Більшість вагоноремонтних підприємств проектувалися та функціонували в інших техніко-економічних умовах, які характеризувалися стаціонарністю та визначеністю. При цьому корінне перебудування галузі для відповідності новим умовам реалізовано так і не було. На сучасний момент досконала виробнича система повинна характеризуватися гнучкістю та значними резервами для протидії в часі негативним факторам впливу.

Для забезпечення необхідного рівня надійності технологічних процесів ремонту необхідно мати можливість прогнозування виникнення небажаних подій (відмов, збоїв, невідповідностей параметрів) при функціонуванні виробничої системи. З цією метою запропоновано використання системи управління виробничими ризиками [1, 2].

Для того, щоб дана система враховувала причинно-наслідкові зв'язки, що обумовлюють виникнення різного виду відмов у виробничій системі запропоновано використання процедурних механізмів АВНКВ – „Аналізу видів, наслідків і критичності відмов" (FMEA/ FMECA) [3]. Джерелом вихідних даних для проведення АВНКВ на виробництві служать існуючі технологічні процеси ремонту вагонів та окремих вузлів, вимоги нормативно-технічної документації, статистичні дані про надійність технологічного обладнання та деталей та ін.

Особливістю запропонованого підходу є виявлення так званих «критичних елементів виробництва» або «критичних технологічних процесів». Найбільш дієвим методом їх пошуку та дослідження впливу на систему буде причино-наслідковий аналіз. Його особливість полягає в комбінованому використанні двох окремих методів аналізу надійності складних систем – «дерева відмов» та «дерева подій». Аналіз проводиться від обраної критичної події за допомогою логічних елементів з метою зменшення наслідків вихідної події. При цьому даний підхід дає можливість враховувати затримки технологічних процесів у часі при аналізі можливих наслідків (рис. 1).

Процедура проведення аналізу полягає у наступних кроках:

- визначається критична (вихідна) подія у виробничій системі – ця подія є кінцевою для «дерева відмов» та вихідною для «дерева подій»;
- розроблюється відповідне «дерево відмов» для визначення причин виникнення критичної відмови виробничої системи;
- визначається алгоритм аналізу станів системи, наприклад логічна послідовність їх виникнення у часі;
- будуються можливі сценарії виникнення наслідків в залежності від різних станів;

➢ розраховуються імовірності кожного можливого наслідку.

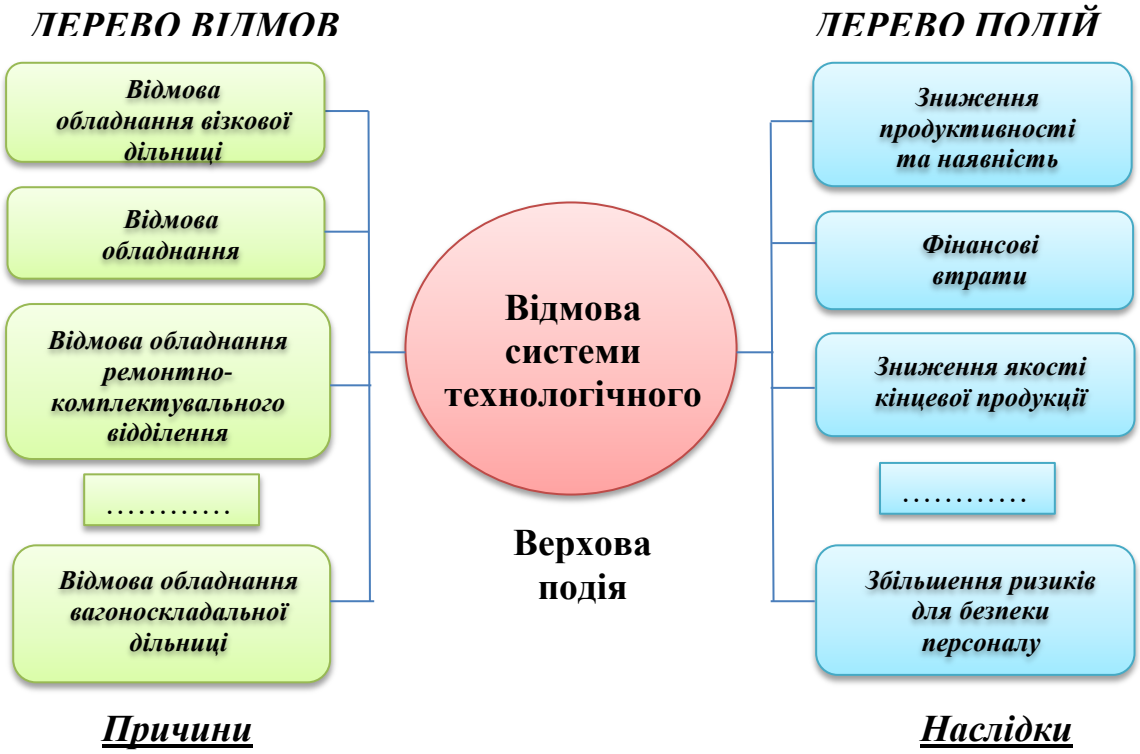


Рисунок 1 – Приклад реалізації методу причинно-наслідкового аналізу для критичної події «Відмова системи технологічного обладнання»

Вихідними даними причинно-наслідкового аналізу виробничої системи є схематичне відображення того, як система може відмовити, а також кількісна оцінка імовірності виникнення кожного можливого наслідку. Оцінка заснована на аналізі імовірностей виникнення конкретних умов кожного сценарію, що випливають за критичною подією.

Висновки. Розробка системи управління ризиками на основі прогресивних методів аналізу надійності складних систем дає змогу ідентифікації небажаних подій у виробничій системі та пронозування її станів в окремі моменти часу.

Література

1. Волошин Д.І., Волошина Л.В. Особливості формування логістичних систем ремонту вагонів з огляду на управління виробничими ризиками. Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем:матеріали тез IV Всеукраїнської науково-технічної інтернет-конференції 26-27 квітня 2023 року [Електронне видання] Рівне, НУВГП, 2023. С.70-72.

2. Волошин Д.І., Волошина Л.В. Управління виробничими ризиками в технологічних системах вагоноремонтних підприємств. Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій Міністерства освіти і науки України: Серія «Транспортні системи і технології». Вип. 39. К.: ДУІТ, 2022. 22-29 с. DOI:10.32703/2617-9040-2022-39-3.

3. EC 60812 Analysis techniques for system reliability - Procedures for failure mode and effect analisys (FMEA).

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ПРОЦЕСІВ ЗАСТОСУВАННЯ МАШИН ДЛЯ ЗЕМЛЯНИХ РОБІТ ПРИ СПОРУДЖЕННІ ОСНОВИ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ І АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Главацький К.Ц. – к.т.н., доц., *kazimir.glavatskij@gmail.com*
Черкудінов В.Е. – магістр, *volodymyrcherkudinov@gmail.com*
Брильова М.Г. – асистент, *mary.blare1234@gmail.com*
Український державний університет науки і технологій
Україна, м. Дніпро

RESEARCH OF ENERGY-EFFICIENT PROCESSES OF THE APPLICATION OF EARTHWORK MACHINES IN THE CONSTRUCTION OF THE RAILWAY AND ROAD BASE

Hlavatskyi, K.Ts. – Associate Professor, *kazimir.glavatskij@gmail.com*
Cherkudinov V.E.– master, *volodymyrcherkudinov@gmail.com*
Brylova M.G.– assistant, *mary.blare1234@gmail.com*
Ukrainian State University of Science and Technologies
Ukraine, Dnipro

Abstract. *The work includes research aimed at finding rational parameters for the process of energy-efficient digging and soil compaction when creating soil embankments during the construction of railways and highways. New types of working elements of bulldozers and rollers are proposed, namely: a non-rotating bulldozer blade with a spatial knife system and rollers, a vibrating plate and a rammer with working surfaces of blocking action on the soil. Initial results have been obtained, which indicate that the proposed working elements have clear advantages compared to traditional ones, and also confirm the feasibility of continuing research in order to clarify the results obtained and make changes to improve the initial proposals.*
Keywords: *energy efficiency, bulldozer, roller, vibrating plate, rammer, research*

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю забезпечення стабільності природних і наданих фізико-механічних характеристик насипному ґрунтовому масиву нижньої будови колії чи основи автомобільної дороги при його спорудженні з використанням енергоефективних машин для земляних робіт, зокрема землерийно-транспортних і ґрунтоущільнювальних.

Метою роботи є визначення раціональних параметрів процесу енергоефективної взаємодії робочих органів бульдозерів і ґрунтоущільнювальних котків з ґрунтом при його копанні та укладанні у ґрунтову споруду автомобільних і залізничних доріг.

Під енергоефективністю роботи бульдозерів і котків слід розуміти мінімальну величину співвідношення витраченої потужності машини до її технічної продуктивності.

В основу технічної пропозиції з удосконалення бульдозерного обладнання і, зокрема, його робочого органу, покладена ідея застосування косого копання грунту на неповоротному відвалі за рахунок використання оновленої **просторової ножової системи** (**ПНС**) з попарно симетрично розміщеними ножовими пластинами, що спрямовують грунт під час копання у середину ґрунтової призми перед відвалом. Це сприяє зниженню питомого опору копанню грунту і зменшенню його втрат у бічні валики порівняно з традиційним неповоротним відвалом зі звичайною плоскою **ножовою системою** (**НС**) [1].

В основну поліпшення результативності роботи ґрунтоущільнювальних машин стосовно підвищення енергоефективності їх застосування покладена гіпотеза про підвищення інтенсивності ущільнення грунту за рахунок збільшення тиску на його поверхню і створення при цьому умов блокування верхнього шару грунту від бічного розповзання і вислизання з-під робочої поверхні котків, віброплит і трамбівок за рахунок форми робочої поверхні їх робочих органів, що безпосередньо контактує з грунтом.

В основу технічної пропозиції з удосконалення процесу ущільнення насипного грунту покладено створення профільної робочої поверхні котків, віброплит і трамбівок, що запобігатиме вислизанню грунту з-під неї у бічні сторони при підвищеному тиску на нього, [2].

Розробка і дослідження ПНС для неповоротних відвалів бульдозерів різних тягових класів ведеться у двох напрямках: 1) створення ПНС, висота якої не виходить за габарит традиційної НС (рис. 1); 2) створення ПНС, кут копання ножів якої дорівнює куту копання ножів традиційної НС (рис. 2).

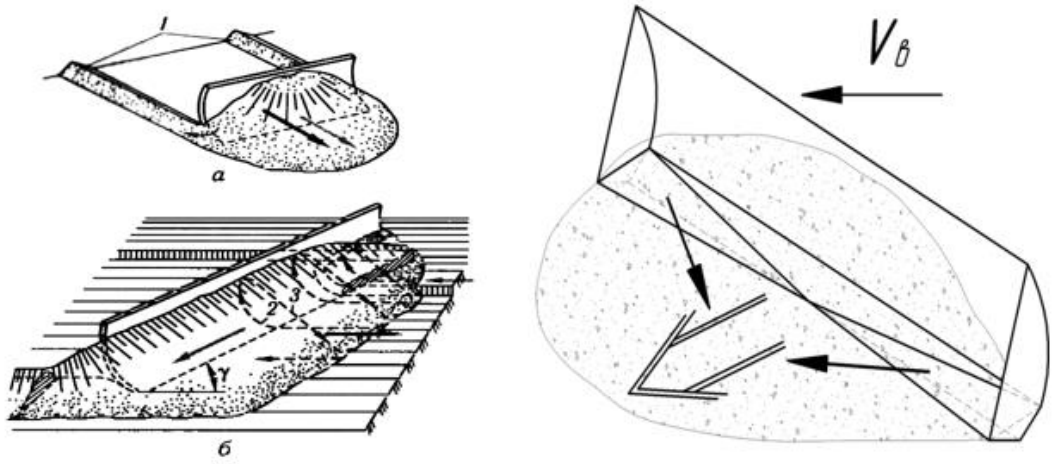


Рисунок 1 – ПНС на неповоротному відвалі і її аналоги: а – копання грунту неповоротним відвалом з традиційною НС; б – копання грунту поворотним відвалом з традиційною НС

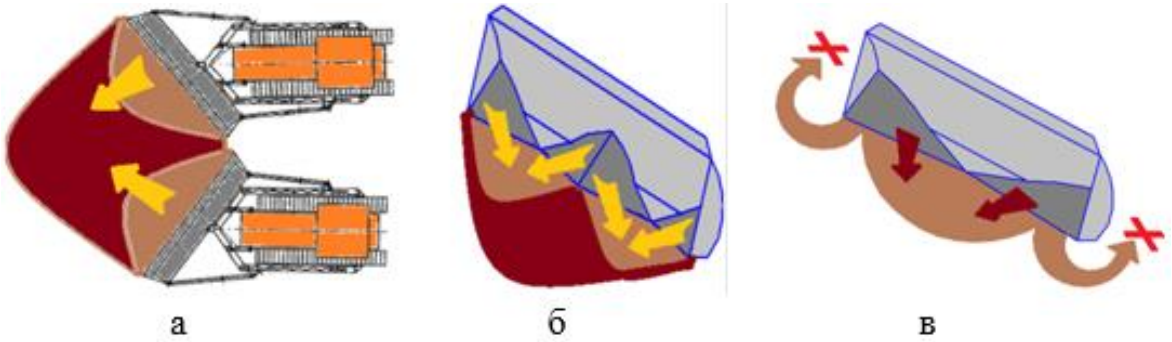


Рисунок 2 – ПНС на неповоротному відвалі з розміщенням пластин ножів з кутом копання грунту, що дорівнює куту копання ножів традиційної НС

Збільшення продуктивності копання грунту бульдозером і спрямування грунту, який втрачається у бічні валики під час копання і набору призми неповоротним відвалом з традиційною НС, у середину призми прискорює її наповнення і, відповідно, скорочує час набору повної призми, (рис. 3). Тут показана сумісна робота бульдозерів з неповоротними і поворотними відвалами, яка стала прототипом для запропонованого технічного рішення ПНС на неповоротному відвалі. При цьому форма ПНС і кількість пар симетрично встановлених ножів у її складі враховані для подальших досліджень і визначення раціональних параметрів ПНС.

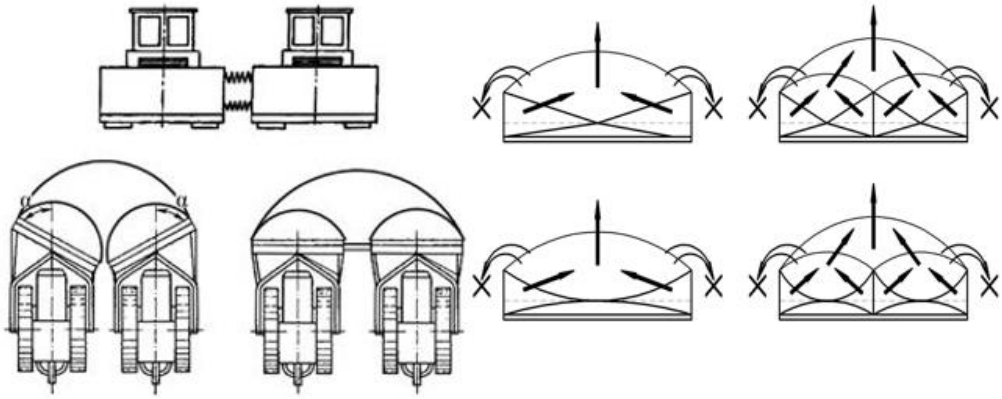


Рисунок 3 – Схеми збільшення об'єму призми волочіння грунту перед відвалом і зменшення втрат грунту із застосуванням спареної роботи бульдозерів і ПНС

Початкові результати досліджень процесу копання грунту неповоротним відвалом бульдозера з ПНС доводять доцільність продовження роботи у даному напрямку, оскільки співставлення результатів щодо продуктивності та енергоефективності на користь відвала з ПНС. Крім того у процесі досліджень підтверджено спрямування грунту всередину призми волочіння перед відвалом (рис. 4, а, б, в) та часткове зменшення втрат грунту у бічні валики обабіч відвала, що підтверджує необхідність продовження досліджень щодо уточнення геометричних параметрів фізичної моделі. Також суттєво зростає об'єм призми грунту перед відвалом з ПНС порівняно з відвалом з традиційною НС (рис. 5).

Для встановлення моменту повного набору грунту у призму перед відвалом копання тривало на значно більшій довжині переміщення, ніж та, що потрібна для набору максимальної призми грунту перед відвалом, тому на фото видно бічні втрати грунту, оскільки весь вирізаний грунт спрямовувався у бічні валики.



Рисунок 4 – Процес копання грунту неповоротним відвалом з ПНС з однією (а), двома (б) та трьома (в) парами ножових пластин

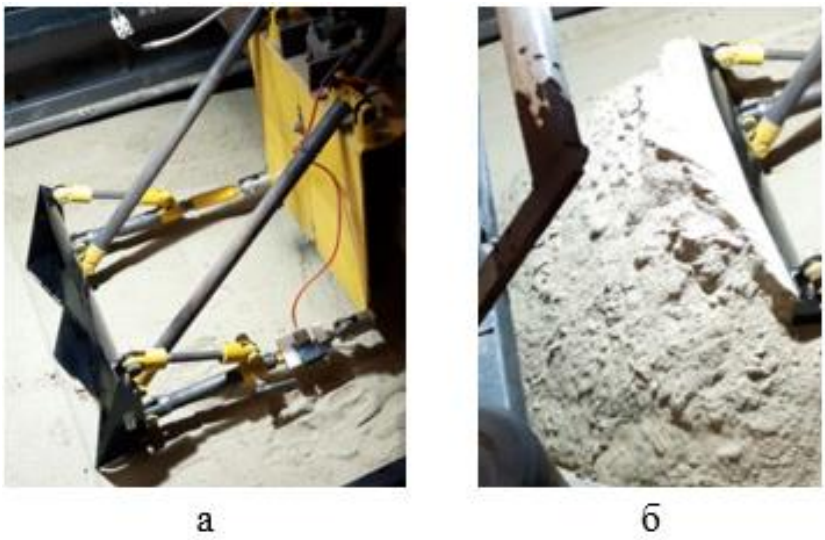


Рисунок 5– Фізична модель неповоротного відвала з ПНС (а) та процес набору призми грунту перед відвалом (б)

У процесі досліджень ґрунтоущільнювальних котків з робочими поверхнями блокуючої дії на грунт розроблені і виготовлені моделі-трансформери та частково досліджений процес блокованого ущільнення грунту (рис. 6). При цьому результати досліджень співставлені як між групами

моделей, так і з відповідними параметрами традиційного котка з гладенькою робочою поверхнею.

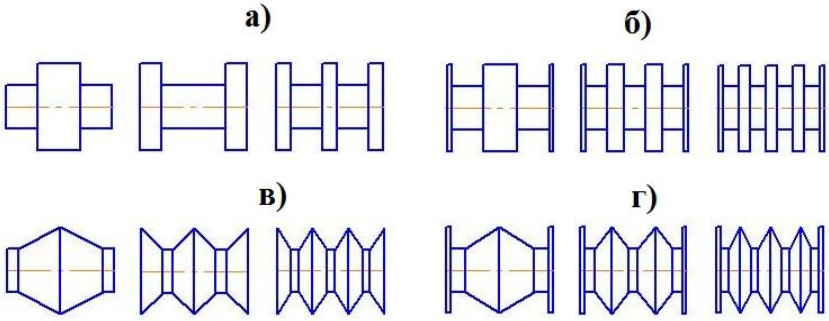


Рис. 6 – Вальці котка з профільною робочою поверхнею блокуючої дії на грунт: а) – циліндричною ступеневою формою без бічних тонких циліндричних дисків; б) – циліндричною ступеневою формою з бічними тонкими циліндричними дисками; в) – конічно-циліндричною робочою поверхнею без бічних тонких циліндричних дисків; г) - конічно-циліндричною робочою поверхнею з бічними тонкими циліндричними дисками

Висновок. В результаті досліджень частково визначені раціональні параметри процесу енергоефективної взаємодії робочих органів бульдозерів і ґрунтоущільнювальних котків з грунтом при його копанні та укладанні у ґрунтову споруду автомобільних і залізничних доріг. Досліджена фізична модель неповоротного відвала бульдозера з ПНС має суттєві переваги порівняно з неповоротним відвалом бульдозера з традиційною НС за всіма основними дослідними параметрами. Запропоновані розробки принципових варіантів технічних рішень РО ГУМ для прискореного блокованого ущільнення ґрунту забезпечать досягнення очікуваного результату за рахунок прискорення процесу ущільнення ґрунту шляхом збільшення робочого напруження ґрунту під поверхнею РО за рахунок його блокування. Процес ущільнення ґрунту під блокуючою поверхнею РО ГУМ здійснюватиметься не тільки у вертикальному, але і у горизонтальному та похилому напрямку, що підвищить ефективність і якість ущільнення.

Література

1. Горбенко Ю.О. Дослідження процесу копання грунту бульдозерним неповоротним відвалом з просторовою ножовою системою / Горбенко Ю.О., Ракша С.В., Главацький К.Ц./ Розбудова і відновлення машинобудівного комплексу України – 2023: збірник тез міжнародної конференції. ХНАДУ. Харків: ХНАДУ, 2023 р. 203 с. С. 168-170.

2. Главацький К.Ц. Удосконалення параметрів ущільнюючих машин та технології ущільнення грунтів земляного полотна автомобільних доріг та залізниць / Главацький К.Ц./ Розбудова і відновлення машинобудівного комплексу України – 2023: збірник тез міжнародної конференції. ХНАДУ. Харків: ХНАДУ, 2023 р. 203 с. С. 166-167.

РОЗПОДІЛЕНА МОДУЛЬНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ РУХОМ МАГНІТОЛЕВІТАЦІЙНОГО ТРАНСПОРТУ

Голота О.О. – аспірант, *sashagolota3012@gmail.com*
Муха А.М. – д.т.н., проф., *mukha.andrii@gmail.com*
Устименко Д.В. – к.т.н., доцент., *ustimenko.1979@gmail.com*
Плаксін С.В. – *д.ф.-м.н., ст.н.с., svp@westa-inter.com*
Український державний університет науки і технологій,
Інститут транспортних систем та технологій НАН України,
Україна, м. Дніпро

DISTRIBUTED MODULAR SYSTEM FOR CONTROLLING THE MOVEMENT OF MAGNETIC LEVITATION TRANSPORT

Holota O.O. – Postgraduate student, *sashagolota3012@gmail.com*
Mukha A.M. – Doctor of Technical Sciences, Professor., *mukha.andrii@gmail.com*
Ustymenko D.V. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, *ustimenko.1979@gmail.com*
Plaksin S.V. – *Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher., svp@westa-inter.com*
Ukrainian State University of Science and Technologies,
Institute of Transport Systems and Technologies of the National Academy of Sciences of Ukraine,
Ukraine, Dnipro

Abstract*. The paper consider the prospects for the development of magnetic levitation transport (maglev) with an emphasis on improving control systems. The feasibility of using distributed modular control systems that increase speed, stability and safety of movement is substantiated. Modern trends are considered, including the introduction of artificial intelligence technologies, wireless communications (5G, IoT) and renewable energy sources. The proposed architecture of the distributed system provides for unified modules that can adapt to changing operating conditions. The main components of the experimental setup for studying transient processes and the operation of maglev control algorithms are determined.*
Keywords*: magnetic levitation transport, control system, adaptive control, wireless technologies, energy efficiency*

Актуальність дослідження полягає в тому, що магнітолевітаційний траспорт (маглев) є перспективним видом високошвидкісного транспорту завдяки відсутності механічних втрат, а саме тертя між елементами транспортного засобу та поверхнею дороги. Однак розвиток таких систем є складним викликом через необхідність постійного вдосконалення та впровадження інженерних рішень, що будуть відповідати сучасному стану розвитку транспортної галузі високошвидкісних перевезень. Окремим питанням є вдосконалення підходу до побудови системи керування маглевом для забезпечення необхідної швидкості, стабільності та безпеки руху.

Актуальним напрямком в цій темі є розробка уніфікованих модульних систем, що здатні забезпечити керування великими ділянками шляхової системи розподіливши їх на окремі секції, що керуються відповідно до заданих алгоритмів керування.

Метою роботи є аналіз наявних тенденцій в сучасних системах управління та обґрунтування доцільності застосування розподіленої модульної системи керування рухом магнітолевітаційного транспорту.

Аналіз наявних тенденцій в сучасних системах управління

Розвиток технологій та інновації вимагають постійної адаптації та модернізації транспортних систем до вимог, що ставлять наявні тенденції для систем керування: підвищення швидкості реагування систем, коригування похибок в роботі та можливість адаптивної роботи від зовнішніх змінних параметрів, стабільність, енергоефективність та надійність транспорту.

Сучасні технології штучного інтелекту (ШІ) та нейронних мереж дозволяють більш ефективніше працювати з великими обсягами інформації про поточний стан роботи системи та дозволяють виконувати прогнозування та корегування необхідних даних. Використання методів управління ШІ здатні вирішувати проблеми нелінійності систем левітації [1].

Окремим напрямком в дослідженнях та розробці маглнітолевітаційного транспорту є використання безпровідних комунікацій та відновлювальних джерел енергії, що дозволяє суттєво розширити функціональні можливості та особливості цього виду транспорту.

Технології ШІ можливо використовувати в якості деяких складових системи управління маглева, а саме для оптимізації керування швидкістю та витрат енергії. Цей варіант може передбачати що на основі бібліотек даних та зовнішніх сенсорів буде наявне регулювання швидкості залежно від погодним умовам, завантаженості транспортного засобу. Адаптивне керування може підвищити стабільність транспорту та покращити енергоефективність.

Для моніторингу та комунікації між підсистемами керування рухом можливе використання безпровідних технологій (5G, IoT) [2]. Особливість цих технологій дозволяє отримувати дані з низькою затримкою та дає можливість забезпечити високу пропуску здатність, що критично важливо для систем, де необхідна швидка реакція на зміни умов.

В системи транспортних засобів також необхідна інтеграція екологічних технологій та відновлюваної енергії [3,4].

Виходячи з цих складових можна створити розподілену систему керування рухом маглева, яка б складалась з наявних тенденцій, які б доповнювали наявні елементи керування.

Архітектура розподіленої системи керування рухом маглева

Технологія електродинамічної магнітної левітації є ідеальним рішенням для досягнення кращої продуктивності складових системи керуванням рухом (позиціонування, левітації, розгін, гальмування) [5].

Система керування рухом може бути побудована за певними алгоритмами керування (підйом, тяга, стабілізація). Алгоритм роботи тяги полягає в досягенні тих значень напруги та струму, що дасть команду роботи системі левітації та рухомий склад підніметься на визначену відстань. Наступним алгоритмом є стабілізація, що буде виконуватись в певний проміжок часу для відслідковування та корегування відхилень, при їх наявності під час роботи. Процес реалізації тяги може складатись з трьох етапів, які чергуються між собою: розгін, сталий рух, гальмування. Кожен з цих алгоритмів, які закладені в систему керування є уніфікованим для кожного окремого модуля та має можливість оперативної заміни або оновлення, що забезпечить масштабованість та адаптивність системи до різних експлуатаційних умов.

Модульна система передбачає розробку та експлуатацію типових уніфікованих модулів. Кожен модуль може мати свій період роботи, в залежності від необхідного алгоритму. Декілька модулів об’єднуються в секцію, розмір якої повинен відповідати розміру полюсної поділки та забезпечувати перекриття магнітних полів шляхової структури та магнітів, що встановлені на борту рухомого складу маглева.

Архітектура розподіленої системи керування рухом магнітолевітаційного транспорту може бути вдосконалена, враховуючи підхід, запропонований в [6]. Основна ідея полягає у створенні енергоефективної та екологічної системи маглеву, яка орієнтується на інтеграцію сучасних технологій. Забезпечити роботу алгоритмів керування можливо за допомогою мікроконтролерів, датчиків та реле згідно необхідним характеристикам дослідної установки. Мікроконтролери можуть використовуються для обробки даних і динамічного регулювання параметрів системи, таких як швидкість та висота левітації, а також бути об’єднані в одну мережу збору даних та управління, таких як Arduino IDE, PlatformIO, Node-RED, Simulink [7].

Дослідна установка (рис. 1) розподіленої системи керування може складатись з певних елементів, таких як платформа, модулі, котушки, опори, екіпаж (рухомих склад), магніти, а також електроніка, що буде забезпечувати роботу за необхідним алгоритмом керування.

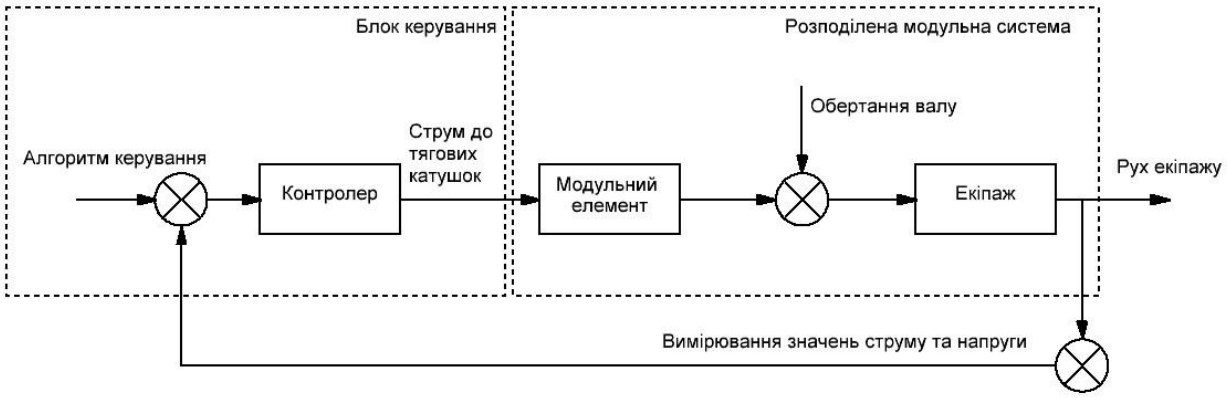


Рисунок 1 – Блок схема дослідної установки

Завдяки дослідній установці можливо визначити перехідні процеси в розподіленої модульної системи керування рухом маглева, а також дослідити роботу алгоритмів керування.

Висновок. В результаті проведеного аналізу можна стверджувати, що впровадження розподілених модульних систем керування маглевом є перспективним напрямком для підвищення динамічних характеристик управління та адаптивності транспортних систем. Використання технологій штучного інтелекту, безпровідних комунікацій та відновлюваної енергії значно розширює функціональні можливості маглеву. Наведена архітектура розподіленої системи керування маглевом може забезпечити уніфікацію й масштабованість систем, що сприятиме їхньому ефективному застосуванню у високошвидкісному транспорті. Розробка та створення експериментальної установки дозволить детально вивчити алгоритми керування й адаптувати їх для реальних умов експлуатації.

Література

1. Zhu, Q., Wang, S.-M., & Ni, Y.-Q. (2024). A Review of Levitation Control Methods for Low- and Medium-Speed Maglev Systems. *Buildings*, *14*(3), 837. https://doi.org/10.3390/buildings14030837

2. Zhang, W., Wei, W., Yang, Y., & Nan, N. (2018). An operation control strategy for the connected maglev trains based on vehicle-borne battery condition monitoring. *Wireless Communications and Mobile Computing*, *2018*, 1-10. https://doi.org/10.1155/2018/5698910

3. Dzenzerskiy, V. O., Gnilenko, A. B., Plaksin, S. V., Pogorelaya, L. M., & Shkil, Y. V. (2018). Perspective transport-power system based on the integration of maglev-technology and distributed photo-electric station. *Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*, (1(73)), 77-86. https://doi.org/10.15802/stp2018/123116

4. Fu, L., Chen, Y., Zhang, M., Chen, X., & Shen, B. (2024). Multifunctional superconducting magnetic energy compensation for the traction power system of high-speed maglevs. *Electronics*, *13*(5), 979. https://doi.org/10.3390/electronics13050979

5. Yaseen, M. H. A., & Abd, H. J. (2018). Modeling and control for a magnetic levitation system based on SIMLAB platform in real time. Results in Physics, 8, 153-159. https://doi.org/10.1016/j.rinp.2017.11.026

6. Qadir, Z., Munir, A., Ashfaq, T., Munawar, H. S., Khan, M. A., & Le, K. (2021). A prototype of an energy-efficient MAGLEV train: A step towards cleaner train transport. *Cleaner Engineering and Technology*, *4*, 100217. https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100217

7. Barber, R., Rosa, D. R., Flores-Caballero, A., & Garrido, S. (2023). Deployment of Model-Based-Design-Adaptive Controllers for Monitoring and Control Mechatronic Devices. *Applied Sciences*, *13*(22), 12432. https://doi.org/10.3390/app132212432

ПРИЧИНИ ВИНИКНЕННЯ ХВИЛЕПОДІБНОГО ЗНОСУ ПОВЕРХНІ КОЧЕННЯ РЕЙОК ТА МЕТОДИ ЙОГО УСУНЕННЯ

Гречун О.В. – магістрант, *grechun_ov@gsuite.duit.edu.ua*
Сорока О.О. – к.т.н., доцент, *soroka_oo@gsuite.duit.edu.ua*
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

CAUSES OF WAVY WEAR OF THE ROLLING SURFACE OF RAILS AND METHODS OF ITS ELIMINATION

Grechun O.V. – master's student, *grechun_ov@gsuite.duit.edu.ua*
Soroka O.O. – Ph. D., Associate Professor, *soroka_oo@gsuite.duit.edu.ua*
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *An analysis of studies on dynamic processes in the wheel-rail system was carried out. The main causes of the formation of wavy wear on the surface of the rail head are identified. The method of eliminating such wear by grinding is considered, and its advantages and disadvantages are determined. The directions of further research aimed at preventing the occurrence of wavy rail defects to ensure the required operational characteristics of the rail track are outlined.*
Keywords*: rail track, wheel-rail system, undulating wear, grinding, performance properties*

Актуальність дослідження. Рейки є найбільш відповідальним елементом залізничної колії, від стану яких залежить безперебійний і надійний рух поїздів [1]. У сучасних умовах експлуатації залізниць зі зростанням вантажонапруженості та швидкостей руху потреба в нових рейках з кожним роком тільки зростає, тому завдання продовження життєвого циклу рейок має величезне значення для колійного господарства залізничної галузі.

Метою роботи є проведення аналізу досліджень динамічних процесів у системі «колесо-рейка». Розгляд основних причин утворення хвилеподібного зносу на поверхні головки рейки та методу усунення такого зносу.

У процесі експлуатації залізничної рейкової колії на поверхні кочення головки рейок утворюються різні дефекти. Особливу увагу необхідно звернути на появу нерівномірного (хвилеподібного) зносу рейок, що має кілька різновидів: початкова хвилеподібна деформація головки (рис. 1-а), вона виникає тоді, коли в період експлуатації під впливом рухомого складу відбувається подальший розвиток первинних дефектів і утворення хвилеподібних нерівностей (рис. 1-б); зминання рейкової головки в стиках від динамічного впливу поїздів; місцеві нерівності у вигляді пробуксовок і пластичних деформацій рейкового металу. Зародження хвилеподібного зносу

рейок пов'язане з якістю металу (нерівномірність розподілу твердості металу за глибиною і довжиною головки, залишкові напруження) і технологією виготовлення рейок (утворення нерівностей на головці під час прокатки та холодного правлення рейок). Появі хвилеподібного зносу рейок сприяють, а в окремих випадках спричиняють підвищену інтенсивність його розвитку вертикальні динамічні сили та великі прискорення при русі, проковзування коліс вагонів (особливо на кривих ділянках колії), вібраційні явища на колії та рухомому складі, нерівнопружність підрейкової основи, відхилення положення рейкових ниток у плані та профілі. Через розвиток хвилеподібних нерівностей виникає динамічний вплив рухомого складу на колію, що призводить до збільшення інтенсивності накопичення залишкових деформацій у колії, а отже, і додаткових витрат праці на виправні роботи. Зі збільшенням глибини хвилеподібного зносу і зі зменшенням довжини хвилі (за постійної глибини зносу) прямо пропорційно зростає навантаження від колеса на рейку. Виникає необхідність попередження і зменшення розвитку хвилеподібного зносу.

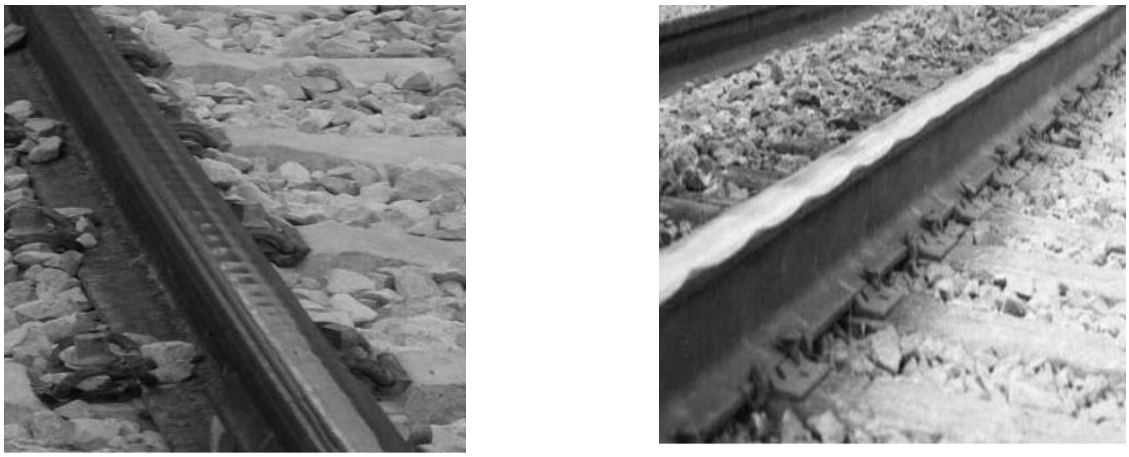


Рис. 1 – Хвилеподібний знос головки рейки:
а) початкова деформація *б) значний хвилеподібний знос*

Проблемі, пов'язаній з утворенням хвилеподібного зносу на поверхні кочення рейок і пошуку методів його усунення, присвячені роботи багатьох вітчизняних і закордонних учених [1, 3]. Для запобігання розвитку хвилеподібного зносу насамперед підвищують якість виготовлення рейок на рейкопрокатних заводах, а також якість ремонтів і поточного утримання колії, забезпечуючи її рівнопружність протягом усього періоду між ремонтами. Ефективність і якість ремонту рейкового полотна досягається своєчасним проведенням профільного або поверхневого шліфування рейок спеціальними шліфувальними машинами, рейкошліфувальними поїздами і дає змогу збільшити міжремонтні терміни. Аналіз науково-дослідних робіт, присвячених

різним аспектам теоретичного і практичного застосування технологій шліфування рейок, показав, що процес шліфування рейок в умовах залізничної колії має суттєві відмінності в процесі обробки, що впливає на якість отриманої поверхні кочення, від традиційної обробки шліфуванням на верстатах.

Процес шліфування поверхні кочення рейок враховує такі фактори: шліфування проводиться за рахунок силового замикання кінематичного кола «абразивний круг - оброблювана поверхня»; конструкція шліфувальної машини забезпечує постійну перпендикулярність осі обертання круга відносно поздовжньої осі рейки; умови різання кожного окремо працюючого круга значно різняться залежно від кута нахилу шліфувальної головки; робота абразивного інструменту тісно пов'язана зі змінами, що їх вносять до фізико-механічних властивостей рейок, які характеризують різні експлуатаційні властивості головки рейки; особливості шліфувальних кругів. Згадані особливості процесів шліфування призводять до різної продуктивності та зносу шліфувальних кругів, різної якості обробленої поверхні, що характеризує різні експлуатаційні властивості окремих ділянок головки рейки. Актуальною є проблема підвищення продуктивності та технологічності процесів шліфування, забезпечення заданої якості обробленої поверхні та необхідних фізико-механічних властивостей. Велике значення мають параметри технологічного процесу шліфувального оброблення з урахуванням складу та властивостей абразивного матеріалу, контролю параметрів і процесів з метою забезпечення заданих експлуатаційних властивостей рейок.

Висновок. Було систематизовано дані досліджень динамічних процесів у системі «колесо-рейка», визначення основних причин, що призводять до утворення хвилеподібних нерівностей і зносу на залізничних рейках. Розглянуто метод усунення хвилеподібного зносу - шліфуванням. Визначено напрямки подальших досліджень у сфері запобігання утворенню хвилеподібних дефектів рейок з урахуванням контролю параметрів і процесів у зоні контакту з метою забезпечення заданих експлуатаційних властивостей рейкового полотна.

Література

1. Даніленко Е.І. Залізнична колія. Улаштування, проектування і розрахунки, взаємодія з рухомим складом: підручник для вищих навчальних закладів (у 2-х томах). Київ: Інпрес, 2010. Т. 1. 528 с.

2. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України (ЦП-0269). Нормативно-технічне видання / Даніленко Е.І., Курган М.Б., Карпов М.І., Яковлев В.О. та ін. К.: Укрзалізниця, 2012. 456 с.

3. Grassie, S. L. Kalousek, J. Rail corrugation: characteristics, causes and treatments. Proc. IMechE, Part F: J. Rail and Rapid Transit, 1993, 207F, P.57-68.

ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕСІВНИХ КОНСТРУКЦІЙ ЕЛЕКТРОВОЗІВ ВЛ80К З МЕТОЮ ПОДАЛЬШОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Грибовський В. А. – магістрант, grubovskuy_va@gsuite.duit.edu.ua
Прокопенко П. М. – доктор філософії, prokopenko_pm@gsuite.duit.edu.ua
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

RESEARCH OF THE STRENGTH CHARACTERISTICS OF VL80K ELECTRIC LOCOMOTIVE BEARING STRUCTURES FOR FURTHER OPERATION

Hrybovskyi V. A. – master's student, grubovskuy_va@gsuite.duit.edu.ua
Prokopenko P. M. – PhD, prokopenko_pm@gsuite.duit.edu.ua
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The research analyzes the strength characteristics of VL80k electric locomotives' bearing structures to determine the feasibility of their safe further operation beyond the assigned service life. Statistical data and stress tests were used to identify weak points in structural elements. Recommendations are made regarding modifications and the conditions of further exploitation.*
Keywords: *electric locomotives, strength analysis, structural integrity, safety extension, VL80k, bearing capacity, fatigue durability.*

На сьогоднішній день електровози ВЛ80к залишаються ключовими транспортними засобами залізничного парку України, забезпечуючи безперервний рух вантажів та пасажирів на далекі відстані. Проте багато з цих локомотивів наближаються до кінця свого нормативного терміну служби, що вимагає значних капіталовкладень для їх заміни. Економічно обґрунтованим рішенням є продовження експлуатації цих електровозів за рахунок оцінки міцності їхніх несівних конструкцій і можливого їх посилення, що дозволить знизити витрати на новий рухомий склад [1].

Основною метою цього дослідження є аналіз надійності несівних конструкцій електровозів ВЛ80к, виявлення потенційних слабких місць та розробка рекомендацій для продовження їхньої експлуатації.

Для досягнення мети проведено всебічний аналіз статистики пошкоджуваності, результати якого дозволяють визначити основні дефекти, що виникають у процесі експлуатації. Зокрема, найбільш характерними для електровозів ВЛ80к є втомні тріщини, корозійні ураження та механічні деформації в місцях підвищеного навантаження. На основі статистичних даних

за останні кілька років встановлено, що найуразливішими є елементи рами та підвісок, що зумовлено інтенсивною вібрацією та динамічними навантаженнями. Проведені випробування підтвердили, що деякі конструкційні елементи вже не відповідають початковим параметрам міцності [2].

Для точного оцінювання міцності несівних конструкцій застосовано методи скінченних елементів, що дозволяють моделювати поведінку конструкцій під впливом статичних і динамічних навантажень. Зокрема, розрахунки були проведені для рами та несівних елементів кузова. На рисунках 1 – 4 зображено розрахункову модель рами електровоза, де позначені зони підвищених напружень.

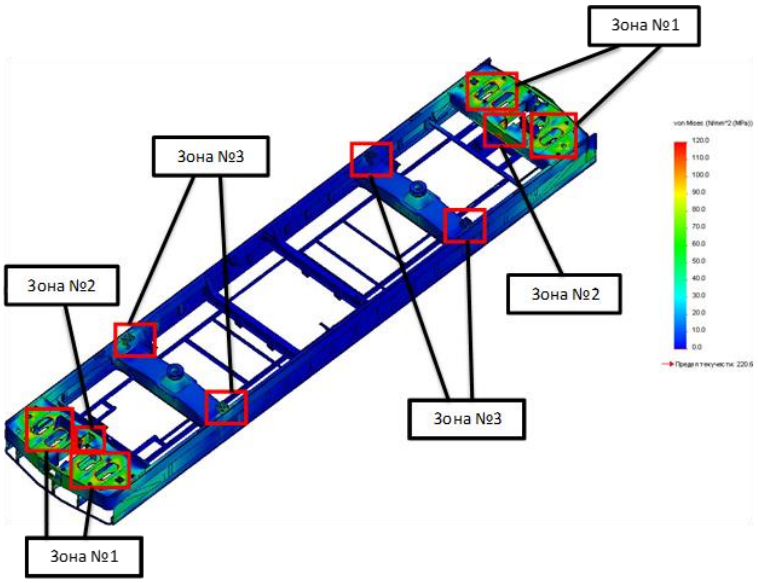


Рисунок 1 - Найбільш напружені зони рами кузова електровоза за режимом $I_{стискання}$

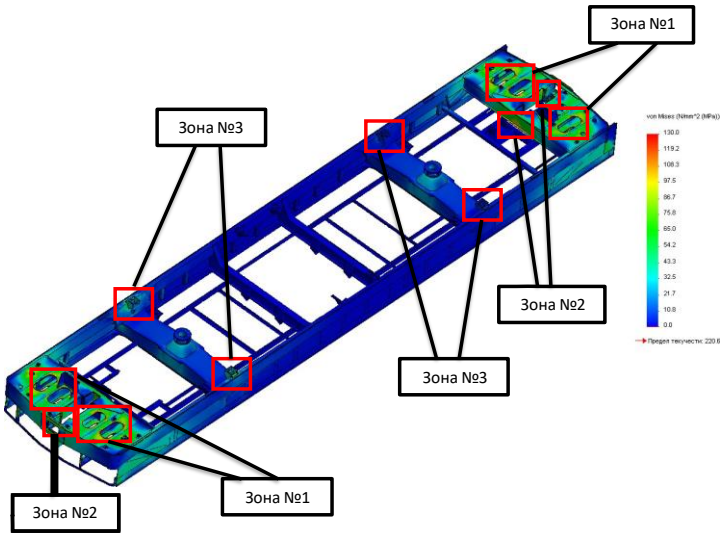


Рисунок 2 – Найбільш напружені зони рами кузова за режимом $I_{розтягнення}$

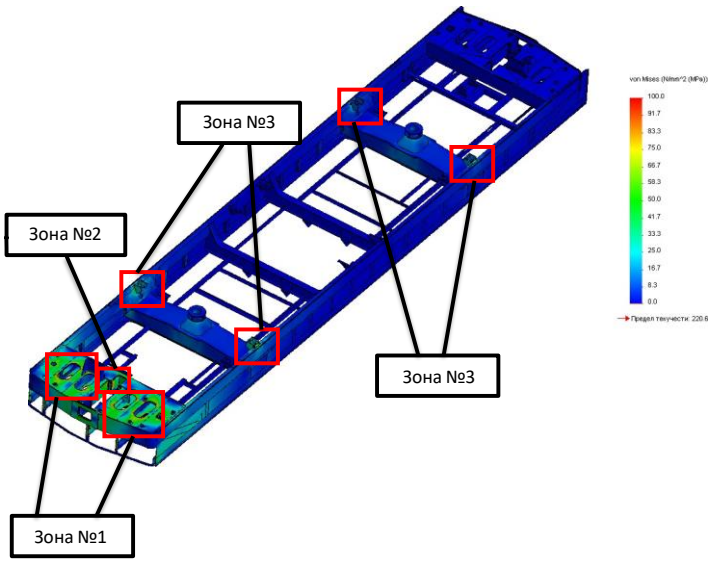


Рисунок 3 – Найбільш напружені зони рами кузова за режимом $II_{стискання}$

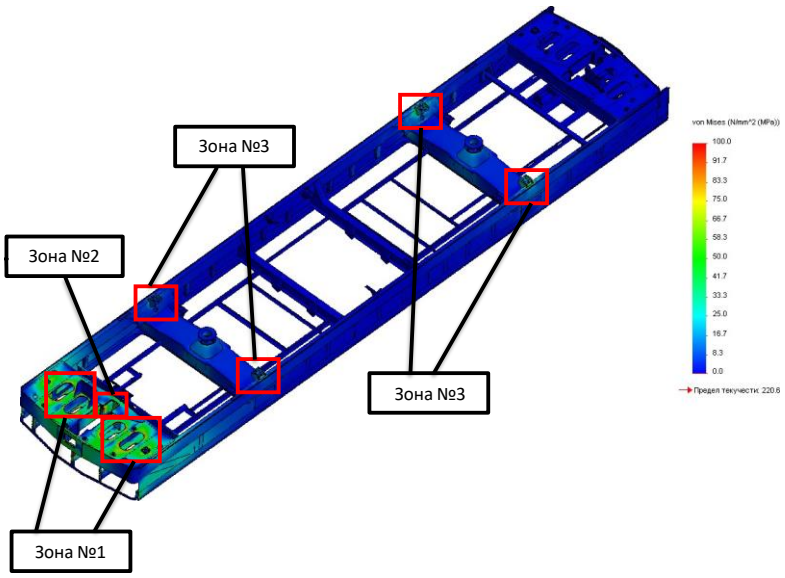


Рисунок 4 – Найбільш напружені зони рами за режимом $II_{розтягнення}$

Результати розрахунків показали, що максимальні значення напружень спостерігаються в радіусних ділянках технологічних отворів нижніх листів буферних брусів (зона №1), в елементах жорсткості упорів коробки автозчепу (зона №2), в ребрах жорсткості опор кузова (зона №3).

На основі проведених досліджень рекомендовано здійснювати регулярний моніторинг стану критичних елементів із застосуванням сучасних діагностичних методів. Рекомендується обмеження навантаження та швидкості руху для зниження динамічних впливів. Подальші експлуатаційні обмеження включають контроль за вагою вантажу, що перевозиться, а також дотримання нормативів швидкості. Це дозволить зменшити навантаження на несівні елементи та продовжити їхню працездатність [3].

Під час проведення ремонтних та діагностичних робіт працівники повинні дотримуватися норм техніки безпеки, використовувати засоби індивідуального захисту. Особливу увагу слід приділяти зварювальним роботам, підйому важких конструкцій та запобіжним заходам під час виконання цих процесів, щоб уникнути травматизму.

Для оцінки економічної доцільності продовження експлуатації проведено розрахунок вартості капітального ремонту, модернізації, регулярного технічного обслуговування та експлуатаційних витрат на 5 років. Загальні витрати на подовження служби одного електровоза становлять приблизно 7 млн грн, тоді як вартість нового електровоза — близько 30 млн грн, що дозволяє досягти економії в розмірі 23 млн грн на один електровоз. Економічний ефект на рік становить приблизно 4,6 млн грн [4].

Висновок. Проведене дослідження міцності несівних конструкцій електровозів ВЛ80к дало змогу глибше зрозуміти основні чинники, що впливають на їхню працездатність та довговічність. Виявлено, що основні слабкі місця конструкції мають підвищений ризик появи втомних пошкоджень, корозії та механічних деформацій. Це пов'язано з тривалим впливом динамічних і статичних навантажень, зокрема під час перевезення великих вантажів та експлуатації в умовах високої вібрації. За допомогою методів моделювання скінченних елементів підтверджено, що ці зони перебувають у граничному стані, що підвищує ймовірність виникнення структурних проблем при подальшій експлуатації.

Враховуючи технічні та експлуатаційні особливості електровозів, рекомендовано впровадити низку заходів для продовження терміну їх служби. До них відносяться: регулярний моніторинг стану несівних конструкцій за допомогою діагностичних методів, використання технологій, що дозволяють вчасно виявляти та запобігати виникненню втомних тріщин, а також проведення капітальних ремонтів та посилення найбільш навантажених елементів. Важливо також обмежити швидкість руху та вагу вантажу для зменшення навантаження на конструкції. Застосування таких заходів дозволить підвищити надійність роботи електровозів, зменшити ймовірність аварійних ситуацій та забезпечити безпеку перевезень.

З економічної точки зору, продовження експлуатації електровозів ВЛ80к є виправданим і вигідним заходом. Враховуючи високі витрати на закупівлю нових локомотивів, модернізація та регулярне технічне обслуговування чинного парку забезпечують суттєву економію.

Отже, подовження експлуатації електровозів ВЛ80к за умови впровадження модернізаційних і технічних заходів є обґрунтованим рішенням як з технічної, так і з економічної точки зору. Застосування запропонованих

методів дозволить продовжити життєвий цикл електровозів, підвищити їхню надійність і безпеку, а також забезпечити стабільність залізничного сполучення. Впровадження цих заходів є важливим кроком для зниження витрат на транспортну інфраструктуру та підвищення ефективності залізничного транспорту, що, у свою чергу, сприятиме розвитку економіки країни.

Література

1. Куций В.М. Діагностика електромеханічних систем залізничного транспорту / В.М. Куций. Вінниця: НТУ, 2015. 209 с.

2. Національна бібліотека України імені В.І. Вернадського [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. Електронні дані. Київ: НБУВ, 2015. Режим доступу: www.nbuv.gov.ua (дата звернення 28.10.2024) Назва з екрана.

3. Golub S., Ivanov A. Model of pulsating current traction drive // Electrical Engineering and Electromechanics, 2016. (1), pp. 20-23.

4. Петрова А.С. Оцінка експлуатаційних витрат локомотивного парку / А.С. Петрова. Київ, 2017. (3), с. 9-14.

ІННОВАЦІЇ У СФЕРІ БЕЗПЕКИ МОРСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Демир Л.Ф. **–** бакалаврант, lubovdemir539@gmail.com
Михайлова Ю.В. **–** к.е.н., доц., yuliya.mikhailova@i.ua
Одеський національний морський університет
Україна, м. Одеса

INNOVATIONS IN THE SECURITY OF SEA PASSENGER TRANSPORTATION

Demyr L.F. **–** bachelor's student, lubovdemir539@gmail.com
Mykhailova Iu.V. **–** Doctor of Economics, Assoc., yuliya.mikhailova@i.ua
Odessa National Maritime University
Ukraine, Odesa

Abstract. *The safety of passenger ships is not only a legal obligation, but also a moral responsibility that ensures the protection of life, the stability of the maritime industry and the protection of the environment. The introduction of the latest technologies helps the industry meet modern standards and prepare for future challenges, making it sustainable and attractive to customers and society in general. As a result of the analysis, we can summarize: firstly, modern passenger liners are equipped with high-tech equipment that allows to ensure a high level of passenger safety. Stabilization systems, lifeboats, fire safety - all this works to ensure a comfortable and safe journey. Secondly, the human factor plays an important role. Professional and well-trained crew, regular training and briefings for passengers - all this is an integral part of the security system.*

Актуальність дослідження зумовлена тим, що безпека пасажирських суден - це не лише юридичний обов’язок, але й моральна відповідальність, яка забезпечує захист життя, стабільність роботи морської галузі та охорону навколишнього середовища.

Пасажирські судна оснащені всім необхідним для зручності пасажирів і безпеки, включаючи багатомовний персонал та передові технології.

Отже, інновації у пасажирському судноплавстві є актуальними через зростаючі вимоги до безпеки, комфорту, екологічної стійкості та конкурентоспроможності. Впровадження новітніх технологій допомагає галузі відповідати сучасним стандартам та готуватися до майбутніх викликів, що робить її стійкою та привабливою для клієнтів і суспільства загалом.

Метою роботи є проведення аналізу інноваційних процесів в сфері безпеки морських пасажирських перевезень.

Безпека на пасажирських суднах є пріоритетним аспектом морської індустрії, оскільки вона забезпечує захист життя пасажирів і екіпажу та

мінімізує ризики, пов’язані з надзвичайними ситуаціями. Її важливість проявляється в кількох основних аспектах:

1. Захист людського життя. Основна мета безпеки на суднах — захист життя пасажирів і членів екіпажу. Під час надзвичайних ситуацій, таких як пожежа, зіткнення чи затоплення, безпека судна визначає швидкість і ефективність рятувальних операцій, а також шанси на виживання людей.

2. Запобігання аваріям та інцидентам. Сучасні системи безпеки, такі як датчики руху, системи моніторингу та автоматизовані аварійні сповіщення, дозволяють виявляти потенційні загрози на ранніх стадіях, що допомагає запобігти аваріям або значно зменшити їх наслідки.

3. Підвищення довіри пасажирів. Пасажири обирають перевізника на основі репутації та впевненості у їхній безпеці. Сучасні стандарти безпеки, інновації та прозорість у сфері безпеки підвищують довіру пасажирів, що є важливим аспектом для круїзних компаній та перевізників.

4. Дотримання міжнародних стандартів. Дотримання міжнародних стандартів, таких як Конвенція SOLAS (Safety of Life at Sea), є обов’язковим для судноплавних компаній. Виконання цих вимог запобігає юридичним наслідкам, дозволяє уникнути штрафів та гарантує, що судна відповідають загальновизнаним стандартам безпеки.

5. Мінімізація економічних збитків. Аварії на суднах не тільки загрожують життю людей, але й призводять до значних фінансових втрат для судновласників і круїзних компаній. Витрати на відновлення судна, компенсації пасажирам і втрати репутації є набагато вищими, ніж інвестиції в ефективні системи безпеки.

6. Збереження довкілля. Безпека пасажирських суден також важлива для запобігання екологічним катастрофам, які можуть виникнути внаслідок аварій. Це включає уникнення розливу палива чи інших шкідливих матеріалів у разі аварії, що особливо важливо в умовах захисту світових океанів та морської екосистеми.

7. Ефективне реагування на надзвичайні ситуації. Забезпечення безпеки на суднах включає навчання екіпажу, регулярні тренування та використання новітніх технологій, таких як VR-тренажери. Це забезпечує швидку та ефективну евакуацію пасажирів у разі небезпеки та сприяє зменшенню втрат.

На пасажирських суднах дотримуються суворих заходів безпеки. По-перше, заборону на небезпечні предмети, по-друге, дотримання правил поведінки (пасажири повинні виконувати розпорядження екіпажу, дотримуватись розпорядку та уникати небезпечних дій), по-третє, навчальна тривога - обов’язковий інструктаж перед виходом у море, де пасажири вчаться користуватися рятувальними жилетами та слідувати інструкціям екіпажу.

Серед можливих загроз на круїзах - пожежі та випадки зіштовхування з мілиною. Однак такі інциденти трапляються рідко завдяки постійним перевіркам та суворому контролю з боку берегових охоронних служб. Всі круїзні лайнери відповідають міжнародним нормам SOLAS (Конвенція з охорони людського життя на морі), що охоплюють пожежну безпеку, навігацію та процедури евакуації.

Пасажирські лайнери відповідають суворим стандартам безпеки, що робить їх одним із найбезпечніших видів транспорту. Пасажирам важливо дотримуватися інструкцій екіпажу, залишатися обізнаними щодо правил безпеки та інструктажів, щоб подорож була максимально приємною та безпечною.

Проведений аналіз системи безпеки на пасажирських лайнерах дозволяє зробити кілька важливих висновків.

Сьогодні інновації у сфері безпеки пасажирських перевезень на суднах активно впроваджуються для підвищення комфорту, захисту та зменшення ризиків для пасажирів. Основні напрямки таких інновацій включають:

1. Системи моніторингу в реальному часі. Сучасні судна оснащені датчиками та камерами, які дозволяють екіпажу спостерігати за всіма зонами судна, включаючи машинне відділення, каюти пасажирів і палуби. Ці системи можуть виявляти аномалії, такі як перегрівання або виявлення диму, що дозволяє екіпажу оперативно реагувати на можливі загрози [3].

2. Автономні рятувальні засоби. Інновації включають автономні рятувальні катери та плоти, які можуть автоматично приводитися в дію та пересуватися до пасажирів. Сучасні рятувальні засоби обладнані GPS-маячками, світловими та звуковими сигналами, що полегшує їх виявлення та рятування у складних умовах [7].

3. Цифрові рятувальні інструкції та тренажери VR. На деяких сучасних круїзних суднах пасажири мають доступ до цифрових інструкцій з безпеки, а також до віртуальних тренажерів (VR), які дозволяють попрактикуватися в евакуації та використанні рятувальних засобів у реалістичних симуляціях [3].

4. Інтелектуальні датчики руху та стану здоров’я. Датчики та носимі пристрої, які реєструють стан здоров’я пасажирів (артеріальний тиск, серцевий ритм), та GPS-трекери для стеження за їх місцезнаходженням, допомагають екіпажу швидко реагувати на медичні надзвичайні ситуації[2] .

5. Системи кібербезпеки. Цифрові системи суден усе більше піддаються кіберризикам, тому новітні технології передбачають потужні засоби захисту даних, шифрування інформації та виявлення кібератак, що може запобігти можливому втручанню в навігаційні та інші системи судна [1].

6. Поліпшені системи протипожежного захисту. Інноваційні технології виявлення та гасіння пожеж (таких як водяний туман, порошкові системи або інертні гази) допомагають швидше реагувати на виникнення загорянь та ізолювати вогонь для зменшення пошкоджень і ризиків для пасажирів.

Завдяки впровадженню цих інновацій у сфері безпеки на суднах, перевезення стають більш безпечними та комфортними для пасажирів, а також дозволяють екіпажу краще підготуватися до надзвичайних ситуацій.

Висновок. В результаті проведеного аналізу, можна підвести підсумки: по-перше, сучасні пасажирські лайнери оснащені високотехнологічним обладнанням, яке дозволяє забезпечити високий рівень безпеки пасажирів. Системи стабілізації, рятувальні шлюпки, пожежна безпека – все це працює на забезпечення комфортної та безпечної подорожі. По-друге, важливу роль відіграє людський фактор. Професійний та добре підготовлений екіпаж, регулярні навчання та інструктажі для пасажирів – все це є невід'ємною частиною системи безпеки.

Однак, незважаючи на всі вжиті заходи, ризики завжди існують. Пожежі, аварії, природні катаклізми – все це може стати причиною надзвичайних ситуацій на борту. Тому важливо, щоб як пасажири, так і екіпаж були готові до будь-яких непередбачених обставин.

Література

1. International Maritime Organization (IMO). “Safety of Life at Sea (SOLAS)”. International Maritime Organization. Офіційний вебсайт: https://www.imo.org

2. Cruise Lines International Association (CLIA). “Cruise Industry Safety Regulations”. Cruise Lines International Association.

3. Ткаченко, О. В. “Інновації в забезпеченні безпеки на пасажирських суднах”. Науковий журнал Морського інституту України, 2020.

4. Lloyd’s Register. “Maritime Safety and Security Technologies”. Lloyd’s Register, 2021.

5. Marine Insight. “Top Maritime Safety Technologies for Cruise Ships”. Marine Insight, 2022. Офіційний вебсайт: https://www.marineinsight.com

6. Wartsila. “Smart Safety Solutions for Modern Ships”. Wartsila Marine, 2021.

7. Шафранюк, А. П. “Тенденції розвитку безпеки пасажирських перевезень на морському транспорті”. Вісник транспортної безпеки, 2021.

ФУНКЦІОНАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ З ЕПФ ЯК ДЕМПФУЮЧІ ЕЛЕМЕНТИ В ЗАЛІЗНИЧНІЙ ІНФРАКСТРУКТУРІ

Демченко Л.Д. **–** к.т.н., доцент**,**
Тітенко О.А. **–** магістрант, *olexiytitenko@gmail.com*
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»
Україна, м. Київ
Муравйов В.М. **–** к.ф.-м.н, доцент, *muravyov_vm@gsuite.duit.edu.ua*
Державний університет інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ
Тітенко А.М. – к.ф.-м.н., снс, *titenko@imag.kiev.ua*
Інститут магнетизму, НАН та МОН України
Україна, м. Київ

FUNCTIONAL MATERIALS WITH SME AS DAMPING ELEMENTS IN THE RAILWAY INFRASTRUCTURE

Demchenko L. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor
Titenko O. **–** master's student, *olexiytitenko@gmail.com*
National Technical University of Ukraine
"Kyiv Polytechnic Institute"
Ukraine, Kyiv
Muravyov V. **–** Candidate of Science (Phys.-Math.), Associate Professor,
muravyov_vm@gsuite.duit.edu.ua
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv
Titenko A. **–** Candidate of Science (Phys.-Math.), Senior Research Associate
titenko@imag.kiev.ua
Institute of Magnetism, NAS and MES of Ukraine
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The paper presents the results of a systematic analysis of the possibilities of using shape memory alloys as autonomous functional elements in railway infrastructure due to their unique physical and mechanical properties. A model of the deformation behaviour of shape memory alloys under variable load-temperature cycles is proposed. Shape memory alloys based on the CuAlMn compound have practical potential for use as active damping elements for damping mechanical and acoustic vibrations in railway transport.*
Keywords: *deformation, railway infrastructure, shape memory alloys, vibration*

Вступ. Постійний пошук та потужний попит на інноваційні технології та матеріали обумовлений сталою тенденцією до поєднання в нових функціональних матеріалах більш високих показників та реалізацією в них різноманітних функцій. Щодо забезпечення надійної і сталої роботи в різноманітних експлуатаційних умовах. Відомі інтелектуальні матеріали, до яких відносяться сплави з ефектом пам’яті форми (СПФ), з функціональними

властивостями та елементами «інтелектуальності», smart materials, із зворотною фазовою структурою. Робота яких базується на ефектах: пам’яті форми (ЕПФ), надпружності, пластичності перетворення, високої демпфуючій здатності, генерації реактивних напружень і т.і. Завдяки таким особливостям СПФ займають одне з провідних місць у ієрархії матеріалів, які найбільш досліджуються, різноманітно використовують їх незвичайні функціональні властивості, переважно механічні, за різними призначеннями. Підвищена зацікавленість до сплавів з СПФ обумовлена можливостями створення техніки новітнього покоління в аерокосмічному та транспортному комплексах, в приладо - і машинобудуванні, електроніці, біомедицині т.і. [1].

В свою чергу поширюється впровадження СПФ та до залізничної інфраструктури. Одним із прикладів застосування СПФ в залізничному транспорті є використання їх в якості комбінованого контактора залізничної електромережі (railway collector) [2]. Це передусім надає більшу стабільність контакту сили між колектором і контактним проводом для збільшення демпфування колектора пантографа.

До переваг силових приводів із СПФ варто віднести наступні: високу діючу силу; 2) великі відновлювальні деформації; 3) деформування різними видами (розтяг, стискання, згин та кручення); 4) велику питому величину роботи в розрахунок на одиницю маси.

Сучасний аналіз можливостей функціональних матеріалів на основі СПФ, як виконавчих елементів циклічної дії, засобів автоматизації, свідчить про їх значний потенціал та перспективи використання. Області застосування термосилових пристроїв на основі СПФ набули впровадження в системах електричного управління охоплюють: термочутливі прилади (засоби сигналізації, вимірювання, контролю та регулювання параметрів робочих середовищ, захисно-запобіжні пристрої); автоматичнодіючі та дистанційнокеровані приводи малогабаритних виконавчих пристроїв (реле, дозатори, імпульсні клапани, регулятори, розподілювачі, запірна, регулююча та перемикаюча арматура); конструктивні елементи механізмів, трубопроводів, електричних мереж (компенсатори, віброізолятори, термомеханічні з'єднання).

Найбільш перспективним стають ФСПФ (феромагнітні сплави з пам’яттю форми) в пристроях, елементи яких об'єднують термочутливі та силові функції, забезпечуючи при цьому можливість варіювання швидкостями спрацювання в широких межах без зміни навантажувальної здатності, покращення масо-габаритних показників та спрощення конструкцій, можливість дистанційного управління [1,2].

Таким чином, СПФ мають великий практичний потенціал до застосування в елементах демпфування для гасіння шкідливих коливань в залізничній інфраструктурі.

Метою роботи є встановлення основних принципів функціонування сплавів з пам’яттю форми в якості основних активних виконавчих елементів для демпфування механічних та акустичних вібрацій в транспортній інфраструктурі з можливостями практичної реалізації.

Для запобігання та боротьби з вібраціями та шумами на рейковому транспорті пропонується використовувати функціональні елементи на основі демпфуючих властивостей СПФ. Пріоритет в цьому напрямку надається сплавам СПФ на основі CuAlMn [3].

Активні демпфуючі елементи являтимуть собою переважно форму вкладишів-пластинок, які розміщуватимуться в міжрейковому просторі. При русі залізничних вагонів на рейки створюється відповідний тиск та додатковий тиск, пов'язаний з нерівномірністю висот сусідніх рельсів. Для запобігання механічним та акустичним вібраціям під дією навантажувальних тисків матеріал вкладишу із СПФ буде зазнавати фазового структурного перетворення із вихідної аустенітної фази в кінцеву мартенситну. За рахунок дисипації механічної енергії, що витрачається на навантаження матеріалу сплаву і з поступовим переходом його в надпружну область з величиною до 10% деформації, вся енергія буде трансформуватися в теплову. За додаткових умов при індукуванні еластокалоричного ефекту, що має місце при високих швидкостях навантаження за умовами оберненої трансформації структури СПФ, можна створювати відповідні перетворювачі-сигналізатори зміни стану при відповідній зміні температури в результаті мартенситного перетворення під навантаженням.

При знятті навантаження на матеріал СПФ відбуватиметься відновлення вихідної форми. Пріоритет у виборі матеріалу СПФ буде надаватися сплавам із зворотними деформаціями до 10% та широким механічним гістерезисом, наприклад Cu-Al-Mn [3]. Сплави Cu-Al-Mn мають достатньо високі механічні показники в широких інтервалах прояву зворотних деформаційних ефектів. До недоліків можна віднести: мала пластичність і оброблюваність полікристалічних сплавів з великим зерном, що обумовлено високою пружною анізотропією $A=C_{44}/C'$~12-13, відносно пружноізотропних сплавів NiTi з A~1-2 [1]. Зазначені недоліки вдається позбутися завдяки впровадженню методик швидкого гартування або інтенсивної пластичної деформації до утворенню стовпчастої або нанокристалічної структури цих сплавів (див. [4]). В інших варіантах виконання форма виробів із СПФ може набувати ефективної

конфігурації за рахунок надання їй гофрованості з градієнтним чергування структури.

Ще більш високі показники механічних и функціональних характеристик досягаються в об’ємних наноструктурованих композиціях Ni-Ti: зворотної деформації 9-15%, і реалізації 100% ЭПФ в вузькому температурному інтервалі [1,3]. В порівнянні з NiTi сплави Cu-Al-Mn мають більш широкий інтервал прояву зворотних ефектів при значно дешевшій вартості.

Модулювання гасіння вібрацій на рейковому транспорті за допомогою демпфуючих елементів на основі пружин з СПФ було зроблено в роботі [5]. В цій роботі розроблено та визначено фактори впливу на конфігурацію елементів на основі гібридного композиційного матеріалу зі сплаву (SMA).

Запропоновано модельну діаграму деформування СПФ при змінних термо - силових режимах випробовування. Основними кривими процесу виступають криві 1 (позначені точками 0-6) та 2 (4-7), з яких по 1-й протікають пружні деформації вихідної фази за певної температури, а по 2-й розвантаження індукованої мартенситної фази. При навантаженні в т.1 відбувається відхилення від прямої 1, що відображається горизонтальним плато, яке пов’язане з структурною перебудовою матеріалу вихідної фази, після чого вже в т.3 пружно деформується саме мартенситна фаза з меншими пружними константами. Навантаження до т.1 супроводжується розвантаженням по цій самій кривій 1, а розвантаження по кривій 2, після чого відбувається повне відновлення деформації 4-5 за рахунок зворотного фазового перетворення, про що свідчить ще одне плато з меншим напруженням. Основними вимогами до кривих 1 та 2 є те, що вони мають бути безгістерезисними. В разі підвищення робочої температури процесу у відповідності з рівнянням Клаузеуса-Клайперона (2) діаграма деформування лінійно зміщується в сторону більш високих напружень σ.

Аналогічно до демпфуючих можливостей вкладишів можна за таким самим принципом застосовувати СПФ до демпфуючих елементів автосцепок, які потребують значних переміщень робочого елемента. В якості демпфуючих елементів в автосцепках використовують, як правило, конструкції різноманітних пружин. Однак, в деяких випадках, їх використання обмежується через їх нестабільну роботу при циклічних режимах термо - механічних навантажень. В умовах високих тисків і температур, виникає необхідність використовувати занадто масивні пружини, що підвищує інерційність системи та погіршує точність регулювання діапазону робочого тиску, що значно збільшує габарити конструкції з урахуванням відведення від них тепла. На заміну пружинним механізмам приходять термосилові конструкції на основі СПФ, які забезпечують надійне контактне з'єднання та циклічність.

Робочі елементи СПФ являють собою твердотільні прямі перетворювачі теплової чи електричної енергії в механічну з високими можливостями демпфування механічних та акустичних коливань завдяки структурному фазовому перетворенні мартенситного типа.

За робочими матеріалами пропонується подати заявку на патент.

Висновок. В роботі представлені концептуальні можливості використання сплавів з пам'яттю форми в інфраструктурі залізничної транспортної системи, зокрема в якості активних демпфуючих елементів.

В результаті обґрунтування поведінки непружних характеристик СПФ запропонована модель деформування СПФ при різних термо-силових впливах. Відмічені технічні аспекти, які не сприяють, або погіршують роботу СПФ, усунення яких приведе до збільшення працездатності з більшим коефіцієнтом корисної дії. Покращення робочих характеристик СПФ напряму пов’язано з технологією їх отримання та додатковими обробками, що приводить до збільшення їх вартості. Максимальна корисна робота по деформуванню СПФ реалізується розтягом, який в більший мірі сприяє індукування мартенситної зворотної фази.

Представлені варіанти демпфуючих елементів на основі сплавів CuAlMn свідчать по потенціальні можливості їх практичного застосування для гасіння механічних та акустичних коливань на рейковому транспорті.

Л і т е р а т у р а

1. M. Mehrpouya, C.A. Biffi, J. N. Lemke, C. Bregoli, J. Fiocchi, S. Mohajerani, A. Tuissi and M. Elahini Additive manufacturing of architected shape memory alloys: a reiew Virtual and physical prototyping 2024, Vol. 19, No. 1, e2414395 (44 pages) https://doi.org/10.1080/17452759.2024.2414395,

2. M. Bocciolon, M. Cornevale, A. Collina, N. Lecis, A. Lo. Conte, B. Previtali, C. A. Biffi, P. Bassani and Tuissi Desing for the damping of railway collector based on the application of shape memory alloys, smart materials research V., 2012, p.9

3. P. Haghdoust, A. Lo Conte, S. Cinquemani and N. Lecis Experimental and Numerical Characterization of High Damping Martensitic CuAlMn Sheets *Materials* **2020**, *13*(3), 529; https://doi.org/10.3390/ma13030529

4. Тітенко А.М., Демченко Л.Д., Трощенков Ю.М., Тітенко О.А., Муравйов В.М Функціональні наноструктуровані композити на основі потрійних та четверних сполук міді. МФіНТ 2024 прийнята до друку

5. Ricardo AA Aguiar, Marcelo A Savi and Pedro MCL Pacheco Experimental investigation of vibration reduction using shape memory alloys Journal of Intelligent Material Systems and Structures 24(2) 247–261 DOI: 10.1177/1045389X12461696

ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ ДЛЯ АГРЕГАЦІЇ І АНАЛІТИКИ ВЕЛИКИХ ОБ'ЄМІВ ІНФОРМАЦІЇ В ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Дяденко Б.Є. – аспірант, *diadenko@gmail.com*
Ваганов О.І. – д.т.н., проф., *vaganov.kaidzen@gmail.com*
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

INNOVATIVE SOLUTIONS FOR AGGREGATION AND ANALYSIS OF LARGE VOLUMES OF INFORMATION IN RAILWAY TRANSPORT INFORMATION SYSTEMS

Diadenko B.Y. – postgraduate, *diadenko@gmail.com*
Vaganov O.I. – Doctor of Technical Sciences, Professor, *vaganov.kaidzen@gmail.com*
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *This investigation explores the potential of columnar databases in enhancing the speed and efficiency of aggregating and analyzing large data volumes in railway transport information systems. Columnar databases offer key advantages, including superior data compression and rapid access for analytical queries. Leading solutions such as Amazon Redshift or Google BigQuery exemplify these capabilities with features like parallel processing and cloud scalability. These systems are particularly suited for industries like railway transport, where real-time data from operations, infrastructure, and customer interactions is critical. This paper highlights how columnar databases can improve decision-making by providing faster, more accurate insights while minimizing operational costs.*
Keywords: *columnar database, analytics, big data, aggregation, data compression*

Актуальність дослідження зумовлена тим, що у сучасному світі обсяги інформації стрімко зростають, особливо в індустріях, де відбувається постійне накопичення даних про різні процеси. Залізничний транспорт є одним із таких секторів, який генерує великі обсяги даних, зокрема інформацію про рух поїздів, продаж квитків, стан інфраструктури, технічне обслуговування і навіть погодні умови, які можуть впливати на рух. Ці дані мають критичне значення для забезпечення безпеки, ефективності та комфорту перевезень, а також для зниження операційних витрат.

Метою роботи є дослідження колоночних баз даних, що стають ефективним рішенням для цих завдань завдяки їх здатності швидко виконувати аналітичні запити, стискати дані і забезпечувати паралельну обробку. У такій базі даних інформація зберігається по колонках, що дозволяє виконувати вибірки та агрегації лише необхідних даних, не залучаючи весь масив записів.

Це забезпечує вищу продуктивність, економію ресурсів і дає можливість залізничним компаніям приймати більш точні та швидкі рішення на основі даних [1].

Колоночні бази даних, як-от Amazon Redshift, Google BigQuery, ClickHouse, та інші, вирізняються своїм принципом побудови та архітектурою, що робить їх оптимальними для аналітичних запитів та роботи з великими обсягами даних.

Підхід, коли дані кожного атрибута зберігаються в окремій колонці, дозволяє вибирати лише потрібні колонки під час виконання запиту, зменшуючи об'єм опрацьованих даних, що значно підвищує швидкість їх обробки, особливо в аналітичних запитах [2]. Такі бази даних мають наступні особливості:

1. Збереження по колонках: Це забезпечує високу швидкість агрегаційних операцій, оскільки вибірка фокусується лише на потрібних колонках.
2. Стиснення даних: Колонки часто містять однорідні дані, що дозволяє значно зменшити обсяг інформації за рахунок алгоритмів стиснення (наприклад, Run-Length Encoding, Delta Encoding).
3. Оптимізація запитів: Колоночні бази ефективно використовують індекси, що прискорює доступ до даних і зменшує обсяг операцій читання.

Колоночні бази даних мають архітектуру, оптимізовану для аналітики:

1. Фізичне розділення колонок: Дані в кожній колонці зберігаються окремо, що зменшує кількість операцій введення/виведення (I/O).
2. Сегментована пам'ять: Колонки можуть зберігатися у вигляді сегментів, кожен з яких стискається і зберігається окремо, що дозволяє оптимально використовувати пам'ять.
3. Паралельна обробка: Виконання запитів може відбуватися паралельно, оскільки обробка кожної колонки відбувається незалежно. Це значно прискорює виконання запитів у великих об'ємах даних.
4. Масштабованість та розподілені системи: Сучасні колоночні бази, як Google BigQuery або Amazon Redshift, часто розгортаються у хмарі і підтримують масштабування, використовуючи при цьому розподілені процесорні потужності.

У традиційній таблиці реляційної бази даних кожен рядок містить значення полів одного запису [3]. У колонко-орієнтованій блоки даних зберігають значення послідовно для кожної колонки, що становить весь рядок. Якщо розмір блоку менший за розмір запису, для зберігання запису може знадобитися більше ніж один блок пам'яті. Якщо розмір блоку більший за розмір запису, він займає менше одного блоку, що призведе до неефективного використання дискового простору.

Використовуючи колоночне зберігання, кожен блок даних містить значення полів для трьох записів у колонках. Це означає, що для читання тієї ж кількості записів потрібно третина операцій введення-виведення порівняно з таблицями, де використовується рядкове зберігання. Додатковою перевагою є те, що оскільки кожен блок містить той самий тип даних, можна використовувати схему стиснення, яка найбільше підходить до типу даних в колонці, що ще більше зменшує потребу у дисковому просторі та кількості операцій введення-виведення.

Ефективне використання місця на диску, в свою чергу знижує витрати на завантаження цих даних в пам’ять. А оскільки операції читання часто використовують не всі дані, а тільки декілька колонок, то загалом на практиці зменшується і об’єм даних, який передається через мережу.

Деякі представники сімейства колоночних баз даних:

Amazon Redshift - це хмарна колоночна база даних від Amazon Web Services (AWS), спеціально розроблена для обробки великих обсягів даних і аналітичних запитів. Вона використовується для побудови сховищ даних і підтримки бізнес-аналітики [4]. Redshift побудована на базі MPP (масивно-паралельної обробки), що дозволяє розподіляти дані між кількома обчислювальними вузлами, які працюють одночасно, прискорюючи обробку. Вона підтримує високу продуктивність завдяки зберіганню даних по колонках і використанню стиснення, що зменшує розмір даних і кількість операцій введення-виведення.

Google BigQuery - це високопродуктивна, повністю керована хмарна аналітична база даних від Google, розроблена для обробки великих обсягів даних. Вона особливо підходить для обробки великих сховищ даних і виконання аналітичних запитів [5]. BigQuery працює на базі хмарної інфраструктури Google і використовує серверні ресурси для масштабування в режимі реального часу. Дані в BigQuery зберігаються по колонках, що забезпечує швидке виконання запитів для великих масивів інформації. Основою архітектури є розподілене сховище Dremel, яке підтримує обробку запитів із сотнями терабайтів інформації в лічені секунди.

ClickHouse - це колоночна база даних з відкритим кодом, розроблена компанією Yandex. Вона забезпечує дуже високу швидкість обробки аналітичних запитів і підходить для обробки аналітичних даних у реальному часі [6]. ClickHouse використовує методи паралельної обробки, стиснення даних та індексацію для підвищення продуктивності. На відміну від BigQuery та Redshift, вона розгортається як локально, так і в хмарі, дозволяючи гнучко адаптувати рішення для потреб підприємств. ClickHouse використовує

зберігання даних у колонках і пропонує ефективну роботу з дисковим простором завдяки технологіям стиснення.

Висновок. Колоночні бази даних виявляються більш ефективними для роботи з великими обсягами даних порівняно з традиційними рядковими базами даних. Завдяки концептуально іншій архітектурі, такі бази ефективно використовуються у великих бізнес-системах, де необхідно швидко отримувати й аналізувати об'ємні масиви інформації, а також можуть працювати у хмарному середовищі, що спрощує масштабування та знижує витрати на зберігання.

У залізничному транспорті, де щодня збираються і зберігаються величезні обсяги даних, наприклад, про маршрути, рух поїздів, продаж квитків і логістичні операції, колоночні бази даних можуть значно прискорити обробку даних. Застосовуючи колоночні бази, залізничні компанії можуть швидко виконувати аналітичний моніторинг, наприклад, аналізувати пасажиропотоки, прогнозувати навантаження на маршрути та оптимізувати розклад. Крім того, це дає можливість миттєвого доступу до даних у реальному часі, що може допомогти в моніторингу стану поїздів, обслуговуванні клієнтів і виявленні можливих проблем на ранніх етапах, підвищуючи ефективність і безпеку залізничного транспорту.

Література

1. Columnar database: a smart choice for data warehouses. URL: https://ua.stitchdata.com/columnardatabase/ (дата звернення: 20.10.2024).

2. Column-Oriented Databases: URL: https://www.kdnuggets.com/2021/02/understanding-nosql-database-types-column-oriented-databases.html (дата звернення: 21.10.2024).

3. Row vs Column-Oriented Databases: A Comprehensive Comparison. URL: https://www.sentinelone.com/blog/understanding-row-vs-column-oriented-databases/ (дата звернення: 30.10.2024).

4. Amazon Redshift: Amazon Redshift's features, advantages, and use cases. URL: https://chirayushah7.medium.com/amazon-redshift-amazon-redshifts-features-advantages-and-use-cases-ed725639f991 (дата звернення: 05.11.2024).

5. Understand BigQuery editions. URL: https://cloud.google.com/bigquery/docs/editions-intro (дата звернення: 06.11.2024).

6. Why is ClickHouse so fast? URL: https://clickhouse.com/docs/en/concepts/why-clickhouse-is-so-fast (дата звернення: 08.11.2024).

МОДИФІКОВАНІ БАЗАЛЬТОВІ ВОЛОКНА В ТРАНСПОРТНИХ КОНСТРУКЦІЯХ

Завадська А. О. – магістрант, *zavadska_ao@gsuite.duit.edu.ua*
Дорошенко О.Ю. – к.т.н., доц., *doroshenko_oy@gsuite.duit.edu.ua*
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна м. Київ

MODIFIED BASALT FIBERS IN TRANSPORTATION STRUCTURES

Zavadska A. O. – master's student, *zavadska_ao@gsuite.duit.edu.ua*
Doroshenko O.Yu. – Ph.D., associate professor, *doroshenko_oy@gsuite.duit.edu.ua*
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The article examines the experimental and theoretical justification of the use of basalt fiber, as a promising material, with the help of which it is possible to obtain a new class of building materials. As a result, it was established that an increase in temperature contributes to an increase in alkali resistance of the fiber. The mass loss during aging in an alkaline solution after 28 days is about 5%, while the initial fiber loses more than 30% of the fiber mass during this time. A further increase in the temperature of isothermal aging is not effective due to a decrease in alkali resistance of the fibers and economic impracticability.*
Keywords*: basalt fiber, transport construction, heat treatment, fiber structure, alkali resistance of fibers, X-ray patterns, spectra.*

Актуальність дослідження зумовлена тим, що серед властивостей фібробетону зазвичай виділяють його міцність на згин і стиск. Значення цього показника для фібробетону на 10…15% вище, ніж для звичайного бетону. У конструкціях використовується тільки фібробетон або фібробетон і стрижнева чи дротяна арматура. Як свідчить вітчизняний та міжнародний досвід, фібробетон є універсальним матеріалом і все частіше використовується в дорожньому будівництві. Базальтові волокна відноситься до сучасних ефективних матеріалів, що відрізняються високими фізико-механічними показниками і можуть використовуватися у великому діапазоні температур.

Виробництво фібробетону в сучасному будівництві на основі базальтових волокон є перспективним, оскільки базальтові волокна можуть функціонувати в агресивних середовищах (стійкість до кислот і лугів) і мають відмінні експлуатаційні, фізичні та механічні властивості. Всі ці властивості базальтових волокон важливі для виробництва високоефективних будівельних матеріалів і виробів у різних галузях будівельної індустрії [1,2,3].

Встановлено, що волокна в розчині при гідратації цементу характеризуються недостатньою лугостійкістю [4,5].

Мета роботи є розробка методу модифікації поверхневого шару базальтових волокон для забезпечення високої корозійної стійкості.

Шляхом термічної обробки волокон можна підвищити ефективність використання базальтового волокна в цементному бетоні.

Матеріали та методи дослідження

Для дослідження впливу термічної обробки на властивості волокон їх нагрівали в діапазоні температур 300-700°С з кроком 100°С. Ізотермічну витримку проводили протягом 30 хв. Охолодження проводили при кімнатній температурі в повітряному середовищі (табл. 1).

Таблиця 1 – Волокно, модифіковане за градієнтом теплової обробки

Виробник	300^{0}С	400^{0}С	500^{0}С	600^{0}С	700^{0}С
ТОВ Армбуд					
	Колір нормальний	Колір нормальний	Колір освітлений	Зміни в кольорі – більш червоний	Зміни в кольорі – більш червоний

Час температурної обробки був підібраний емпіричним шляхом і становив 30 хвилин.

В ході дослідження було виявлено, що колір волокон суттєво змінювався залежно від температури обробки (табл. 1). Можливим поясненням цього факту є окислення заліза в структурі волокна, в результаті чого волокна набули червоного кольору.

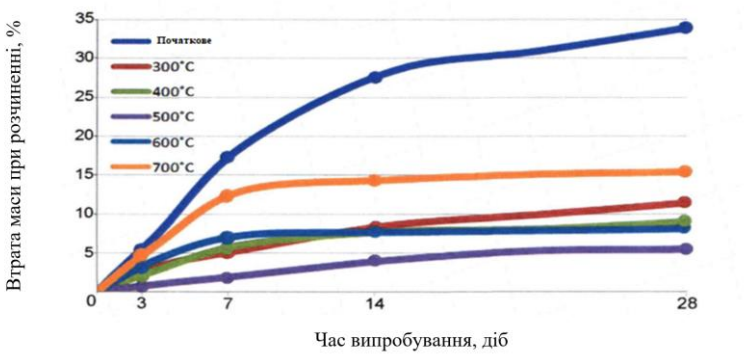


Рисунок 1 – Втрата маси волокна при розчиненні в залежності від часу випробування

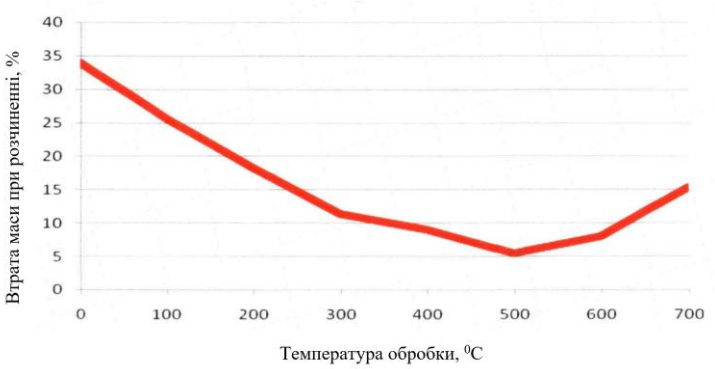


Рисунок 2 – Втрата маси при розчиненні в залежності від температурної обробки після витримування в лужному середовищі протягом 28 діб

В результаті встановлено, що збільшення температури з 300 до 500 ^{0}C сприяє підвищенню лугостійкості волокна. Втрата маси при витримці в лужному розчині після 28 діб становить близько 5 %, тоді як початкове волокно за цей час втрачає понад 30 % маси волокна. Подальше збільшення температури ізотермічної витримки не ефективно через зниження лугостійкості волокон та економічної недоцільності.

При аналізі мікроструктури як початкового, так і термообробленого армуючого компонента особливих змін немає (рис. 3). Це стосується як розміру (діаметра) (рис. 3 а, г), так і поверхні волокон (рис. 3 б, г). Діаметр окремих волокон коливається у широкому діапазоні – від 2 до 30 мкм. Поверхня фібри досить гладка, проте в окремих частинах її покривають глобулярні утворення, імовірно, продуктів карбонатизації, розміром до 1 мкм.

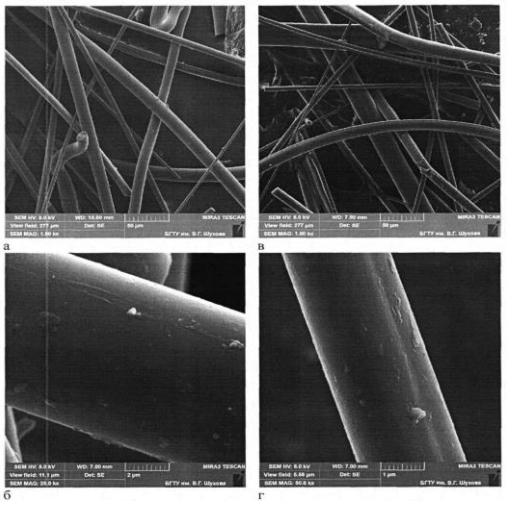


Рисунок 3 – Мікроструктура базальтового волокна: а, б – початкового; в, г – після термічної обробки при 500 ^{0}C

В цілому можна сказати, що морфологія поверхні волокон, які пройшли термообробку, не зазнає серйозних змін під впливом агресивного середовища цементного розчину(рис. 3).

Низька лугостійкість вихідних базальтових волокон може бути зумовлена кількома факторами. Швидке охолодження розплаву під час формування волокон призводить до утворення неоднорідної об'ємної та пухкої поверхневої високотемпературної структури, закріпленої у волокнах. Водночас волокна характеризуються поверхневим и дефектами (мікротріщини, мікропори, розриви зв'язків тощо). Все це посилює процес розчинення силікатного каркасу.

Підчастермообробкипри300…500°С відбувається заліковування дефектів і зміна хімічного складу та структури поверхні волокна в наслідок окислення $Fe^{+2} \rightarrow Fe^{+3}$ та утворення залізо-кисневого тетраедра $[FeO_4]Na$ за участю катіонів лугу на поверхні волокна. Вище зазначені процеси найбільш активно протікають при температурі 500 ^{0}С, близькій до температури склування (границі переходу з твердого станув пластичний).

Висновки. Для підвищення лугостійкості ефективною виявилася термічна обробка базальтових волокон при 500°С з подальшим охолодженням на повітрі при кімнатній температурі. Запропоновано модель модифікації базальтових волокон під час термообробки на основі переходу $Fe^{+2} \rightarrow Fe^{+3}$ внаслідок термообробки в окислювальних умовах. Зміна координаційного оточення, що відбувається під час цього процесу, ініціює утворення зв'язків між (Si_2O_6) і призводить до переходу до скелетного структурного типу з утворенням залізовмісних плагіоклазових фаз. Ці процеси призводять до ущільнення волокнистої структури, що сприяє підвищенню лугостійкості. Це підтверджується морфологічними та структурними особливостями поверхні термооброблених базальтових волокон, витриманих у цементному розчині.

Л і т е р а т у р а

1. A. Dorigato, A. Pegoretti :Flexural and impact behaviour of carbon/basalt fibers hybrid laminates, Journal of Composite Materials48, 2014. № 9, P. 1121-1130.

2. J. II. Lim, K. Y.Rhee, H. J. Kim and D. H. Jung: Effect of stacking sequence on the flexural and fracture properties of carbon/basalt/epoxy hybrid composites, Carbon Letters15, 2014. № 2, P. 125-128.

3. Khamees, S. S.; Kadhum, M. M.; Nameer, A. A. Effects of Steel Fibers Geometry on the Mechanical Properties of SIFCON Concrete. Civ. Eng. J. 2020, 6, 21–33.

4. Дорошенко О. Ю. Обґрунтування можливості використання базальтового волокна як компонента цементобетону для транспортного будівництва. Збірнику наукових праць УкрДУЗТ Харків, 2021. вип.198. С. 22-29.

РОЗВИТОК ІННОВАЦІЙНИХ ВИСОКОШВИДКІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

Заєць Є.О. – магістрант, zaezy_eo@gsuite.duit.edu.ua
Михайлов Є.В. – к.т.н., доц., mihaylov.evv@gmail.com
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

DEVELOPMENT OF INNOVATIVE HIGH-SPEED TRANSPORT SYSTEMS

Zaez E.O. – master's student, kostrov_mo@gsuite.duit.edu.ua
Mikhailov E.V. – candidate of technical sciences, ass. prof., mihaylov.evv@gmail.com
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The transport systems of the largest urban agglomerations in the world are capable of significant transportation capacity and will ensure a high level of accessibility to transport for the population. At the same time, the current transportation systems, including those that of the ground and underground routes, no longer ensure the ease of transfer from the point of view of triviality trips. Therefore, with the growth of agglomerations, the demand for high-quality goods is growing. A proposal has been formulated on the need to develop a network of high-speed routes with a length of up to 250 km to organize communications using an innovative technological design.*
Ke words: *Innovative transport, high-speed railways, passenger transportation, hyperloop*

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю розвитку високошвидкісних транспортних систем для забезпечення потреб пасажирських перевезень у великих міських агломераціях.

Метою роботи є проведення аналізу переваг, недоліків та перспектив розвитку високошвидкісних пасажирських транспортних систем.

Підвищення швидкості перевезень пасажирів є актуальним завданням для багатьох міських агломерацій. Подальше розширення мереж метрополітену, запуск додаткових діаметральних ліній та інші проекти здатні забезпечити високий рівень транспортної доступності для мешканців міста та прилеглих територій. Однак дані швидкісні системи громадського транспорту не забезпечують достатню швидкість перевезень у приміському-міському сполученні. Середня тривалість поїздок на відстані понад 20 км може перевищувати 60 хвилин із урахуванням пересадок. Комплексний підхід до вирішення цього завдання має передбачати розробку інноваційних високошвидкісних транспортних систем, які здатні забезпечити суттєве

скорочення витрат часу мешканців на щоденні подорожі між мегаполісами та великими містами сусідніх регіонів.

Для обслуговування міських агломерацій представляється доцільною розробка високошвидкісних транспортних систем, в яких рухомий склад переміщається всередині ізольованого від зовнішнього устрою тунельного або трубного типу [1]. Такі конструкції «простіше» буде вписати в архітектурно-планувальні рішення міст майбутнього. Однак на сьогоднішній день немає однозначного розуміння як слід організувати рух рухомого складу всередині трубної транспортної системи.

Як відомо, рух поїзда всередині ізольованої «труби» супроводжується високими втратами енергії на непродуктивну роботу з подолання профільних опорів повітря, що утворюються з боку фронтальної та тильної поверхонь рухомого складу. Тому розробляються різні технічні рішення, що забезпечують зниження таких втрат і, як наслідок, підвищення швидкісних можливостей та енергоефективності транспортних систем трубного типу. Найбільш відомими рішеннями є вакуумні надшвидкісні транспортні системи (НШТС) з герметичними транспортопроводами, з яких повітря, що створює опір руху транспортного засобу в ізольованому просторі відкачується за допомогою компресорних установок [2, 3].

В даний час значно просунулися у створенні НШТС американські Hyperloop TT та Virgin Hyperloop. Компанія Hyperloop TT одна з перших у світі зайнялася розробкою НШТС у промисловому форматі – від досліджень до випробувань прототипів. В даний час Hyperloop TT проектує вакуумну високошвидкісну систему трубного типу наземного виконання із зовнішнім діаметром конструкції 4 метри. Пасажирська капсула вміщує до 50 пасажирів, швидкість – до 1,2 тис. км/год. Для руху капсули планується використати магнітолевітаційну технологію. Компанія Virgin Hyperloop також проектує конструкції тунельного та трубного типу. У 2020 році компанія прозвітувала про успішне випробування принципу такого руху. У випробуваннях прототип високошвидкісного вакуумного поїзда з пасажирами в капсулі на борту досягла швидкості 172 км/год. У планах компанії проекти створення надвисокошвидкісних систем у всьому світі. Наприклад, у Саудівській Аравії час поїздки на НШТС за маршрутом від Ер-Ріяда до Джідди (900 км) складе близько однієї години.

Однак такі транспортні системи мають низку недоліків: потрібні значні капітальні витрати на їх спорудження; необхідно забезпечувати безпеку перевезень за умов низького тиску; великы витрати на обслуговування трубопроводу та ін. Для зниження профільних опорів у середовищі з повітрям пропонується застосовувати інноваційний спосіб, який ґрунтується на

теоретичних положеннях створення транспортних систем трубного типу, результатах порівняльного аналізу трубних систем з різним ступенем відкачування повітря. При цьому враховувалися відомі способи перерозподілу залишкових обсягів повітря в трубопроводі, пропоновані в системах Hyperloop і TransPod.

Для зниження сили опору повітря руху поїзда пропонується здійснювати примусовий повітрообмін, який передбачає синхронний та збалансований перерозподіл повітряних мас із передньої частини в задню частину трубопроводу щодо напрямку руху рухомого складу за допомогою зовнішнього повітрообмінного пристрою, що складається з повітроводів, компресорних установок, засувок, повітронакопичувача. Процес зовнішнього повітрообміну здійснюється тільки під час руху поїзда, для руху транспортного засобу попереднє відкачування повітря не потрібно. Параметри роботи повітрообмінної системи регулюються на основі газодинамічних моделей з урахуванням швидкості руху транспортного засобу, його розташування в трубі, конструктивних особливостей тунелю та рухомого складу. Швидкість руху транспортного засобу за кожним відрізком швидкісної ділянки нормується залежно від фактичної продуктивності компонентів повітрообмінної системи. Рух поїзда трубою з нормальним атмосферним тиском у внутрішній порожнині забезпечує умови для безпечного транспортування вантажів і пасажирів [3].

Основні переваги пропонованої інноваційної системи порівняно з аналогічними НШТС:

- проектне рішення не передбачає створення вакууму в трубі для зниження сили опору повітря, як це робиться у вакуумних аналогів (наприклад, Hyperloop);

- рух транспортного засобу в умовах із нормальним атмосферним тиском повітря у внутрішній порожнині труби виключає техногенні ризики, притаманні вакуумним конструкціям;

- процес повітрообміну автоматично регулюється з урахуванням швидкості руху транспортного засобу та його розташування у трубі;

- швидкість руху транспортного засобу за кожним відрізком швидкісної ділянки нормується залежно від фактичної продуктивності компонентів повітрообмінних систем;

- не потрібні значні обсяги інвестицій на будівництво та експлуатацію напрямних труб, які не схильні до значних перепадів тиску;

Висновок. На сьогоднішній день формується розуміння необхідності створення високошвидкісних транспортних систем у міських агломераціях та є необхідні інтелектуальні, промислові та інвестиційні ресурси для реалізації таких проектів. Орієнтовні базові характеристики маршрутної мережі НШТС

для міських агломерацій: середня довжина ділянки близько 50 км; загальна довжина радіальних маршрутів у середньому до 250 км.

Література

1. Chechenova LM, Egorov YV, Volykhina NV. Perspectives for the Development of High-Speed Transport. Transportation Systems and Technology. 2019;5(3):26-35. doi: 10.17816/transsyst20195326-35

2. Дзендзерский В. А., Омельяненко В. И., Васильев С. В. и др. Высокоскоростной магнитный транспорт с электродинамической левитацией. К.: Наукова думка, 2001. 480 с.

3. Janzen, R. TransPod Ultra-High-Speed Tube Transportation [Текст]: Dynamics of vehicles and infrastructure. Procedia engineering. 2017. №199. P. 8-17.

ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВІЗІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ КОНТРОЛЬ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ

Зеленько Б.В. – магістрант, zelenko_bv@gsuite.duit.edu.ua
Малюк С.В. – ст. викладач, maliuk_sv@gsuite.duit.edu.ua
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

USE OF THERMAL VISION TECHNOLOGIES FOR CHECKING THE TECHNICAL CONDITION OF TRACTION ENGINES

Zelenko B. – master's student, zelenko_bv@gsuite.duit.edu.ua
Maliuk S. – Senior teacher, maliuk_sv@gsuite.duit.edu.ua
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract*. The work analyzes the failures of traction electric motors of electric locomotives. A system of measures and equipment for monitoring the thermal state is proposed, which creates conditions for organizing repairs based on the actual technical condition. The completion of the review of methods and means of monitoring the technical condition of traction electric motors (TD) showed that existing technologies do not give completely reliable results. The most promising should be considered thermal control, which has found wide application in transport, energy, construction, and medicine. The purpose of the work is to develop thermal control and predict the non-heating of individual elements of the traction engine, which makes it possible to increase the efficiency of locomotives as a whole and reduce the number of engine failures.*
Keywords: *traction engine, locomotives, diagnostics, heating*

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю удосконалення діагностики технічного стану тягових двигунів локомотивів при експлуатації.

Метою роботи є аналіз методу тепловізійних технологій для діагностування технічного стану тягових електродвигунів локомотивів.

Робота тягового електродвигуна, що становить основу тягового електроприводу рухомого складу залізничного транспорту, супроводжується нагріванням його частин та елементів внаслідок дії факторів електричної та механічної природи . В даний час значна увага приділяється дослідженням теплових процесів у тягових електричних двигунах локомотивів. у тому числі вивчаються питання нагрівання обмотки якоря. При аналізі розподілу температури в колекторно-щітковому вузлі, зазвичай розглядаються лише втрати при протіканні струму в щітковому контакті. Однак при докладному розгляді процесів нагріву в зоні колекторно-щіткового вузла можна виділити

кілька джерел теплових втрат різної природи. Характер нагріву в зоні колекторно-щіткового вузла тягових електричних двигунів залежить від дії кількох факторів, що впливають також на якість комутації машини. Температура в зоні контакту «щітка - колектор» впливає на величину падіння напруги в щітковому контакті і відповідно, на процес комутації секцій якірної обмотки

Тягові двигуни локомотивів є ключовими елементами у забезпеченні ефективного функціонування залізничного транспорту. Від їх технічного стану залежить не лише економічність перевезень, але й безпека руху. Сучасні методи діагностики дозволяють своєчасно виявляти дефекти та запобігати аварійним ситуаціям. Одним із найефективніших способів моніторингу є тепловізійний контроль, який забезпечує безконтактний аналіз температурного поля поверхонь обладнання.

Тепловізійна діагностика базується на аналізі інфрачервоного випромінювання, яке випускають об’єкти залежно від їх температури. Використовуючи тепловізійні технології, можна отримати теплові зображення обладнання, які відображають розподіл температури на його поверхні. Для тягових двигунів локомотивів.

Це дозволяє:

1. Виявляти перегрів вузлів та деталей, що свідчить про підвищене навантаження чи несправності.

2. Оцінювати рівномірність теплового розподілу, що вказує на коректність роботи двигуна.

3. Визначати потенційні точки виникнення пошкоджень, таких як коротке замикання чи дефекти ізоляції.

Одними з найбільш уразливих елементів тягового двигуна є обмотки статора та ротора, а також підшипники. За допомогою тепловізійних технологій можна оцінити стан ізоляції обмоток: перегрів вказує на можливу деградацію матеріалу або перевантаження двигуна. Підшипники, які працюють у неналежному стані, також перегріваються, що може свідчити про недостатнє змащення або механічне пошкодження.

Ефективність охолодження тягового двигуна прямо впливає на його надійність і довговічність. Використовуючи тепловізійні технології, можна оцінити стан системи охолодження, виявити зони недостатнього тепловідведення або засмічення повітряних каналів.

Перегрів електричних контактів свідчить про підвищений перехідний опір через корозію, погане з'єднання або механічні пошкодження. Тепловізійний контроль дозволяє своєчасно виявити такі проблеми й запобігти їх наслідкам.

Тепловізійний контроль має ряд переваг на відміну від інших засобів

діагностики, а саме:

- безконтактність: обстеження виконується без розбору обладнання, що знижує витрати часу та коштів;
- оперативність: результати отримуються в реальному часі, що дає змогу швидко приймати рішення;
- безпечність: дозволяє проводити контроль під час роботи обладнання, мінімізуючи ризики для обслуговуючого персоналу;
- деталізація: висока чутливість тепловізорів забезпечує точне визначення зон перегріву.

Висновок. Тепловізійний контроль має стати важливим інструментом у діагностиці технічного стану тягових двигунів локомотивів. Він дозволяє своєчасно виявляти дефекти, запобігати аварійним ситуаціям та продовжувати термін експлуатації обладнання. У сучасних умовах автоматизації та цифровізації тепловізійні методи стають незамінними для забезпечення безпеки та ефективності залізничного транспорту. Впровадження таких технологій дозволяє оптимізувати обслуговування локомотивів і забезпечити стабільну роботу всієї транспортної системи.

Література

1. Жалкін Д. С. Удосконалення методів контролю теплового стану тягових електричних двигунів електровозів. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2015. Вип. 158. Т.2. с. 74-82.

2. Жалкін, Д. С., Тимченко, О. М. Методи післяремонтних випробувань та моніторингу технічного стану тягових двигунів електровозів. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту.* 2013. (141). С. 130-134.

3. Garramiola, F., Poza, J., Madina, P., Del Olmo, J., & Almandoz, G. (2018). A review in fault diagnosis and health assessment for railway traction drives. Applied Sciences, 8(12), 2475. https://doi.org/10.3390/app8122475.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНОЇ СИСТЕМИ «ВІЗОК-КОЛІЯ»

Зуб Є.П. **–** аспірант, *epzub@ukr.net*
Сапронова С.Ю. **–** д.т.н., проф., *doc.sapronova@gmail.com*
Ткаченко В.П. **–** д.т.н., проф., *tkachenko_vp@gsuite.duit.edu.ua*
Сиваківський С.В. **–** аспірант, *sivakovskiy1@gmail.com*
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

MATHEMATICAL MODELING OF A DYNAMIC SYSTEM «FREIGHT WAGON CART-RAILWAY TRACK»

Zub E.P. – post graduate student, *epzub@ukr.net*
Sapronova S.Yu. – Doctor of Technical Sciences, Professor, *doc.sapronova@gmail.com*
Tkachenko V.P. – Doctor of Technical Sciences, Professor,
tkachenko_vp@gsuite.duit.edu.ua
Syvakivskiy S.V. – post graduate student, *sivakovskiy1@gmail.com*
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract*. The research refers to the development of a mathematical model of the dynamic system "freight wagon cart-railway track" for fitting into a curved section of the track and the study of the influence of the geometric parameters of the installation of wheel pairs in carts on the wear indicators of the wheel crest. The pseudo-static method of steady motion in a circular curve under the action of external forces of interaction with the rail track and the carriage of the freight car was used to simulate the movement of the cart in the curved section of the track. The mathematical model of fitting a cart into a curve is a system of d'Alembert-Lagrange equilibrium equations. This method was chosen as the simplest reliable method of describing the motion of a mechanical system with undeformed bodies, which provides a sufficient level of calculation accuracy.*
Keywords*: mathematical model, wagon cart, railway track, wear, wheel crest*

Актуальність дослідження. Особливістю конструкції візків вантажних вагонів моделі 18-100 є трьохелементна рама з нежорстким з‘єднання боковин рами із проміжною балкою. Така конструкція візка створює передумови для прекосів колісних пар у візках в експлуатації, що є в свою чергу причиною підвищених спрямовуючих зусиль в гребеневих контактах коліс із рейками і їх зносів. За статистикою, більше 80% вагонів з візками моделі 18-100 мають перекіс колісних пар. Система технічного обслуговування візків вантажних вагонів не передбачає технологічних операцій щодо перевірки перекосу колісних пар у візках. Навіть в візках моделі 18-100 після модернізації з встановленням елементів компанії «A. Stucki» та колісних пар з нелінійним

профілем коліс ІТМ-73 не передбачено контроль установки колісних пар відносно номінальної [2].

Метою дослідження є розробка математичної моделі динамічної системи «візок-колія» для вписування в криву ділянку колії і дослідження впливу геометричних параметрів установки колісних пар у візках на показники зносу гребенів коліс.

Динаміка та особливості контактування колеса та рейки були предметом численних досліджень з середини 19 століття [3]. Однак, щодо статистики відхилень установки колісних пар у візках даних у відкритих інформаційних джерелах вкрай мало. Більшість джерел обмежуються загальним твердженням про наявність впливу геометричних параметрів установки колісних пар у візках на рівень спрямовуючих зусиль та знос в гребеневих контактах коліс з рейками без конкретних кількісних залежностей.

Для моделювання руху візка в кривій ділянці колії використано псевдо-статичний метод усталеного руху в круговій кривій при дії зовнішніх сил взаємодії з рейковою колією і візком вантажного вагона. Математична модель вписування візка в криву являє собою систему рівнянь рівноваги д'Аламбера-Лагранжа. Даний метод був обраний, як найпростіший надійний метод опису руху механічної системи з недеформованими тілами, що дає достатній рівень точності розрахунків. Для розв’язку системи рівнянь рівноваги використано розрахунковий блок Given-Minerr-Find програмного комплексу MathCad [3].

Математичну модель вписування візка в кругову криву побудовано як систему рівнянь рівноваги візка під дією зовнішніх сил і моментів. Механічну систему візка представлено як три підсистеми: система рами візка; система першої колісної пари; система другої колісної пари (рис. 1).

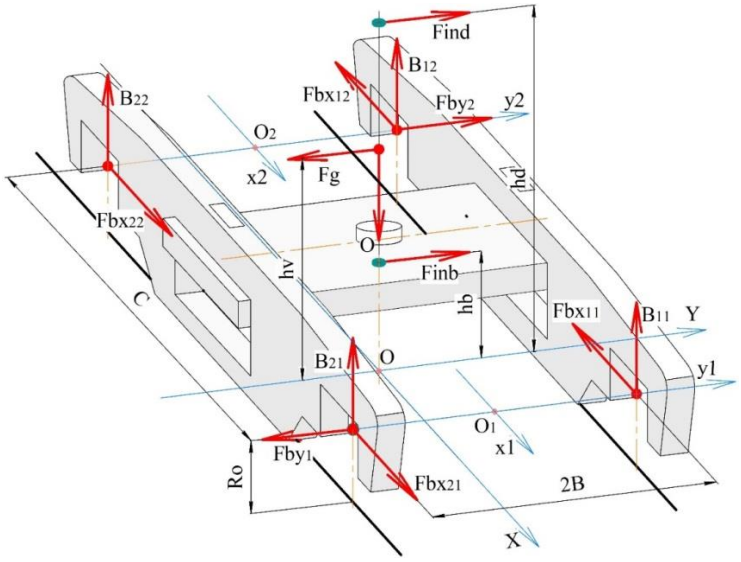
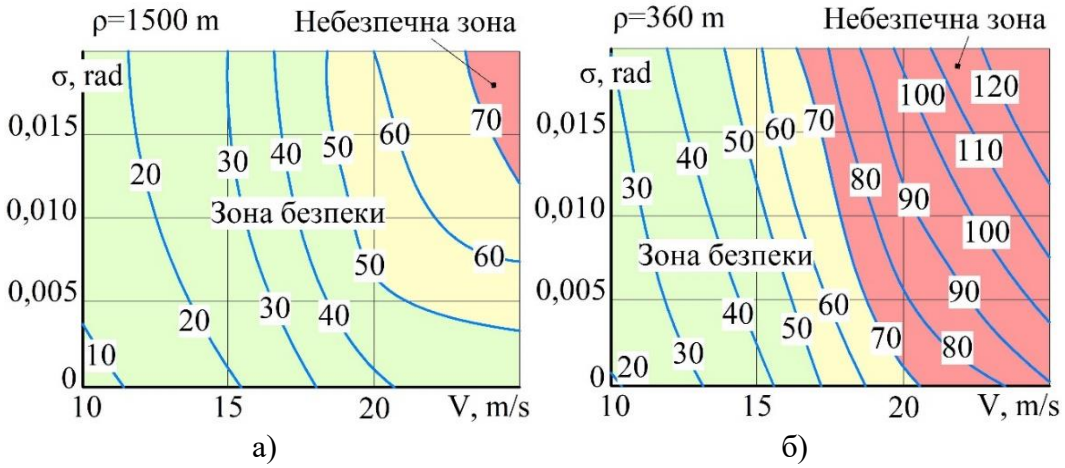


Рисунок 1 – Схема зовнішніх сил, що діють на раму візка [3]

Результати моделювання показали, що збільшення кутів перекосу колісних пар від $\sigma = 0$ для номінального положення до максимальних можливих в експлуатації кутів перекосу ($\sigma = 0{,}02$ рад) призводить до збільшення спрямовуючих зусиль Y у середньому у 1,5-2,0 рази. Причому, ступінь підвищення Y практично не залежить від радіусів кривої і від швидкості руху (рис. 2).



а) б)

Рисунок 2 – Залежності спрямовуючих зусиль Y (кН) від кутів перекосу колісних пар у візку σ (рад), швидкості руху V (м/с) і радіусу кривої ρ (м):

а) $\rho = 1500$ м; б) $\rho = 360$ м [3]

Аналіз результатів дослідження доводить суттєву залежність спрямовуючих зусиль у гребеневих контактах коліс з рейками від стану візка, що впливає на установку колісних пар у рамі візка, а саме перекосів осей відносно їх номінального положення.

Висновок. Отримані результати вказують на те, що досі залізниця необґрунтовано мало приділяє уваги такому важливому фактору, як накопичувальний перекіс колісних пар у візках, зважаючи на його суттєвий вплив на найважливіші показники експлуатації вагонів: знос гребнів коліс; опір руху; стійкість руху щодо сходу з рейок.

Література

1. ДСТУ 7598:2014 Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). Чинний від 2015.07.01. К: Мінекономрозвитку України, 2015. 249 с.

2. ЦВ-0083 Інструкція з деповського ремонту та експлуатації візків вантажних вагонів моделі 18-100, модернізованих з встановленням елементів компанії «A. Stucki» та колісних пар з нелінійним профілем коліс ІТМ-73: Затв. Наказом Укрзалізниці від 31.05.06. № 200-Ц. К.: Головне управління вагонного господарства, 2006. 31 с.

3. Zub, E., Tkachenko, V., Sapronova, S., Syvakivskiy, S. (2024). Determining the influ-ence of wheelset arrangement in the model 18-100 bogies on the level of steering efforts in the wheel-rail flange contacts. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3(7(129)), 38–46. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.304328

ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ІСНУЮЧИХ ПЕРЕЇЗДІВ НА МЕРЕЖІ ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ

Іванов Р.В. – аспірант, ivanovrodion@ukr.net
Курган М.Б. – д. т. н., проф., kunibor@gmail.com
Український Державний університет науки і технологій
Україна м. Дніпро

IMPLEMENTATION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR THE MODERNIZATION OF EXISTING CROSSINGS ON THE RAILWAY NETWORK OF UKRAINE

Ivanov R.V. – Postgraduate student, ivanovrodion@ukr.net
Kurhan M.B. – Doctor of Technical Sciences, Professor, kunibor@gmail.com
Ukrainian State University of Science and Technology
Ukraine, Dnipro

Abstract. *The work presents innovative technologies for improving safety at the intersection of railway tracks with highways, the application of which on the railway network of Ukraine will contribute to the harmonization of standards with European ones.*
Attention is focused on the issues of construction of crossings on the sections of both the new track of the European 1435 mm track and the reconstruction of certain directions under the European standard with the use of a combined track (1435/1520 mm).
A brief review of scientific works and the authors' calculations made it possible to determine the main factors and their impact on the risks that occur in many countries when solving safety problems at railway crossings and to establish modern innovative technologies, the application of which will be effective on the railway network of Ukraine.
Keywords*: traffic safety, railway crossing, innovative technologies; euro standard, traffic alarm, barrier*

Актуальність дослідження. В умовах подальшої інтенсифікації залізничного транспорту все більше уваги повинно приділятися проблемі забезпечення безпеки руху на залізничних переїздах, досягти якої можна при комплексному використанні організаційних і технічних заходів, впровадженням нового та модернізацією існуючого обладнання, будівництвом шляхопроводів. Дослідженню цих питань приділяється багато уваги. Європейська комісія та Європейський інвестиційний банк розробили стратегію з інтеграції залізничних мереж України, Молдови та Євросоюзу [1]. Передбачається, що нова магістральна мережа колії 1435 мм працюватиме паралельно з існуючою – 1520 мм. В той же час, «вузькими місцями» на транспортних коридорах **є** велика кількість переїздів через залізниці, а також відсутність об’їзних доріг у деяких містах України. Відповідно до Стратегії перехід на мережу залізниць європейського стандарту потребує перебудови колійної інфраструктури в тому числі й переїздів. У зв’язку з укладанням в

Україні європейської колії науковий інтерес представляє визначення способів модернізації переїздів. Переїзди за всіма параметрами повинні відповідати вимогам залізничного транспорту та автомобільної транспортної системи.

Питання оцінки безпеки руху транспортних засобів на перетині автомобільних доріг і залізниць в одному рівні й підвищення ефективності роботи залізничних переїздів розглядаються в наукових працях як вітчизняних так і закордонних фахівців [2-5]. Отже, дослідження щодо впровадження інноваційних технологій при модернізації існуючих переїздів на мережі залізниць України слід вважати своєчасними і актуальними.

Мета дослідження. Основна мета роботи показати інноваційні технології для підвищення безпеки на перетині залізничних колій з автомобільними дорогами, застосування яких на мережі залізниць України буде сприяти гармонізації своїх стандартів з європейськими, включаючи стандарти для залізничного транспорту.

Важливою проблемою є техніко-технологічна несумісність європейських та українських колій. Виходом з такої ситуації може бути поетапний перехід України на європейський стандарт, щоб поєднати українські залізниці з ЄС.

Реалізація обґрунтованої технології модернізації існуючих переїздів буде мати й практичне значення, що полягає в забезпеченні значного підвищення безпеки руху транспорту і пропускної спроможності при модернізації переїздів з впровадженням інноваційних технологій.

Матеріали дослідження. Безаварійна робота залізничного транспорту залежить від функціонування залізничних переїздів при різній інтенсивності і параметрах руху транспорту, що вимагають рішення досить широкого кола завдань теоретичного, практичного й організаційного плану. В даній роботі акцент зроблено на інноваційні технології, які безпосередньо стосуються проблеми в колійному господарстві та будуть сприяти впровадженню швидкісного руху поїздів.

При переході на євростандарт певні труднощі викликає неспівпадання категорій переїздів на залізницях Європейських країн і України. Європейська класифікація переїздів використовується в країнах Європейського Союзу та країнах, які впроваджують стандарти та норми ЄС щодо залізничного транспорту через взаємодію або асоціацію з ЄС. Європейська класифікація переїздів включає в себе кілька класів (LC1-LC8), які вказують на різні рівні безпеки та технічної складності.

В Україні застосовується власна класифікація переїздів, яка відрізняється від європейської і включає 4 категорії. Однак, перспектива приєднання України до європейської класифікації може бути розглянута як частина процесу

гармонізації стандартів та норм безпеки на залізничному транспорті з європейськими партнерами.

Згідно «Інструкції з улаштування та експлуатації залізничних переїздів» (ЦП-0174) категорії переїздів визначаються характером і інтенсивністю руху поїздів, транспортних засобів в місці перетину з залізницею і умовами видимості.

Залежно від інтенсивності руху поїздів та транспортних засобів залізничні переїзд поділяються на чотири категорії [6].

Перша категорія. Переїзди мають шлагбауми, що перекривають усю ширину проїжджої частини (два шлагбауми на всю ширину дороги або чотири шлагбауми у півширини дороги) і світлофори (11,0%).

Друга категорія. Переїзди обладнані двома шлагбаумами у півширини дороги і світлофорами (8,1%).

Третя категорія. Переїзди не мають шлагбаумів. Світлофор має тільки два заборонних червоних ліхтарі (10,4%).

Четверта категорія. Переїзди не мають шлагбаумів і світлофорів. Встановлюється тільки залізничні та автомобільні знаки (70,5%).

На даний час на головних і станційних коліях у відповідальності «Укрзалізниці» 4150 залізничних переїздів, з яких 2343 – з автобусним рухом; 1250 – з черговим працівником; 1112 – обладнані пристроями автоматики, в тому числі 383 переїзди обладнані чотирма шлагбаумами, які забезпечують разом з основними шлагбаумами повне перекриття проїжджої частини автодороги (рис. 1).

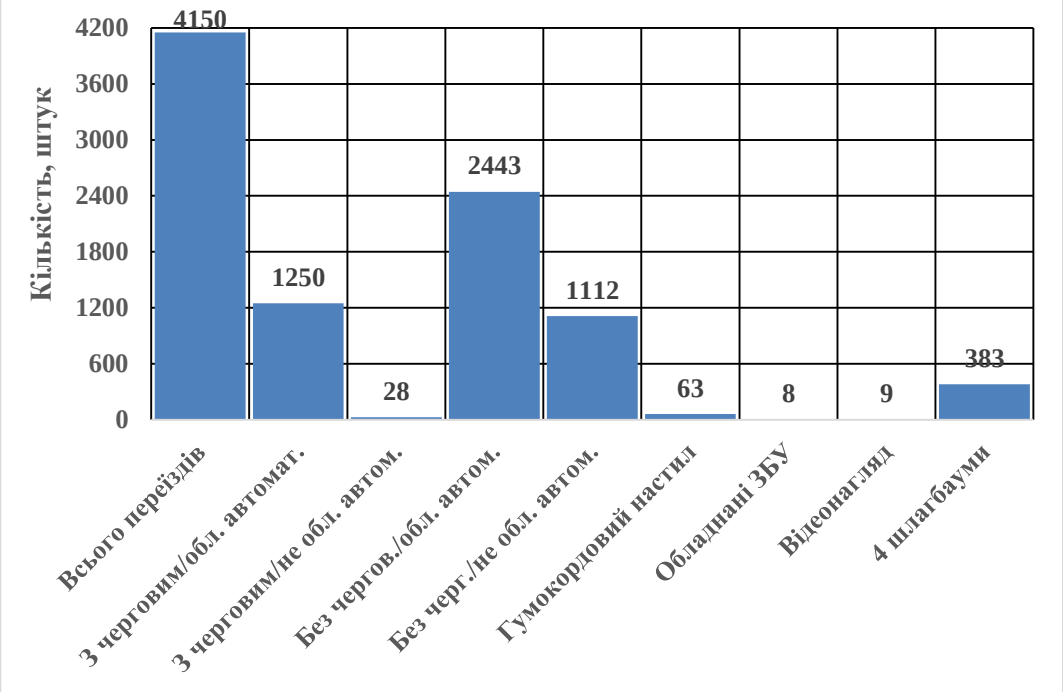


Рис.1. Технічне оснащення переїздів на залізницях України

Вибір типу пристрою безпеки для переїзду залежить від таких факторів, як рівень безпеки, який необхідно забезпечити, вартість пристрою, складність обслуговування пристрою. Застосування інноваційних технологій може значно покращити безпеку на залізничних переїздах. Основні технології такі:

1. Системи активного попередження: звукові та світлові сигнали, візуальні дисплеї, голосові повідомлення
2. Системи автоматичного опускання шлагбаумів
3. Системи відеоспостереження
4. Інтеграція з навігаційними системами
5. Системи розумних транспортних засобів.

Україна веде роботу з гармонізації своїх стандартів з європейськими, включаючи стандарти для залізничного транспорту. Проте, конкретний графік та перспективи приєднання до європейської класифікації можуть залежати від різних факторів, таких як політичні рішення, технічні аспекти та інші умови. Акцент в цій роботі зроблено на використання комп'ютерного моделювання як важливого інструменту для підвищення безпеки на залізницях, включаючи залізничні переїзди. Комп'ютерні моделі можуть використовуватися для аналізу різних сценаріїв і визначення змін в системі безпеки, які можуть покращити ситуацію з безпеки на переїздах.

Приєднання до європейської класифікації може мати такі переваги для України: європейська класифікація може мати більш високі стандарти безпеки, що дозволить підвищити рівень безпеки на залізничних переїздах в Україні; приєднання до європейської класифікації сприятиме покращенню інтероперабельності між залізничними системами України та країнами Європейського Союзу; використання однакових стандартів та класифікацій може сприяти покращенню співпраці та взаєморозуміння між Україною та іншими країнами, особливо в контексті міжнародних перевезень.

Проте, перехід до європейської класифікації може вимагати значних зусиль у впровадженні нових стандартів та нормативів, а також у модернізації інфраструктури та систем управління залізничним транспортом. Такий перехід може бути можливий з плином часу, як частина загального процесу гармонізації залізничного транспорту в рамках української стратегії розвитку та інтеграції з європейськими стандартами.

Як було зазначено раніше, в цій роботі розглядаються питання будівництва переїздів на ділянках як нової траси європейської колії 1435 мм, так і реконструкції окремих напрямків під євростандарт з застосуванням суміщеної колії (1435/1520 мм).

Загальні висновки. Щоб зменшити ймовірність людської помилки та покращити безпеку, рекомендується використовувати як наявні технології так і інноваційні можливості для розробки нового рішення з безпеки руху на залізничних переїздах. Для небезпечних переїздів можна рекомендувати встановити автоматичні шлагбауми із автоматичною світлофорною сигналізацією, провести капітальний ремонт підходів автодоріг до переїзду. Для запобігання в'їзду транспортних засобів на переїзд при закритих автоматичних (напівавтоматичних) шлагбаумах і включених червоних мигаючих вогнях на переїзних світлофорах для надійної й безперебійної роботи встановити загороджувальний бар'єрний пристрій (ЗБП).

Поширювати відомі та продовжувати впроваджувати інноваційні рішення, а саме: обладнання переїздів ЗБП, яких на залізницях Укрзалізниці всього 8, відеонаглядом - всього 9, чотирма шлагбаумами - 383 тощо.

Удосконалювати оцінку ризиків для обґрунтування стратегії керування залізничними переїздами та впроваджувати інноваційні технології при модернізації існуючих переїздів, що дозволить забезпечити організацію швидкісного руху поїздів за рахунок підвищення рівня безпеки руху на цих переїздах.

Важливою проблемою є техніко-технологічна несумісність європейських та українських колій. Виходом з такої ситуації може бути поетапний перехід України на європейський стандарт, щоб поєднати українські залізниці з ЄС.

Література

1. Євросоюз розробив стратегію переходу України на євроколію: карта. [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. Режим доступу: https://biz.liga.net/ua/all/transport/novosti/evrosoyuz-razrabotal-strategiyu-perehoda-ukrainy-na-evroputi-karta (дата звернення 10.11.2024) Назва з екрана.

2. Kurhan, M. B., Kurhan, D. M., Husak, M. A., Havrylov, M. O., Luzhytskyi, O. F. Vehicle Traffic Safety Assessment at the Intersection of Highways and Railways at the Same Level. Science and Transport Progress, 2022, 2(98), pp. 45-58. https://stp.ust.edu.ua/article/view/267978

3. Blagojević, A., Kasalica, S., Stevi,ć Ž., Tričković, G., Pavelkić V. Evaluation of Safety Degree at Railway Crossings in Order to Achieve Sustainable Traffic Management: A Novel Integrated Fuzzy MCDM Model. Sustainability. 2021, 13(2), 832. https://doi.org/10.3390/su13020832

4. Sekasi, J., Solihu, H. Safety and risk analysis at railway crossings of north-south Addis Ababa light rail. Smart and Resilient Transportation, 2021, 3(3), pp. 266-282.

5. Іванов Р.В., Філь Є.В., Курган М.Б. Технологічні інновації для безпеки руху на залізничних переїздах. Сучасні дослідження: транспортна інфраструктура та інноваційні технології : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти, викладачів та науковців, м. Київ, 29-30 листопада 2023 р. С. 106-111.

6. Ткаченко В. Динамічна взаємодія рухомого складу і колії на лініях швидкісного руху суміщеного з вантажним: монографія / В. Ткаченко, С. Сапронова, Н. Брайковська, В. Твердомед. Вінниця : ГО «Європейська наукова платформа», 2021. 240 с.

НАВІГАЦІЙНІ СИСТЕМИ ЯК ІНСТРУМЕНТ ОПТИМІЗАЦІЇ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ

Клюєв С.О. – к.т.н., доц. kliuiev@snu.edu.ua
Кириченко І.О. – д.т.н., проф. i_kir@ukr.net
Східноукраїнський Національний Університет імені Володимира Даля
Україна, м. Київ

NAVIGATION SYSTEMS AS A TOOL FOR OPTIMIZING LOGISTICS PROCESSES IN THE TRANSPORT INDUSTRY

Kliuiev S. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, kliuiev@snu.edu.ua
Kyrychenko I. – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, i_kir@ukr.net
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University
Ukraine, Kyiv

Abstract*. The paper examines the impact of modern navigation systems on the optimization of logistics processes in the transport industry. The role of integrating navigation systems with digital transport flow management platforms is revealed, which allows increasing the efficiency of multimodal transportation. Based on the analysis, recommendations are proposed for the implementation of innovative navigation solutions to improve logistics processes in the transport infrastructure. The paper indicates innovations in the area of logistics and directions for further development. It is aimed at ensuring that transport is carried out as safely and economically as possible, hence many solutions reducing travel costs and proper design of trucks.*
Keywords*: innovation, telematics systems, systems of vehicle tracking, IT systems for transport, intelligent transport systems*

Актуальність дослідження. У сучасних умовах глобалізації та зростаючої конкуренції на ринку транспортних послуг, впровадження інноваційних технологій є важливим фактором підвищення ефективності логістичних операцій. Навігаційні системи дозволяють оптимізувати процеси транспортування, знижувати витрати, підвищувати точність доставки та безпеку вантажів [1].

Головною тенденцією світового транспортного ринку є активне впровадження інформаційних, телекомунікаційних і комп'ютерних технологій. Майже всі види транспорту відчули вплив цифровізації та інтелектуалізації.

Світовий ринок транспортних послуг формують принципово нові системи управління, інтегровані у єдиний логістичний інформаційний простір [2].

Компанії мають адаптуватися до нових вимог клієнтів і постійно зростаючої конкуренції [3]. Це можливо завдяки впровадженню нових рішень та інновацій. Їх багато в транспорті і ще більше в логістиці в цілому. Нові тенденції стосуються всіх сфер логістики, і транспорт є одним із найкращих прикладів. Тут можна знайти багато нових рішень, від IT-систем, що забезпечують ефективніше управління компанією, до автономних транспортних засобів, які стануть нашим майбутнім.

Інтелектуальні транспортні системи (ITC) поєднують навігацію з інфраструктурою для покращення логістичних операцій. Існує багато IT-систем, які можна віднести до ITC, і їх функціональні можливості та області завдань різні: від планування маршруту, управління транспортом, до контролю водіїв час і робота, споживання палива, до систем, у яких сам транспорт є лише одним із елементів [4].

Метою роботи є оптимізація логістичних процесів у транспортній галузі шляхом виявлення інновацій та нових можливостей у сфері телематичних систем ідентифікації транспортних одиниць у русі.

Більшість транспортних засобів, які використовуються для перевезень, оснащені попередньо встановленими телематичними системами, і в той же час при їх експлуатації використовується різне додаткове програмне забезпечення. Звичайне програмне забезпечення, яке використовується для моніторингу транспортного парку – це програмне забезпечення, яке працює через датчики, встановлені в автомобілях. В даний час всі нові автомобілі оснащені GPS-датчиками. Однак ці системи можна зібрати окремо. Це системи GPS-стеження та зонди економії палива. Датчик GPS і зонд синхронізуються з програмним забезпеченням, встановленим на комп'ютері в офісі. В результаті власник транспортного парку може в режимі реального часу визначити місцезнаходження всіх своїх транспортних засобів. Проблема з визначенням місця розташування може виникнути під час використання зовнішніх транспортних засобів, наприклад використання послуг судноплавної компанії або перевірених перевізників, рекомендованих або орендованих через біржу вантажів. Важливо, щоб кінцевий отримувач транспортних послуг знав місцезнаходження транспортних засобів [5]. Перші платформи з такими рішеннями (наприклад, CO3) починають з'являтися в Польщі [6]. Їхнім завданням буде вказувати місцезнаходження після ідентифікації GPS-датчика, незалежно від його типу.

На рисунку 1 представлена ідея центральної телематичної системи. В першу чергу компанії, які мають вантаж для перевезення, шукають перевізника

за допомогою посередника або безпосередньо доставляють товар власним транспортом. Компанії, які користуються транспортними послугами в рамках аутсорсингу, використовують посередника у вигляді: транспортних бірж, транспортно-експедиційних компаній та ін. Інформація про місцезнаходження автомобіля через сигнали GPS передається в центральну телематичну систему через вебсторінку. Після входу в систему та отримання ідентифікаційного номера даного автомобіля кожна сторона (клієнт, брокер, провайдер) може відстежувати автомобіль у реальному часі. Нововведенням у цьому рішенні є можливість контролювати поїздку кожною зі сторін, включно з отримувачами послуг, що було неможливо в попередніх рішеннях.

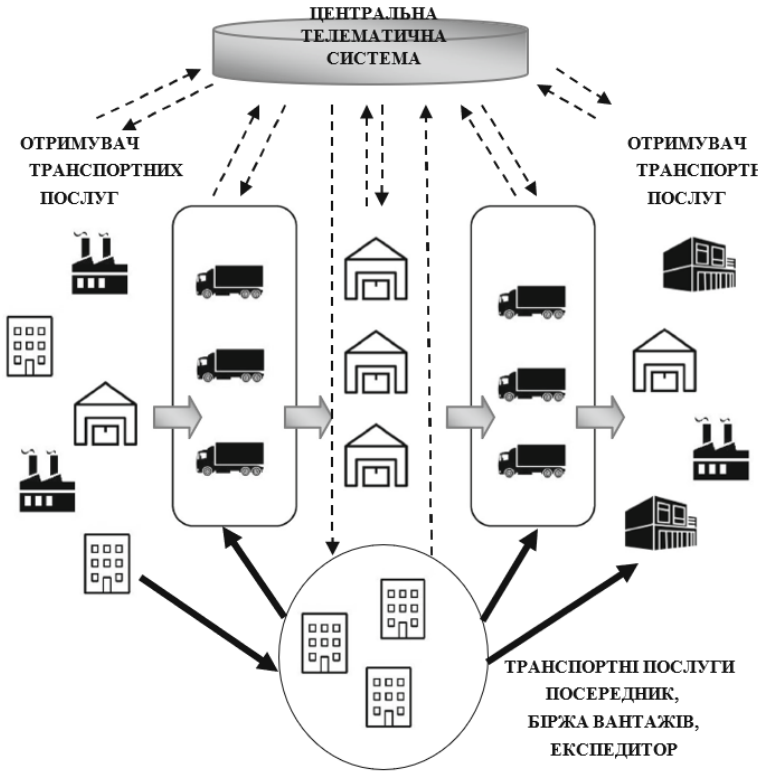


Рисунок 1 – Центральна система управління інформацією від телематичних систем

Підсумовуючи, ідея представленого рішення полягає в прямій передачі інформації про місцезнаходження від окремих транспортних засобів до центральної системи. Тоді інформацію про місцезнаходження кожного транспортного засобу зможе дізнатися не лише його власник, а й особа, яка орендує транспортний засіб для перевезення через транспортні біржі, компанія, що користується послугами транспортно-експедиційних компаній тощо.

Серед інших нових рішень у транспорті та експедиції:

• використання дронів для локації, моніторингу перебігу маршруту та підвищення безпеки. Польська державна залізниця в Польщі використовує

дрони також для контролю безпеки перевезень кам’яного вугілля, завдяки чому відсоток крадіжок різко зменшився;

• використання дронів для доставки окремих вантажів, які є частиною транспорту, наприклад, як частина транспортних послуг або заміни транспорту дронами,

• використання дронів для швидкого переміщення терміново необхідних вантажів, наприклад крові між лікарнями, обладнання для реанімації в разі аварії,

• аеротаксі, побудовані на базі дронів;

• проектування автономних автомобілів та їх різноманітних різновидів, наприклад, автомобілів, що працюють на автопілоті, поїздів з окремих вантажівок;

• віртуальний експедитор, заміна експедитори з новим програмним забезпеченням;

• посередництво у формі електронних транспортних бірж;

• IT-додатки та програми для ідентифікації автомобілів, проектування маршрутів, контролю витрати палива – це, звичайно, вже не інновації, а нові рішення, які не функціонували кілька років тому.

У загальний напрямок розвитку логістики вписується можливість ідентифікації та відстеження транспортних засобів у режимі реального часу, а також встановлення GPS-датчиків у всіх транспортних засобах. Доступ для відстеження в режимі реального часу для всіх учасників вантажоперевезень необхідний у зв'язку з необхідністю налагодження прийому та багатьох розвантажувальних операцій, які виконуються «вчасно». З іншого боку, фінансові аспекти також будуть вирішені. Як варіант подальшого напрямку розвитку транспорту в цій сфері є впровадження систем стеження за транспортними засобами та проектування автономних вантажівок, керованих водіями. Колись може статися так, що одна людина за монітором керуватиме окремими вантажівками, які їздять по світу без водіїв.

Висновок. Доступ до поточного відстеження транспортних засобів мають лише власники автопарку або транспортно-експедиційна компанія. Проблемою та прогалиною є відстеження транспортних засобів усіма сторонами конкретного транспортного контракту (власником вантажу, компанією, що надає транспорт, або компанією, якій має бути доставлений вантаж). Дослідження представляє нове рішення – використання центральної телематичної системи для відстеження транспортних засобів у режимі реального часу. Ідея цього рішення полягає в тому, щоб обидві сторони транспортної служби могли ідентифікувати та контролювати транспортування певного вантажу. Це нове рішення, яке використовує зовнішній незалежний

об’єкт, який ідентифікує сигнал GPS транспортної одиниці та, з іншого боку, передає її місцезнаходження. Системи визначення місцезнаходження вказують на місцезнаходження вантажівок, але, на жаль, не кожна сторона, наприклад одержувач, якому має бути доставлено вантаж, може визначити місцезнаходження цих вантажівок.

Транспорт є однією зі сфер, де з економічних та організаційних причин необхідно внести багато змін, таких як зменшення кількості водіїв, забезпечення більш безпечних поїздок, зменшення кількості експедиторів тощо. Ці фактори пов’язані з відсутністю відповідних людей для роботи та висока вартість працевлаштування. Крім того, мета полягає у тому, щоб перевезення здійснювалися якомога безпечніше та економічніше, отже, багато рішень, що знижують витрати на подорожі, і правильна конструкція вантажівок.

Література

1. Клюєв С.О. Формування інформаційного забезпечення вантажних та пасажирських перевезень / С.О. Клюєв, Сігонін А.Є. // Технологія-2024: матеріали міжн. наук.-практ. конф. 24 травня. 2024 р., м. Київ. / укладач Є. І. Зубцов – Київ : Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля, 2024. С. 85-86.

2. Клюєв С.О. Інформаційні технології в телематичних системах на автомобільному транспорті / С.О. Клюєв, Д.В. Ушаков // Науково-технічний прогрес на транспорті : Тези доповідей Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, магістрантів та студентів. Секція "Механіка' 26–30 березня 2018 р. м. Дніпро – Міністерство освіти та науки України, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Дніпро. 2018. С. 29-29.

3. В. С. Волошин, В. М. Колосок, О. В. Амельницька, Я. О. Ходова Сталий розвиток вітчизняних логістичних систем в умовах євроінтеграційних трансформацій [Текст] монографія / ДВНЗ "ПДТУ".Мариуполь : ПДТУ, 2020. 241 с.

4. Straka M. et al. Improvement of logistics in manufacturing system by the use of simulation modelling: A real industrial case study //Advances in Production Engineering & Management. 2020. Т. 15. №. 1.

5. Porubčinová M., Fidlerová H. Determinants of industry 4.0 technology adaption and human-Robot collaboration //Research Papers Faculty of Materials Science and Technology Slovak University of Technology. 2020. Т. 28. №. 46. С. 10-21.

6. Surówka M., Popławski Ł., Fidlerová H. Technical infrastructure as an element of sustainable development of rural regions in małopolskie voivodeship in poland and trnava region in Slovakia //Agriculture. 2021. Т. 11. №. 2. С. 141.

СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АВТОНОМНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ: АНАЛІТИКА ТА КЛЮЧОВІ ГРАВЦІ

Карнатов С.А. – аспірант, *serafim@ukr.net*
Герцій О.А. – к.т.н., доцент., *gertsiy_oa@gsuite.duit.edu.ua*
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

THE STATE AND PROSPECTS OF AUTONOMOUS TRANSPORT VEHICLES: ANALYSIS AND KEY PLAYERS

Karnatov S.A. – postgraduate student, *serafim@ukr.net*
Gertsiy O.A. - *Ph.D.,* associate professor, *gertsiy_oa@gsuite.duit.edu.ua*
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The article examines the current state of development of autonomous transport vehicles (ATVs), analysing the technological approaches and strategic plans of key players such as Tesla, Waymo, and Cruise. Particular attention is paid to innovations in artificial intelligence, computer vision, and data collection that enhance autonomous driving capabilities. The article discusses the prospects of ATVs, their potential to reduce logistics costs, and the necessity of adapting infrastructure. Projections for the coming decades indicate fundamental changes in transportation systems and the need for collaboration between private companies and governmental agencies.*
Keywords*: Autonomous transport vehicles, Tesla, Waymo, Cruise, Artificial intelligence, Robotaxi.*

Актуальність дослідження зумовлена глобальними змінами в транспортній індустрії та впливом технологічного прогресу на наше повсякденне життя. Інновації в галузі автономного водіння можуть значно зменшити кількість дорожньо-транспортних пригод, знизити викиди парникових газів та трансформувати міські простори. У контексті зростаючого інтересу до технологій штучного інтелекту та автоматизації, аналіз діяльності ключових гравців, таких як Tesla, Waymo та Cruise, дозволяє краще зрозуміти майбутнє цієї галузі.

Метою роботи є огляд сучасного стану автономних транспортних засобів (АТЗ), дослідження основних технологічних досягнень та підходів провідних компаній, таких як Tesla, Waymo і Cruise, а також визначення перспективи розвитку цієї галузі. Робота спрямована на розуміння того, як інновації в штучному інтелекті, комп'ютерному баченні та сенсорних технологіях впливають на майбутнє транспортної індустрії та як ці зміни можуть вплинути на міське середовище, логістику та інфраструктуру.

Tesla є однією з провідних компаній у галузі розробки АТЗ і використовує інноваційні підходи для впровадження цієї технології у свої електромобілі. Значна увага приділяється розробці та вдосконаленню програмного забезпечення (ПЗ) для автономного керування. Основні елементи цього ПЗ:

Комп'ютерне бачення: Алгоритми комп'ютерного бачення аналізують зображення з камер, визначають об'єкти, їхню відстань, швидкість і траєкторію. Це дає змогу автомобілю розуміти оточення та робити прогнози.

Штучний інтелект (ШІ) і нейронні мережі: Tesla використовує нейронні мережі для навчання автомобілів автономному керуванню. Дані, зібрані з мільйонів автомобілів Tesla по всьому світу, обробляються та використовуються для вдосконалення моделей ШІ.

Збір і аналіз даних: Tesla має доступ до величезної кількості даних, отриманих від автомобілів у реальному часі. Це дозволяє швидко виявляти проблеми, покращувати алгоритми автономного водіння та постійно оновлювати ПЗ.

Навчання нейронних мереж: Tesla використовує потужні обчислювальні кластери для навчання нейронних мереж на основі даних з реального світу. Наприклад, система отримує інформацію про те, як автомобілі взаємодіють із складними ситуаціями на дорогах (наприклад, з пішоходами, велосипедистами, іншими транспортними засобами) і використовує ці дані для підвищення точності розпізнавання. Tesla розробляє власний суперкомп'ютер Dojo, який покликаний пришвидшити навчання нейронних мереж. Ця система має стати однією з найпотужніших у світі для обробки великих обсягів даних і навчання ШІ.

Tesla Vision: Перехід на систему "Tesla Vision" означає, що автомобілі Tesla покладаються лише на камери і комп’ютерне бачення без допомоги радарів. Це рішення базується на ідеї, що візуальне сприйняття є більш природним і точним методом розпізнавання оточення, схожим на те, як бачать люди. Використовуючи лише камери, Tesla оптимізує алгоритми для точнішого і стабільнішого автономного керування [1].

АТЗ компанії Tesla наразі досягають 3-го рівня автономності, але компанія працює над досягненням 4-го рівня. На сьогодні водії мають залишатися пильними і бути готовими взяти керування на себе в будь-який момент. Але мета компанії - досягти повної автономії (5-й рівень), при якому автомобіль не потребуватиме втручання людини.

Компанія заявляє про плани впровадження цілої мережі роботаксі, що функціонуватиме на базі електромобілів Tesla, і вже анонсувала нові автономні моделі, як-от Cybercab — безпілотне таксі, яке не має керма та педалей. Окрім цього, Tesla планує створити Robovan, що зможе виконувати функції як для

перевезення людей, так і для логістичних задач, розширюючи застосування автономних транспортних засобів для різних цілей [2].

Waymo, дочірня компанія Alphabet Inc., є одним з провідних гравців на ринку автономних транспортних засобів (АТЗ). Заснована як частина проекту Google Self-Driving Car, Waymo має на меті розробку і впровадження автономного водіння з високим рівнем безпеки. Її стратегія базується на всебічному використанні передових технологій, таких як LIDAR, радари, камери та потужні алгоритми штучного інтелекту для забезпечення високого рівня автономності.

Штучний інтелект і навчання Waymo використовує потужні алгоритми глибокого навчання для прогнозування поведінки інших учасників дорожнього руху. Компанія зібрала мільярди кілометрів даних із тестувань на дорогах і віртуальних симуляціях. Штучний інтелект дозволяє автомобілю адаптуватися до різних сценаріїв, враховуючи як типові, так і рідкісні ситуації.

Waymo має найбільший досвід у тестуванні автономних транспортних засобів. Її безпілотні автомобілі вже пройшли мільйони кілометрів на дорогах загального користування у таких містах, як Фінікс (Арізона), Сан-Франциско (Каліфорнія) та Остін (Техас). У деяких з цих місць Waymo вже пропонує комерційні послуги роботизованих таксі (Waymo One), де автомобілі без водіїв надають транспортні послуги пасажирам.

Компанія зробила значний акцент на тестуванні в умовах міського середовища, де існує велика кількість змінних: пішоходи, тісний трафік, складна структура доріг тощо. Це дозволило Waymo оптимізувати роботу свого програмного забезпечення для різних дорожніх умов. Безпека залишається пріоритетом компанії, і системи Waymo розроблені таким чином, щоб зменшити ризики аварій.

Waymo прагне розширити масштаби комерційного використання своїх технологій. Компанія планує запустити автономні вантажівки (Waymo Via) для вантажоперевезень, що дозволить ефективно знизити витрати на логістику. Ця стратегія направлена на вирішення проблем ланцюжків постачання, особливо у світлі глобальних логістичних викликів.

У порівнянні з конкурентами, такими як Tesla, Waymo використовує більш комплексний підхід до безпеки, комбінуючи кілька типів сенсорів і покладаючись на LIDAR. Tesla, навпаки, зосереджується на камерах та комп'ютерному зорі, що іноді критикується за недостатню ефективність у деяких сценаріях. Компанії, як-от Cruise, також активно тестують автономні таксі, проте Waymo має значну перевагу завдяки масштабам і обсягу зібраних даних.

Cruise, дочірня компанія General Motors, є одним із провідних гравців у галузі автономних транспортних засобів (АТЗ), особливо завдяки своїй послузі роботаксі. У 2023 році компанія досягла помітного прогресу, але також зіштовхнулася із серйозними випробуваннями. У жовтні 2023 року сталася резонансна подія: пішохода, якого спочатку збив водій звичайного авто, згодом захопило під корпус автомобіля Cruise, який не зміг відповідно зреагувати. Це призвело до того, що Департамент транспортних засобів Каліфорнії (DMV) призупинив ліцензії Cruise на безпілотні операції. Розслідування показало недоліки в комунікації та управлінні компанії, зокрема недостатню прозорість у взаємодії з регуляторами. У відповідь на критику Cruise здійснила кадрові зміни, ввела нову посаду головного спеціаліста з безпеки та оновила програмне забезпечення, щоб уникнути подібних інцидентів. Проблеми змусили Cruise переглянути свої підходи. Через необхідність значних інвестицій і потенційне скорочення фінансування з боку General Motors компанія розглядає можливості співпраці з іншими гравцями на ринку. Схожі угоди, як-от партнерство Waymo з Uber, стали прикладом для Cruise [3].

Висновок. Очікується, що в найближчі десятиліття автономні транспортні засоби змінять структуру міст, знизять потребу у власних авто та зроблять транспортні послуги більш доступними. Проте залишаються значні виклики: правові питання, етичні дилеми, безпека даних і необхідність створення сучасної інфраструктури для забезпечення надійного зв’язку та навігації.

Tesla, з її амбіціями створити глобальну мережу роботаксі, може стати піонером нових транспортних моделей. Однак конкурентам, таким як Waymo і GM, належить значна частка ринку завдяки різноманітним підходам до розвитку технологій. Зростаюча конкуренція та співпраця з державними структурами можуть стати ключем до ефективного впровадження автономного транспорту [4].

Л і т е р а т у р а

1. AutoPilot Review editorial team (2024). Tesla Autonomous Full Self-Driving Capabilities in 2024. Retrieved from: https://www.autopilotreview.com/tesla-autonomous-full-self-driving/

2. Kristian McCann (2024). Tesla Cybercab: Advancing AI-Driven Autonomous Vehicles. Retrieved from: https://aimagazine.com/articles/teslas-cybercab-robotaxi-using-ai-for-autonomous-vehicles

3. Self Drive News editorial team (2024). Cruise Incident Report Analysis. Retrieved from: https://selfdrivenews.com/cruise-incident-report-analysis/

4. Jessie Shen (2024). Tesla FSD technology advances but faces challenges. Retrieved from: https://www.digitimes.com/news/a20241024PD204/tesla-technology-fsd-autonomous-driving-worldwide.html

ДОСЛІДЖЕННЯ І АНАЛІЗ РОБОТИ КОЛЕКТОРНИХ МАШИН ЛОКОМОТИВІВ

Козаков А.А. – магістрант, *kozakov_aa@gsuite.duit.edu.ua*
Іванченко С.С. – аспірант, *sivanchenko91@gmail.com*
Співак О.М. – к.т.н., доцент, *alexspi@ukr.net*
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

ADDITIONAL ENGINEERING AND ANALYSIS OF ROBOTS OF LOCOMOTIVE VEHICLES

Kozakov A. – master's student, *kozakov_aa@gsuite.duit.edu.ua*
Ivanchenko S – graduate student, *sivanchenko91@gmail.com*
Spivak A. – Ph.D., Associate Professor, *alexspi@ukr.net*
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract*. The main fleet of locomotives in operation on the railways of Ukraine are diesel locomotives and electric locomotives of the last generation. The long life of these locomotives and large volumes of produced series made it possible to obtain reliable and economical machines that fully satisfy the conditions of train work. During repair, modernization of systems and units of locomotives is carried out, which allows them to be operated for a long time. As traction engines in the traction drive of locomotives on the railways of Ukraine, collector engines are widely used, which require careful technical and repair maintenance.*
Keywords*: collector, commutation, neutral, reliability*

Актуальність дослідження. Як базові локомотиви на залізницях України найбільш поширені тепловози з електричною передачею змінно-постійного струму (серій 2ТЭ116, ТЭП70 і ТЭМ7) і електровози постійного і змінного струму ВЛ10 і ВЛ80С.

Найпоширенішими електродвигунами на рухомому складі залізниць на сьогоднішній день є тягові двигуни постійного та пульсуючого струму. Перевагою таких тягових двигунів є простота схеми керування потужністю. Це дає змогу електровозам працювати в режимі тяги, а також використовувати електродинамічне, реостатне та рекуперативне гальмування. Оскільки електричні машини постійного струму з послідовним збудженням мають високий пусковий момент, локомотиви з такими тяговими двигунами забезпечують максимальне тягове зусилля під час рушання з місця. Такі тягові двигуни встановлюють на вантажних локомотивах, де цей фактор найбільш важливий.

Електричні машини рейкового транспорту піддаються впливу вібрацій, значних перепадів температури, пилу, високої вологості, нестабільної напруги живлення і динамічних компонентів, тому колекторні двигуни потребують ретельного технічного і ремонтного обслуговування.

Метою роботи є забезпечення надійності і ефективності експлуатації тягових колекторних електродвигунів за рахунок підвищення якості їх ремонту, діагностики, перевірок і регулювань.

Дослідження і аналіз роботи колекторних машин локомотивів

В залежності від роду струму, типу передач, роду роботи і осьовим характеристикам на ЕРС в даний час використовують колекторні тягові двигуни постійного, пульсуючого струму.

Основними факторами, що визначають умови експлуатації тягових електродвигунів ЕРС, є динамічні сили, які викликають високі механічні навантаження і мають безпосередній вплив на стан двигуна.

Електродвигуни безперервно експлуатуються в таких режимах, як тяга і рекуперативне гальмування, в різні пори року і в різних температурних діапазонах, що з часом може викликати різні пошкодження.

Також на пошкодження ТЕД впливає знос полотна колії і стрілочного переводу, що викликає додаткову вібрацію, удари і перевантаження через втрату зчеплення колеса з рейкою. Під впливом динамічних сил болти, якими підшипникові щити кріпляться до остова двигуна, можуть ослабнути. У міру ослаблення полюсів повітряний зазор між осердям полюса і якорем зменшується, що погіршує роботу колекторного вузла.

Динамічні впливи також можуть призвести до тріщин в підшипникових щитах, що може призвести до серйозних аварій.

За статистичними даними виділяють три основні ознаки несправності та пошкодження колекторного тягового двигуна:

– порушення ізоляції обмотки якоря і полюсів;

– перекидання і круговий вогонь на колекторі через незадовільну комутацію в щітково-колекторному вузлі;

– пошкодження підшипників якоря двигуна, що веде до блокування колісних пар.

Одним із факторів, що впливають на роботу колекторного тягового двигуна, є точність установки щіток на колекторі за допомогою спеціального пристрою, який зветься поворотною траверсою і яка визначає задовільну роботу щітково-колекторного вузла і двигуна в цілому. Неправильне розташування щіток на колекторі викликає невідповідність швидкісних характеристик, що призводить до підвищеного зносу щіток і колекторів і сприяє виникненню кругового вогню.

В колекторних електричних машинах існує два технічні поняття, з якими пов’язують розташування, і як слідство настройку правильності комутації в щітково-колекторному вузлі електричної машини. Це, так звані, геометрична та фізична нейтралі. Існує кілька способів встановлення щіток у нейтральне положення. В одному з них, коли машина працює в режимі генератора на холостому ходу, нейтральне положення щіток визначається максимальною напругою колектора. За іншого способу машина працює в режимі двигуна на холостому ходу. Якщо швидкість не змінюється під час реверсу, щітки вважаються встановленими в геометричну нейтраль.

Для контролю нейтрального положення щіток можна також використовувати спеціальний пристрій. Принцип дії цього пристрою заснований на трансформаторному з'єднанні між обмоткою головного полюса і якорем.

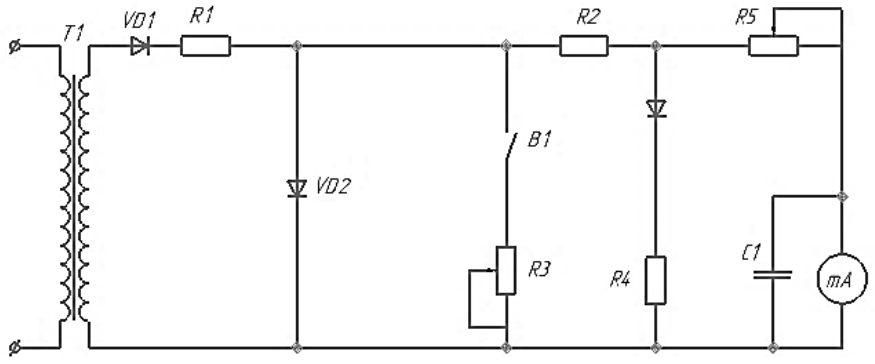
Пристрій для встановлення щіток у нейтральну точку містить у собі вимірювач напруги (ВН) і джерело живлення, як показано на рис. 1 а,б.

Для підвищення чутливості на ВН установлено підвищувальний трансформатор Т1 з коефіцієнтом трансформації 25, який компенсує падіння напруги на діоді VD1. Діоди VD2 і VD3 увімкнено для надання схемі лінійної характеристики ВН. Вимірювальний механізм являє собою мікроамперметр зі 100 поділками і додатковими резисторами Rl, R2 і R5.

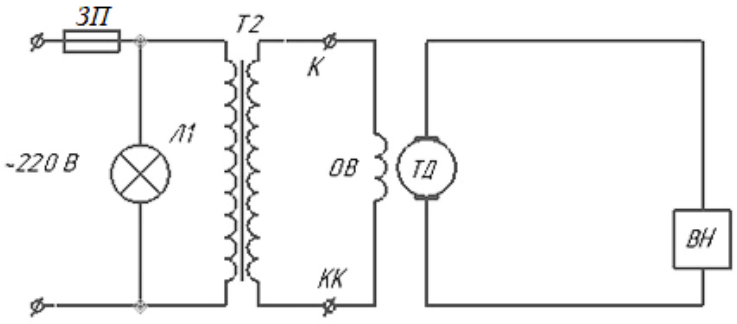
Перемикаючи перемикач П1 і змінюючи опір резистора R3, можна змінювати межі вимірювання. Коли перемикач П1 вимкнений, діапазон вимірювання становить від 0 до 100 мВ, що відповідає ціні поділки 1 мВ/под; коли він увімкнений, діапазон вимірювання розширюється до 0,5 В, що відповідає ціні поділки 5 мВ/под.

На рис.2 показано залежність наведеної ЕРС від зміщення щіток щодо нейтралі для двигуна НБ-418К.

Аналогічна форма кривої індукованої ЕРС характерна і для інших типів двигунів. Мінімальне значення ЕРС вказує на те, що щітки встановлені на геометричній нейтралі.



а



б

Рисунок 1 – Схема приладу налаштування щітково-колекторного вузла тягового двигуна; а – схема виміру напруги; б – схема підключення приладу до досліджуваного двигуна

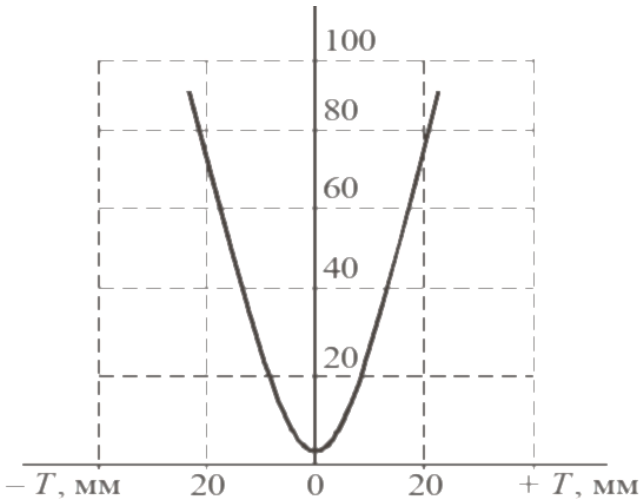


Рисунок 2 – Залежність ЕРС обмотки якоря від зміщення щіток T

Висновок. Експлуатація тягових двигунів з великим строком використання на рухомому складі залізниць потребує нових сучасних методів контролю та діагностики їх стану під час ремонту. Для контролю положення щіток на геометричній нейтралі рекомендовано використання запропонованого пристрою.

Література

1. Проєктування електричних машин : навч. посіб. / Д.В. Ципленков, В.Б. Іванов, О.В. Бобров, В.В. Кузнецов, В.В. Артемчук, М.О. Баб'як; нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». Дніпро: НТУ «ДП», 2020. 408 с.

2. Осташевський М.О., Юр'єва О.Ю., за ред. В. І. Мілих. Електричні машини і трансформатори : навч. посіб. / Харків : ФОП Панов А. М., 2017. 317 с.

3. Калиниченко Ю.С. Тягові електричні машини. Двигуни постійного струму : навч. посіб. / Ю.С. Калиниченко, А.І. Кузнецов. Харків: ХНАМГ, 2004. 218 с.

4.Технічне діагностування, випробування та вимірювання електрообладнання в умовах монтажу, налагоджування і в експлуатації. Частина 1./ Р.М. Гобрей, О.Є. Рубаненко та ін. К.: «ДПНТУКЦ», 2008. 524 с.

ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Комарова Г. Л. – к.т.н.,доц., komarova@kart.edu.ua
Волошина Л.В. – к.т.н., ст..викладач vol@kart.edu.ua
Чичин Є.В. – бакалаврант, chichin@kart.edu.ua
Український державний університет залізничного транспорту
Україна м. Харків

IMPLEMENTATION OF INNOVATIVE QUALITY CONTROL METHODS IN THE CONTEXT OF DIGITALIZATION OF PRODUCTION PROCESSES IN RAILWAY TRANSPORT

Komarova H. L . – Ph.D., associate professor, komarova@kart.edu.ua
Voloshyna L.V. – Ph.D., Senior Lecturer, vol@kart.edu.ua
Chichin E .V. – bachelor's student, chichin@kart.edu.ua
Ukrainian state university of railway transport
Ukraine, Kharkiv

Abstract. *This work examines the implementation of innovative quality control methods in the context of digitalization of production processes in railway transport. The focus is on the use of modern technologies such as artificial intelligence, the Internet of Things, and big data to enhance efficiency, safety, and quality. Examples of successful implementation of digital solutions, such as digital twins, 3D scanning, and predictive analytics, are described. The prospects for development, including automation, robotics, and maglev trains, are also considered.*
Keywords*: digitalization, quality control, artificial intelligence (AI), Internet of Things (IoT), big data, railway transport, automation, robotics, digital twins, 3D scanning, predictive analytics*

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю впровадження сучасних технологій, таких як штучний інтелект, Інтернет речей та великі дані, для підвищення ефективності, безпеки та якості залізничних перевезень.

Метою цього дослідження є вивчення та впровадження інноваційних методів контролю якості в умовах цифровізації виробничих процесів у залізничному транспорті.

Цифровізація виробничих процесів є одним з ключових аспектів Четвертої промислової революції (Industry 4.0). Сучасна економіка вимагає від підприємств адаптації до стрімких технологічних змін, зокрема в сфері контролю якості. Цифровізація виробництва супроводжується використанням інноваційних технологій, таких як штучний інтелект (AI), Інтернет речей (IoT), та великі дані (Big Data). Інтеграція цих технологій у системи контролю якості

дозволяє автоматизувати процеси, знижувати ризик помилок та підвищувати ефективність управління виробництвом [1].

Четверта промислова революція кардинально змінює підхід до управління якістю. Традиційні системи контролю стають недостатньо ефективними через підвищення складності процесів та обсягів виробництва. Потреба в інтеграції цифрових технологій, які можуть забезпечити точність, швидкість та прозорість моніторингу якості, стає критично важливою для збереження конкурентоспроможності на ринку. Особливо актуально це для великих підприємств, де втрата якості може призвести до серйозних фінансових збитків.

Одним з найважливіших напрямків цифровізації в контролі якості є використання технологій штучного інтелекту та машинного навчання. AI дозволяє аналізувати величезні обсяги даних, що створюються під час виробництва, та визначати потенційні дефекти ще до їх виникнення. Використання машинного навчання допомагає виявляти приховані закономірності, що дозволяє прогнозувати несправності обладнання або відхилення у якості продукції. Інтернет речей (IoT) дозволяє підключати до мережі різноманітні пристрої, що збирають дані в режимі реального часу. Це дає змогу створювати систему постійного моніторингу всіх етапів виробництва, яка виявляє проблеми в процесі їх виникнення. Аналіз великих даних (Big Data) надає інструменти для глибшого розуміння факторів, що впливають на якість продукції, та оперативного коригування процесів.

Системи управління якістю на підприємствах часто базуються на міжнародних стандартах, таких як ISO 9001 [2]. Однак, цифровізація виробництва вимагає перегляду стандартів та оновлення існуючих підходів. Використання новітніх технологій передбачає інтеграцію цифрових рішень у стандартизацію процесів. Наприклад, для впровадження IoT та AI потрібні нові стандарти, що регулюють використання даних та їх захист. Оновлення міжнародних стандартів має враховувати специфіку нових технологій, їх вплив на якість та можливості інтеграції у сучасні системи. Окрім ISO 9001, важливим є використання стандартів, таких як ISO/IEC 27001 для забезпечення кібербезпеки в цифрових системах управління якістю [3].

Серед успішних прикладів впровадження цифрових рішень для контролю якості можна навести такі технології, як 3D сканування, цифрові близнюки та предиктивна аналітика. 3D сканування дозволяє проводити точну перевірку геометрії деталей і порівнювати їх з цифровими моделями. Цифрові близнюки – це точні цифрові копії фізичних об’єктів або процесів, які допомагають відстежувати зміни та прогнозувати можливі збої у системах. Предиктивна аналітика, що базується на обробці великих обсягів даних, дозволяє виявляти приховані тенденції та потенційні проблеми ще до їх появи. Це допомагає

значно знижувати ризик браку та збоїв у виробництві, забезпечуючи високу якість продукції.

Цифровізація виробничих процесів у залізничному транспорті відкриває нові можливості для контролю якості та підвищення ефективності. Штучний інтелект може аналізувати великі обсяги даних, зібраних з різних сенсорів на поїздах та інфраструктурі, для виявлення потенційних проблем до їх виникнення. Машинне навчання допомагає прогнозувати несправності обладнання, що дозволяє проводити профілактичне обслуговування та знижувати ризик аварій. Інтернет речей дозволяє здійснювати постійний моніторинг стану поїздів та інфраструктури, виявляючи проблеми на ранніх стадіях. Сенсори на залізничних шляхах та поїздах збирають дані про вібрації, температуру, знос деталей тощо, що допомагає вчасно реагувати на відхилення. Аналіз великих обсягів даних дозволяє виявляти закономірності та тенденції, що впливають на якість та безпеку залізничного транспорту, а також оптимізувати маршрути, розклад руху та технічне обслуговування.

Приклади впровадження цифрових рішень у залізничному транспорті включають створення цифрових близнюків поїздів та інфраструктури для моделювання різних сценаріїв та прогнозування можливих збоїв, використання 3D сканування для точної перевірки геометрії деталей та порівняння їх з цифровими моделями [4], а також предиктивну аналітику для прогнозування відмов обладнання та планування технічного обслуговування. Цифрові близнюки дозволяють відстежувати зміни в реальному часі та оперативно реагувати на них, а 3D сканування допомагає виявляти знос деталей та проводити їх своєчасну заміну. Аналіз даних дозволяє знижувати ризики браку та збоїв у виробництві, забезпечуючи високу якість продукції.

Автоматизація та роботизація також відіграють важливу роль у залізничному транспорті. Автоматизовані системи управління рухом поїздів зменшують людський фактор, підвищують точність розкладів та знижують ризик аварій. Роботизовані системи обслуговування можуть виконувати технічне обслуговування поїздів та інфраструктури, що знижує витрати та підвищує ефективність. Кібербезпека стає критично важливою зі збільшенням кількості підключених пристроїв та систем. Використання стандартів, таких як ISO/IEC 27001, допомагає забезпечити захист даних та систем від кіберзагроз. Постійний моніторинг та аналіз кіберзагроз дозволяє вчасно виявляти та реагувати на потенційні атаки.

Енергоефективність та екологічність також є важливими аспектами цифровізації залізничного транспорту. Перехід на електричні поїзди знижує викиди CO_2 та підвищує енергоефективність. Використання відновлюваних

джерел енергії, таких як сонячні панелі, для живлення залізничної інфраструктури сприяє зниженню впливу на навколишнє середовище.

Високошвидкісні поїзди, такі як Shinkansen в Японії та TGV у Франції, демонструють високий рівень ефективності та комфорту для пасажирів. Використання передових технологій дозволяє досягати швидкостей понад 300 км/год. Системи управління рухом, такі як ERTMS (Європейська система управління рухом поїздів) та CBTC (Система управління рухом на основі зв'язку), підвищують безпеку та ефективність залізничного транспорту.

Висновки. Впровадження інноваційних методів контролю якості в умовах цифровізації виробничих процесів у залізничному транспорті дозволяє підвищити ефективність управління, знизити витрати та мінімізувати ризики. Це сприяє підвищенню безпеки та якості послуг, що надаються, а також забезпечує конкурентоспроможність на ринку. Залізничний транспорт стає більш екологічним, швидким та надійним, що робить його привабливим вибором для пасажирів та вантажовідправників.

Література

1. Allen R. C. The British Industrial Revolution in Global Perspective. Cambridge Journal of Economics.2010. Vol. 34, no. 1. P. 73-93.

2. ДСТУ ISO 9001:2015 Системи управління якістю. Вимоги (ISO 9001:2015, IDT) [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=64013

3. ДСТУ EN ISO/IEC 27001:2022 Інформаційні технології. Методи захисту. Системи управління інформаційною безпекою. Вимоги (EN ISO/IEC 27001:2017, IDT; ISO/IEC 27001:2013 including Cor 1:2014 and Cor 2:2015, IDT) [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=100059

4. Комарова Г.Л., Сергєєв Д.М. Впровадження 3D метрологічного контролю при виробництві прецизійних корпусних деталей. Якість, стандартизація, контроль: теорія та практика: Матеріали 23-ї Міжнародної науково-практичної конференції, 27–28 вересня 2023 р. Київ: АТМ України, 2023. с.37-40.

ВИПРОБУВАННЯ ІЗОЛЯЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН ІМПУЛЬСНИМ МЕТОДОМ

Кривопалов В.О. – магістрант, kriwopalov@ukr.net
Дубравін Ю.Ф. – к.т.н., доц., , dubravin_yf@gsuite.duit.edu.ua
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

INSULATION TESTING OF ELECTRICAL MACHINES BY THE PULSE METHOD

Krivopalov V.O. – master's student, kriwopalov@ukr.net
Dubravin Y.F. – Associate professor, dubravin_yf@gsuite.duit.edu.ua
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The paper deals with the diagnostics of the technical condition of the insulation of electrical machines using the method of impulse overvoltage. The high-voltage direct current test implements a method of non-destructive evaluation of the electrical strength of the insulation dielectric relative to the body and does not allow detecting inter-turn short circuits. In real operating conditions, as a result of switching in power circuit elements and converters, voltages are applied to the machine windings, including a wide range of frequencies and their levels. The efficiency of diagnostics can be increased by using a series of high-voltage pulses. In the process of opening the pulse current circuit that feeds the winding during the test, a switching transient occurs. The analysis of the transient allows us to draw a conclusion about the level of defectiveness, as well as the need for repair.*
Keywords: *electric machines, winding diagnostics, turn insulation, switching process*

Актуальність дослідження. Проблема надійності електричних машин різко загострилася у зв'язку зі старінням матеріалів та зносом вузлів. Проведений аналіз відмов ЕРС свідчить, що відмови тягових електричних машин (ЕМ) є однією із основних причин зниження рівня надійності тягового рухомого. Моніторинг та діагностика ЕМ дає змогу своєчасно виявляти погіршення стану ізоляції ЕМ та їх підшипників з метою недопущення відмов в процесі експлуатації.

Метою роботи є аналіз методів діагностики стану ізоляції ЕМ в процесі їх роботи, вибір простого, надійного методу для виявлення дефектів в ізоляції як при випуску з ремонту так і в процесі експлуатації.

Матеріали дослідження. На обмотки і особливо на їх ізоляцію у процесі експлуатації діють електромагнітні сили, вібрація, температура довкілля та інші чинники. Спільна дія перерахованих вище факторів призводить до незворотних процесів зміни структури та хімічного складу ізоляції, тобто до старіння

ізоляції. В процесі тривалої експлуатації дефекти часто проявляються у вигляді ушкодження виткової ізоляції, що значно скорочує термін їх служби. Складність процесів, які відбуваються при старінні ізоляції ЕМ, зумовлює використання значної кількості методів діагностики та контролю ряду параметрів [1].

Проблема діагностики ЕМ полягає в необхідності створення простого, універсального методу визначення технічного стану електродвигунів в процесі експлуатації безпосередньо на ЕРС або при ремонті без транспортування їх на спеціалізовані стенди. Своєчасне виявлення пошкодження засобами діагностики дозволить уникнути подальшого розвитку процесу, зменшити час відновлення, скоротити витрати на обслуговування, уникнути простоїв ЕРС на непланових ремонтах. Найбільш поширеним при експлуатації ЕМ є метод неруйнівної оцінки електричної міцності діелектрика ізоляції відносно корпусу випробуванням постійним струмом високої напруги.. За допомогою випробування постійним струмом високої напруги можна здійснювати моніторинг опору, струму витоку та діелектричної міцності ізоляції. Перевірка постійним струмом високої напруги використовується для перевірки факту, що ізоляція не руйнується при поданій величині напруги. Напруга випробування повинна бути нижче, ніж номінальна електрична міцність діелектрика ізоляції.

Цей метод достатній для випробування ізоляції обмотки відносно корпусу машини, але не дозволяє виявити дефекти між витками та фазами. Випробування імпульсними перенапругами дають можливість виявити ранні стадії порушень ізоляції в обмотках такі як між котушкові порушення, короткі замикання, заземлення, неправильне з'єднання і неправильний відлік витків [2,3]. Під час випробування імпульсними перенапругами короткі імпульси напруги подають на обмотку, щоб створити градієнт напруги по довжині провода в обмотці та між витками. В період часу між імпульсами в обмотці виникає затухаючий хвильовий спектр, який буде унікальним для кожної обмотки. Хвильовий спектр, що спостерігається під час імпульсних випробувань залежить в основному від індуктивності обмотки. Індуктивність обмотки L та ємність C кола живлення та обмотки створюють коливальний контур з частотою коливань $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$.

Згідно формулі при знижені індуктивності частота буде зростати. Випробування імпульсними перенапругами можна виявити дефект між витками, що зумовлений слабкою ізоляцією. Якщо напруга перевищує електричну міцність діелектрика ізоляції витка, то один або декілька витків можуть бути закорочені. Під час комутаційних процесів відбувається зменшення числа витків в котушці , що приведе до зниження індуктивності

котушки і підвищенню частоти хвильового спектру випробування імпульсною перенапругою. Напруга або амплітуда хвильового спектру при цьому також знизиться внаслідок зниження індуктивності котушки з дефектом між витками. Напруга пропорційна індуктивності та швидкості (t) зміни струму (i) . При порушені ізоляції між витками зменшується індуктивність та збільшується частота хвильового спектру. Крім того при наявності часткового розряду спектр стає нестійким. Зниження індуктивності може відбутись також внаслідок між фазних дефектів, неправильного з'єднання, обриву провідників.

Випробування імпульсними перенапругами частіше всього використовується для випробування міжвиткової ізоляції котушок або окремих обмоток. Випробування імпульсними перенапругами використовуються також для порівняння нових обмоток зі стандартними обмотками для забезпечення їх відповідності. Цим методом можна виявити також пошкодження або ослаблення основної ізоляції, в залежності від того, куди подається напруга. Подаючи напругу між обмоткою і магнітопроводом, можна оцінити основну ізоляцію. Форма і кількість коливань залежать від стану ізоляційної системи. Для імпульсного методу було розроблено тестер, який дозволяє генерувати хвилю напруги в досліджуваній обмотці.

На екрані цього приладу відображається реакція системи RLC обмотки на збудження таким імпульсом. Напруга подається на обмотку, що тестується, від зарядженого конденсатора. В період часу після подачі імпульсу в обмотці виникає затухаючий хвильовий спектр, унікальний для кожної обмотки. Осцилограми окремих фаз обмотки записуються і порівнюються між собою. Будь-яка аномалія в системі ізоляції обмоток проявляється зміною частоти і декременту загасання затухаючої хвилі. Випробування імпульсними перенапругами дають можливість виявити ранні стадії порушень ізоляції в обмотках такі як між котушкові порушення, короткі замикання, заземлення, неправильне з'єднання і відмінність в кількості витків. Тестер дає можливість виявляти дуже малі відмінності при випробуваннях імпульсними перенапругами, що свідчить про його чутливість до любих дефектів в обмотках. За допомогою тестера одночасно відображаються хвильові спектри двох окремих випробувань імпульсними перенапругами.

- Якщо в результаті випробування імпульсними перенапругами двох обмоток спостерігається один хвильовий спектр (рис.1), то випробовувані фази являються рівними по своїй індуктивності, тобто вважаються якісними.
- Якщо при двох однакових випробуваннях імпульсними перенапругами спостерігається два хвильових спектра, то випробовувані фази мають різні індуктивності. Можливо одна з обмоток має закорочені витки, знижену індуктивність і інший хвильовий спектр (рис.2).

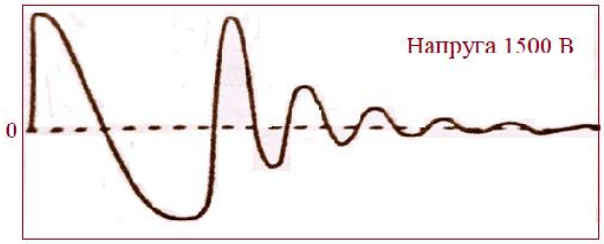


Рисунок 1– Хвильовий спектр при відсутності дефектів

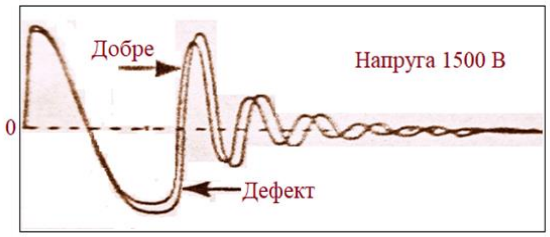


Рисунок 2– Хвильовий спектр (правий) при наявності дефекту

Висновок. Метод випробування обмоток ЕМ імпульсними перенапругами є найбільш простий і надійний та дає можливість виявляти дуже малі відмінності в котушках шляхом порівняння їх хвильових спектрів. Це дає змогу вчасно виявляти дефекти в обмотках та знизити збитки від пошкоджень ЕМ в експлуатації.

Література

1.Decner, A., Baranski, M., Jarek, T., & Berhausen, S. (2022). Methods of diagnosing the insulation of electric machines windings. Energies, 15(22), 8465. Декнер А., Баранski М., Ярек Т. и Берхаузен С. (2022). Методы диагностирования изоляции обмоток электрических машин. Энергии , 15 (22), 8465.

2. Grubic, S., Aller, J. M., Lu, B., & Habetler, T. G. (2008). A survey on testing and monitoring methods for stator insulation systems of low-voltage induction machines focusing on turn insulation problems. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 55(12), 4127–4136. https://doi.org/10.1109/TIE.2008.2004665.

3. Чумак, В. В., Стулішенко, А. С., Цивінський, С. С., & Ігнатьєв, В. О. (2021). Діагностика ізоляції електричних машин з використанням комутаційних процесів. Енергетика: економіка, технології, екологія: науковий журнал, 3. https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/fbd98a31-675b-492e-9a43-c446d4b090f7/content.

ПОРІВНЯЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДРІЗАННЯ ТРУБ РІЗЦЯМИ І ДИСКОВИМИ ФРЕЗАМИ ЗСЕРЕДИНИ І ЗЗОВНІ

Кривошея В.Р. – магістрант, vlad.krivosheya2017@gmail.com
Кузнєцов Ю.М. – д.т.н., проф., info@zmok.kiev.ua
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
Україна, м. Київ

COMPARATIVE RESEARCH OF PIPE CUTTING WITH CUTTERS AND DISC MILLS FROM THE INSIDE AND OUTSIDE

Kryvosheia V.R. – master's student, vlad.krivosheya2017@gmail.com
Kuznetsov Yu. M. – Doctor of Technical Sciences, Professor, info@zmok.kiev.ua
National Technical University of Ukraine
"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The study of pipe cutting with internal and external cutters and disc cutters considers various aspects and parameters taken into account in the comparative analysis of two methods of pipe cutting, including cutting speed, cutting quality, equipment and tooling costs, resources and material losses, accuracy and repeatability, requirements to the preparation of the material, technical limitations, impact on the environment and safety, economic profitability and specificity of specific tasks. This allows you to determine which method and method of cutting pipes best meets the needs and conditions of a particular production or task.*
Keywords: *cutting, pipe, disk cutter, cutter, machine*

Актуальність дослідження. При виробництві деталей з довгомірних труб кінцевою і часто лімітуючою є операція відрізання, тому вибір методу відрізання має велике значення для забезпечення ефективності виробництва і зменшення енергосировинних витрат. На сьогоднішній день існують різні методи відрізання з використанням різних інструментів, технологій та машин. У світовій практиці крім загальноприйнятих методів розрізки (відрізним різцем, дисковою фрезою, стрічковими пилами, абразивними кругами та ін.) дуже широко використовуються також фізико-хімічні методи (електроіскровий, електроконтактний, газовий, анодно-механічний, плазмовий, ультразвуковий, водяним струменем, направленим вибухом тощо) та розрізка пластичним деформуванням (клиновими дисковими, плоскими ножами та ін.). Кожен із цих методів має свої сильні та слабкі сторони та певні обмеження у застосуванні [1,2].

Що до одношпиндельних і багатошпиндельних токарних автоматів найпоширенішим є метод відрізання різцем [1], але в останній час є альтернативою метод відрізання тонкостінною дисковою фрезою, що має свій

привод обертання. Причому відрізання може здійснюватися зсередини чи ззовні, що відповідає різним схемам різання [3-5].

Мета роботи полягає в порівнянні методів відрізання труб різцями і дисковими фрезами зсередини і ззовні для визначення найбільш ефективних підходів виготовлення деталей з труб. Дослідження спрямоване на визначення переваг, недоліків та характеристик кожного методу в різних умовах і для різних завдань. Основні цілі включають вивчення швидкості різання, якості різу, витрат на обладнання та матеріали, впливу на навколишнє середовище та економічної вигідності обох методів в конкретних умовах виробництва.

Для порівняльних досліджень відрізання труб різцями і дисковими фрезами зсередини і ззовні важливо проаналізувати по обраним параметрам різні схеми (рис.1-3).

Обрані наступні параметри:

1. Швидкість різання.
2. Якість відрізання.
3. Точність.
4. Продуктивність.
5. Технічні обмеження.
6. Економічна вигідність.
7. Гнучкість застосування.
8. Довговічність.
9. Екологічність.
10. Безпека.
11. Сумісність та матеріали.

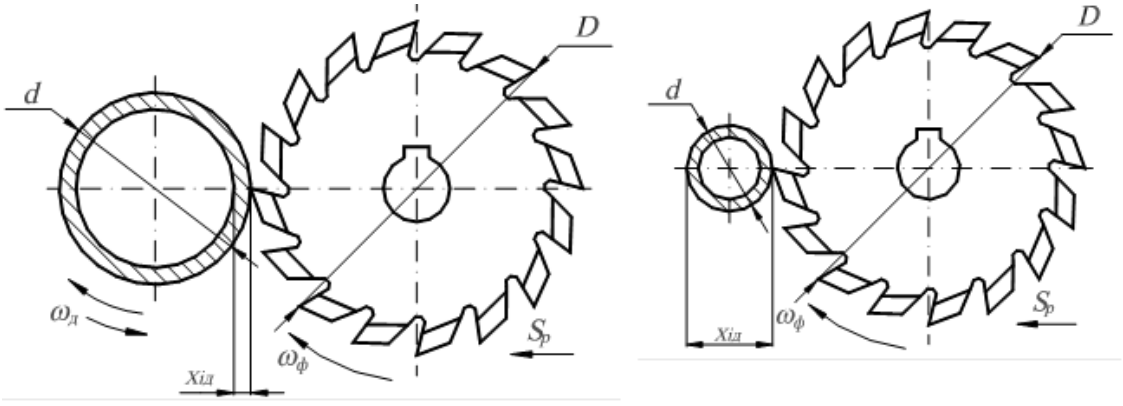


Рисунок 1 – Відрізання дисковою фрезою ззовні

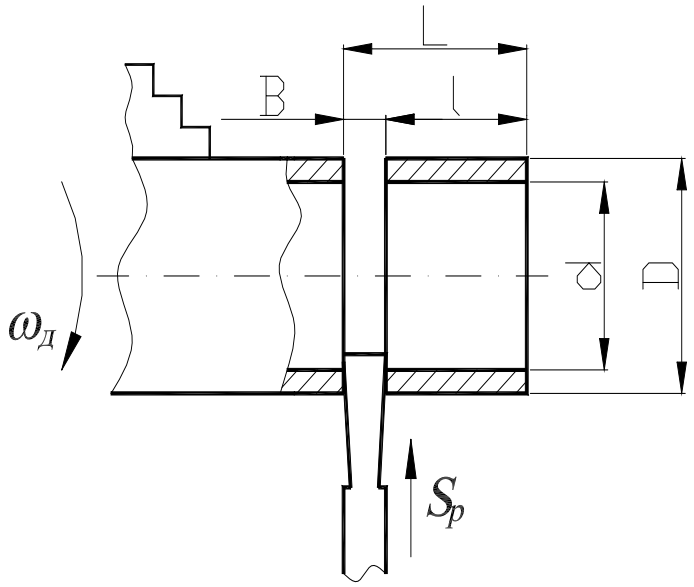


Рисунок 2 – Відрізання різцем ззовні

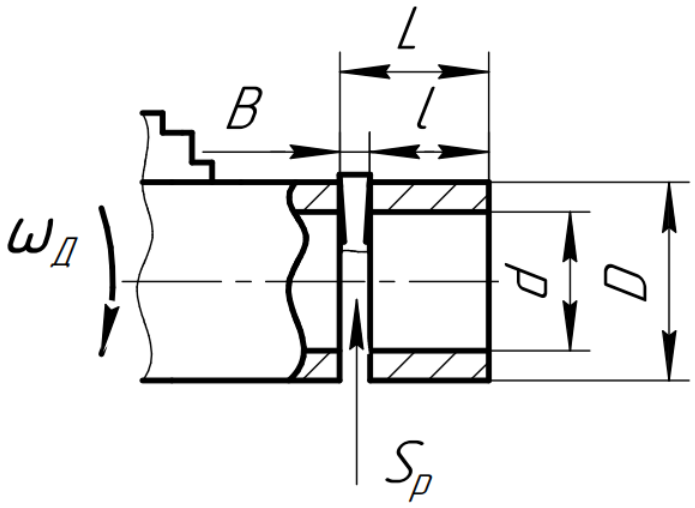


Рисунок 3 – Відрізання різцем зсередини

Висновок. На основі проведеного аналізу отримана інформація, яка допоможе визначити найбільш ефективний метод відрізання труб для конкретних завдань і умов. Також отримані порівняльні дані щодо швидкості різання, якості різу, витрат на обладнання та матеріали, впливу на навколишнє середовище та економічної вигідності для обох методів. Ця інформація стане основою для прийняття обґрунтованих рішень щодо вибору методу відрізання труб у конкретних виробничих умовах і для досягнення оптимальних результатів.

Л і т е р а т у р а

1. Кузнєцов Ю.М., Чікін С.В., Мачуга Р.І. Відрізання прутків і труб: теорія і практика; за ред. Ю.М. Кузнєцова. К.: ТОВ «Гнозіс», 2008. 333с.

2. Sandvik Coromant Ukraine. Отрезка и обработка канавок. *Sandvik Coromant Ukraine*. URL: https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/knowledge/parting-and-grooving/parting-off.

3. Відрізний пристрій для труб : пат. 32270 А Україна : B23B 45/00. № 99020591 ; заявл. 02.02.1999 ; опубл. 15.12.2000. 4 с. URL: https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=67461&chapter=biblio

4. Відрізний пристрій для труб : пат. 152200 Україна : B23B 45/00 B23C 7/00. № u202107025 ; заявл. 08.12.2021 ; опубл. 05.01.2023. URL: https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=283704

5. Пристрій для внутрішнього відрізання труб : пат. 54827 А Україна : B23B 45/00. № 2002043270 ; заявл. 19.04.2002 ; опубл. 17.03.2003. 2 с. URL: https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=60783&chapter=biblio

РЕГУЛЮВАННЯ ВИКИДІВ СУДНОПЛАВСТВА У МЕЖАХ ЄВРОПЕЙСЬКОЇ СИСТЕМИ ТОРГІВЛІ ВИКИДАМИ (EU ETS)

Кручек С.В. **–** бакалаврант, krucheks@gmail.com
Вільшанюк М.С. – старший викладач, maramaxig2406@gmail.com
Навчально-науковий інститут морського бізнесу
Одеського національного морського університету
Україна. м. Одеса

REGULATION OF SHIPPING EMISSIONS WITHIN THE EUROPEAN EMISSIONS TRADING SYSTEM (EU ETS)

Kruchek S.V. – bachelor's student, krucheks@gmail.com
Vilshaniuk M.S. – senior lecturer, maramaxig2406@gmail.com
Educational and Scientific Institute of Marine Business
Odessa National Maritime University
Ukraine, Odesa

Abstract. *The paper analyzes the European Union's Emissions Trading System (EU ETS), which was expanded in 2024 to include maritime emissions, serving as a key regulatory framework for reducing pollution in line with the goals of the Paris Agreement. Ship operators are now required to monitor, report, and purchase allowances for emissions, with penalties for non-compliance. Despite challenges posed by fluctuating carbon prices and confusion around compliance among different stakeholders in the shipping industry, timely adaptation to the EU ETS is essential for long-term sustainability and competitiveness of the companies.*
Keywords: *shipping, emissions, Paris Agreement, EU ETS, carbon pricing, compliance*

Актуальність дослідження зумовлена впровадженням нових регуляторних вимог у рамках Європейської системи торгівлі викидами (EU ETS), розширеної на судноплавство з 2024 року та необхідністю дотримання нових правил задля зменшення викидів парникових газів у морській галузі, яка відповідає за значну частку глобальних викидів щорічно.

Метою роботи є проведення оглядового аналізу системи EU ETS, її впливу на судноплавну галузь, а також проблем та викликів, пов'язаних з адаптацією судноплавних компаній до нових екологічних норм та вимог щодо моніторингу й звітності викидів.

Судноплавна галузь забезпечує близько 80% міжнародної торгівлі, в ній зайнято приблизно два мільйони моряків, і її часто називають одним із найефективніших видів транспорту. Однак будь-які морські перевезення значною мірою залежать від важкого паливного мазуту, який відповідає за близько 3% щорічних глобальних викидів парникових газів. Тому якби судноплавство було країною, його вуглецевий слід був би шостим за величиною у світі. [1]

Наразі існує плутанина щодо того, чи всі викиди судноплавства підпадають під сферу дії Паризької угоди (міжнародний договір щодо протидії глобальному потеплінню, укладений між 196 країнами на Конференції ООН зі зміни клімату 2015 року поблизу Парижа, Франція), оскільки ці викиди здійснюються за межами національних кордонів. Дехто стверджує, що Паризька угода формулює «абсолютне скорочення викидів у масштабах всієї економіки», яке чітко охоплює морський сектор як важливу частину національних економік. Інші, включаючи Міжнародну палату судноплавства, вважають, що судноплавство не підпадає під дію Паризької угоди, оскільки воно конкретно не згадується в договорі. [2]

Втім, юридичний брифінг T&E (European Federation for Transport and Environment) доводить, що, всупереч заявам галузі, судноплавство включене до Паризької угоди. Центральним елементом та метою договору є зниження світової температури. Сторони зобов'язані впроваджувати «загальноекономічні цілі зі скорочення викидів», тож нездатність врегулювати всі антропогенні викиди, включаючи міжнародне судноплавство, порушить головну мету угоди. [3]

Існують різні підходи до вирішення проблеми викидів парникових газів та інших форм забруднення: державне регулювання, технологічні інновації, стандартизація та ціноутворення на викиди. Серед цих варіантів найбільш прийнятним засобом стабілізації клімату на міжнародному рівні є ціноутворення на викиди, як рішення в рамках екологічної економіки.

Одним з основних підходів до ціноутворення на викиди, який привертає найбільшу увагу і впроваджується все частіше, є система обмеження та торгівлі (Cap and Trade). Ця система встановлює ліміт або загальну суму викидів для учасників протягом певного періоду часу. Учасники можуть купувати, використовувати або обмінювати квоти для виконання даних вимог через взаємодію з вуглецевим ринком.

Система торгівлі викидами Європейського Союзу (EU ETS) – це схема торгівлі викидами вуглецю, яка була запроваджена у 2005 році з метою зниження викидів парникових газів у ЄС. З січня 2024 року система була розширена, щоб охопити викиди CO_2 з усіх великих суден (валовою місткістю >5 000 тонн), що заходять у порти ЄС, незалежно від прапора, під яким вони ходять.

EU ETS контролює викиди CO_2 (вуглекислий газ), CH_4 (метан) та N_2O (закис азоту), однак останні два будуть враховані лише з 2026 року. Система охоплює:

1. 50% викидів від рейсів, що починаються або закінчуються за межами ЄС (з можливістю для третьої країни ухвалити відповідні заходи щодо решти частки викидів);

2. 100% викидів між двома портами ЄС і під час перебування суден у портах ЄС.

Викиди від морського транспорту включені в загальний ліміт ETS, який визначає максимальну кількість парникових газів, що можуть бути викинуті в рамках системи. Ліміт з часом зменшується, щоб гарантувати внесок усіх секторів у досягнення кліматичних цілей ЄС. Це має стимулювати енергоефективність, впровадження низьковуглецевих рішень та зменшення різниці в ціні між альтернативними та традиційними видами палива.

Судноплавні компанії повинні купувати та використовувати квоти на викиди в рамках EU ETS за кожну тонну зареєстрованих викидів CO2 (або його еквіваленту). Щоб забезпечити плавний перехід, судноплавні компанії поступово переходять на нові правила:

1. У 2025 році — сплата квот діє лише на 40% викидів, зареєстрованих у 2024 році;

2. У 2026 році — на 70% викидів, зареєстрованих у 2025 році;

3. З 2027 року — на 100% зареєстрованих викидів.

Перший крайній термін для подання звітів — вересень 2025 року в усіх державах-членах щодо викидів, зареєстрованих у 2024 році. [4]

Система EU ETS для мореплавства ґрунтується на положеннях, що застосовуються до інших секторів, та на переглянутому Регламенті ЄС щодо моніторингу, звітності та верифікації для морського транспорту (EU Monitoring, Reporting, and Verification Maritime Regulation).

З 1 січня 2018 року великі судна валовою місткістю понад 5 000 тонн, що здійснюють перевезення у портах Європейської економічної зони (ЄЕЗ), повинні відстежувати та повідомляти про викиди парникових газів.

Основні зобов'язання для судноплавних компаній за даним Регламентом ЄС:

1. Моніторинг: компанії мають відстежувати для кожного судна викиди парникових газів, споживання палива та інші параметри (пройдена відстань, час у морі, дані про вантаж тощо), збираючи щорічні дані для звіту про викиди, який перевіряється акредитованим верифікатором.

2. Звіт про викиди: до 30 квітня кожного року (31 березня з 2025 року) компанії мають подавати через спеціальну платформу THETIS MRV задовільно перевірений звіт про викиди для кожного судна, яке здійснювало діяльність у ЄЕЗ у попередньому році.

3. Документ відповідності: до 30 червня кожного року компанії мають забезпечити наявність на борту документа про відповідність для суден, які у попередньому та теперішньому році відвідують порти ЄЕЗ. [5]

Для спрощення процесів кожна судноплавна компанія має бути закріплена за однією країною-членом ЄС, що означає, що вона матиме зобов'язання щодо відповідності лише одній юрисдикції, навіть якщо це міжнародна компанія. Кожен морський оператор повинен відкрити рахунок у Реєстрі Союзу, що можна порівняти з банківським рахунком, де оператори флоту можуть купувати та зберігати свої квоти на викиди вуглецю.

Компаніям, які не дотримуються своїх зобов'язань, доведеться сплачувати штраф у розмірі 100 євро за тонну еквівалента CO2, і вони все одно будуть зобов'язані придбати необхідні квоти. У разі невиконання зобов'язань протягом двох років, може бути виданий наказ про виключення компанії, що передбачає заборону для суден заходити до портів країн-членів ЄС. [6]

Попри важливість протидії глобальному потеплінню та логічність регуляторної системи, запровадженої ЄС, багато представників судноплавної галузі висловлюють критичні зауваження щодо неї. Найголовнішою проблемою є вартість дотримання вимог EU ETS, особливо через мінливу вартість європейських квот на викиди (EUA). Ціни на EUA можуть різко змінюватися через різні фактори, включаючи нові регуляторні зміни або вплив міжнародних подій, таких як війна в Україні, на енергетичні ринки.

Другою ж проблемою є моделювання викидів для будь-якого рейсу та закупівля потрібної кількості квот для управління ризиками. Деякі фрахтувальники занепокоєні тим, що власники суден отримають EUA безпосередньо від них в останній момент перед кінцевим терміном дотримання вимог, тоді як інші просто хочуть заплатити фіксовану ціну за додаткові витрати, зазвичай у доларах США, які будуть включені в загальну вартість фрахтування. Так як EUA торгуються в євро, знайти конкурентоспроможну ціну для іноді невеликої кількості EUA (відносно типових обсягів транзакцій на оптових ринках EUA) може бути ще однією проблемою. [7]

Висновок. Отже, морська галузь тепер змагається лише з часом, щоб адаптуватися до нових правил EU ETS, які покликані зменшити кількість викидів парникових газів у індустрії. Можна стверджувати, що це не лише питання відповідності новим нормам, а й питання виживання, розвитку та репутації. Компанії, які ефективно адаптуються до цих змін, зможуть бути більш конкурентоспроможними, стійкими та привабливими для інвесторів і клієнтів.

Література

1. Global Maritime Forum. (2024). *Climate action in shipping:2024 edition*. Доступ з: https://assets.ctfassets.net/gk3lrimlph5v/5UZWufFzmqY6YQAJTeUak8/633106d0ab3c08c4e0784f032447a98a/Getting_to_Zero_Coalition_Climate_action_in_shipping_2024_ed..pdf

2. Transport & Environment. (2024). *Climate impact of shipping*. Доступ з: https://www.transportenvironment.org/topics/ships/climate-impact-shipping

3. Transport & Environment. (2021). *Shipping and aviation are subject to the Paris Agreement, legal analysis shows*. Доступ з: https://www.transportenvironment.org/articles/shipping-and-aviation-are-subject-to-the-paris-agreement-legal-analysis-shows

4. European Commission. (2024). *Reducing emissions from the shipping sector*. Доступ з: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/transport/reducing-emissions-shipping-sector_en

5. European Maritime Safety Agency (EMSA). (2024). *MRV changes for maritime emissions*. Доступ з: https://www.emsa.europa.eu/reducing-emissions/mrv-changes.html

6. Homaio. (2023). *What does EU ETS mean for the maritime shipping industry?* Доступ з: https://www.homaio.com/post/what-does-eu-ets-mean-for-the-maritime-shipping-industry#5

7. Redshaw Advisors. (2024). *Shipping and the EU ETS: Who, what, why, and when?* Доступ з: https://redshawadvisors.com/shipping-and-the-eu-ets-who-what-why-and-when/

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ МАГНІТНОЇ ЛЕВІТАЦІЇ

Костров М.О. – магістрант, *kostrov_mo@gsuite.duit.edu.ua*
Михайлов Є.В. – к.т.н., доц., *mihaylov.evv@gmail.com*
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF TRANSPORTATION SYSTEMS BASED ON MAGNETIC LEVITATION

Kostrov M.O. – master's student, *kostrov_mo@gsuite.duit.edu.ua*
Mikhailov E.V. – candidate of technical sciences, ass. prof., *mihaylov.evv@gmail.com*
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract*. The article discusses the revolutionary changes taking place in the field of transport, caused by the exceptional and unrivaled advantages of magnetic levitation trains. The advantages and disadvantages of known transport systems operating on the basis of magnetic levitation are analyzed. Based on the analysis of technical and economic indicators of magnetic levitation transport systems, the prospects for their construction and operation are formulated. The myths about the potential threat to passenger safety from maglev vehicles are dispelled. Possible areas of their application for passenger transportation are determined.*
Keywords*: transport system, magnetic levitation, superconducting magnets, permanent magnets, efficiency, safety*

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю розвитку транспортної інфраструктури країни та впровадження ефективних транспортних технологій.

Метою роботи є проведення аналізу переваг та недоліків і перспектив розвитку транспортних систем на основі магнітної левітації.

Транспорт на основі магнітної левітації (маглев) - це вид транспорту, який використовує для переміщення транспортних засобів магнітну підвіску, завдяки якій рухомий склад не торкається поверхні землі або технічних пристроїв, споруджених на ній [1]. Магнітна підвіска використовується не тільки для створення підйомної сили, а й для приведення транспортного засобу у рух. При цьому значною мірою знижується тертя, що дозволяє досягти надвисоких швидкостей руху та знизити зношування транспортної інфраструктури. Транспортні системи типу маглев більш ефективні з економічної точки зору порівняно зі звичними видами транспорту. І це незважаючи на те, що їх

будівництво набагато дорожче, оскільки ці витрати компенсуються низькими витратами на обслуговування та безпеку.

Сьогодні в системах маглев можуть використовуватися наступні варіанти забезпечення магнітної підвіски та приведення в рух транспортного засобу:

1. Електромагнітна підвіска – реалізується за рахунок взаємодії електромагнітів, встановлених на поїзді, та феромагнітних елементів колії, які зазвичай виготовляються зі сталі. Те, що магнітне тяжіння змінюється обернено пропорційно кубу відстані між полюсами електромагнітів і направляючою, призводять до того, що незначні зміни відстані між ними визивають значне змінення магнітної сили. Тому, така транспортна система є динамічно нестійкою, бо невелике відхилення від оптимального положення супроводжується зростанням цього відхилення. Це вимагає застосування складних систем зворотного зв'язку для підтримки постійної відстані між поїздом і направляючою рейкою.

Основна перевага електромагнітної підвіски полягає у здатності її працювати на всіх швидкостях руху, що усуває необхідність в окремій системі підвіски для низьких швидкостей та спрощує розробку, будівництво та експлуатацію колії та рухомого складу.

Перший комерційний поїзд маглев з цим типом підвіски був запущений у Бірмінгемі у 1984 р. між міжнародним аеропортом та міжнародним залізничним вокзалом м.Бірмінгема (відстань близько 600 м). Електромагнітна система підвіски також застосовувалася в системах M-Bahn (м.Берлін, довжина 1,9 км) та Transrapid. Останню систему маглев було розроблено в Німеччині, а експлуатується вона в Китаї (з'єднує міжнародний аеропорт Пудун із м.Шанхаєм, відстань 30,5 км, максимальна швидкість до 430 км/год).

2. Електродинамічна підвіска – виконується на базі надпровідних магнітів.

Основною перевагою цієї системи є те, що вона динамічно стійка, тобто зміна відстані між рейкою та магнітами, що встановлені на поїзді, створює потужну силу, що повертає поїзд у початкове положення. Має місце ефект саморегулювання, що дозволяє транспортній системі з електродинамічною підвіскою обходитися без активного управління за допомогою систем зворотного зв'язку.

Недоліком такої системи є те, що на низьких швидкостях результуючий магнітний потік не є достатньо великим, щоб забезпечити левітацію рухомого складу. Тому треба застосовувати колеса або інший вид шасі, щоб підтримувати та рухати поїзд, поки він не досягне злітної швидкості. Але, так як поїзд може зупинитися в будь-якому місці (наприклад, через проблеми з обладнанням), вся ділянка колії повинна давати можливість експлуатації як на низьких, так і на високих швидкостях.

Підвіска на надпровідних магнітах використовується в транспортній системі JR-Maglev, яку експлуатує головна залізнична компанія Японії JR Central.

3. Магнітодинамічна підвіска - для левітації поїзда використається магнітна сила взаємодії постійних магнітів. Ця технологія на практиці ще не використовувалася, а тільки запатентована.Використання магнітолевітаційного транспорту має певні економічні переваги перед іншими видами транспорту.

Так, наприклад, підраховано, що середня вартість польоту літаком становить близько 0,13 USD за милю. Ця ціна включає оплату праці персоналу, витрати на паливо та ін. Експлуатаційні витрати для транспортних засобів типу маглев становлять близько 0,04 USD за милю.

Швидкість реактивного літака більша, ніж поїзда на магнітній підвісці, проте фактичний час поїздки маглев буде набагато менше. Це можливо за рахунок того, що доступ до станцій маглев (які можуть бути розташовані всередині міста) буде набагато простіше та швидше, ніж до аеропорту. До того ж, частота відправлення поїздів на магнітній підвісці може бути набагато вищою, ніж частота вильотів літаків. Окрім того, графік руху поїздів маглев не залежить від погодних умов, на відміну від повітряного транспорту.

Подорож на магнітолевітаційному транспорті буде набагато зручнішою, ніж на повітряному транспорті. У поїзді маглев немає потреби так щільно розміщувати пасажирські крісла, як на борту авіалайнера, де це роблять з міркувань економії. Усі місця відповідатимуть першому класу, і продаватимуться за нижчу вартість, ніж на повітряному транспорті. Крім того, на борту поїзда маглев повністю відсутні вібрація та шум.

Проаналізуємо тепер вартість маглев у порівнянні із залізничним транспортом [2]. Вище вже згадувалася вартість вагона маглев, що варіюється від 15 до 20 млн USD. Площа вагонів складає 92 кв. м (вагони Transrapid). Це означає, що вартість квадратного метра у вагоні маглев коливається від 163 до 217 тис. USD. При цьому вартість вагонів звичайних високошвидкісних поїздів Intercity-Express, створених компанією Siemens, площею 72 кв. м, становить близько 6 млн. USD, тобто. 83 тис. USD за 1 кв. м. Наведене порівняння вказує, що вартість вагона маглев більш ніж удвічі перевищує вартість вагонів високошвидкісних поїздів. Однак не треба забувати, що при цьому поїзди маглев набагато ефективніші завдяки швидшому розгону та високій крейсерській швидкості. Для того щоб перевезти одну і ту ж кількість пасажирів по маглев потрібно лише 44% від кількості вагонів, які потрібні для перевезення на «звичайних» високошвидкісних поїздах.

Експлуатаційні витрати поїздів на магнітній підвісці суттєво менші у порівнянні зі звичайними поїздами. Завдяки левітації на маглев виключено знос

рейкової колії та шасі вагона, що відбувається через тертя на звичайних поїздах. Це призводить до значної економії матеріальних, фінансових, часових та людських ресурсів, які витрачаються на звичайній залізниці на технічне обслуговування (огляд та ремонт) рейкової колії та шасі вагонів. Завдяки відсутності тертя значно знижується витрата електроенергії.

Енергія у потягах маглев використовується, насамперед, на розгін та підтримку руху складу. Однак у цьому випадку витрачену енергію частково можна відновити за допомогою рекуперативного гальмування, коли сповільнюється поїзд. Також енергія витрачається на левітацію та стабілізацію положення поїзда. При малих швидкостях відсоток потужності, що використовується для левітації, може бути значним – потрібно до 15% більше енергії, ніж та, що витрачається метро або швидкісними трамваями. Дуже мала її частина необхідна для кондиціонування повітря, освітлення, опалення та ін. Левова частка енергії витрачається на подолання опору повітря. Потужність, що використовується для подолання опору повітря, пропорційна кубу швидкості і, отже, ця складова домінує на високих швидкостях.

У транспортних системах на основі магнітної левітації на одному вагоні використовується близько двох десятків надпровідних магнітів, які функціонують окремо та незалежно один від одного. Вагон може продовжувати левітувати навіть тоді, коли деякі з цих магнітів вийдуть з ладу. Оскільки ймовірність відмови надпровідних магнітів вкрай мала, ймовірність того, що два магніти протягом декількох хвилин одночасно перестануть працювати практично дорівнює нулю. Відсоток відмов буде значно меншим, ніж, наприклад, відмов двигуна в літаку. Навіть у разі відмови магніту в маглев, вагон продовжить рух, тоді як відмова двигуна літака неминуче веде до трагедії.

Транспортні засоби типу маглев продовжують стабільно левітувати доти, доки вони рухаються. Електрична потужність, що підводиться до транспортного засобу, розганяє його та підтримує його швидкість. Якщо електроживлення раптово припиниться, транспортний засіб проїде ще кілька кілометрів, поступово сповільнюючись через опір повітря. Коли швидкість впаде до 30 км/год, вагон обіпреться на допоміжні колеса та гальмуванням досягне повної зупинки.

Не існує також загрози для здоров'я пасажирів або стану навколишнього середовища з боку магнітних полів транспортних засобів маглев. Поля квадрупольних моментів магнітів, що використовуються у маглев, спадають зі збільшенням відстані набагато швидше, ніж поля дипольних моментів магнітів, що використовуються в інших видах транспорту. При цьому в салоні транспортного засобу типу маглев магнітні поля не сильно відрізняються від

земного магнітного поля ~ 0,5 Гс. В даний час пасажири відчувають вплив на себе набагато сильніших магнітних полів, коли користуються метро або електропоїздами.

В даний час в експлуатації знаходиться чотири маршрути маглев [3]: вже згадуваний вище в Китаї аеропорт Пудун - Шанхай, побудований німецькою компанією Transrapid для Shanghai Maglev Train; друга китайська гілка маглев Changsha Maglev, відкрита 6.05.2016 р.; Linimo (Tobu Kyuryo Line) в Японії; система Incheon Airport Maglev у Південній Кореї (запущена 3.02. 2016 р.).Ще декілька ліній маглев знаходяться на стадії будівництва: Паудер-Спрінгс (США), Пекін (Китай), Токіо-Нагоя-Осака (Японія), Тель-Авів (Ізраїль).

Висновки. Практика досліджень та комерційного використання існуючих ліній маглев показує, що ця транспортна технологія є ефективною, безпечною та цілком реалізованою. Але дуже великі витрати на інфраструктуру (до трьох разів вище, ніж при будівництві класичних високошвидкісних залізниць) поки стримують широке її розповсюдження.

Слід відмітити, що комерціалізація маглев та його конкурентоспроможність визначається економічною доцільністю, яка у свою чергу залежить від пасажиропотоку на проектованому маршруті.

Щоб маглев став одним із видів міжміського транспорту, необхідно, щоб на відстанях у межах 200-300 км вартість пасажиро-кілометра стала нижчою, ніж відповідна величина на автомобільному транспорті. Для заміщення повітряного пасажирського потоку необхідно, щоб на відстанях у межах 300-1000 км вартість пасажиро-кілометра стала нижчою, ніж у авіалайнера.

Маглєв може підійти для для великих густонасілених міст та агломерацій, особливо якщо вони є географічно сильно протяжними (більше 100 км). Перед початком проектування маршруту маглев треба виконати великий обсяг маркетингових досліджень, в яких би враховувалися транспортна рухливість населення, рівень урбанізації, демографічні тенденції та багато інших факторів.

Л і т е р а т у р а

1. Дзендзерский В.А., Омельяненко В.И., Васильев С.В. и др. Высокоскоростной магнитный транспорт с электродинамической левитацией.К.: Наукова думка, 2001. 480с.

2. Chechenova L.M, Egorov Y.V., Volykhina N.V. Perspectives for the Development of High-Speed Transport. Transportation Systems and Technology. 2019;5(3):26-35. doi: 10.17816/transsyst20195326-35.

3. Klühspies J, Kircher R, Hänel S, et al. Maglev Systems for Urban and Regional Transport? An International Survey in the Transport Sector. The International Maglev Board Research.Series Vol.7,2023.[cited2023Aug30]Availablefrom:https://www.researchgate.net/publication/372647163_Maglev_Systems_for_Urban_and_Regional_Transport

ІНФРАСТРУКТУРА ДЛЯ АВТОНОМНОГО ТРАНСПОРТУ: ВИКЛИКИ, ІННОВАЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Кудін А.С. – аспірант, kudin_as@gsuite.duit.edu.ua
Проскурняк А.В. – аспірант, proskurnyak_av@gsuite.duit.edu.ua
Стасюк О.І. – к.т.н., доцент., ostasuk177@gsuite.duit.edu.ua
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

INFRASTRUCTURE FOR AUTONOMOUS TRANSPORTATION: CHALLENGES, INNOVATIONS, AND PERSPECTIVES

Kudin A.S. – postgraduate student, kudin_as@gsuite.duit.edu.ua
Proskurniak A.M. – postgraduate student, proskurnyak_av@gsuite.duit.edu.ua
Stasyuk O.I. – Ph.D., associate professor, ostasuk177@gmail.com
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The integration of autonomous vehicles (AVs) into urban mobility demands a major transformation of existing infrastructure. Key elements include intelligent road networks with sensors and cameras, real-time data systems, and Vehicle-to-Everything (V2X) communication, all of which enable AVs to interact seamlessly with traffic elements and optimize movement. Big data and AI further enhance these systems, predicting and responding to traffic patterns. Essential cybersecurity and sustainable energy solutions, such as renewable-powered charging stations, are also critical. Together, these advancements form the backbone of a safe, efficient, and sustainable infrastructure for the future of autonomous transportation.*
Keywords*: Autonomous Vehicles, Infrastructure, Intelligent Transportation Systems, Vehicle-to-Everything (V2X), Big Data, Artificial Intelligence, Cybersecurity, Sustainable Energy, Urban Mobility, Smart Road Networks.*

Актуальність дослідження зумовлена змінами інфраструктури для автономного транспорту, яка є однією з найважливіших сфер для розвитку міської мобільності. Автономні транспортні засоби (АТЗ) здатні значно підвищити безпеку на дорогах, зменшити затори та покращити ефективність транспортування. Однак, для того щоб АТЗ могли працювати ефективно, необхідні суттєві зміни у традиційній транспортній інфраструктурі, яка була розроблена без урахування потреб автономних систем.

Метою роботи є дослідження та аналіз ключових інфраструктурних вимог для впровадження автономного транспорту, а також визначення основних викликів і перспектив розвитку інтелектуальних транспортних систем. Робота спрямована на вивчення інноваційних рішень, таких як системи Vehicle-to-Everything (V2X), обробка великих даних, застосування штучного інтелекту та

енергозберігаючих технологій, з акцентом на їхній вплив на безпеку, ефективність та екологічність сучасної транспортної мережі.

Інтеграція автономного транспорту вимагає створення інтелектуальних дорожніх мереж. Зокрема, дорогам необхідно бути обладнаними спеціальними сенсорами та камерами, що здатні збирати і передавати дані в реальному часі, такі як погодні умови, обсяги трафіку, стан дорожнього покриття тощо. Ці дані є критично важливими для автономних транспортних засобів, оскільки дозволяють їм швидко реагувати на зміни в навколишньому середовищі, уникати аварійних ситуацій та обирати оптимальні маршрути [1].

Системи зв'язку V2X (Vehicle-to-Everything) — це інфраструктурне рішення, яке дає можливість АТЗ взаємодіяти з іншими транспортними засобами, дорожніми знаками, світлофорами та іншими елементами інфраструктури. Завдяки такій системі, транспортні засоби можуть попереджати одне одного про потенційні перешкоди, розподіляти потоки машин та уникати заторів. Інформація, що передається від інфраструктури до автомобілів (V2I), допомагає водіям (або самим автомобілям у випадку автономного режиму) приймати рішення, базуючись на актуальних даних.

Важливим кроком у розвитку інфраструктури для АТЗ є обробка великих даних, які постійно збираються з автомобілів та дорожніх сенсорів. Такі дані дозволяють відстежувати поведінку транспортних потоків, виявляти проблеми в дорожній інфраструктурі та адаптувати маршрути у випадку заторів чи аварій. Машинне навчання і штучний інтелект також відіграють важливу роль у такій інфраструктурі, адже завдяки цим технологіям можна створювати інтелектуальні моделі для прогнозування руху та автоматичної оптимізації дорожніх умов.

Тестові зони для автономного транспорту — це спеціальні ділянки міських доріг або позаміські траси, де перевіряють новітні інфраструктурні рішення та технології. Вони дозволяють тестувати роботу автономних транспортних засобів у реальних умовах, перевіряти, як різні технології взаємодіють між собою, та виявляти недоліки до масштабного впровадження таких рішень. У світі вже існують численні пілотні проекти, де вивчається поведінка автономних автомобілів на дорогах, перевіряються системи V2X та аналізуються особливості взаємодії між АТЗ та традиційним транспортом [2].

Безпека і кіберзахист є ще одним критично важливим аспектом. Інфраструктура, яка забезпечує автономний транспорт, повинна мати надійні засоби для захисту від кібератак, адже у випадку порушення безпеки систем зв'язку або баз даних можуть виникнути небезпечні ситуації на дорозі. Окрім того, потрібно забезпечити конфіденційність даних користувачів, що

користуються автономним транспортом, оскільки такі дані можуть бути досить чутливими.

Останнім, але не менш важливим аспектом є питання екологічної стійкості та енергозабезпечення. Впровадження автономного транспорту має відбуватися з урахуванням енергозберігаючих технологій, таких як зарядні станції для електромобілів, використання відновлюваних джерел енергії та розвиток інфраструктури для заряджання на основі сонячної енергії. Це допоможе зменшити екологічний вплив транспорту та сприяти сталому розвитку міст [3].

Висновок. Інфраструктура для автономного транспорту має потенціал значно змінити сучасні міста, зробивши транспорт більш безпечним, зручним та екологічно чистим. Однак для цього необхідна комплексна модернізація інфраструктури: інтеграція інтелектуальних систем зв'язку, розвиток технологій великих даних, забезпечення кіберзахисту та впровадження екологічно чистих енергорішень. Реалізація цих аспектів вимагає активної участі держав, приватного сектору та суспільства, що забезпечить ефективний перехід до мобільності нового покоління [4].

Література

1. Shladover, S. E. (2018). Connected and automated vehicle systems: Introduction and overview. In Road Vehicle Automation (pp. 1-9). Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg.

2. Wang, Y., & Zhang, Y. (2020). Vehicle-to-everything (V2X) communication in autonomous driving. IEEE Internet of Things Journal, 7(8), 7293-7305.

3. Litman, T. (2019). Autonomous vehicle implementation predictions: Implications for transport planning. Victoria Transport Policy Institute.

4. European Commission. (2021). Sustainable and Smart Mobility Strategy. European Union. Available at: https://ec.europa.eu/info/

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНОЇ РОБОТИ ПНЕВМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ РЕСОРНОГО ПІДВІШУВАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ В УМОВАХ ШВИДКІСНОГО РУХУ

Кузишин А.Я. – доктор філософії, доцент, *andrii.y.kuzyshyn@lpnu.ua*
Ковальчук В.В. – д.т.н., професор, *vitalii.v.kovalchuk@lpnu.ua*
Національний університет «Львівська політехніка»
Україна, м. Львів

INVESTIGATION OF THE DYNAMIC OPERATION OF THE PNEUMATIC SYSTEM OF ROLLING STOCK SPRING SUSPENSION IN HIGH-SPEED TRAFFIC CONDITIONS

Kuzyshyn A.Ya. – Ph.D., Associate Professor, *andrii.y.kuzyshyn@lpnu.ua*
Kovalchuk V.V. – Doctor of Technical Science, Professor, *vitalii.v.kovalchuk@lpnu.ua*
Lviv Polytechnic National University
Ukraine, Lviv

Abstract. *The operation of rolling stock at high speeds requires that the values of dynamic and safety indicators be maintained within acceptable limits. The main influence on these indicators is exerted by the forces arising in the ties between structural elements. Studies of rolling stock with a pneumatic spring suspension system have shown that the most effective is the diameter of the connecting pipeline in the range of 25 mm to 30 mm. In the future, this will make it possible to study the dynamic performance of the rolling stock under various operating conditions at the design stage.*
Keywords: *rolling stock, air spring, connecting pipeline, stiffness, damping*

Актуальність дослідження. За останні 12 років на залізничному транспорті України введено в експлуатацію сучасний рухомий склад, а саме: електропоїзда HRCS2 «Hyundai Rotem», ЕКр-1 «Тарпан» та дизель-поїзда ДПКр-2 та ДПКр-3. Цей моторвагонний рухомий склад має значно більшу конструктивну швидкість порівнюючи з електропоїздами старої побудови.

Конструктивною особливістю такого типу рухомого складу є застосування між кузовом та візками пневматичної системи ресорного підвішування. Ця система складається з пневматичної ресори, додаткового резервуару, з'єднувального трубопроводу та ін. обладнання. Саме застосування з'єднувального трубопроводу дозволяє пневматичній системі мати не тільки жорсткісні характеристики але і демпфувальні. Тому вибір оптимальних параметрів пневматичної системи ресорного підвішування в умовах швидкісного руху (більше 160 км/год.) є актуальною науковою задачею, що потребує подальших досліджень.

Метою роботи є дослідження характеристик пневматичної системи ресорного підвішування сучасного рухомого складу в умовах його швидкісного руху.

Для досягнення поставленої мети авторами було розроблено термодинамічну математичну модель роботи пневматичної системи ресорного підвішування [1]. Математична модель включала зміну геометричних параметрів з'єднувального трубопроводу, втрати напору внаслідок перетікання повітря між пневматичною ресорою та додатковим резервуаром, теплообмін між пневматичною ресорою та навколишнім середовищем.

Враховуючи, що основним збурювальним фактором є залізнична колія, а саме її геометричні нерівності, то для дослідження динамічних характеристик пневматичної системи ресорного підвішування використано механічну модель динамічної взаємодії системи «рухомий склад–колія» (рис. 1) [2].

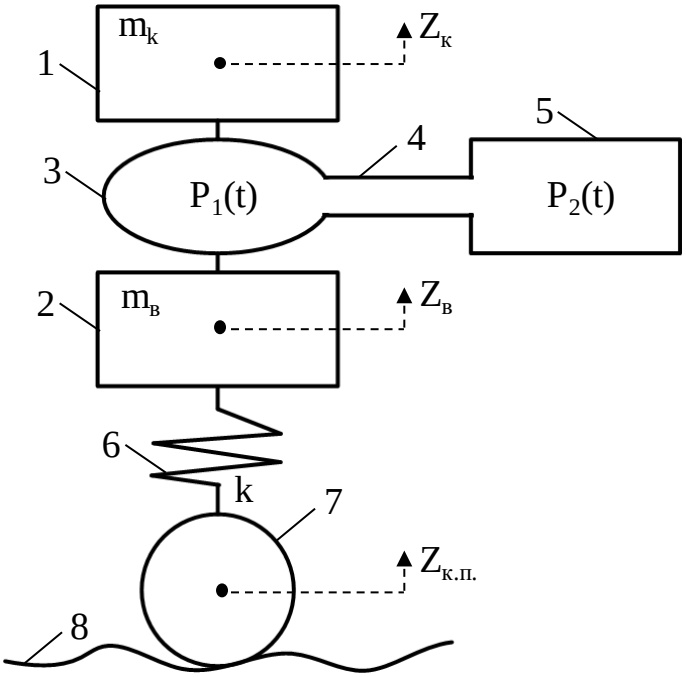


Рисунок 1 – Механічна модель системи «рухомий склад – колія»:
1 – кузов; 2 – візок; 3 – пневматична ресора; 4 – з'єднувальний трубопровід;
5 – додатковий резервуар; 6 – пружина буксового ступеня ресорного підвішування;
7 – колесо колісної пари; 8 – вертикальні нерівності рейкової колії

Маючи термодинамічну математичну модель роботи пневматичної системи ресорного підвішування, отримано рівняння коливань динамічної моделі:

$$\begin{cases} m_к \cdot \ddot{z}_к - P_1(t) \cdot A_1 + m_к \cdot g = 0, \\ m_в \cdot \ddot{z}_в + P_1(t) \cdot A_1 + k \cdot (z_в - z_{к.п.}) = 0, \end{cases} \quad (1)$$

де $m_к$ – маса кузова приведена до однієї ресори, кг; $m_в$ – маса візка приведена до однієї ресори, кг; P_1 – тиск в пневматичній ресорі, Па; A_1 – ефективна площа пневматичної ресори, м^2; k – еквівалентна жорсткість буксового ступеня ресорного підвішування, Н/м; g – прискорення вільного падіння, м/с^2.

Застосовуючи програмний комплекс Matlab, побудовано залежності «сила-деформація», використання яких дозволило знайти коефіцієнт жорсткості та демпфування пневматичної системи ресорного підвішування в умовах швидкісного руху.

Висновок. В результаті проведеного аналізу встановлено, що зміна діаметру з'єднувального трубопроводу суттєво впливає на динамічну жорсткість та демпфування пневматичної системи ресорного підвішування рухомого складу у всьому досліджуваному діапазоні швидкостей. Однак, зміна довжини не має такого впливу. Отримавши залежності коефіцієнта демпфування пневматичної системи ресорного підвішування, встановлено, що діаметр з'єднувального трубопроводу 25-30 мм є найбільш ефективним з точки зору поглинання енергії коливань.

Л і т е р а т у р а

1. Kuzyshyn, A., Kovalchuk, V., Sobolevska, Y., Royko, Y., & Kravets, I. (2024). Determining the effect of additional tank volume and air pressure in the spring on the dynamic indicators of a pneumatic system of spring suspension in high-speed railroad rolling stock. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, *3*/7 (129), 47–62. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.304051

2. Kuzyshyn, A., Kovalchuk, V., Sysyn, M., & Sobolevska, Y. (2024). Influence of the geometric parameters of the connecting pipeline on the stiffness and damping of the pneumatic spring suspension at high-speed rolling stock. *Vehicle System Dynamics*, 1–22. https://doi.org/10.1080/00423114.2024.2425022

ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНОГО СТАНУ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ШВИДКІСНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УКРАЇНІ

Кузьміч А.В. – магістрант, kuzmich_av@gsuite.duit.edu.ua
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

RESEARCH ON THE CURRENT STATE AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF HIGH-SPEED RAIL PASSENGER TRANSPORTATION IN UKRAINE

Kuzmich A.V. – master's student, kuzmich_av@gsuite.duit.edu.ua
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The thesis explores the current trends and development prospects of high-speed passenger transportation in Ukraine, specifically the role and position of the Ukrainian Railways High-Speed Company in this sector. It outlines the history of high-speed rail development and provides a comparative analysis with the experience of European and Asian countries such as Germany, France, and Japan. The current state of infrastructure, existing routes, and the economic and environmental aspects of high-speed rail operations in Ukraine are also examined. Additionally, the study addresses innovative technologies, such as digitalization of services and the implementation of energy-efficient solutions, which may contribute to the industry's growth in the context of post-war recovery. A particular emphasis is placed on the security aspect in light of the full-scale military aggression of russia against Ukraine, which heightens the need for infrastructure improvement and the introduction of new technologies aimed at enhancing passenger and rolling stock safety.*
Keywords: *high-speed rail, passenger transportation, infrastructure, innovation, digitalization, security, energy efficiency.*

Актуальність дослідження зумовлена зростаючим попитом на швидкісні перевезення на далекі відстані, що відповідає вимогам сучасного світу щодо поєднання економії часу, швидкості та комфорту, з урахуванням турботи про навколишнє середовище.

Метою роботи є розроблено рекомендації щодо подальшого розвитку швидкісних перевезень в Україні, зокрема підвищення ефективності управління та інтеграції сучасних технологій для покращення сервісу та зменшення енергозатрат.

Однією з основних тенденцій у сучасному світі є розвиток інноваційних технологій у транспортній сфері, які спрямовані на поліпшення якості обслуговування пасажирів, підвищення ефективності використання інфраструктури та оптимізацію енергетичних ресурсів. Україна вже має досвід

експлуатації швидкісних поїздів на таких маршрутах, як Київ—Львів та Київ—Харків, однак перспективи подальшого розвитку передбачають впровадження ще більш інноваційних рішень.

Одним із сучасних інноваційних напрямів у світі є використання маглев-поїздів (поїзди на магнітній підвісці), що дозволяють значно підвищити швидкість перевезень завдяки усуненню тертя. Впровадження таких технологій в Україні в перспективі могло б стати проривним кроком у підвищенні якості та швидкості пасажирських перевезень. Крім того, важливим напрямом є розробка та тестування водневих поїздів, які працюють на екологічно чистому паливі, що дозволить зменшити негативний вплив залізничного транспорту на довкілля. Однак такі інноваційні проекти залишаються перспективою на віддалене майбутнє. У короткостроковій перспективі доцільно зосередитися на розвитку та оновленні як рухомого складу, так і колійної інфраструктури, що дозволить використовувати сучасні швидкісні локомотиви на існуючих маршрутах.

Іншим напрямом інновацій є цифровізація транспортної галузі. В Україні вже запроваджуються цифрові сервіси для купівлі квитків, відстеження руху поїздів та інформування пасажирів про зміни у розкладі. Проте важливо продовжувати розвивати цю сферу, впроваджуючи більш досконалі системи управління транспортними потоками. Автоматизовані системи можуть покращити координацію руху поїздів, оптимізувати використання інфраструктури, а також забезпечити швидке реагування на надзвичайні ситуації.

Повномасштабне вторгнення росії в Україну у лютому 2022 року суттєво змінило перспективи розвитку транспортної інфраструктури країни, включаючи швидкісні пасажирські перевезення. У цих умовах безпека пасажирів та захист залізничної інфраструктури стали першочерговими завданнями.

Відповідно до статистичних даних (Таблиця1) з відкритих джерел [1]. можна сформувати відповідну таблицю залежності вартості проїзду на умовні 100 км шляху до затраченої енергії на одиницю пасажира серед різних країн у сфері швидкісних пасажирських перевезень, яка яскраво ілюструє потенціал розвитку для вітчизняної галузі та енергозатратність в Україні та Європі практично однакова проте ціна проїзду у декілька разів менша ніж у провідних країнах Європи, ми бачимо величезні можливості розвитку власного сервісу та комфорту саме ці два аспекти дуже відрізняють вітчизняну галузь від європейських та ще більше від азійських перевізників, що свідчить про потребу підтримки у вигляді субвенцій зі сторони держави або інших механізмів підтримки та покращення роботи галузі.

Таблиця1 – Залежності вартості проїзду на умовні 100 км шляху до затраченої енергії на одиницю пасажира

Країна	Вартість за 100 км (USD)	Енергія на пасажира (kWh/100 км)	Джерело живлення рухомого складу	Екологічний вплив
Франція	12-18	8-12	Електрика	Низький
Німеччина	10-16	8-11	Електрика	Низький
Італія	10-14	9-12	Електрика	Низький
Іспанія	12-17	7-11	Електрика	Низький
Україна	5-8	9-12	Електрика	Низький

Ще одним важливим аспектом розвитку швидкісних перевезень в умовах війни – це забезпечення стійкості інфраструктури. Періодичні атаки на транспортні вузли, мости та вокзали, підкреслюють необхідність розробки нових стандартів захисту залізничної інфраструктури. Це включає впровадження технологій моніторингу та прогнозування ризиків, що дозволять оперативно реагувати на загрози, а також створення захисних споруд для критичних ділянок залізничних шляхів та інших стейкхолдерів залізниці.

Після завершення війни важливим напрямом стане відновлення пошкоджених ділянок залізничної мережі. Це стане не лише можливістю для відбудови зруйнованих об'єктів, але й шансом на модернізацію інфраструктури відповідно до сучасних вимог. Інноваційні технології, такі як маглев або електрифікація нових ділянок залізничних шляхів або вдосконалення колійної інфраструктури, можуть бути впроваджені саме в процесі відновлення, що підвищить ефективність і безпеку перевезень у майбутньому.

Іншою важливою складовою розвитку швидкісних пасажирських перевезень є підвищення якості обслуговування пасажирів. Зокрема, впровадження нових технологій має сприяти створенню комфортніших умов для пасажирів, зменшенню часу подорожей та покращенню сервісу в цілому.

Інноваційні сервіси для пасажирів. Сучасні технології дозволяють значно підвищити рівень обслуговування пасажирів за рахунок використання мобільних додатків, систем самообслуговування та інформаційних панелей. Уже сьогодні в Україні впроваджуються електронні квитки, однак можливість розвитку полягає у створенні інтегрованих платформ, що дозволять пасажирам не лише купувати квитки, але й планувати подорожі з урахуванням інших видів транспорту, отримувати актуальну інформацію про пересадки та можливі затримки.

Також важливим аспектом є забезпечення доступності швидкісних перевезень для всіх категорій населення, включаючи людей з обмеженими можливостями. Це може включати модернізацію вокзалів, встановлення сучасних систем навігації та покращення умов у вагонах.

Україна має можливість використовувати міжнародний досвід для розвитку швидкісних пасажирських перевезень. Успішні приклади розвитку швидкісного транспорту в таких країнах, як Японія, Франція та Німеччина, можуть стати моделями для наслідування, особливо у питаннях інновацій та безпеки. Співпраця з міжнародними організаціями та партнерами також може бути корисною для отримання інвестицій та впровадження новітніх технологій у вітчизняну інфраструктуру, що в свою чергу повністю відповідає Екологічній політиці АТ «Укрзалізниця» до 2030 року [2], хоча залізничний транспорт на сьогоднішній день займає передові позиції по мінімізації впливу на зовнішнє середовище, але з розвитком технологій з'являється потужний потенціал для ще більшого покращення екологічних норм.

Висновок. Розвиток швидкісних пасажирських перевезень в Україні має значний потенціал завдяки впровадженню клієнтоорієнтованих підходів та інноваційних технологій. У короткостроковій перспективі, акцент на покращенні сервісу та цифровізації процесів сприятиме підвищенню комфорту пасажирів. У довгостроковій перспективі, перехід на технологію маглев-поїздів стане можливим за умови модернізації інфраструктури та залучення інвестицій. В умовах сучасних безпекових викликів, спричинених воєнними діями, пріоритетом є забезпечення стійкості інфраструктури та підвищення рівня безпеки. Відновлення та модернізація залізничної мережі створюють можливості для впровадження сучасної системи швидкісних перевезень, яка відповідатиме найвищим стандартам комфорту і безпеки.

Література

1. Офіційний сайт Eurostat: https://ec.europa.eu/eurostat/web/transport/information-data/railway-transport. Статистичні дані пасажирських перевезень в Європейському Союзі. . (дата звернення 14.10.2024).

2. Офіційний сайт «Укрзалізниця» https://uz.gov.ua/about/documents_jsc/ Екологічна політика АТ «Укрзалізниця» до 2030 року./ Київ, 26.12.2022. (дата звернення 14.10.2024) Про нас → Документи АТ «Укрзалізниця».

РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ НАЯВНОСТІ УШКОДЖЕННЯ РОТОРА В ТЯГОВИХ АСИНХРОННИХ ДВИГУНАХ

Лакуста Д.І. – аспірант, lakusta_di@gsuite.duit.edu.ua
Гулак С.О. – к.т.н., доцент, sgoolak@gmail.com
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

DEVELOPMENT OF A FUNCTIONAL SYSTEM FOR DIAGNOSTIC OF THE PRESENCE OF ROTOR DAMAGE IN TRACTION INDUCTION MOTORS

Lakusta D. – postgraduate, lakusta_di@gsuite.duit.edu.ua
Hulak S. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, sgoolak@gmail.com
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract*. The aim of this work is to develop a system for functional diagnostics of rotor bar breakage in asynchronous traction motors of railway rolling stock. In order to achieve this goal, the following tasks have been solved: developed an algorithm for diagnosing the condition of rotor bars based on the statistics of fractional moments; developed a block diagram of the unit for diagnosing the condition of rotor bars of the induction motor based on the statistics of fractional moments; developed a block diagram of the system for functional diagnosis of rotor bars condition as part of the traction motor with direct torque control.*
Keywords: *induction motor, fractional moment statistics, rotor bars, direct torque control*

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю виявлення ушкодження стрижнів ротора асинхронного тягового двигуна (АД) на ранній стадії з метою запобігання зростання ступеню зазначеного дефекту при подальшій експлуатації АД.

Метою роботи є розробка системи функціональної діагностики наявності обривів стрижнів ротора в тягових асинхронних двигунах рухомого складу залізниць.

Надійна робота АД безпосередньо впливає на стабільність роботи тягового приводу рухомого складу. У разі ушкодження тягового двигуна значними можуть бути економічні втрати. Одним з найбільш поширених дефектів в АД є зламаний стрижнів ротора. На долю цього дефекту припадає приблизно 10% усіх несправностей АД [1, 2]. Цей дефект характеризується своєю непомітністю та поступовістю, що ускладнює його виявлення на ранніх стадіях.

Несвоєчасне виявлення дефекту призводить до зростання його ступеню несправності при подальшій експлуатації АД. В зв'язку з цим фактом виявлення дефекту на ранній стадії є важливим завданням.

Застосування схем функціональної діагностики дозволить ефективно виявляти ушкодження стрижнів ротора на ранній стадії виникнення цього дефекту під час експлуатації рухомого складу. Для побудови таких схем діагностики слід розробити алгоритми діагностування та ступеню зазначеного дефекту на ранній стадії з врахуванням експлуатаційних факторів рухомого складу залізниць [3].

Пропонується:

- розроблено алгоритм діагностування стану стрижнів ротора на основі статистики дробових моментів;
- розроблено структурну схему блоку діагностики стану стрижнів ротора АД на основі статистика дробових моментів;
- розроблено структурну схему системи функціональної діагностики стану стрижнів ротора в складі тягового приводу з прямим керуванням моментом.

Структурна схема блоку діагностування наявності обривів стрижнів ротора наведена на рис. 1.

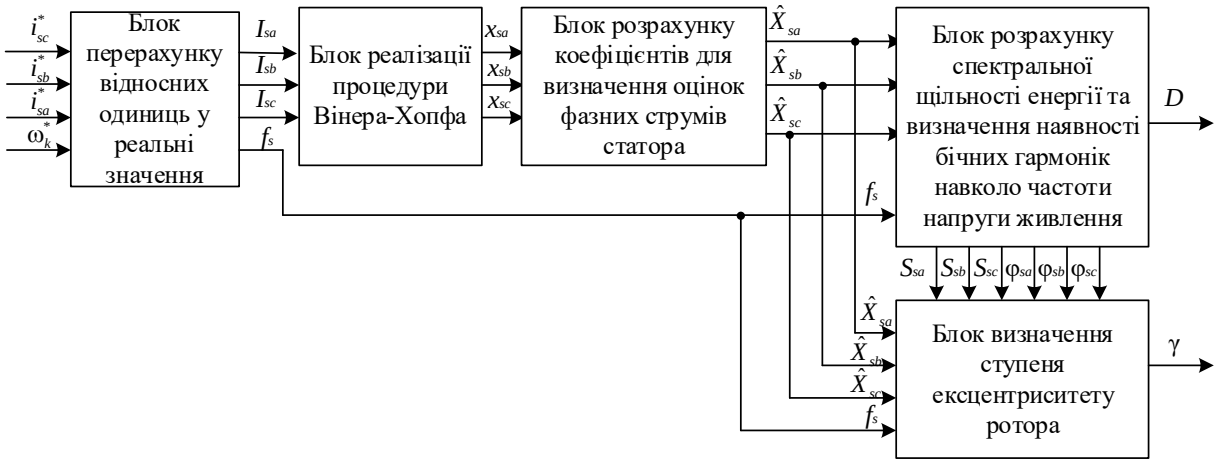


Рисунок 1– Структурна схема блоку діагностування наявності обривів стрижнів ротора

В «Unit for calculating the frequency of the supply voltage» виконується обчислення частота напруги живлення f_s. В «Decimation unit» виконується децимація вхідного сигналу **x**. Децимація за допомогою процесу усереднення дає сигнал **y**. Алгоритм швидкого перетворення Фур'є реалізується в «FFT», де обчислюються спектральні складові сигналу **y**. З метою зменшення кількості обчислень та підвищення чутливості методу застосовано «Information-frequency range calculation unit». В ньому розраховується інформативний частотний

діапазон (ІЧД). Для розрахованого ІЧД в «Unit for calculating the function of the generalized average (FGA)» розраховується функція узагальненого середнього (ФУС). Результат розрахунку надходить в «Calculation of the tangent of the angle of inclination of the obtained FGA with respect to the reference FGA», де обчислена ФУС порівнюється з еталонною ФУС. Для порівняння ФУС між собою обчислюється тангенс кута нахилу ФУС, отриманої для двигуна, що тестується щодо еталонної ФУС. У разі повного збігу досліджуваної та еталонної ФУС, тангенс кута (*tanα*) нахилу дорівнюватиме 1.

Значення розрахованого тангенсу кута (*tanα*), тобто нахилів ФУС надходять в «Comparison of the slopes of the FGA and a conclusion about the technical condition», де вони порівнюються із заздалегідь визначеними значеннями, отриманими для АД у різних станах. Якщо значення отримане значення нахилу близьке до значень нахилів дефектів, то відповідна несправність має місце в АД, що тестується. В такому випадку діагностичний сигнал D=1, в протилежному випадку D=0. Значення діагностичного сигналу виводиться на пристрій відображення інформації «Display unit». На основі значення діагностичного сигналу машиніст приймає рішення про відключення тягового двигуна з ушкодженими стрижнями ротора.

Висновок. В роботі запропоновано систему діагностики наявності обривів стрижнів ротора в тягових асинхронних двигунах. Результатами роботи є:

- розроблено алгоритм діагностування стану стрижнів ротора на основі статистики дробових моментів, що дасть можливість застосувати його при побудові функціональної системи діагностики з врахуванням умов експлуатації тягового приводу;
- розроблено структурну схему блоку діагностики стану стрижнів ротора АД на основі статистика дробових моментів;
- розроблено структурну схему системи функціональної діагностики стану стрижнів ротора в складі тягового приводу з прямим керуванням моментом.

Література

1. Gangsar, P., & Tiwari, R. (2020). Signal based condition monitoring techniques for fault detection and diagnosis of induction motors: A state-of-the-art review. *Mechanical systems and signal processing*, *144*, 106908. https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2020.106908.

2. Dias, C. G., da Silva, L. C., & Alves, W. A. L. (2020). A histogram of oriented gradients approach for detecting broken bars in squirrel-cage induction motors. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, *69*(9), 6968-6981. https://doi.org/10.1109/TIM.2020.2975388.

3. Goolak, S., Gorobchenko, O., Holub, H., & Dudnyk, Y. (2024). Increasing the efficiency of railway rolling stock operation with induction traction motors due to implementation of the operational system for diagnostic condition of rotor. *Diagnostyka*, *25*(4), 1-11. https://doi.org/10.29354/diag/193809.

ДОСЛІДЖЕННЯ І АНАЛІЗ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ КОНТАКТОРІВ В СИЛОВИХ СХЕМАХ ЛОКОМОТИВІВ

Лемещук В.Ю. – бакалаврант, lemeschuk_vy@gsuite.duit.edu.ua
Співак О.М. – к.т.н., доцент, alexspi@ukr.net
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

RESEARCH AND ANALYSIS OF ELECTROMAGNETIC CONTACTORS IN POWER CIRCUITS OF LOCOMOTIVES

Lemeschuk V.Y. – bachelor's student, lemeschuk_vy@gsuite.duit.edu.ua
Spivak A. – Ph.D., Associate Professor, alexspi@ukr.net
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstracts. *The study is devoted to the analysis of the design and operational features of electromagnetic contactors used in locomotives. Ways of improving their operation with the help of modern semiconductor technologies and improving arc extinguishing properties are considered. The main advantages of using new solutions, such as increased reliability, increased service life and optimization of energy consumption, have been identified. The work emphasizes the importance of modernizing contactors for modern railway equipment.*
Keywords*: contactor, switching, arc, reliability*

Актуальність дослідження. Електромагнітні контактори є ключовими елементами в силових схемах локомотивів, забезпечуючи надійне комутаційне з'єднання електричних ланцюгів. Їх ефективна робота впливає на безпеку та стабільність електричних систем локомотивів, а також на експлуатаційні витрати. Сучасні тенденції до уніфікації та автоматизації залізничного транспорту вимагають впровадження більш надійних, компактних і довговічних рішень [1,2].

Мета роботи. Дослідити сучасні технології та підходи до створення електромагнітних контакторів, їх конструктивні особливості, матеріали та способи оптимізації роботи в умовах підвищеного навантаження в силових схемах локомотивів.

Основні проблеми експлуатації силових контакторів [3].

1. Знос контактів під час комутації великих струмів.
2. Руйнування контактних поверхонь через дугу при комутації.
3. Високі вимоги до швидкодії та чутливості електромагнітних систем.
4. Вплив вібрацій і перепадів температур на стабільність роботи.

Особливості конструкцій силових електромагнітних контакторів.

1. Використання для контактів електричного приладу термостійких і зносостійких матеріалів на основі срібла та міді та композитних матеріалів.

2. Впровадження дугогасильних камер для зменшення впливу дуги на контактні поверхні комутаційних вузлів.

3. Застосування напівпровідникових пристроїв для зниження частоти використання електромеханічних контактів.

4. Автоматизація керування та моніторинг роботи електромагнітних контакторів у реальному часі.

Основні напрямки удосконалення та модернізації силових електромагнітних контакторів [4].

1. Проектування компактних конструкцій з мінімізацією ваги, що дозволяє зменшити навантаження на рухому систему електричного приладу .

2. Оптимізація системи дугогасіння і охолодження для підтримки стабільної роботи силового контактора при високих струмах.

3. Інтеграція з інтелектуальними системами керування роботою контактора для його надійної, безвідмовної, довготривалої роботи.

Висновок. Використання сучасних електромагнітних контакторів дозволяє покращити енергоефективність, надійність і довговічність силових схем локомотивів. Інноваційні матеріали та технології, зокрема впровадження напівпровідникових елементів, забезпечують підвищення експлуатаційної ефективності та зменшення витрат на обслуговування.

Література

1. Дьяков В.О., Босий Д.О., Антонов А.В. Контактна мережа електрифікованих залізниць. Улаштування контактної мережі: навч. посіб. Дніпро: Вид-во ПФ «Стандарт-Сервіс», 2017. 228 с.

2. Забарило Д.О. Принципи побудови силових схем багатосистемних електровозів нового покоління // Локомотив-інформ. 2013. №8 (86). С.4-12.

3. Казачковський М.М. Керовані випрямлячі: навч. посіб. Дн-вськ: НГА України, 1999. 229 с.

4. Муха А.М. Уніфікація як критерій порівняльної оцінки структурних схем тягового перетворювача для багатосистемного електровоза // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. 2009. №29. С.71-75.

ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСТОТИ КОМУТАЦІЇ ТРАНЗИСТОРНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ДЛЯ ТЯГОВОГО КОЛЕКТОРНОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА ЛОКОМОТИВА

Лисенко Є.В. *– аспірант, yevhen.lysenko@ieee.khpi.edu.ua*
Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"
Україна, м. Харків
Костенко І.Д. – аспірант, *pikul252307@ukr.net*
Гулак С.О. – к.т.н., доцент, *sgoolak@gmail.com*
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

DETERMINING THE SWITCHING FREQUENCY OF A TRANSISTOR CONVERTER FOR A TRACTION COLLECTOR MOTOR

Lysenko Ye. – postgraduate, *yevhen.lysenko@ieee.khpi.edu.ua*
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"
Ukraine, Kharkiv
Kostenko I. – postgraduate, *pikul252307@ukr.net*
Hulak S. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, *sgoolak@gmail.com*
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract*. The aim of this work is to determine the switching frequency of a transistor converter for a traction collector motor of a locomotive based on the criterion of permissible current ripple. The stated goal is achieved by solving the following problem: a methodology for determining the consideration of changes in motor parameters when calculating the switching frequency of the transistor converter is proposed. A feature of the proposed approach is that it takes into account the degree of saturation of the magnetic system, since existing methods for calculating the switching frequency either do not take into account the degree of saturation of the magnetic system or evaluate its influence in a simplified form.*
Keywords: *energy efficiency, rolling stock, traction electric motor, traction system, semiconductor converter, switching frequency*

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю покращення якості комутації, зменшення втрат у електродвигуні та пульсацій електромагнітного.

Метою роботи є визначення частоти комутації імпульсного перетворювача для тягового колекторного електродвигуна локомотиву за критерієм допустимої пульсації струму.

Тягові системи з колекторними електродвигунами та імпульсними перетворювачами найбільш розповсюджені на рухомому складі міського електротранспорту [1, 2]. На електрорухомому складі магістральних залізниць імпульсні регулятори застосовуються для регулювання струму збудження.

Також відоме застосування імпульсних регуляторів у тягових системах моторвагонного електрорухомого складу [3]. При живленні колекторних електродвигунів від імпульсного перетворювача по його обмоткам протікають пульсуючі струми. Наявність пульсацій у струмах тягового електродвигуна призводить до зміни якості комутації, збільшенню втрат у електродвигуні та появи пульсацій електромагнітного моменту.

На вітчизняних тепловозах, в тому числі і тепловозах серії ЧМЕ3, застосовуються тягові електродвигуни постійного струму. Для таких електродвигунів допускається робота з пульсаціями струму, які не перевищують 10 % [4]. Тому для виконання цієї умови необхідно визначити частоту комутації імпульсного перетворювача, яка залежить як від параметрів електродвигуна, так і від структури напівпровідникового перетворювача.

Запропоновано частоту комутації імпульсного перетворювача для тягового колекторного електродвигуна локомотиву розраховувати за критерієм допустимої пульсації струму.

На рис. 1 наведені залежності частоти комутації транзисторів імпульсного перетворювача від струму збудження у режимі ослаблення поля за умови 10% пульсації струму якоря.

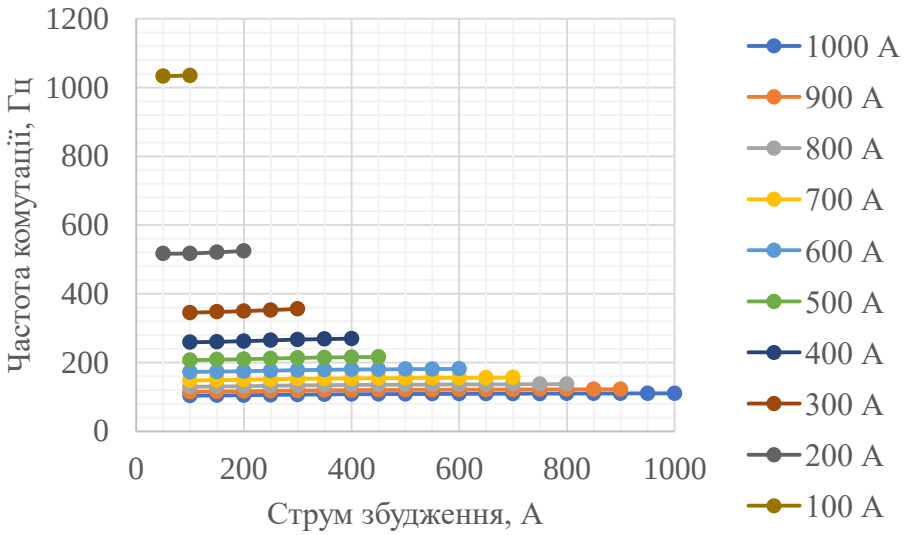


Рисунок 1. Залежність частоти комутації транзистора транзисторів імпульсного перетворювача від струму збудження у режимі ослаблення поля з умови 10% пульсації струму якоря (вертикальний стовпчик – струм якоря)

Аналіз залежностей на рис. 1 показує, що при певному струмі якоря частота комутації практично не змінюється із насиченням магнітної системи. Це пов’язано з тим, що сумарна індуктивність якірного кола складається з індуктивності додаткових полюсів та індуктивності обмотки якоря. Індуктивність обмотки додаткових полюсів суттєво вища ніж індуктивність

обмотки якоря, а тому вплив ступеня насичення на останню мало впливає на загальну індуктивність якірного кола.

Висновок. В роботі розглянуто застосування імпульсних регуляторів для живлення і керування тягових електродвигунів постійного струму при модернізації маневрових тепловозів. Наведено алгоритм розрахунку частоти комутації для обраної схеми імпульсного регулятору та показано необхідність врахування впливу насичення магнітної системи на індуктивності обмоток. Проведено розрахунки частоти комутації з умови забезпечення коефіцієнту пульсації струму. Визначено, що в режимі повного поля частота комутації має бути не нижче 208 Гц. В режимі ослабленого поля доцільно застосовувати адаптацію частоти комутації в залежності від струму якоря.

Література

1. Mohamed, A. (2022). Using Separately Excited DC Motor in Railway Vehicles Systems.. *Journal of Electrical Engineering*, *22*(1), 106-111.

2. Flora, V.D. (2001). Determination of the Switching Frequency of a Pulse Converter. (2001). *Radio Electronics, Computer Science, Control*, 2, 46-48. [in Ukrainian].

3. Kovalov, V. & Kovalova, Yu. (2022). Minimization Electric Losses in Transistor DC Drives. *Problemele energeticii regionale*, *4*(56), 39-46. https://doi.org/10.52254/1857-0070.2022.4-56.04.

4. Goolak, S., Sapronova, S., Tkachenko, V., Riabov, I. & Batrak, Y. (2020). Improvement of the model of power losses in the pulsed current traction motor in an electric locomotive. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(5(108)), 38–46. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.218542.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИБОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАЗМОВОГО БРОНЗОВОГО ПОКРИТТЯ У ПОРІВНЯННІ З ЛИТОЮ БРОНЗОЮ

Лузан С.О. – д.т.н., проф., khadi.luzan@gmail.com
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
Україна м. Харків

STUDIES OF TRIBOTECHNICAL CHARACTERISTICS OF PLASMA BRONZE COATING IN COMPARISON WITH CAST BRONZE

Luzan S.A. *– Doctor of Technical Sciences, Professor, khadi.luzan@gmail.com*
National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»
Ukraine, Kharkiv

Abstract. *The anti-friction properties of the plasma-sprayed powder coating based on copper PG-19M-01, proposed instead of the cast bronze sleeve made of 05Ts5S5 bronze, used in the coupling of the drive shaft and gear of the T-155 transfer case pumps, were proposed and investigated in the paper. X-ray phase analysis of plasma coatings from PG-19M-01 powder showed that the main phase in the coatings is a solid solution of aluminum in copper. X-ray microspectral analysis established that the composition of the coating is heterogeneous in thickness. The results of the conducted research and field tests showed that plasma coating with copper-based powder PG-19M-01 has higher tribotechnical characteristics compared to cast bronze 05Ts5S5.*
Keywords: *plasma coating, bronze, tribological properties, wear resistance, microstructure*.

Актуальність дослідження. Для відновлення транспортної інфраструктури у короткостроковій перспективі необхідно провести реформування та інтегруватися у європейську і світову транспортну мережу. Для розв'язання проблем автомобільно-транспортної системи необхідно, крім організаційних заходів та вдосконалення системи державного управління у галузі автомобільного транспорту, підвищити якість та рівень безпеки перевезень пасажирів, удосконалити систему технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів, з використанням інноваційних технологій.

Метою роботи є дослідження антифрикційних властивостей покриття, напиленого плазмовим способом порошком на основі міді ПГ-19М-01, у порівнянні з литою бронзою 05Ц5С5. Елементом дослідження обрано сполучення вал-шестерня приводу насосів роздавальної коробки тягача Т-155.

Виклад основного матеріалу. Покриття наносили методом плазмового напилення на установці УПУ-3Д на основу зі сталі 25ХГТ, що пройшла хіміко-термічну обробку (нітроцементацію), що забезпечує твердість 57-65 HRC у поверхневому шарі глибиною 0,8-1,3 мм. Як вихідний матеріал для напилення

був використаний порошок марки ПГ-19М-01 ТУ У 322-19-004-96, що виготовляється ВАТ "Торезтвердосплав". Його хімічний склад: Cu – (85,5-87,5) %, Al – (8,5-10,5) %, Fe – до 4%. Як плазмоутворюючий газ застосовувалася суміш аргону (85%) і азоту (15%). Режими нанесення покриття: сила струму – А 400 А, напруга – 45 В, витрата плазмоутворюючого газу – 4 $м^3$/год, витрата порошку – 3 кг/год, дистанція напилення – 120 мм, кут напилення – 90±10 град.

Триботехнічні властивості плазмових покриттів ПГ-19М-01 та бронзи 05Ц5С5 вивчали на машині тертя МІ за схемою диск-колодка в середовищі індустріальної олії марки І-20 при наступних режимах: середня окружна швидкість ковзання V=0,42 м/с, питомий тиск на колодку при нормальному У процесі становило q=8,0 МПа, площа поверхні тертя $1{,}81 \cdot 10^{-4}$ $м^2$. Диск виготовлявся із сталі 45 HRC52, колодки із бронзи 05Ц5С5 та сталі 45 з плазмовим покриттям порошком ПГ-19М-01.

Зносостійкість оцінювалася втратою ваги зразка в процесі тертя, яка визначалася на лабораторних вагах моделі ВЛР-200 г з точністю до 10^{-4}. Тривалість випробувань вибиралася з таким розрахунком, щоб можна було отримати достовірні та добре відтворювані результати (10^5 циклів або 8,3 години).

Інтенсивність зношування визначалася за виразом:

$$U = \frac{G_1 - G_2}{\gamma \cdot F \cdot t}, \quad (1)$$

де G_1 – вага зразка до випробування; G_2 – вага зразка після випробування; γ – щільність; F – площа поверхні тертя зразка; t – час випробування.

Щільність бронзового покриття порошком марки ПГ-19М-01 та бронзи 05Ц5С5 визначалися за ДСТ 25281 методом гідростатичного зважування.

Момент тертя вимірювався на машині тертя типу МІ при середній швидкості ковзання V = 0,42 м/с і різних питомих навантаженнях на колодку (q_1 = 4,0 МПа, q_2 = 6,0 МПа, q_3 = 8,0 МПа, q_4 = 10,0 МПа), а коефіцієнт тертя обчислювався за виразом:

$$K_{тр} = \frac{M_{тр}}{q \cdot F \cdot R}, \quad (2)$$

де $M_{тр}$ – момент тертя; R – радіус диска; q – питомий тиск на колодку; F – площа поверхні тертя зразка.

Твердість плазмового покриття та литої бронзи визначалися по Брінеллю ДСТ 9012 на приладі для визначення твердості ХП-250 (Німеччина) вдавлюванням сталевої кульки Ø 5 мм при навантаженні 250 кгс.

Результати досліджень триботехнічних характеристик показали, що коефіцієнт тертя напиленого плазмовим методом покриття порошком ПГ-19М-

01 по загартованій сталі 45 у дослідженому діапазоні слабо залежить від питомого навантаження і дещо збільшується від 0,11 до 0,13. Аналогічно поводиться коефіцієнт тертя у парі бронза 05Ц5С5 – сталь 45, проте його величина в 1,25-1,3 рази більша (рис. 1).

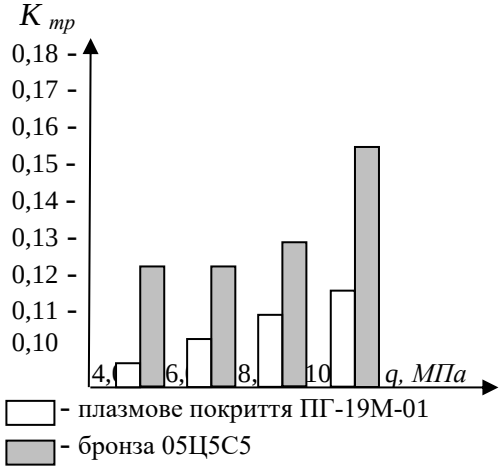


Рисунок 1 – Коефіцієнти тертя при нормальному процесі зношування плазмового покриття ПГ-19М-01 та бронзи 05Ц5С5 по сталі 45 HRC52

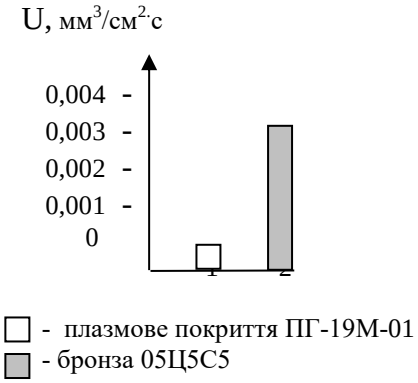


Рисунок 2 – Інтенсивність зношу-вання в процесі нормального тертя в середовищі індустріальної олії марки І-20 пар диск, сталь 45 HRC52: 1 – колодка з покриттям ПГ-19М-01; 2 – колодка із бронзи 05Ц5С5.

Результати порівняльних випробувань зносостійкості бронзи 05Ц5С5 та плазмового покриття порошком на основі міді марки ПГ-19М-01 наведено на рис. 2.

Дослідження твердості показали, що твердість напиленого покриття (НВ 107-110) дещо нижча, ніж у бронзи (НВ 110-114).

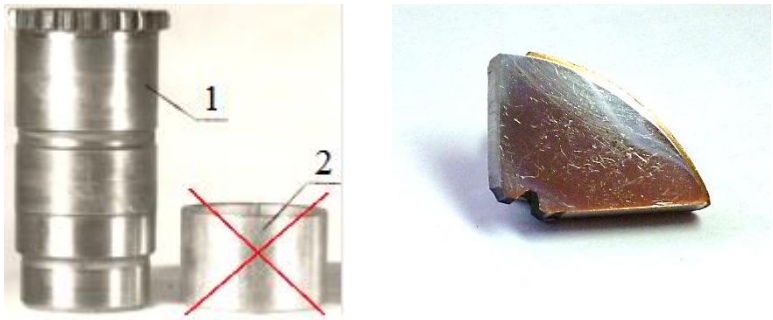
З метою визначення працездатності та надійності плазмонапиленого покриття було проведено натурні випробування. Для випробувань напиленого покриття вибрали пару вал-шестерня приводу насосів роздавальної коробки тягача Т-155. У серійному виконанні в шестірню запресовується втулка, виготовлена з бронзи 05Ц5С5 товщиною 5 мм, за допомогою якої шестерня сполучається з валом (рис. 3).

У дослідному виконанні замість втулки було виготовлено плазмове напилення зовнішньої поверхні валу завтовшки до 2 мм порошком марки ПГ-19М-01 (рис. 4).



а *б* *в*

Рисунок 3 – Серійне виконання сполучення вал-шестерня:
а – втулка; б – втулка, запресована у шестірню; в – вал



а *б*

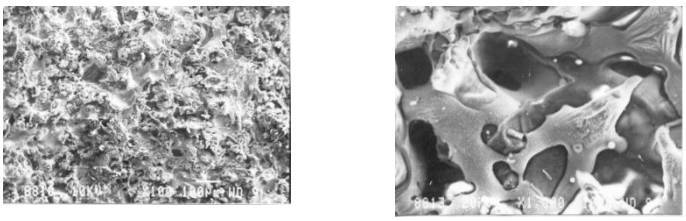
Рисунок 4 – Дослідний вал:
а) 1 – плазмове покриття порошком ПГ-19М-01; 2 – серійна втулка;
б) фрагмент валу з плазмовим покриттям порошком ПГ-19М-01

Об'єм випробувань становив 105 км руху в режимі буксирування та 60 запусків двигуна з буксира. Швидкість руху становила 13-15 км/год.

Результати огляду та мікрометражу після випробувань показали, що задирів, піттингів на поверхні шестерні та валу немає. Зношування внутрішньої поверхні шестерні практично відсутнє, напиленої поверхні валу становить 0,02-0,29 мм і вони придатні до подальшої експлуатації.

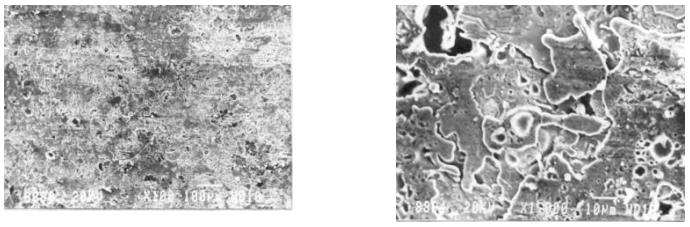
Для дослідження покриттів застосовували оптичну (мікроскоп МІМ-8), електронну растрову мікроскопію (мікроскоп JSM-840 з системою мікроаналізаторів LINK 860/500), а також рентгенівський мікроаналізатор МАР-3, спосіб ренгеноструктурного фазового аналізу на дифрактометрі ДРОН-2.

Аналіз мікроструктури поверхні покриття показав, що вона вкрай неоднорідна: гладкі безструктурні ділянки чергуються з частинками різної морфології (рис. 5 та 6). Були виявлені численні порожнини та пори на ділянках взаємодії покриття з основою (рис. 6).



а б

Рисунок 5 – Мікроструктура зовнішньої поверхні відокремленого від підкладки покриття: а – х100; б – х1000



а б

Рисунок 6 – Мікроструктура покриття з боку підкладки: а – х100; б - х1000

Мікрорентгеноспектральним аналізом встановлено, що склад покриття неоднорідний за товщиною. Зовнішня частина покриття містить міді 60 ат.%, алюмінію 37 ат.%, з боку підкладки вміст міді становить 80,6 ат.%, а алюмінію – 15,6 ат.%. Вміст заліза як зовнішньої поверхні покриття, так і з боку основи було приблизно однаковим і становило близько 3 ат.% [1].

Таким чином, проведені дослідження свідчать, що застосування методу плазмового напилення порошком на основі міді марки ПГ-19М-01 дозволяє отримувати антифрикційні покриття з більш високими триботехнічними характеристиками порівняно з литою бронзою 05Ц5С5, забезпечуючи при цьому значну економію металу.

Висновок. Результати проведеного дослідження показали, що плазмове покриття порошком на основі міді марки ПГ-19М-01 має більш високі триботехнічні характеристики порівняно з литою бронзою 05Ц5С5.

На основі отриманих результатів можна рекомендувати застосування у конструкціях транспортних засобів замість бронзових втулок, що працюють у парі зі сталевими валами, плазмове покриття порошком ПГ-19М-01 ТУ У 322-19-004-96, нанесене на вал.

Література

1. Лузан С.О., Бантковський В.А. Підвищення антифрикційних властивостей поверхонь деталей машин шляхом плазмового напилення покриття порошком ПГ-19М-01 замість литої бронзової втулки. Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Автомобіле- та *тракторобудування* : зб. наук. пр. Харків : НТУ "ХПІ", 2023. № 1. С. 47-54. DOI: 10.20998/2078-6840.2023.1.05

ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ РЕКУПЕРАЦІЇ ТЕПЛА ДЛЯ ПІДТРИМКИ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ ДИЗЕЛІВ ТЕПЛОВОЗІВ

Максимчук М.М. – магістрант, maksymchuk_mm@gsuite.duit.edu.ua
Малюк С.В. – ст. викладач, maliuk_sv@gsuite.duit.edu.ua
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

USE OF THE HEAT RECOVERY SYSTEM TO SUPPORT THE TEMPERATURE MODES OF DIESEL LOCOMOTIVES

Maksymchuk M. – master's student, maksymchuk_mm@gsuite.duit.edu.ua
Maliuk S. – Senior teacher, maliuk_sv@gsuite.duit.edu.ua
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract*. The work deals with the efficient use of thermal energy of diesel locomotive energy, which is an important task of the modern railway industry, especially in the conditions of growing requirements for fuel economy and reduction of harmful emissions. One of the promising solutions for increasing the energy efficiency of diesel locomotives is the use of heat recovery systems. These systems make it possible to reuse the thermal energy released during the operation of the diesel engine, instead of releasing it into the atmosphere. This contributes not only to the reduction of fuel consumption, but also to the reduction of the environmental impact of railway transport. This report will consider the principle of operation, the main types of heat recovery systems on diesel locomotives and their advantages.*
Keywords: *thermal energy, diesel, locomotive, diesel heating, fuel consumption, efficiency*

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю дослідження ефективності використання тепла, яке виділяється при роботі дизельного двигуна при роботі, для підтримки температурного режиму дизеля.

Метою роботи узагальнення інформації стосовно рекуперації тепла дизеля тепловозу для ефективного його використання при експлуатації.

Рекуперація тепла — це процес повторного використання теплової енергії, яка вивільняється при роботі двигуна внутрішнього згоряння. У тепловозах під час роботи дизельного двигуна виділяється значна кількість тепла, яке переважно розсіюється через охолоджувальну систему, вихлопні гази та інші компоненти. Системи рекуперації тепла дозволяють перехоплювати цю енергію і використовувати її для різних цілей, таких як:

1. *Підігрівання охолоджувальної рідини*. Використання тепла вихлопних газів для підтримання температури охолоджувальної рідини на оптимальному рівні.

2. *Обігрів салону локомотива*. Тепло, отримане від вихлопних газів, може використовуватися для обігріву кабіни машиніста, що особливо актуально в зимовий період.

3. *Підігрів палива*. Це дозволяє уникнути загусання дизельного палива при низьких температурах, що полегшує запуск двигуна і покращує його роботу.

4. *Генерація додаткової електроенергії*. У деяких сучасних системах рекуперація тепла може використовуватися для вироблення електроенергії, яка накопичується в акумуляторних батареях або використовується для живлення допоміжних систем.

Існує декілька типів систем рекуперації тепла, які можуть бути використані на тепловозах:

Рекуперація тепла вихлопних газів

Це один із найбільш поширених методів. Системи рекуперації тепла вихлопних газів використовують тепло, що виділяється під час викиду відпрацьованих газів, для підігріву охолоджувальної рідини або обігріву салону. Для цього встановлюються теплообмінники, які передають теплову енергію від гарячих вихлопних газів до іншої рідини або повітря. Це не лише підвищує енергоефективність, але й сприяє зниженню температури вихлопних газів, що зменшує навантаження на систему охолодження.

Системи утилізації тепла охолоджувальної рідини

Ці системи використовують тепло, що виділяється при охолодженні двигуна. Вони зазвичай використовуються для підігріву води або інших рідин, які можуть бути використані для обігріву кабіни або інших частин тепловоза. Теплообмінники, встановлені в системі охолодження, забезпечують передачу тепла до спеціальних резервуарів з водою або іншими рідинами.

Теплові насоси

У більш сучасних конструкціях використовуються теплові насоси, які дозволяють ефективніше використовувати тепло, що вивільняється під час роботи двигуна. Теплові насоси здатні збирати тепло навіть при відносно низьких температурах і використовувати його для обігріву або інших потреб.

Турбокомпаундування

Ця технологія передбачає використання частини тепла вихлопних газів для обертання додаткової турбіни, яка генерує електроенергію. Турбокомпаундування дозволяє значно підвищити загальну ефективність тепловоза, оскільки використовує потенціал енергії, яка зазвичай просто розсіюється в атмосферу.

Застосування систем рекуперації тепла на тепловозах має ряд значних переваг:

1. Економія палива. Повторне використання тепла дозволяє знизити

споживання дизельного палива, що призводить до суттєвих економічних переваг, особливо на великих відстанях.

2. Зменшення шкідливих викидів. Використання тепла для додаткових потреб дозволяє знизити кількість викидів оксидів азоту, сажі та вуглекислого газу.

3. Підвищення довговічності двигуна. Зменшення навантаження на систему охолодження та більш рівномірний розподіл температурного режиму сприяє збільшенню ресурсу двигуна.

4. Комфорт для персоналу. Системи рекуперації тепла можуть забезпечувати комфортні умови роботи для машиністів та обслуговуючого персоналу, особливо в холодну пору року.

Висновок. Системи рекуперації тепла на тепловозах є важливим кроком на шляху до підвищення енергоефективності залізничного транспорту. Використання таких систем дозволяє знизити споживання палива, зменшити шкідливі викиди та покращити загальну ефективність тепловозів. У перспективі, з огляду на зростаючі вимоги до екологічності та енергозбереження, такі технології стануть невід'ємною частиною сучасного залізничного транспорту. Впровадження систем рекуперації тепла може значно покращити економічні показники залізниць і сприяти досягненню цілей сталого розвитку.

Отже, розвиток та впровадження систем рекуперації тепла на тепловозах є доцільним і перспективним напрямком, який дозволяє забезпечити ефективну експлуатацію залізничного транспорту в умовах сучасних викликів.

Література

1. Каграманян А.О. Впровадження альтернативних методів прогріву тепловозів, які знаходяться в «гарячому» резерві. Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування: 8-а Міжнародна науково-практична конференція, 28-29 вересня 2017 р. Херсон: ХДМА, 2017. С. 88-91. http://lib.kart.edu.ua/handle/123456789/23175

2. Крашенінін О.С. Пропозиції зі скорочення енерговитрат у локомотивному депо. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2021. Т. 26. № 2. С. 30-42. ttps://doi.org/10.18664/ikszt.v26i2.235396

3. Roy, B., Windover, P., Panzica, L., O'Neal, K., Tario, J., & English, J. (2012, April). Real-World Benefits of the Diesel Warming System for Short Line Locomotives. In ASME/IEEE Joint Rail Conference (Vol. 44656, pp. 735-744). American Society of Mechanical Engineers.Konstantinos, N. Gyftakis, Antonio J. Marques Cardoso, Jose A. Antonino-Daviu. (2017). Introducing the Filtered Park's and Filtered Extended Park's Vector Approach to detect broken rotor bars in induction motors independently from the rotor slots number. *Mechanical Systems and Signal Processing,* 93, 30–50. https://doi.org/10.1115/JRC2012-74052.

4. Tripathi, G., & Dhar, A. (2017). Exhaust heat recovery options for diesel locomotives. Locomotives and Rail Road Transportation: Technology, Challenges and Prospects, 27-40. https://doi.org/10.1007/978-981-10-7575-9_10.

ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ СТРУМОПРИЙМАЧІВ ЕЛЕКТРОПОТЯГІВ

Мацюк Р.В. – бакалаврант, *matsiuk_rv@gsuite.duit.edu.ua*
Співак О.М. – к.т.н., доцент, *alexspi@ukr.net*
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

IMPROVEMENT OF OPERATIONAL RELIABILITY OF CURRENT COLLECTORS OF ELECTRIC TRAINS

Matsiuk R.– bachelor's student, *matsiuk_rv@gsuite.duit.edu.ua*
Spivak A. – Ph.D., Associate Professor, *alexspi@ukr.net*
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract*. The main fleet of locomotives in operation on the railways of Ukraine are diesel locomotives and electric locomotives of the last generation. The long life of these locomotives and large volumes of produced series made it possible to obtain reliable and economical machines that fully satisfy the conditions of train work. During repair, modernization of systems and units of locomotives is carried out, which allows them to be operated for a long time. As traction engines in the traction drive of locomotives on the railways of Ukraine, collector engines are widely used, which require careful technical and repair maintenance.*
Keywords*: collector, commutation, neutral, reliability*

Актуальність дослідження. У сучасних умовах розвитку транспортної інфраструктури електропотяги відіграють ключову роль у забезпеченні ефективного, екологічного та економічного перевезення пасажирів і вантажів. Для забезпечення безперебійного живлення електричною енергією тягових двигунів та допоміжного обладнання необхідно мати надійні струмоприймачі електроенергії, які є одними з перших електричних пристроїв, що з'єднують електрообладнання електропотягів з контактною мережею. Тому, ефективність роботи електропотягів значною мірою залежить від якості та надійності роботи струмоприймачів, які є основним елементом у системі передачі електроенергії від контактної мережі до рухомого складу.

Сучасні тенденції у сфері залізничного транспорту, зокрема впровадження

високошвидкісних перевезень і розвиток інфраструктури, висувають підвищені вимоги до струмоприймачів. Вони мають забезпечувати стабільний контакт із мережею за різних швидкостей руху, мінімізувати знос контактної мережі та бути стійкими до впливу зовнішніх факторів – кліматичних умов та механічних навантажень.

Метою роботи є дослідження основних аспектів функціонування струмоприймачів на електропотягах, аналіз сучасних тенденцій у їхньому проектуванні та експлуатації, а також визначення перспективних напрямків їх удосконалення для забезпечення надійності та ефективності експлуатації електропотягів.

Дослідження і аналіз роботи струмоприймачів електропотягів

Струмоприймачі в електропотягах використовуються для забезпечення стабільного струмознімання з контактної мережі. У звичайних умовах один струмоприймач піднятий за напрямком руху, а на станціях або роздільних пунктах піднімаються обидва. На затяжних підйомах або при перевищенні номінального струму використовуються обидва струмоприймачі. У разі поломки одного струмоприймача рух може здійснюватися на справному до найближчого місця ремонту [1]. Для зменшення зношення контактного проводу на магістральних електровозах використовуються два струмоприймачі, зокрема для роботи в умовах ожеледі. У зимовий період зазвичай використовується передній струмоприймач для кращого контакту.

Сучасні струмоприймачі оснащуються датчиками зносу та навантаження для виявлення несправностей. Високоякісні матеріали, такі як вуглецеві і металокерамічних вставки, зменшують знос контактного проводу і продовжують термін служби струмоприймачів. На ділянках із низьким навантаженням використання одного струмоприймача знижує енергоспоживання. Новітні електровози мають автоматичні системи підйому та опускання струмоприймачів для підвищення ефективності використання енергії. На потягах, що рухаються на швидкостях понад 200 км/год, струмоприймачі оптимізуються з урахуванням аеродинамічних характеристик для стабільного контакту на високих швидкостях [1].

Основні аспекти експлуатації струмоприймачів у сучасних умовах залізничного транспорту включають забезпечення стабільного контакту з контактною мережею, мінімізацію зношення контактної мережі та підвищення надійності системи. Для цього використовуються матеріали з високою зносостійкістю, датчики навантаження і зносу, а також автоматичні системи керування підйомом і опусканням струмоприймачів. Адаптація до зовнішніх факторів, що впливають на ефективну роботу струмоприймачів, передбачає стійкість до кліматичних умов, таких як ожеледь та висока температура.

Використання одного струмоприймача на менш завантажених ділянках дозволяє знизити енергоспоживання і витрати на обслуговування. Всі процеси регламентуються відповідними інструкціями та технічними вимогами для забезпечення безпеки та ефективності експлуатації [2].

Технічні інновації у сфері струмоприймачів значно покращують ефективність та безпеку експлуатації електропотягів. До основних нововведень належать автоматизовані системи управління підйомом і опусканням струмоприймачів, які адаптують роботу до різних умов експлуатації, знижуючи зношення контактної мережі. Інтелектуальні датчики навантаження та зносу дозволяють виявляти несправності своєчасно, знижуючи ймовірність аварій. Використання новітніх матеріалів, таких як вуглецеві і композитні вставки, значно зменшує пошкодження контактної мережі та продовжує термін служби струмоприймачів. Аеродинамічний дизайн струмоприймачів для високошвидкісних перевезень забезпечує стабільний контакт на великих швидкостях, знижуючи опір повітря. Інтеграція з сучасними системами моніторингу дозволяє оперативно реагувати на неполадки в контактних пристроях струмознімання електропотягів і своєчасно здійснювати профілактичні ремонти [3].

Щоб оптимізувати використання струмоприймачів в умовах інтенсивного руху та високошвидкісних перевезень, рекомендується удосконалювати автоматичні системи керування, які адаптуватимуться до змін швидкості та стану контактної мережі, знижуючи енергоспоживання та зношення контактної мережі.

Для забезпечення безпеки на зимових маршрутах слід розробити струмоприймачі, здатні ефективно працювати при ожеледі, а влітку оптимізувати роботу струмоприймачів для запобігання перегріву проводів. Крім того, на ділянках з інтенсивним рухом доцільно застосовувати кілька струмоприймачів для забезпечення стабільного контакту. Інвестування в аеродинамічні та матеріальні інновації дозволить підвищити ефективність та зменшити витрати на обслуговування електропотягів, а також продовжить термін служби контактної мережі.

Висновок. Використання новітніх матеріалів, датчиків зносу та автоматизованих систем підйому струмоприймачів зменшує зношення контактної мережі, оптимізує енергоспоживання та підвищує надійність експлуатації. Аеродинамічна оптимізація струмоприймачів електропоїздів для високошвидкісних перевезень та адаптація до умов експлуатації дозволяють покращити стабільність роботи і зменшити витрати на їх технічне обслуговування.

Л і т е р а т у р а

1. Інструкція щодо порядку використання струмоприймачів електрорухомого складу в різних умовах експлуатації. Київ, 2004. URL: https://opanas.at.ua/romand/159-0104.pdf (дата звернення 15.11.2024).

2. Панченко С. В., Бабаєв М. М., Блиндюк В. С., Нерубацький В. П. Конструкція та динаміка електричного рухомого складу: підручник / С. В. Панченко, М. М. Бабаєв, В. С. Блиндюк та ін. Харків: УкрДУЗТ, 2018. Ч. 1. 280 с.

3. Кривенко С. Наступне покоління струмоприймачів для швидкісних поїздів. URL: https://zbruc.eu/node/10988 (дата звернення 15.11.2024).

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ ДІАГНОСТИКИ

Мензатюк О.П. – магістрант, menzatiuk.o@gmail.com
Університет Йоганна Кеплера
Австрія, м. Лінц
Бахоня В.О. – аспірант, bachonj@ukr.net
Дубравін Ю.Ф. – к.т.н., доц., , dubravin_yf@gsuite.duit.edu.ua
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

IMPROVING THE RELIABILITY OF ELECTRIC MACHINES OF ELECTRIC ROLLING STOCK BY USING DIAGNOSTIC TOOLS

Menzatiuk O.P. – master's student, menzatiuk.o@gmail.com
Johannes Kepler University
Austria, Linz
Bakhonya V.O. – postgraduate student, bachonj@ukr.net
Dubravin Y.F. – Associate professor, dubravin_yf@gsuite.duit.edu.ua
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The methods of operational diagnostics of electric machines and parameters that can be used to predict changes in their technical condition are analyzed. The analysis of parameters characterizing the technical condition of the machine and making it possible to predict the dynamics of their change during operation is carried out. A mathematical model of gradual failures is considered, which is built on the basis of a change in the trajectory of the defining point in the phase space of the operating parameters of an electric machine. The mathematical model is intended to determine the probability of failures of electric machines in the process of changing the functional state of electric machine windings and bearings. Using the model, it is possible to optimize the frequency of diagnostic operations of electric machines and adjust the timing of maintenance and repair.*
Keywords: *diagnostics, methods, isolation, mathematical model, predictive parameters*

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю своєчасного виявлення погіршення стану ізоляції асинхронних двигунів (АД) з метою недопущення відмов в процесі експлуатації. Тривала безаварійна експлуатація АД можлива при за умови правильної експлуатації, ефективної системи діагностики та своєчасного ремонту.

Метою роботи є проведення аналізу параметрів ізоляції АД для виявлення ефективних визначальних параметрів, які характеризують динаміку розвитку несправності в часі та можливість прогнозування зміни стану

ізоляції. Це дасть можливість оптимізувати діагностичні операції та забезпечить своєчасне проведення ремонту і збереження нормальної роботи АД.

Матеріали дослідження. Проведений аналіз відмов ЕРС свідчить, що відмови АД є однією із основних причин зниження рівня надійності тягового рухомого складу локомотивного господарства ЦТ. Основною причиною відмов АД є погіршення стану ізоляції обмотки статора, який залежить в першу чергу від динаміки температурних режимів та механічних навантажень на елементи ізоляцій. На долю відмов ротора, які включають ексцентриситет, вигин вала і не співвісність та підшипників припадає 5-8 % всіх відмов АД.

Значні струмові навантаження АД, електродинамічні сили, що діють на обмотки та циклічні зміни температури обмоток призводять до незворотних фізико-хімічних процесів в структурі ізоляції – її старіння. В результаті сукупної дії всіх зовнішніх факторів зменшується пробивна напруга міжвиткової ізоляції та створюються умови для виникнення часткових розрядів, які створюють локальні зони нагріву, електричну ерозію ізоляції. Відмови, що виникають під час експлуатації АД, можуть бути умовно розділені на раптові та параметричні. Раптові відмови, як правило, пов'язані з конструктивними і технологічними причинами. При наявності ефективного вихідного контролю якості ремонту раптові відмови можуть бути мінімізовані.

Параметричні відмови пов'язані зі старінням ізоляції та характеризуються досягненням визначальними параметрами допустимих значень в процесі їх поступової зміни. Тому, більшість відмов в процесі тривалої експлуатації пов'язані з поступовим погіршенням певного параметра, що характеризує стан ізоляції. Виконання діагностичних випробувань через певні проміжки часу дозволяє оцінити значення прогнозуючих параметрів і ступінь деградації ізоляції обмоток, оцінити тривалість безвідмовної роботи.

Одним із основних показників надійності є вірогідність безвідмовної роботи $P(l)$, тобто здатність АД виконувати свої функції впродовж терміну експлуатації l. Розглядається підвищення вірогідності безвідмовної роботи шляхом оптимізації періодичності процедур діагностики та моніторингу. Параметричні відмови, які відбуваються в результаті зношення, старіння ізоляції в багатьох випадках досить точно описуються нормальним законом. Інтенсивність відмов $\lambda(l)$ при цьому монотонно збільшується. Для побудови математичної моделі процесу зміни фізичних властивостей АД в експлуатації з використанням методів теорії ймовірності і математичної статистики необхідно вибрати ряд доступних вимірюванню параметрів, які могли б бути чутливими індикаторами процесу старіння ізоляції. Якщо, наприклад, в якості визначальних параметрів стану ізоляції прийняти струм витоку ($i_в$) і ємність

діелектрика ($tg\delta$), то можна розглянути наступну модель виникнення відмови. Стан i-ї АД даного типу з точки зору надійності в кожен момент пробігу l може характеризуватись положенням визначальної точки $Z_i(i_в, tg\delta, l)$ в фазовому просторі S прямокутної системи координат $i_в, tg\delta, l$. У фазовому просторі S можливих станів ЕМ визначають підмножини відмови $S_{від}$ і працездатного стану $S_{пр}$, де $S \subset S_{від} \cup S_{пр}$.

При зміні параметрів у зв'язку зі старінням ізоляції буде змінюватись положення визначальної точки. Розглядаючи положення визначальних точок АД при різних пробігах отримаємо їх траєкторії в фазовому просторі, які є реалізаціями випадкового процесу зміни їх стану системи ізоляції АД. Кінцевій точці траєкторії $Z_i(i_в, tg\delta, l)$ відповідає значення параметрів $i_в, tg\delta$ в момент відмови машини, коли $Z_i(i_в, tg\delta, l) \in S_{від}$. Практично неможливо чітко позначити межу, яка розділяє області $S_{пр}$ і $S_{від}$, тому, виходячи з допустимих відхилень параметрів, варто вказати проміжну область S_0 між вказаними областями. Вірогідність відмови АД $Q(l)$ залежить від місця положення її визначальної точки в фазовому просторі можливих станів і визначається співвідношенням:

$$Q(l) = \begin{cases} \le 1, при Z_i(i_в, tg\delta, l) \in S_{від} \in S_0; \\ 1, при Z_i(i_в, tg\delta, l) \in S_{від} \in S_{від}; \\ 0, при Z_i(i_в, tg\delta, l) \in S_{від} \in S_{пр}. \end{cases}.$$

Розглядаючи процес переміщення визначальної точки від початкового моменту експлуатації до межі відмови можна визначають функцію $\lambda(l)$, яка описує швидкість процесу погіршення стану машини (рисунок).

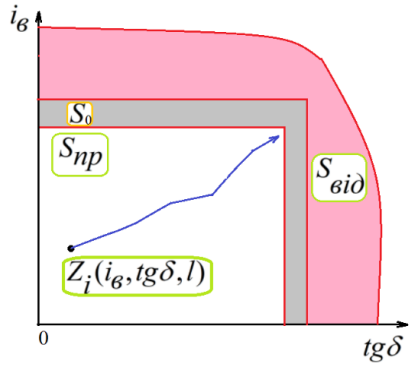


Рисунок – фазовий простір стану ізоляції ЕМ

Вірогідність того, що визначальна точка $Z_i(i_в, tg\delta, l)$ за період пробігу l досягне межі відмов може бути знайдена шляхом рішенням системи

диференціальних рівнянь А.Н. Колмогорова. Отримані дані дають можливість прогнозувати тривалість безвідмовної роботи та визначати періодичність проведення діагностичних операцій для підтримання необхідного рівня надійності.

Складність процесів, що спостерігаються в ізоляції АД, зумовлює використання значної кількості методів діагностики та контрольованих параметрів. Важливе значення для надійної діагностики має вибір параметрів, які відображають зміну властивостей ізоляції, можуть бути виміряні та прогнозувати її стан. Існуючі методи діагностики включають онлайн та оф лайн-випробування, використовуються вимірювання різних фізичних величин: магнітний потік; температуру елементів ротора, вібрацію і акустичні коливання, електричних параметри АД, струм обмотки статора, часткові розряди (ЧР), магнітний потік, температуру та ін. Для підвищення достовірності діагностики технічного стану АД використовують засоби комплексної діагностики на основі електричного, магнітного, теплового та вібраційного методів.

Вібродіагностика дає змогу визначати дефекти підшипникового вузла, ексцентриситету і частково дефекти обмотки статора. Методи акустичної емісії також недостатньо чутливі до виявлення пошкоджень електричних обмоток. Для аналізу магнітного потоку в зазорі двигуна в конструкції машини повинна бути передбачена установка елементів Холла та захист від навколишніх магнітних полів. Достовірність результатів діагностики даного методу не перевищує 90 % . Методи діагностики, засновані на аналізі струму статора з використання векторного підходу Парка дає змогу визначати пошкодження електричної та/або механічної частини стан різних елементів двигунах[1]. В частині інтерпретації даних спектрального аналізу спектра струму статора та його використання для прогнозування зміни стану АД необхідні подальші дослідження.

Одним з першочергових і найпростіших вимірювань для швидкої оцінки загального стану ізоляції є визначення коефіцієнта абсорбції. Для прийняття правильного рішення щодо виконання об'єму і номенклатури діагностики та подальшого ремонту АД необхідно визначити, чи є ізоляційна система сухою, вологою, чистою або забрудненою. Результати досліджень [2] свідчать, що коефіцієнта абсорбції досить точно може характеризувати стан ізоляції. Близький по змісту коефіцієнту абсорбції є індекс поляризації , який відрізняється часом вимірювання. Проте, вимірювання лише одного опору не дає повної картини стану ізоляції. Стан ізоляції погіршується внаслідок перетворень в матеріалі діелектрика, які проявляють себе зміною опору

ізоляції, струму витоку, ємності, електричних втрат, пробивної напруги, вібраційних характеристик, частковими розрядами та тепловими параметрами.

Модель діелектрика можна розглядати як паралельну схему заміщення, в якій струм пружної поляризації моделюється ємністю C, а електропровідності – резистивним опором R [3]. Значення ємності С між провідниками статора і заземленим сердечником може бути параметром, який характеризує тепловий знос, поглинання вологи та забруднення обмотки. Поляризації діелектрика під впливом змінного електричного поля викликає втрати активної електричної потужності – діелектричні втрати, які являють собою суму втрат провідності і поляризації та іонізаційних втрат. Діелектричні втрати характеризуються тангенсом кута діелектричних втрат tgδ, відношення резистивного струму до ємнісного, що протікає через діелектрик у змінному електричному полі. Діелектричні втрати являють собою суму втрат провідності в матеріалі діелектрика і поляризації $g\delta_p$ та іонізаційних втрат $tg\delta_i$, які з'являються при виникнення ЧР $tg\delta = tg\delta_p + tg\delta_i$. Іонізаційні втрати починають різко зростати при збільшенні напруги, при якій починають іонізуватись порожнини в структурі ізоляції, тобто виникають ЧР. Різниця між $tg\delta$ і $g\delta_p$ визначає величину діелектричних втрат усередині ізоляції і може бути показником активності ЧР [4]. При амплітудно частотному методі (АЧХ) використовують сигнал низької напруги високої частоти [5]. Частотна характеристика вимірюється як відношення вихідної напруги U2 та вхідної U1. АЧХ залежить від усіх ємностей, індуктивностей і внутрішніх опорів машини. Резонансна частота АЧХ є типовою для АД і використовується для виявлення та локалізації несправностей. Метод АЧХ вважається найбільш надійним для виявлення несправностей між витками.

Висновок. В результаті проведених досліджень розглянуто модель зміни стану ізоляційної системи АД, яка може бути використана для прогнозування відмов двигунів в експлуатації. Рекомендовано в якості визначальних діагностичних параметрів використовувати опір ізоляції, (струм витоку), діелектричні втрати $tg\delta$ та резонансну частоту АЧХ.

Література

1. Gubarevych, O., Wierzbicki, S., Petrenko, O., Melkonova, I., & Riashchenko, O. (2024). Modular unit for monitoring of elements of asynchronous machine for improving reliability during operation. *Diagnostyka, 25*(4).

2. Decner, A., Baranski, M., Jarek, T., & Berhausen, S. (2022). Methods of diagnosing the insulation of electric machines windings. *Energies, 15*(22), 8465.

3.Dubravin, Y., Shostak, Y., Bakhonya, V., & Tkachenko, V. (2024). Justification of choice of methods for diagnostics of insulation condition of electrical machines of electric railway stock. *Transport systems and technologies*, (43), 76-89.

4. Мадонна В., Джангранде П. и Галеа М. (2019). Оценка межжильной емкости и коэффициента потерь в термически состаренных эмалированных катушках для низковольтных электрических машин. *ИЭПП «Наука, измерения и технологии»* , *13* (8), 1170-1177

5. Mayora, H., Alvarez, R., Bossio, G., & Calo, E. (2021, June). Condition assessment of rotating electrical machines using sfra-a survey. In *2021 IEEE Electrical Insulation Conference (EIC)* (pp. 26-29). IEEE.

ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ДІАГНОСТИКИ ПРИ ПІДГОТОВЦІ ЛОКОМОТИВІВ ДО ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Муравицький В.Є. – магістрант, *muravuckuy_ve@gsuite.duit.edu.ua*
Малюк С.В. **–** ст. викладач, *maliuk_sv@gsuite.duit.edu.ua*
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

USE OF MODERN DIAGNOSTIC METHODS IN THE PREPARATION OF LOCOMOTIVES FOR OPERATION

Muravytskyi V. – master's student, *muravuckuy_ve@gsuite.duit.edu.ua*
Maliuk S. – Senior teacher, *maliuk_sv@gsuite.duit.edu.ua*
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract*. The papers considers the relevance of ensuring reliable and safe operation of locomotives, which is an important task of railway transport. In view of the constant growth of the load on the railway network, increasing requirements for safety and efficiency of transportation, the use of modern diagnostic methods is of particular importance. They allow detecting potential malfunctions at early stages, minimizing the risk of accidents and equipment downtime. This report is devoted to the consideration of the main modern diagnostic methods used in the preparation of locomotives for operation. This includes both traditional tools and the latest technological solutions, such as diagnostics based on vibration analysis, ultrasonic methods, thermal imaging, real-time monitoring systems and the use of artificial intelligence.*
Keywords: *railway transport, locomotive, operation, diagnostics*

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю удосконалення та впровадження сучасних діагностичних методів для підготовки локомотивів до експлуатації.

Метою роботи є аналіз методів діагностування локомотивів при підготовці їх до експлуатації а також підвищення більш ефективної та надійної роботи локомотивів.

Локомотиви, як складні технічні системи, потребують постійного контролю технічного стану для забезпечення безперебійної роботи. Регулярна діагностика дозволяє:

- зменшити ризик аварій за рахунок виявлення дефектів на ранніх стадіях;
- підвищити ефективність експлуатації завдяки скороченню часу простою на ремонтах;
- знизити витрати на обслуговування через перехід до системи планово-попереджувального ремонту замість аварійного;

- продовжити термін служби обладнання завдяки своєчасному усуненню зносу і дефектів.

Розглянемо основні методи діагностики.

1. Візуальний та інструментальний контроль.

Візуальний контроль залишається одним із найпростіших і найпоширеніших методів перевірки стану локомотивів. Проте його ефективність значно підвищується при використанні сучасних інструментів, таких як ендоскопи, тепловізори та цифрові камери. Це дозволяє операторам оглядати важкодоступні місця та виявляти дефекти, які не видно неозброєним оком.

2. Вібраційна діагностика.

Вібраційна діагностика є ефективним методом оцінки технічного стану локомотивних вузлів, таких як двигуни, редуктори, підшипники і трансмісії. Аналіз спектру вібрацій дозволяє виявляти пошкодження підшипників, дисбаланс ротора, проблеми з зубчатими передачами та інші несправності.

Вібраційна діагностика має свої переваги, такі як можливість раннього виявлення дефектів без розбирання обладнання.

Для використання цього методу використовується наступне обладнання: портативні аналізатори вібрацій, датчики прискорення, системи моніторингу в реальному часі.

3. Ультразвукова діагностика.

Цей метод базується на виявленні високочастотних звуків, які виникають при зносі або пошкодженні деталей. Ультразвукова діагностика дозволяє виявити:

- витік повітря, масла або пари;
- знос підшипників та зубчастих передач;
- тріщини у металі та дефекти зварних швів.

4. Тепловізійний контроль

Тепловізійний аналіз дає можливість оцінити температурний стан різних компонентів локомотива. Перегрів певних частин може свідчити про наявність дефектів, таких як:

- несправність електричних з'єднань;
- проблеми в системах охолодження;
- підвищений опір в контактних з'єднаннях.

Тепловізори дозволяють проводити безконтактну діагностику, що особливо важливо для перевірки обладнання під напругою.

5. Системи моніторингу в реальному часі.

Сучасні локомотиви часто оснащуються системами моніторингу технічного стану в реальному часі, які збирають дані з датчиків, встановлених

на ключових вузлах. Це дозволяє автоматично аналізувати стан обладнання та виявляти відхилення від норми. Основні переваги таких систем:

- оперативне виявлення несправностей;
- зменшення людського фактора;
- інтеграція з системами планування ремонту.

Останім часом біль широкого розповсюдження отримало використання штучного інтелекту при діагностиці різного обладнання. Застосування технологій штучного інтелекту та машинного навчання дозволяє автоматизувати процес аналізу даних, отриманих під час діагностики. Використання алгоритмів машинного навчання дозволяє:

- передбачати поломки на основі аналізу історичних даних;
- визначати оптимальні інтервали технічного обслуговування**;
- зменшувати витрати на ремонт за рахунок оптимізації процесу діагностики.

Прикладом таких рішень є системи предиктивного обслуговування, які використовуються для прогнозування технічного стану локомотивів на основі аналізу великих масивів даних.

Застосування сучасних методів діагностики при підготовці локомотивів до експлуатації має низку переваг:

- Підвищення надійності: своєчасне виявлення несправностей запобігає аварійним ситуаціям.
- Оптимізація витрат: перехід до обслуговування за станом замість планових ремонтів дозволяє скоротити витрати на технічне обслуговування.
- Екологічна безпека: своєчасний ремонт обладнання зменшує викиди шкідливих речовин у навколишнє середовище.

Висновок. Сучасні методи діагностики є невід'ємною складовою ефективного управління технічним обслуговуванням локомотивів. Використання передових технологій, таких як вібраційна, ультразвукова діагностика, тепловізійний контроль, а також системи моніторингу в реальному часі та штучний інтелект, дозволяє суттєво підвищити безпеку та надійність залізничних перевезень. Це, в свою чергу, сприяє зниженню експлуатаційних витрат і підвищенню ефективності залізничного транспорту в цілому.

Отже, впровадження новітніх технологій діагностики є стратегічно важливим завданням для залізничних компаній, що прагнуть зберегти свою конкурентоспроможність та забезпечити безпеку пасажирів і вантажів.

Література

1. Водянніков, Ю.Я., Макеєва, О.Г., & Жихарцев, К.Л. Проблемні питання діагностування промислових і маневрових локомотивів з метою продовження їх

терміну служби. *Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад» В. 20: Вид-во ДП «УкрНДІВ»*, 2020. 56-61 с.

2. Блиндюк, В.С. (2015). Методи й засоби технічної діагностики тягових двигунів локомотивів. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*, (155). https://doi.org/10.18664/1994-7852.155.2015.92172

3. Kudratov, S., Valiyev, M., Turdimurodov, B., Yusufov, A., & Jamilov, S. (2024). Determining the technical condition of diesel locomotive diesel engine using diagnostic tools. *Scientific and Technical Journal of Namangan Institute of Engineering and Technology*, *9*(3), 262-268. https://doi.org/10.61151/stjniet.v9i3.568

4. Wróbel, J., Bury, P., Zając, M., Kierzkowski, A., Tubek, S., & Blaut, J. (2024). Fault Detection and Diagnostic Methods for Railway Systems–A Literature Survey. *Advances in Science & Technology Research Journal*, *18*(6). https://doi.org/10.12913/22998624/191762

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНОЇ НАВАНТАЖЕНОСТІ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ РІЗНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Мямлін С.С. – к.т.н., докторант, *sergeymyamlin91@gmail.com*
Український державний університет науки та технологій
Україна, м. Дніпро

RESEARCH OF DYNAMIC LOADING OF VARIOUS DESIGNS FREIGHT CARS

Мямлін С.С. *– Ph.D., sergeymyamlin91@gmail.com*
Ukrainian State University of Science and Technology
Ukraine, Dnipro

Abstract*. The report presents the results of theoretical studies of the dynamic loading of freight cars of innovative designs, taking into account prospective operating conditions. Theoretical studies of the dynamic loading of freight cars were carried out on the example of a four-axle grain car. When carrying out the studies, the design features of the grain car were taken into account and the change in the parameters of the spring suspension of the bogies depending on the rotation range of the cars was taken into account. When mathematically modeling the process of interaction between the grain car and the track infrastructure, the track is considered on an elastic-viscous and dissipative basis. The track parameters were applied based on the results of experimental studies of the interaction of rolling stock and the railway track. The obtained results of theoretical studies were used as the basis for the creation of grain cars of innovative designs for grain transportation in the Ukraine-Europe connection.*
Keywords*: freight car, mathematical modeling, dynamics, traffic safety*

Актуальність дослідження обумовлена тим, що створення різноманітних конструкцій вантажних вагонів потребує оцінки їх динамічної навантаженості під час експлуатації для забезпечення безпеки руху поїздів. Особливо потребує дослідження динамічної навантаженості інноваційний рухомий склад для перевезення зерна, який розроблено для перспективних умов експлуатації з урахуванням прогресивних технічних рішень.

Метою роботи є дослідження динамічної навантаженості конструкцій вантажних вагонів з урахуванням експлуатаційних режимів руху різними ділянками магістральних залізниць з дотриманням показників безпеки руху поїздів.

Розвиток залізничного вітчизняного транспорту нерозривно пов'язаний з удосконаленням технологій вантажних перевезень та створенням інноваційних конструкцій рухомого складу. Основна направленість досліджень з удосконалення конструкцій вантажних вагонів пов’язана з максимальним застосуванням сучасних розробок науки і техніки в галузі транспортного машинобудування. У зв’язку із зростанням попиту на перевезення зернових у

напрямку Україна – Європа, то набуває все більшої актуальності напрямок досліджень, що пов'язаний з розробкою інноваційних конструкцій вантажних вагонів для перевезення зерна.

До інноваційних технічних рішень слід віднести не тільки використання інноваційних матеріалів у вигляді високоміцних сталей та прокату, які спроможні надати створюваним конструкціям нових механічних властивостей, а й розробка інженерних рішень при формуванні окремих деталей та вузлів вантажних вагонів. При виконанні досліджень виконано аналіз існуючих конструкцій вантажних вагонів для перевезення зерна та розглянуто можливі варіанти удосконалення конструкцій з урахуванням їх переваг та недоліків.

За участю автора розроблено модельний ряд інноваційних вантажних вагонів [1, 2], в тому числі конструкції інноваційних вагонів для зерна [3-5]. При створенні конструкцій вагонів-зерновозів враховано вимог чинних норм для проектування та розрахунку вантажних вагонів.

Виконано передпроектні дослідження з визначення міцносних та динамічних характеристик вагонів-зерновозів із умов взаємодії вагонів з залізничною колією, яка розглядається на пружно-в’язкій та дисипативній основі. В розрахунках визначалися основні показники динаміки вантажних вагонів у всьому діапазоні експлуатаційних швидкостей на прямолінійних та криволінійних ділянках колії. При виконанні математичного моделювання динамічної навантаженості вагонів-зерновозів застосовано авторський програмний комплекс DYNRAIL-PRO [6].

Отримано підтвердження правильності вибраних технічних рішень та практичні рекомендації для використання при виготовленні дослідних зразків вагонів-зерновозів на вагонобудівних підприємствах.

Висновок. В результаті проведених теоретичних досліджень динамічної навантаженості вантажних вагонів інноваційних конструкцій на прикладі чотиривісних вагонів-зерновозів бункерного типу отримано підтвердження коректності прийнятих технічних рішень та параметрів конструкції вагонів-зерновозів для використання магістральними коліями вітчизняних залізниць та мережі залізниць Євросоюзу.

Література

1. Мямлін С.С. Створення та модернізація рухомого складу для перевезення зерна залізничним транспортом. Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту (м. Дніпро, 19.05–20.05.2016). Тези 76 Міжнародної науково-практичної конференції. 2016. С. 44-45.

2. Мямлин С.С. Створення технічних засобів для транспортування зерна залізничним транспортом. Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту м. Дніпро, 11-12 травня 2017 р.). Тези доповідей 77 Міжнародної науково-практичної конференції. 2017. С. 63-64.

3. Критий вагон-хопер для перевезень зерна пат. Україна, UA № 155121, МПК B 61 D 3/00. № заявки u 202303727 заявл. 02.08.2023; опубл. 17.01.2024, Бюл. № 3 Панченко С.В. (UA), Ватуля Г.Л. (UA), Ловська А.В. (UA), Мямлін С.С. (UA) Павлюченков М.В. (UA)

4. Мямлин С.С. Вдосконалення конструкції рухомого складу залізниць для забезпечення інтермодальних перевезень зернових. Залізничний транспорт України. 2023. № 1. С. 42-50.

5. Ватуля Г. Л. Дослідження міцності даху вагона-хопера для перевезень зерна / Г.Л. Ватуля, А.О. Ловська, С.С. Мямлін, М.В. Павлюченков // Транспорт: наука та практика : збірник наукових праць за матеріалами II-ї міжнар. наук.–практ. конф. (25-26 травня 2023 р.). 2023. С. 113-115.

6. Комп'ютерна програма «Программа моделирования пространственных колебаний железнодорожных экипажей» Свід. про авт. право на твір №116761 Україна, заявл. 31.05.2023 опубл. 31.05.2023, Бюл. №75 Мямлін С.С. (UA).

РЕМОНТ ТА ОБСЛУГОВУВАННЯ ШВИДКІСНИХ ПОЇЗДІВ В УКРАЇНІ

Нєвєров Д.М. – бакалаврант, neverov_dm@gsuite.duit.edu.ua
Ткаченко В.П. – д.т.н., професор, tkachenko_vp@gsuite.duit.edu.ua
Державний університет інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

REPAIR AND MAINTENANCE OF HIGH-SPEED TRAINS IN UKRAINE

Nievierov D. – bachelor's student, neverov_dm@gsuite.duit.edu.ua
Tkachenko V. – Dr. Tech. Sciences, Professor, tkachenko_vp@gsuite.duit.edu.ua
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The study examines the current state and challenges in the maintenance and repair of high-speed trains in Ukraine. Particular attention is given to the introduction of modern diagnostic methods and automated repair processes to improve service efficiency. The role of human resources, staff training, and international cooperation in enhancing the quality of technical support is highlighted. The study proposes practical measures for the modernization of service depots and the adoption of environmentally friendly materials, aiming to ensure the sustainability and reliability of high-speed rail operations.*
Keywords: *high-speed trains, maintenance, repair technologies, predictive diagnostics, railway infrastructure, Ukraine*

Актуальність дослідження. Швидкісний залізничний транспорт є важливою складовою транспортної інфраструктури України, забезпечуючи швидке та ефективне сполучення між регіонами, сприяючи економічному зростанню та інтеграції країни до європейської транспортної мережі. Однак його обслуговування стикається з низкою викликів, які потребують негайного вирішення:

- дефіцит кваліфікованих кадрів: відсутність достатньої кількості фахівців із досвідом роботи з сучасним обладнанням;

- недостатній рівень підготовки персоналу: існуючі програми навчання не відповідають сучасним вимогам швидкісного транспорту;

- обмеженість фінансових ресурсів: недостатнє фінансування модернізації технічних баз та впровадження інноваційних технологій.

Для забезпечення надійності, безпеки та економічної ефективності експлуатації швидкісних поїздів необхідно впроваджувати сучасні технології діагностики та ремонту, розширювати ремонтну інфраструктуру та інвестувати у розвиток людського капіталу. Це дозволить створити конкурентоспроможну транспортну систему, здатну задовольнити потреби як пасажирів, так і економіки в цілому.

Мета роботи. Дослідження сучасних підходів до обслуговування швидкісних поїздів, аналіз їх ефективності та розробка рекомендацій для оптимізації ремонтних і сервісних процесів в умовах України.

Провести аналіз та дослідження

1. Сучасний стан обслуговування швидкісних поїздів в Україні

В Україні експлуатуються швидкісні поїзди моделей Hyundai Rotem (HRCS2), Skoda (EJ-675) та ЕКр1 («Тарпан»), які забезпечують транспортне сполучення між основними містами країни. Ключовою ремонтною базою для обслуговування швидкісних поїздів Hyundai Rotem в Україні є технічна пасажирська станція (ТПС) Дарниця в Києві, яка належить до структури **Української залізничної швидкісної компанії (УЗШК)**. Ця база була створена спеціально для обслуговування швидкісних електропоїздів і є однією з найсучасніших у країні.



Рисунок 1 – Загальний вид Української залізничної швидкісної компанії (УЗШК)

Попри значний внесок у підтримку роботи швидкісного залізничного транспорту, це депо потребує суттєвої модернізації для забезпечення відповідності сучасним вимогам обслуговування, що включає впровадження новітніх технологій діагностики, автоматизації діагостичних процесів та покращення інфраструктури.



Рисунок 2 – Вигляд депо зсередини.

Серед основних проблем можна виділити:

- морально застаріле обладнання для технічної діагностики, яке не дозволяє проводити повний і точний аналіз стану ключових систем поїздів;

- відсутність автоматизованих систем моніторингу стану рухомого складу в реальному часі, що ускладнює оперативне виявлення несправностей та планування ремонтних робіт;

- дефіцит кваліфікованих кадрів та недостатній рівень підготовки технічного персоналу, що обмежує впровадження сучасних технологій і підходів до обслуговування.

2. Інноваційні підходи до обслуговування

Для підвищення ефективності ремонту та обслуговування швидкісних поїздів важливо впроваджувати наступні інновації:

2.1. Діагностичні системи

Використання предиктивних систем діагностики на основі даних IoT дозволяє своєчасно ідентифікувати несправності. Це знижує ризик аварій та економить ресурси. Наприклад, сенсори в реальному часі аналізують стан тягових двигунів, гальмівних систем та буксових вузлів.

2.2. Автоматизація ремонтних процесів

Впровадження автоматизованих програмних систем для технічного обслуговування допомагає зменшити кількість людських помилок і прискорити обслуговування або ремонт. Програма може сама сторювати завдання з перевірки зносу деталей, систематизувати капітальний ремонт.

3. Основні напрямки розвитку.

Навчання персоналу та міжнародна співпраця

Підготовка кваліфікованих кадрів є одним із ключових факторів, що визначають якість обслуговування швидкісних поїздів. З огляду на складність сучасних технологій, особлива увага приділяється формуванню нових компетенцій у технічного персоналу та впровадженню міжнародних стандартів обслуговування.

Організація навчальних програм:

- проведення спеціалізованих курсів для студентів залізничних вузів із використанням практичних тренажерів, що моделюють реальні ситуації під час технічного обслуговування;

- розробка інтегрованих програм підвищення кваліфікації для діючих працівників, орієнтованих на сучасні підходи до ремонту і діагностики;

- створення центрів навчання на базі великих технічних депо, таких як тпс дарниця, для залучення молодих спеціалістів.

Міжнародна співпраця:

- укладання угод із провідними компаніями, такими як Hyundai Rotem, Alstom, Siemens та Jr Group, для обміну досвідом у сфері обслуговування рухомого складу;

- організація стажувань для українських фахівців за кордоном, що дозволяє переймати передові технології та методи роботи;

- залучення іноземних експертів для навчання персоналу, впровадження стандартів якості та адаптації новітнього обладнання до потреб української інфраструктури.

Використання симуляційних технологій.

Інтеграція симуляційних тренажерів для навчання персоналу дозволяє імітувати аварійні ситуації, процеси діагностики та ремонтних робіт безпосередньо в навчальних класах. Це мінімізує ризики під час реального обслуговування.

Переваги.

Поєднання освіти, міжнародного досвіду та технологічної модернізації забезпечує підвищення рівня професійної підготовки кадрів, зменшує ймовірність помилок під час обслуговування, а також сприяє довготривалому розвитку галузі.

4. Роль держави у розвитку інфраструктури

Ефективне обслуговування швидкісних поїздів потребує активної участі держави, зокрема:

- інвестування у створення нових баз для ремонту та обслуговування;

- надання податкових пільг для підприємств, що займаються ремонтом рухомого складу;

- розробка національних стандартів з обслуговування швидкісного транспорту.

5. Практичні результати та перспективи

Модернізація обслуговуючих баз для швидкісних поїздів в Україні вже демонструє позитивні результати. Зокрема, на ТПС Дарниця (Київ) було впроваджено сучасну систему ремонту та діагностики для поїздів Vision IT, яка дозволяє скоротити середній час проведення технічного обслуговування на 30%. Це стало можливим завдяки інтеграції автоматизованих діагностичних комплексів, які забезпечують швидке виявлення несправностей і підвищують точність ремонтних робіт.

Окрім, було модернізовано обладнання для обслуговування гальмівних систем і систем управління, що сприяло зниженню експлуатаційних витрат і підвищенню надійності роботи поїздів.

Висновки. Ремонт і обслуговування швидкісних поїздів в Україні є важливим фактором для розвитку транспортної інфраструктури. Для забезпечення їхньої ефективності необхідно:

- впроваджувати сучасні діагностичні системи;
- розширювати та модернізувати ремонтні бази;
- підвищувати кваліфікацію персоналу;
- забезпечувати підтримку з боку держави та міжнародних партнерів.

Література

1. Крашенінін, О.С., Яковлев, С.С., & Шапатіна, О.О. (2021). Обґрунтування стратегії організації технічного обслуговування, поточного ремонту швидкісного рухомого складу в умовах України. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті, 26*(3), 7-11.

2. Левицький, М.О., & Ткаченко, В.П. (2022). Перспективи розвитку швидкісного залізничного руху в Україні. *The 9th International scientific and practical conference "Study of world opinion regarding the development of science". Prague, Czech Republic. International Science Group.* 679.

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ЕКІПАЖНОЇ ЧАСТИНИ ЛОКОМОТИВІВ ВІБРОАКУСТИЧНИМ МЕТОДОМ КОНТРОЛЮ

Неділя С.А. – магістрант, *nedilya_sa@gsuite.duit.edu.ua*
Іванченко С.С. – аспірант, *sivanchenko91@gmail.com*
Співак О.М. – к.т.н., доцент, *alexspi@ukr.net*
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

INVESTIGATION OF THE CONDITION OF THE CREW OF LOCOMOTIVES BY VIBROACOUSTIC CONTROL METHOD

Nedilia S – master's student, *nedilya_sa@gsuite.duit.edu.ua*
Ivanchenko S – graduate student, *sivanchenko91@gmail.com*
Spivak A. – Ph.D., Associate Professor, *alexspi@ukr.net*
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract*. Existing methods for inspecting rolling stock include checking the operating condition of locomotives by complete or partial disassembly. The need to maintain rolling stock in operation for a long time creates a need for the development of new methods and systems of contactless control. One of the ways to solve this problem is the use of vibroacoustic control of the technical condition of the axle boxes of rolling stock. This method will help identify nodes and parts that need to be replaced or repaired by comparing acoustic emission models of reference and faulty nodes, selecting rational characteristics of the crew part, and predicting resources under operating conditions to ensure safe operating conditions.*
Keywords*: non-destructive testing, box unit, defect, reliability, diagnostics*

Актуальність дослідження. Збільшення швидкості руху поїздів, збільшення навантажень на вісь, збільшення часу між плановими техоглядами, зменшення кількості обслуговуваних точок лінії – усе це вимагає розробки нових методів контролю технічного стану рухомого складу залізниць.

Актуальною є розробка методів перевірки стану вузлів кочення без демонтажу. Особливо це стосується технічного стану буксових вузлів, несправності яких можуть загрожувати транспортному процесу. Важливо також контролювати стан рухомого складу транспортних засобів не в депо чи на станції, а також безпосередньо під час роботи. Контроль під час руху допоможе швидко проаналізувати ступінь зносу деталей рухомого складу та усунути виниклі проблеми.

Тому одним із завдань, що стоять перед залізничним транспортом в умовах постійної зміни колійних умов, є підвищення надійності екіпажу та підвищення

безпеки руху за рахунок швидкого виявлення дефектів і несправностей ходового обладнання.

Метою роботи є дослідження стану екіпажної частини локомотивів віброакустичним методом контролю на основі аналізу вібраційних сигналів.

Дослідження і характеристика екіпажної частини залізничного рухомого складу як об'єкту діагностування

Основним завданням технічної діагностики рухомого складу залізниць є оперативне виявлення неполадок і попередження аварійних ситуацій усіх вузлів і агрегатів. При розробці систем діагностики підрозділів екіпажу слід мати на увазі, що технічні перевірки необхідно проводити як в стаціонарних умовах, так і в русі. Слід зазначити, що в більшості випадків найбільш достовірну інформацію про стан екіпажу можна отримати лише під час руху. Тому складні (бортові) транспортні засоби є найбільш інформативними, особливо для локомотивів з великим терміном експлуатації.

Для технічної діагностики агрегатів екіпажу використовують різні методи, зокрема віброакустичний, тепловий і метод спектрального аналізу. Найбільшого поширення набули віброакустичний і тепловий методи. Оскільки буксовий вузол локомотива є найважливішим вузлом для забезпечення безперебійної роботи, його стан необхідно контролювати насамперед [1,2].

У зв'язку з умовами експлуатації буксового вузла і його конструктивними особливостями, його технічний стан не може бути перевірений візуально і вимагає застосування спеціального обладнання. Для отримання інформації про технічний стан компонентів букси необхідно підібрати датчики та електричні перетворювачі фізичних параметрів. Датчики обираються на основі сигналів, що надходять від компонентів буксового вузла. Сигнали можуть бути отримані під час руху локомотива або під час вивішування осі колеса в депо, але в обох випадках необхідно враховувати взаємне розташування елементів буксового вузла. Для діагностики буксового вузла необхідно вибрати стандартні параметри. Ці параметри вибираються на основі аналізу несправності та її причини, що зобов'язує використовувати вищезгадані методи. До стандартних параметрів буксового вузла належать температура в буксовому вузлі та акустичні сигнали різних частот.

Аналіз публікацій з проблем несправностей буксових вузлів і досвід експлуатації рухомого складу дозволяє визначити і класифікувати основні види несправностей буксових вузлів [3,4,5]:

- підвищення температури буксового вузла;
- руйнування сепаратора;
- тріщини і зломи корпусу і кришки букси;
- перегрів буксового вузла;

- несправність буксового підшипника;
- перекіс або заклинювання букс між напрямними;
- витікання мастила або зайва її кількість та ін.

Всі дефекти, що виникають в буксових підшипниках можна умовно розділити на 3 групи [3,4,5]:

- дефекти, що виникають при виготовлення кільця підшипника;
- дефекти, що з'являються при складанні і монтажі підшипника кочення;
- дефекти, що виникають в процесі експлуатації.

На рис.1 показані характерні дефекти, що виникають в підшипниках букс.

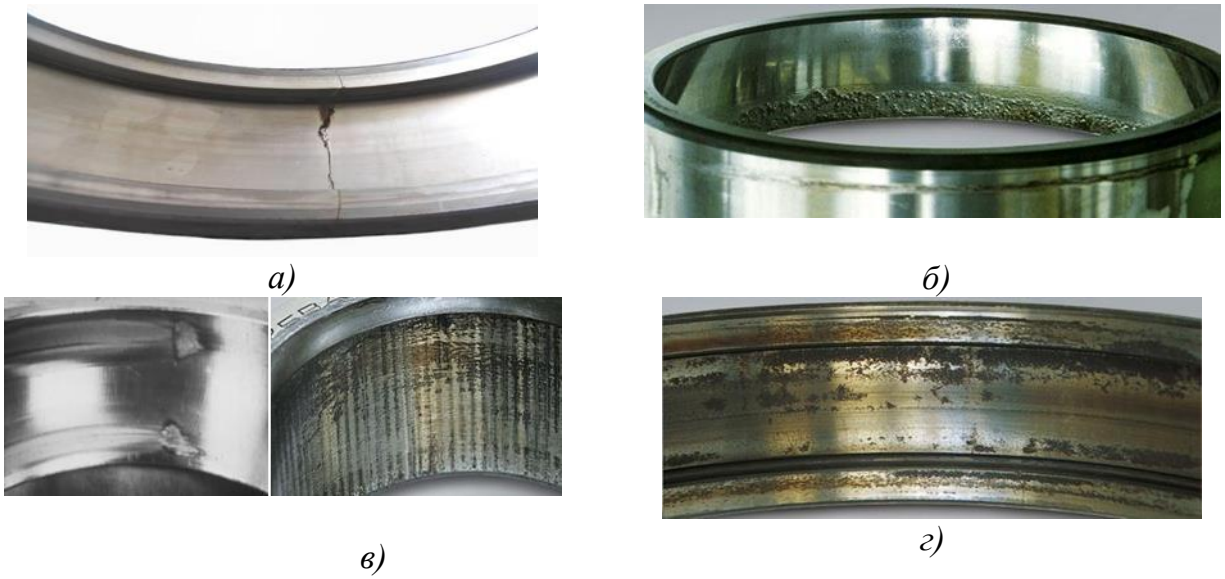


Рисунок 1 – Характерні дефекти підшипниках букс: а) натири на кільцях; б) втомне відшаровування; в) тріщина в структурі кільця; г) корозія в результаті попадання вологи

Одним з акустичних методів контролю несправності вузлів ходових частин локомотиву є віброакустичний. Спектр шуму випромінюваного буксою визначається в першу чергу вертикальними прискореннями колісної пари, швидкістю руху і типом використовуваних в буксових вузлах підшипників.

Акустична діагностика деталей підшипникових вузлів дозволяє характеризувати стан конкретного елемента підшипника за частотною та амплітудною характеристиками вібраційного процесу [1,2].

Послідовність виконуваних при технічній діагностиці операцій:

- спектральний аналіз вібраційного процесу;
- порівняння спектрів, одержуваних при аналізі з еталонними або раніше наявними;
- аналіз варіантів прийнятих рішень.

Для реалізації перерахованих операцій в більшості розроблених комплексів використовуються комп'ютер, системи реєстрації та вимірювання

різних параметрів вібраційних процесів, системи обробки та аналізу одержуваних результатів та ін.

Найскладнішим завданням вібродіагностики є ідентифікація результатів обробки вібросигналу з несправностями того чи іншого роду в кожному конкретному випадку для конкретної машини, агрегату або їх вузлів і деталей. Для отримання достовірної ідентифікації несправностей потрібно досить велике накопичення вихідного матеріалу про несправності, виявлені при ремонті або профілактичному розбиранні того чи іншого вузла контрольованого агрегату. На цій основі створюється бази даних про найбільш ймовірні несправності цих вузлів або деталей, яка повинна зберігатися і поповнюватися з плином часу при черговому ремонті даного агрегату [3,4,5].

На рис.2 показані амплітуда і частота коливань ролика буксового вузла підшипника підшипника з дефектами (лиска, лиска + пісок) і справного.

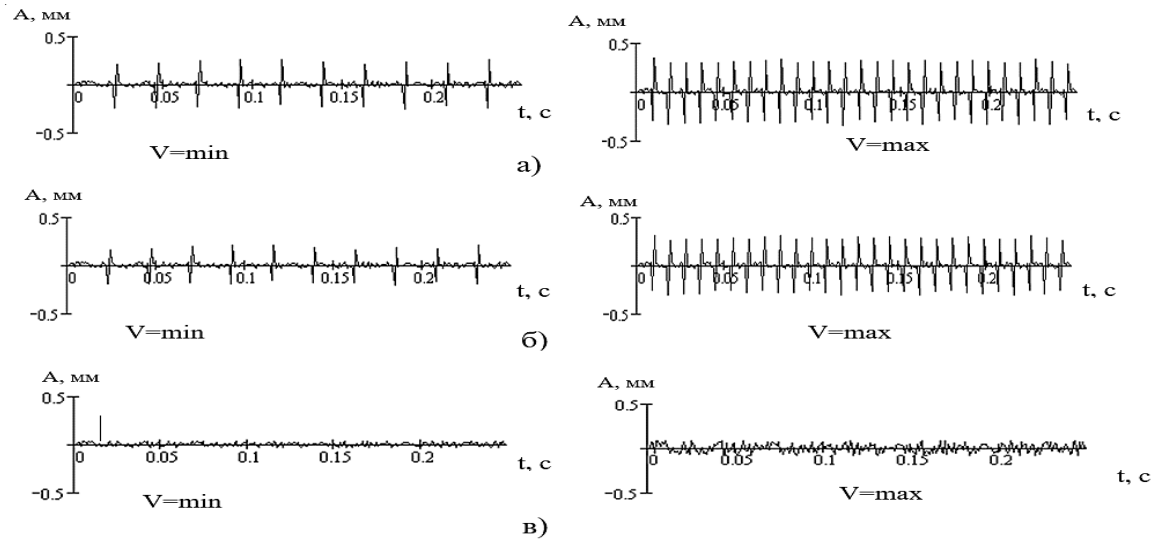


Рисунок 2 – Амплітуда коливань ролика буксового вузла підшипника з дефектами: а) лиска, б) лиска + пісок) в) справного

Висновок. Експлуатація залізничного транспорту з великим строком використання потребує нових сучасних методів контролю та діагностики їх стану під час ремонту. Для контролю стану екіпажної складової залізничного транспорту рекомендовано використання віброакустичного методу.

Л і т е р а т у р а

1. Сусліков Л. М., Студеняк І. П. Неруйнівні методи контролю: навч. посіб. /рец.: П. П. Пуга, І. І. Небола. Ужгород: Говерла, 2016. 192 с.

2. Галаган Р. М. Теоретичні основи ультразвукового неруйнівного контролю: підручник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2019. 263 с.

3. Борзилов І. Д. Визначення працездатності буксових вузлів вагонів вібродіагностичними методами [Текст]/ І. Д. Борзилов, В. Г. Равлюк, М. Г. Равлюк// Зб.наук. праць ДонІЗТ. Донецьк, 2009. Вип. 19. С. 83 - 92.

4. Равлюк, В. Г. Особливості спектрального методу вібродіагностування буксових вузлів вантажних вагонів [Текст] / В. Г. Равлюк // Східно-Європейський журнал передових технологій. 2008. Вип. 4/3 (34). С. 25 - 27.

5. Равлюк В. Г. Напрям досліджень з вібродіагностування ходової частини рухомого складу // Зб. наук. праць. Харків: НТУ «ХПІ». 2008. Вип. 46. 2008. С. 112-117.

РОЗВИТОК ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ УКРЗАЛІЗНИЦІ:ВАЖЛИВИЙ КРОК ДО СУЧАСНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Осипчук А.С. – бакалаврант, osipchyk_as@gsuite.duit.edu.ua
Неведров О.В. – Ph.D.,ст. викладач, nvp2020lts@gmail.com
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

DEVELOPMENT OF THE ELECTRIFICATION OF THE UKRZALIZNYT: AN IMPORTANT STEP TOWARDS MODERN INFRASTRUCTURE

Osypchuk A.S. – bachelor's student, osipchyk_as@gsuite.duit.edu.ua
Nevedrov O.V. – Ph.D., Art. teacher, nvp2020lts@gmail.com
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract*. The article examines the development of the electrification of the railway network of Ukrzaliznytsia as one of the key areas of modernization of the transport infrastructure of Ukraine. The main advantages of electrification are analyzed, such as reducing operating costs, increasing energy efficiency and environmental friendliness of railway transportation, as well as reducing dependence on imported fuel. Challenges associated with the implementation of large-scale electrification projects are explored, including financial constraints, technical requirements and the need to attract investment. We are discussing the prospects for further expansion of the electrified network, which will contribute to Ukraine's integration into the European transport system, increase the competitiveness of Ukrzaliznytsia and the development of environmentally safe transport in Ukraine.*
Keywords*: railway electrification, infrastructure modernization, energy efficiency, environmental friendliness, cost reduction, European integration, development of railway transport*

Електрифікація залізничної мережі – один із пріоритетів розвитку транспортної інфраструктури України, який сприяє зниженню викидів парникових газів, зменшенню витрат на експлуатацію та підвищенню загальної ефективності перевезень. Залізниця залишається стратегічним видом транспорту в Україні, забезпечує зв’язок між регіонами, зв’язок вантажних перевезень та сприяння інтеграції країни в європейський транспортний простір. Зважаючи на зростання попиту на екологічно чистий вид транспорту, розвиток електрифікації залізниць є не лише економічною, а й екологічною забезпеченістю.

Поточний стан електрифікації

На сьогодні близько половини залізничної мережі України електрифіковано, що є значним показником для країни з такою розгалуженою

інфраструктурою. Проте чимало маршрутів, особливо у східних та західних регіонах, усе ще обслуговуються тепловозами. Це обумовлено як недостатнім фінансуванням, так і складними умовами місцевості, які потребують значних вкладень для електрифікації. Ситуація з ускладненим доступом до сучасного обладнання та іноземних інвестицій ускладнює процес оновлення інфраструктури, що стає серйозною перешкодою на шляху до повної електрифікації мережі.

Виклики електрифікації залізниць

1. **Фінансові обмеження**. Електрифікація вимагає значних інвестицій в нові лінії, обладнання, модернізацію станцій та тягових підстанцій. Через обмежені фінансові ресурси цей процес часто відбувається безкоштовно. Потрібне активне залучення міжнародних партнерів, зокрема Європейського інвестиційного банку (ЄІБ), Європейського банку реконструкції та розвитку (ЄБРР), для реалізації масштабних проектів.

2. **Технологічна база**. Технічне відставання та брак сучасного обладнання для залізничної інфраструктури вимагають імпорту передових технологій. Багато з тих, що застосовуються на українських залізницях, давно застаріли й потребують заміни. Крім того, електрифікація нових ділянок супроводжується не лише модернізацією колії, але й оновленням технічної бази.

3. **Енергетична безпека**. Електрифікація залізниці збільшує попит на електроенергію, а тому наявність надійних джерел енергії є критичною умовою для стабільного функціонування мережі. Україні необхідно зміцнити енергетичну безпеку та забезпечити стабільне постачання електроенергії, враховуючи підвищені потреби електрифікованої залізниці.

4. **Екологічні стандарти**. Зважаючи на високий рівень викидів від тепловозів, електрифікація дозволяє зменшити викиди парникових газів, сприяючи екологічно чистим перевезенням. Однак для досягнення максимального ефекту від електрифікації потрібно також збільшити частку чистих джерел енергії в загальному енергобалансі країни.

Переваги електрифікації залізниць

1. **Економічна ефективність**. Електрифікація дозволяє зменшити витрати на пальне та обслуговування. Електровози мають вищу енергоефективність у порівнянні з тепловозами, що приводить до зниженню експлуатаційних витрат. У перспективі електрифікація може скоротити витрати на перевезення, що позитивно вплине на економіку країни.

2. **Екологічність**. Однією з головних причин електрифікацій є зменшення викидів шкідливих речовин. На відміну від тепловозів, електровози не виділяють забруднюючих речовин у повітрі, що сприяє збереженню довкілля та

покращенню якості повітря, особливо в густонаселених регіонах та промислових зонах.

3. **Змінення залежності від імпорту палива**. Перехід на електрифіковані ділянки дозволяє скоротити використання дизельного пального, яке переважно імпортується. Це важливо для економічної та енергетичної незалежності України.

4. **Покращення швидкості та безпеки перевезень**. Електрифікація дозволяє збільшити швидкість перевезення, оскільки електровози мають вищу швидкість у порівнянні з тепловозами. Це забезпечує кращу логістику та скорочує час на доставку вантажів та пасажирів, що робить залізничний транспорт більш конкурентоспроможним.

Основні проекти електрифікації Укрзалізниці

Укрзалізниця продовжує реалізовувати низку проектів, спрямованих на електрифікацію нових ділянок залізниць та модернізацію існуючих електрифікованих ліній.

1. **Ділянка Долинська — Миколаїв — Колосівка**. Це один з ключових напрямків, де ведеться активна електрика. Мета проекту — забезпечити стабільне вантажоперевезення та пасажирське сполучення з портами на Чорному морі, що має стратегічне значення для розвитку експортних можливостей країни.

2. **Напрямок Житомир — Новоград-Волинський**. Цей напрямок, який довгий час використовувався тепловозами, також планується електрифікувати. Це дозволить скоротити витрати на пальне та підвищити ефективність перевезень у регіони.

3. **Відновлення електрифікації в зонах активних бойових дій** . У зв'язку з агресією Росії в Україні частина залізничної інфраструктури на сході країни зазнала пошкоджень. Відновлення електрифікації на цих ділянках стане етапом у відбудові транспортної системи після завершення бойових дій.

Перспективи електрифікації залізниць

Розвиток електрифікації залізниць в Україні має великі перспективи, та відповідає внутрішнім економічним перевагам, таким і міжнародним зобов'язанням країни щодо скорочення викидів та переходу до сталого розвитку. Зростаючий попит на екологічно чисті транспортні рішення і надійні вантажні перевезення стимулює продовження електрифікації та розвиток відповідної інфраструктури. До 2030 року в Україні планується електрифікувати щонайменше 75% залізничної мережі, що забезпечить стабільну роботу транспортної системи та зменшить залежність від викопних видів палива.

Висновок. Електрифікація залізниць в Україні — це важливий етап у модернізації транспортної інфраструктури, який сприяє сталому розвитку, підвищенню ефективності та екологічності залізничного транспорту. Завдяки активному залученню міжнародних партнерів і впровадженню сучасних технологій Україна має всі шанси досягти високого рівня електрифікації та забезпечити стабільне, екологічно чисте сполучення між регіонами.

Література

1. Ковальчук, В.С. (2021). *Електрифікація залізничного транспорту в Україні: технічні та економічні аспекти*. Київ: Вид-во НТУ.
2. Панасенко, І.О., Гончар, О.В. (2022). "Економічна ефективність електрифікації залізничних магістралей". *Вісник економіки транспорту і промисловості* , 42(2), 55-62.
3. Державне підприємство "Укрзалізниця" (2020). *Стратегія розвитку електрифікації залізничного транспорту до 2030 року* . Київ: УЗ.
4. Пономаренко, Л.М., Соловей, В.І. (2019). «Екологічні переваги електрифікації залізничного транспорту в Україні». *Журнал екології та енергозбереження* , 5(1), 12-19.
5. Воробей, Д. С. (2021). *Технічні вимоги для електрифікації залізничних шляхів в Україні та Європі* . Харків: Видавництво "Транспортна інфраструктура".
6. Шевченко, М.П., Литвиненко, О.В. (2019). "Перспективи електрифікації
7. Мілевський, А.І. (2020). "Вплив електрифікації залізниць на енергетичну ефективність та сталий розвиток". *Енергетична політика України* , 8(3), 45-52.

ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Орловська О.В. – к.е.н., доцент, alphaville1954@ukr.net
Національний університет «Львівська політехніка»
Україна, м. Львів

IMPLEMENTATION OF MODERN TECHNOLOGIES IN THE ORGANIZATION OF RAILWAY TRANSPORTATION

Orlovska O. – Ph.D. in Economics, Associate Professor, *alphaville1954@ukr.net*
National University 'Lviv Polytechnic'
Ukraine, Lviv

Abstract. *The problem of implementing modern technologies in Ukraine's transport sector has been examined, and the main priorities for the country's economic development under conditions of military aggression have been identified. The role of the transport sector in shaping the strategic course of economic development is revealed, and an assessment of the main obstacles to the introduction of digital technologies is provided. The relevance of adopting digital technologies in the organization of multimodal passenger and cargo transportation, as well as in the overall functioning of the transport system, is outlined.*
Keywords: *modern technologies, Ukraine's transport sector, economic development, digital technologies, multimodal passenger and cargo transportation.*

Однією з важливих галузей, що стала незамінною у сьогоднішніх реаліях, з якими зіткнулась Україна, безумовно є транспортна галузь. Саме їй належить роль лідера у торгово-економічній діяльності, забезпечуючи ресурсами, товарами і послугами населення країни. За час військової агресії транспорт зарекомендував себе як один із надійних способів евакуації населення із зони бойових дій, а також вивезення поранених воїнів ЗСУ, які потребували термінової медичної допомоги.

Зіткнувшись із труднощами, які завдає військова агресія сусідньої країни, національна транспортна система несе значні збитки, такі як руйнування житлової інфраструктури, транспортних шляхів, мостів, переправ, знищується локомотивний та вагонний парки. Масова евакуація населення країни до західних регіонів, а також країн Європи створила значні труднощі з робочими кадрами, кадровий голод заставляє знаходити нові можливості пошуку дефіцитних кадрів. Деякі підприємства бронюють своїх працівників від мобілізації, зберігаючи професійних підхід до виконання поставлених завдань. Інноваційно-інвестиційний розвиток підприємств диктує нові правила організації виробничого процесу, що пов’язано із застосуванням новітніх технологій та їх впровадження у виробництво. Що сьогодні є пріоритетним для держави [1]. В умовах сьогодення головними факторами успішного соціально-

економічного розвитку держави, з метою забезпечення її конкурентоздатності на світовому ринку, стають підвищення наукоємності виробництва, інтенсифікація інноваційної діяльності підприємств та інформатизація всіх сфер людської діяльності, особливо це стосується транспортної сфери. Запровадження цифрових технологій дозволить використовувати транспорт за більш ефективним та раціональним сценарієм розвитку.

Основним пріоритетом транспортної політики України сьогодні визнано процес інтеграції української транспортної системи в Європейську транспортну мережу. Ця стратегія розширить можливості нашої країни в сфері торгівлі між країнами, обміну технологіями та інноваціями [2].

Залізничний транспорт вирізняється з інших транспортних складових рядом суттєвих переваг: він найбільш економічний через енергоефективність, а також, завдяки найвищому рівню безпеки як для пасажирів, так і для перевезення вантажів; є зручним та безпечним для більшої частини потенційних пасажирів.

Сьогодні в Україні транспортні послуги, з багатьох причин, не досягли такого активного розвитку, як за кордоном, а вивчення економічних та управлінських засад в сучасних умовах є недостатнім. Також недостатнім є залучення та використання інформаційно-комунікаційних технологій, а саме впровадження цифрових розробок та технологій у керування процесами перевезень.

Ця проблема надзвичайно актуальна при вирішенні питання впровадження мультимодальних перевезень в нашій країні: відсутність сучасних цифрових розробок, слабий розвиток цифрового маркетингу значно знижує ступінь конкурентоздатності залізничної галузі. Насамперед, ця проблема стосується недостатнього рівня застосування реклами, поширення інформації про наповненість транспортних послуг [3].

Цифрові технології почали вводити в організацію перевізного процесу на початку 2005 року. На нашу думку, дана стратегія повинна включати у себе: процес формування нових транспортних потоків, тісну взаємодію підприємств транспортної та виробничої галузей, а також продуману тарифну політику, вигідну потенційним клієнтам. У теперішній час Україна за рівнем розвитку інформаційних технологій у світі посідає 56 місце. Єдина конкурентна перевага, яку має Україна в цьому аспекті, це традиційно сильні IT-кадри: тобто в Україні дуже високий рівень підготовки програмістів [4].

Ринкові механізми істотно змінюють вимоги до ринку транспорту - зростає роль економічних критеріїв і посилюється динаміка економічних зв'язків. По суті, змінюються і функції транспорту. Замість властивої командній економіці функція перевезень формується нова функція - забезпечення економічних

зв'язків з відповідними транспортними зв'язками на основі цифрових технологій, згідно Концепції розвитку цифрових технологій в Україні. Жорстка конкуренція на європейському ринку транспортних послуг ставить нові вимоги до організації технологій туристичних перевезень, які вимагають запровадження цифрового підходу в організацію та управління пасажирськими потоками.

Окремим завданням перед транспортною галуззю стоїть питання формування попиту на транспортні послуги, використовуючи інструментарій маркетингово-логістичного підходу та цифрового маркетингу, а також хмарних технологій, за допомогою яких прискорюється процес обробки даних, в яких комп'ютерні ресурси надаються Інтернет-користувачеві як он-лайн сервіс. З метою впровадження даної стратегії обов'язковим є вдосконалення каналів прийому інформації, їх розповсюдження на більш широкі аудиторії, а також модернізація транспортної інфраструктури відносно технічного оснащення з метою активного розвитку інформаційних технологій та систем залізничного та інших видів транспорту. Важливим є також відповідна кваліфікація та підготовка кадрів залізничної галузі. Дана стратегія особливо важлива при формуванні та плануванні туристичних перевезень.

На нашу думку, в умовах розвитку сучасних цифрових технологій, значна увага повинна приділятись проблемі територіального розташування підприємств туристичного комплексу, які потрібно розглядати як сукупність розміщення об'єктів туристичного сектора в просторово-часовому та інформаційно-комунікативному просторі для отримання максимально ефективного економічного результату та підвищення мотивації. Розташування туристичного комплексу в інформаційному просторі транспортної галузі сприяє плідній роботі даних складових ринку. Також значна увага повинна приділятись підготовці або можливостям перепідготовки кадрів для роботи з новими методами роботи, умінню аналізувати інформацію за допомогою цифрових технологій.

Дана тематика є сьогодні актуальною і вимагає більш детального та повного дослідження у подальшій роботі.

Література

1. Орловська О.В, Бєлова А.І. Інтеграційний вибір України: перспективи, проблеми, перешкоди для розбудови національного господарства. Зб.наук.праць Державного економіко-технологічного університету транспорту: Серія «Економіка і управління». Вип.26.К.: ДЕТУТ, 2013., 299-306с.

2. Орловська О.В., Бєлова А.І., Новальська Н.І. Актуальні питання розвитку мультимодальних перевезень в Україні. «Review of transport economics and management». Дніпро: Дніпровський національний університет залізничного транспорту ім. ак. В. Лазаряна, 2019. Вип. 2(18). 158с. 58-65

3. Концепція розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018-2020 роки та затвердження плану заходів щодо її реалізації. [Електронний ресурс)/- Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/67-2018-%D1%80]

4. Купач Т.Г. Інформаційні технології та системи: навч.посіб./Т.Г.Купач. К.: Київ. Нац.ун-т ім. Т.Г.Шевченка, С.4-13, (2015)

ТЕПЛОВОЗОРЕМОНТНІ ЗАВОДИ УКРАЇНИ: РОЛЬ У ПІДТРИМЦІ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Палій Б.І. – бакалаврант, *paliy@gsuite.duit.edu.ua*
Неведров О.В. – Ph.D., ст. викладач, *nvp2020lts@gmail.com*
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

THERMAL REPAIR PLANTS OF UKRAINE: THE ROLE IN SUPPORTING THE RAILWAY INFRASTRUCTURE AND DEVELOPMENT PROSPECTS

Palii B.I. – bachelor's student, *paliy@gsuite.duit.edu.ua*
Nevedrov O.V. – Ph.D., Art. teacher, *nvp2020lts@gmail.com*
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract*. The article examines the importance of locomotive repair plants in Ukraine in ensuring the reliability and uninterrupted operation of the railway infrastructure. The current state of enterprises engaged in the repair and modernization of diesel locomotives is analyzed, in particular their technical capabilities and the introduction of the latest technologies. Key challenges have been identified, such as equipment wear and tear, the need to upgrade production facilities, and lack of funding. Prospects for the development of locomotive repair plants were discussed, including opportunities for attracting investments, introducing innovative technologies and expanding the scope of services. The role of these enterprises in supporting the transport system of Ukraine, ensuring environmental standards and strengthening the competitiveness of railway transport is considered.*
Keywords*: locomotive repair plants, modernization of locomotives, repair of rolling stock, production facilities, innovative technologies, investments, maintenance, development prospects, railway transport.*

Залізничний транспорт є важливою частиною інфраструктури України, яка забезпечує зв’язок між регіонами, використання вантажних та пасажирських перевезень і є критично важливим для економіки країни. Підтримка працездатності залізничного транспорту неможлива без тепловозоремонтних заводів, які займаються ремонтом та модернізацією тепловозів. Тепловозоремонтні заводи (ТРЗ) є стратегічними об’єктами, оскільки саме вони можуть підтримувати працездатність рухомого складу, підвищувати термін

експлуатації локомотивів і забезпечувати безперебійну роботу залізничної мережі.

Історія тепловозоремонтних заводів України

Історія тепловозоремонтних заводів в Україні почалася ще в радянські часи, коли мережа залізниць активно розвивалася, а темпи виробництва тепловозів зростали. Тоді виникла необхідність створення спеціалізованих підприємств для обслуговування та ремонту локомотивів. В Україні відновили багато потужних тепловозоремонтних заводів, які були зайняті капітальним ремонтом і модернізацією локомотивів для забезпечення їх багаторічної експлуатації. З часом деякі з них втратили свою потужність або були перепрофільовані, проте основні заводи залишилися і продовжують працювати, забезпечуючи ремонт тепловозів, необхідних для української залізниці.

Основні тепловозоремонтні заводи України

1. **Львівський локомотиворемонтний завод (ЛЛРЗ)**. Один з найбільших тепловозоремонтних заводів в Україні, розташований у Львові. Завод спеціалізується на ремонті тепловозів серії ЧМЕ3, 2ТЕ116 та ін. ЛЛРЗ забезпечує повний спектр ремонтних робіт — від діагностики до капітального ремонту та модернізації. Завод має висококваліфікованих спеціалістів і розвинену технічну базу, що дозволяє проводити ремонт різних видів локомотивів.

2. **Полтавський тепловозоремонтний завод (ПТРЗ)**. Підприємство розташоване в Полтаві та обслуговує тепловози різних серій, зокрема 2ТЕ116, М62, ЧМЕ3. Завод займається капітальним ремонтом локомотивів та модернізацією окремих вузлів, що дозволяє покращити їх технічні характеристики. ПТРЗ відомий також як один з основних постачальників запасних частин для локомотивів.

3. **Дніпровський тепловозоремонтний завод (ДТРЗ)**. Завод у Дніпрі є промисловим об'єктом для ремонту вантажних тепловозів. ДТРЗ виконує капітальний ремонт і модернізацію тепловозів, зокрема моделей серії 2ТЕ116. Крім того, завод спеціалізується на виготовленні та ремонті запасних деталей для локомотивів.

Роль тепловозоремонтних заводів для української залізниці

Тепловозоремонтні заводи виконують важливу роль у підтримці функціонування залізничної мережі України, виконуючи кілька ключових функцій:

1. **Забезпечення безпеки руху**. Якісний ремонт тепловозів є запорукою безпеки перевезень, несправний локомотив може нести загрозу для залізничного руху. Професійне обслуговування та регулярний ремонт знижують ризик аварійних ситуацій.

2. **Подовження терміну служби техніки**. Завдяки капітальному ремонту та модернізації локомотивів, тепловозоремонтні заводи забезпечують продовження терміну експлуатації рухомого складу, що є економічно вигідним для Укрзалізниці.

3. **Економія ресурсів**. Оновлення тепловозів на заводах є більш економічно вигідним, ніж придбання нових локомотивів. Це особливо важливо в умовах обмеженого бюджету, коли залізниця не завжди може дозволити собі закупівлю нової техніки.

4. **Підтримка екологічності**. Модернізація тепловозів дозволяє встановити більш ефективні двигуни та сучасні екологічні стандарти, що сприяє зменшенню шкідливих викидів і підвищенню енергоефективності локомотивів.

Виклики та проблеми тепловозоремонтних заводів

1. **Застаріле обладнання**. Багато тепловозоремонтних заводів в Україні вимагає старого обладнання, що ускладнює якісний ремонт сучасних локомотивів та знижує ефективність процесу.

2. **Дефіцитне фінансування**. Недостатність фінансових ресурсів не дозволяє підприємству своєчасно оновлювати обладнання, залучати нові технології та підвищувати кваліфікацію працівників.

3. **Брак кадрів**. Проблема з нестачею кваліфікованих спеціалістів — одна з найбільших у сфері ремонту залізничної техніки. Професійна підготовка фахівців є критично важливою для забезпечення якості ремонтних робіт.

4. **Відсутність новітніх технологій**. У деяких заводах ще використовуються методи ремонту, які не відповідають сучасним стандартам. Це може негативно вплинути на якість обслуговування та тривалість експлуатації обладнання.

Перспективи розвитку тепловозоремонтних заводів

Розвиток тепловозоремонтних заводів в Україні є завданням для покращення залізничної інфраструктури. Серед перспектив розвитку можна виділити:

1. **Модернізація обладнання**. Впровадження нових технологій та модернізація обладнання дозволити підприємствам підвищити якість ремонту та скоротити час на обслуговування локомотивів. Це потребує інвестицій, але створює довгострокові переваги.

2. **Інвестиції в навчання персоналу**. Підготовка кваліфікованих фахівців є критично важливою для роботи тепловозоремонтних заводів. Програми навчання, стажування та підвищення кваліфікації забезпечують ефективну роботу заводів та високу якість ремонту.

3. **Залучення міжнародних партнерів**. Співпраця з міжнародними компаніями у сфері залізничного транспорту може сприяти забезпеченню фінансовими та технологічними ресурсами для модернізації тепловозоремонтних заводів. Це дозволяє Україні адаптуватися до сучасних стандартів залізничного транспорту та інтегруватися в міжнародні транспортні системи.

4. **Виготовлення та ремонт запасних частин**. Розвиток власного виробництва запасних частин для тепловозів є кроком для захисту від імпорту та зменшення своєчасного ремонту техніки.

Висновок. Тепловозоремонтні заводи є невід'ємною частиною залізничної інфраструктури України, яка забезпечує працездатність і надійність рухомого складу. Попри численні виклики, модернізація тепловозоремонтних заводів має великі перспективи, щоб це дозволило підвищити ефективність залізничного транспорту, продовжити термін експлуатації техніки та покращити екологічні показники. Інвестиції в модернізацію обладнання, навчання персоналу та залучення міжнародного досвіду стануть більшими кроками до розвитку тепловозоремонтних заводів, які призводять до ключової ролі у забезпеченні стабільного функціонування української залізниці.

Література

1. Бойко, А.П., Чернов, І.О. (2021). *Ремонт та модернізація залізничного рухомого складу*. Київ: Вид-во НТУ.
2. Ковальчук, В.С. (2020). «Сучасний стан і перспективи розвитку тепловозоремонтних заводів в Україні». *Збірник наукових праць УкрДУЗТ* , 34(2), 75-83.
3. Державне підприємство "Українські залізниці" (2019). *Стратегія розвитку залізничного транспорту в Україні до 2030 року*. Київ: УЗ.
4. Нечипоренко, І.А., Кулініч, М.М. (2022). *Інноваційні технології в ремонті рухомого складу залізниць*. Харків: Видавництво ХНАДУ.
5. Щербак, В.М. (2019). «Тепловозоремонтні підприємства України: проблеми та перспективи розвитку». *Науковий вісник Українського науково-дослідного інституту транспорту*, 21(1), 102-110.
6. Білик, Ю.С. (2021). "Порівняльний аналіз тепловозоремонтних потужностей країн ЄС та України". *Вісник транспортної науки України* , 7(3), 89-95.
7. Семенчук, О.М., Романюк, В.І. (2020). "Впровадження нових технологій в ремонт тепловозів". *Техніка залізничного транспорту* , 45(6), 53-61.

ПЕРСПЕКТИВНІ МАТЕРІЛИ АДИТИВНОГО ВИРОБНИЦТВА У ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ РЕМОНТУ РУХОМОГО СКЛАДУ

Панченко Б.С. – магістрант, bogdanphancenko@gmail.com
Фащевський А.В. – старший викладач,
faschevskuy_av@gsuite.duit.edu.ua
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

PROSPECTIVE MATERIALS OF ADDITIVE MANUFACTURING IN THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF ROLLING STOCK REPAIR

Panchenko B.S. – master's student, bogdanphancenko@gmail.com
Faschevsky A.V. – senior lecturer, faschevskuy_av@gsuite.duit.edu.ua
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The purpose of the work: to study the possibility of using 3D printing technologies and materials in the field of railway transport, namely in the process of repair and maintenance of traction rolling stock by manufacturing new spare parts of the required quality. In theory, in some cases, this will significantly reduce downtime for repairs, reduce the cost of spare parts, allow for prompt modernization and changes in the design of parts and assemblies.*
Keywords: *additive manufacturing, 3D printing, suspension, ABS, ASA, transport technologies, multi-material additive manufarturing*

Мета роботи: дослідження можливості використання технологій та матеріалів 3D-друку у сфері залізничного транспорту, а саме у процесі ремонту та обслуговування тягового рухомого складу шляхом виготовлення нових запасних частин необхідної якості. В теорії у окремих випадках це значно скоротить час простою на ремонті, знизить вартість запасних частин, дозволить оперативно проводити необхідну модернізацію та вносити зміни у конструкцію деталей та вузлів.

Адитивні технології або 3D-друк — одна з форм технологій адитивного виробництва, де тривимірний об’єкт створюється шляхом накладання послідовних шарів матеріалу (друку, вирощування) за даними цифрової моделі.

• ASTM International (міжнародна організація, що розробляє та видає добровільні стандарти для матеріалів, продуктів, систем і послуг) розділяє 3D адитивні технології на категорії:

• Витискання матеріалу;

• Фотополімеризація;

• Розпилення матеріалу;

• Спікання порошкових матеріалів;
• Склеювання листових матеріалів;
• Розпилення селективного реагенту;
• Пряме підведення енергії в місце побудови.
Для 3D друку використовують такі матеріали:

Таблиця 1 – Основні характеристики матеріалів для 3D друку

Властивості	Значення	ABS	PLA	HIPS	PVA	PA(нейлон)	POM	PET / PETG
Густина	кг/м^3	1.01	1,2-1,25	1,02-1,06	1.25-1.35	1.13	1.41	1,38-14
Температура плавлення	•с	220-260	190-220	220-260	190-200	180-245	165-250	230-240
Температура друку першого шару	•с	260	230	260	190	245	250	240
Температура столу для друку	•с	110	70	90	80	120	110	65
Необхідний друк опори (RAFT)	да/нет	да	нет	да	нет	за	Да	нет
Індекс текучості розплавленого пластику	г/10 хв.	1.43	7.8	6,8	1,5-3,5	16	11	2-25
Границя пластичності	МРа	40.96	26.5	62,63		78	70	50
Відносне розтягнення при розриві	%	20.86	4,43	65,29		25	15	20-35
Границя міцності при вигині	МРа	45,44	65.02	32,94		70	60	45
Модуль пружності при вигині	МРа	1948.45	2504.4	2279.9		2500	2600	2075
Ударна міцність з надрізом	KJ/m^2	22.11	4.28	10.89		23	8	11
Діаметри пластикових ниток	мм	3/1,75	3/1,75	3/1,75	3/1,75	3/1.75	3/1.75	3/1,75
Маса пластику в котушці	кг	1	1	1	0.5	1	1	1
Кольори			чорний, білий, нату-ральний, голубий, червоний, оранжевий, зелений, жовтий,		Натуральний (без барвників)		Прозорий	

Проведено дослідження будови, принципу роботи та можливостей сучасних промислових 3D принтерів, систематизовані фізико-технічні характеристики матеріалів, які на даний час використовуються для 3D друку.

Використання адитивних технологій на даний час для залізниці України може стати тим засобом, який врятує її від зупинки всього рухомого складу через брак запчастин. Застарілий парк із відсутнім матеріальним забезпеченням або схеми закупок із декількома посередниками призводять до тривалого простою локомотивів у ремонті і малою кількістю справних одиниць рухомого складу. У випадку наявності у депо відділу 3D друку багато дефіцитних запчастин можна виготовляти на місці з мінімальною затримкою у часі. Внаслідок цього знижується загальна вартість ремонту, зменшується час простою у ремонті та номенклатура запасних частин, які необхідно мати на

складі. Також підвищується якість обслуговування та гнучкість у питанні модернізації морально застарілих вузлів.

Література

1. Bassani F., Liedl G.L., Wyder P. Encyclopedia of Condensed Matter Physics. 5-volume Set. Elsevier, 2005. 2562 p.

2. Steen W. M. Laser material processing/ W.M. Steen. London.: Springer, 2003. 408p.

3. О.Д. Манжілевський, Р.Д. Іскович-Лотоцький. Сучасні адитивні технології 3D друку. Особливості практичного застосування : навчальний посібник /. Вінниця : ВНТУ, 2021. 105 с.

4. Martina F. Investigation of methods to manipulate geometry, microstructure and mechanical properties in titanium large scale Wire+Arc Additive Manufacturing [Text] / F. Martina. School of Aerospace, Transport and Manufacturing, Cranfield University, UK, 2014. 178 p.

5. Фащевський А.В. Система адитивного виробництва для залізничного транспорту // Science, society, education: topical issues and development prospects. Abstracts of the 7th International scientific and practical conference. SPC "Sci-conf.com.ua". Kharkiv, Ukraine. 2020. Pp. 405. URL: https://sci-conf.com.ua.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НЕОРГАНІЧНИХ В'ЯЖУЧИХ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ АРМОВАНИХ ҐРУНТІВ

Пенедюк М. М. – магістрант, penediyk_mm@gsuite.duit.edu.ua
Дорошенко О.Ю. – к.т.н., доц., doroshenko_oy@gsuite.duit.edu.ua
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна м. Київ

STUDY OF THE INFLUENCE OF INORGANIC BINDERS ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF REINFORCED SOILS

Penediuk M. M. – master's student, penediyk_mm@gsuite.duit.edu.ua
Doroshenko O.Yu. – Ph.D., associate professor, doroshenko_oy@gsuite.duit.edu.ua
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *A promising way to improve the quality of subgrade foundations and subgrade soils is to introduce additives that improve and stabilize their physical and mechanical properties and durability. One of these additives is Infra Crete®, which improves the physical and mechanical properties of cement-reinforced soil. The analysis showed that the soils stabilized with cement + Infra Crete® meet the requirements for reinforced soils according to European requirements. The paper presents the possibilities of obtaining rigid soil bonds when strengthening with the cement + Infra Crete® additive and establishes the optimal consumption rates of this additive for soil strengthening.*
Keywords*: subgrade, additives, Infra Crete®, physical and mechanical properties of the soil.*

Актуальність дослідження В останні роки в Україні спостерігається значне зростання обсягів дорожнього будівництва, особливо в районах зі складними ґрунтовими умовами. З'являється все більше будівельних майданчиків на так званих м'яких ґрунтах, таких як мулисті, торф'яні, просадні, набухаючі та засолені ґрунти.

Сучасний стан науки, проектування і технологій передбачає цілий ряд заходів для будівництва в складних умовах. Багато з цих заходів є чи не єдиними, які можуть бути використані для вирішення конкретних проблем.

Перспективним способом покращення якості основ земляного полотна та ґрунтів є введення до їх складу добавок, які покращують та стабілізують їх фізико-механічні властивості та довговічність.

Однією з таких добавок є Infra Crete®, яка, як показують національні та міжнародні дослідження, покращує фізико-механічні властивості цементно-армованих ґрунтів. Згідно з аналізами, проведеними співробітниками кафедри дорожньо-будівельних матеріалів та хімії, ґрунт, стабілізований за допомогою

Cement + Infra Crete®, відповідає вимогам до армованого ґрунту згідно з європейськими стандартами.

Мета роботи є встановлення можливості отримання міцного зчеплення з ґрунтом при зміцненні ґрунту цементом + добавка Infra Crete®; визначення оптимальної витрати цієї добавки для зміцнення ґрунту.

Матеріали та методи дослідження

Для вирішення поставлених завдань на першому етапі дослідження було відібрано зразки різних ґрунтів для визначення впливу мінералогічного складу, вмісту гумінових речовин та кислотності середовища на властивості армованих ґрунтів. Для отримання порівняльних результатів була підготовлена суміш досліджуваного ґрунту з цементом + Infra Crete® та досліджуваного ґрунту з портландцементом М400. Склад сумішей наведено в таблиці 1.

При приготуванні сумішей з цементом + Infra Crete® та цементом повітряно-сухий ґрунт змішували з добавками для визначення оптимальної вологості та максимальної щільності скелету ґрунту. Було визначено оптимальну вологість розглянутих ґрунтових сумішей, яка виявилася практично ідентичною до такої ж вологості вихідного ґрунту, відрізняючись на 1…3%.

Таблиця 1 – Варіанти укріплення ґрунтів добавками цементу та цементу + Infra Crete®

№ проби	№ суміші	Ц, % від маси ґрунту	Infra Crete®, % від маси Ц	№ проби	№ суміші	Ц, % від маси ґрунту	Infra Crete®, % від маси Ц
№ 1	1	5	-	№2	1	5	-
	2	9	-		2	9	-
	3	13	-		3	13	-
	4	5	1		4	5	1
	5	9	1		5	9	1
	6	13	1		6	13	1
	7	5	2		7	5	2
	8	9	2		8	9	2
	9	13	2		9	13	2
	10	5	3		10	5	3
	11	9	3		11	9	3
	12	13	3		12	13	3

З ґрунтосуміші з добавками (табл. 1) та оптимальною вологістю були виготовлені циліндри. Зразки циліндрів випробовували на міцність на стиск на 7-й день після зберігання у вологих умовах і на 28-й день після зберігання у насичених умовах.

Зразки, виготовлені з різних сумішей, поміщали поверх ємності з водою в герметичну шафу і зберігали у вологих умовах. Міцність на стиск вимірювали на зразках після капілярного водонасичення.

Капілярне водонасичення зразків проводилося через шар (15 см) вологого піску. Зразки витримували протягом 3 діб. Міцність на стиск підсиленого добавками ґрунту показана на рис. 1.

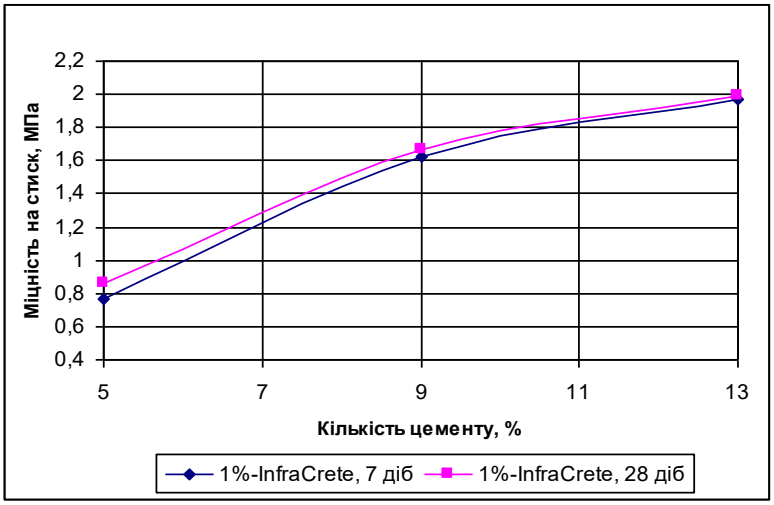


Рисунок 1 – Залежність межі міцності зразків на стиск від кількості цементу і добавки InfraCrete

Проведені дослідження різних складів укріплених ґрунтів показали, що добавка до цементу InfraCrete суттєво впливає на показники міцності.

Висновки.

1. Проведені дослідження добавки ***InfraCrete®*** та виконаний літературний аналіз показали, що ґрунти стабілізовані ***InfraCrete®,*** відповідають вимогам, що пред'являються до укріплених ґрунтів за як Європейськими вимогами так і за вимогами стандартів України.

2. Зміна показників міцності ґрунтів укріплених добавкою ***InfraCrete®*** в межах (5-45%) в залежності від кількості добавки та різновиду ґрунту свідчить про можливість активного регулювання його властивостей в конкретних виробничих умовах.

3. Попередні дослідження свідчить про доцільність застосування ***InfraCrete®*** для виконання будівництва, реконструкції, а також ремонту з метою забезпечення довговічності і економічності споруд, зменшення матеріалоємності та термінів будівництва.

Література

1. В. В. Заіченко, О. Ю. Дорошенко Дослідження впливу неорганічних в'яжучих на фізико-механічні властивості укріплених ґрунтів. Збірник наукових праць ДЕТУТ Серія «Транспортні системи і технології». 2012р. Вип.20, С. 55…62.

2. В. П. Ковальський, В. П. Очеретний Комплексне золоцементне в’яжуче, модифіковане лужною алюмоферитною добавкою : монографія / В. П. Ковальський, В. П. Очеретний. – Вінниця : ВНТУ, 2009. 98 с.

3. О.Ю Ковальчук, В.І Пушкар, А.В. Пасько Дослідження можливості використання червоного шламу як основи для будівництва доріг, Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, 2016. Вип. № 62,с 90-94

4. Лемешев М.С. Комплексна переробка техногенних відходів хімічної промисловості та металообробних виробництв / М.С. Лемешев, О.В. Христич, О.В. Березюк // Materiály XI Mezinárodní vědecko-praktická konference «Aktuální vymoženosti vědy – 2015». Praha (Chech): Publishing House «Education and Science» s.r.o, 2015.

УДОСКОНАЛЕННЯ ПЕДАЛІ ЗЧЕПЛЕННЯ МАЛОТОННАЖНИХ ФУРГОНІВ КОНЦЕРНУ STELLANTIS

Попов С.В. – к.т.н., доц., stanislav.popov@pdau.edu.ua
Бурлака О.А. – к.т.н., доц. oleksii.burlaka@pdau.edu.ua
Лисак А.І. **–** бакалаврант, andrii.lysak@st.pdau.edu.ua
Полтавський державний аграрний університет
Україна, м. Полтава

IMPROVEMENT OF STELLANTIS CONCERN LOW-TONNAGE COMMERCIAL VANS CLUTCH PEDAL

Popov S.V. – Philosophy Doctor, Docent, stanislav.popov@pdau.edu.ua
Burlaka O.A. – Philosophy Doctor, Docent, oleksii.burlaka@pdau.edu.ua
Lysak A.I. **–** bachelor's student, andrii.lysak@st.pdau.edu.ua
Poltava State Agrarian University
Ukraine, Poltava

Abstract. *The article examines the issue of extending the life cycle of the operation of low-tonnage vans of the Stellantis concern. These vehicles are widely used by farms in Ukraine to transport spare parts for agricultural machinery, fertilizers, dry fodder mixtures, fuel and lubricants, etc. As a result of long-term operation, a failure of the pedal connection with the clutch master cylinder rod was discovered. This happens due to lack of lubrication and mechanical wear, destruction of the plastic bushing. The author's team proposed a certain constructive improvement. It consists in replacing individual parts with more reliable ones. The proposed technical solution will significantly increase the reliability of the use of the node and save money on repairs.*
Keywords: *vans, clutch pedal, reliability, cotter pin, washer, cylinder rod*

Актуальність дослідження зумовлена популярністю малотоннажних фургонів концерну STELLANTIS (Groupe PSA, Fiat Chrysler Automobiles), а саме Peugeot Partner, Citroen Berlingo (рисунок 1). Дані автомобілі активно використовуються фермерськими господарствами (і не тільки) під час транспортних перевезень продукції сільськогосподарського виробництва, запасних частин, добрив, кормових сумішей, паливо-мастильних матеріалів тощо [1, 2].

При створенні фургонів у повній мірі не передбачені можливості проведення ремонтних робіт, якщо термін їх експлуатації значний і перевищує 8…10 років та більше (характерний для автомобілів, що експлуатуються у нашій країні). Частка таких автомобілів в Україні становить до 65% і подовження їх життєвого циклу за умов обмежених коштів є досить актуальним [3, 4].



а) *б)*

Рисунок 1 – Малотоннажні фургони:
а – Peugeot Partner; б – Citroen Berlingo

За результатами тривалої експлуатації було виявлено, що у місці з'єднання (сферичний палець) педалі зчеплення зі штоком головного циліндра відбувається висихання змащувального матеріалу (рисунок 2).



а) *б)* *в)*

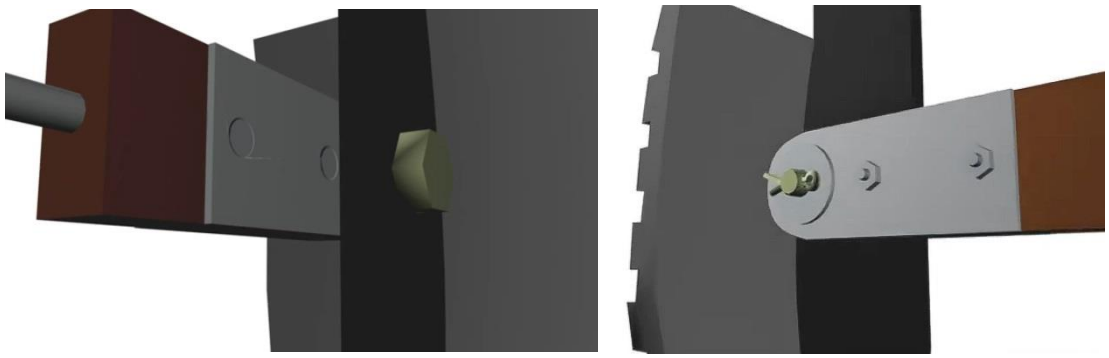
Рисунок 2 – Елементи з'єднання педалі зчеплення зі штоком:
а –розімкнене положення з'єднання; б – пластикова втулка зі зламаною третьою пелюсткою; в – зовнішній вигляд пластикової втулки

У подальшому, внаслідок погіршення умов змащення, відбувається руйнування пелюстки (пелюсток) пластикової фіксуючої втулки, її стирання та розмикання з'єднання. Фургон втрачає роботоздатність. Зчеплення не працює.

Метою роботи є розробка нової конструкції з'єднання педалі зчеплення зі штоком, яка би забезпечила надійність роботи даного вузла, а саме передачу зусилля натиску ноги водія для переміщення шток під час перемикання передач автомобілю.

Висновок. У результаті проведеного аналізу конструкції з'єднання педалі зчеплення із штоком нами запропоновано наступне рішення даної проблеми. На

кінці штоку головного циліндру зчеплення із отвору виймаємо залишки пластикової пелюсткової втулки та встановлюємо звичайну металеву втулку із отвором. На торцях штоку закріплюємо фіксуючі торцеві пластини (щоб уникнути зміщення втулки), а на педалі зчеплення видаляємо сферичний палець. Замість нього встановлюємо циліндричний палець із отвором на кінці. З'єднавши палець з педаллю, із штоком головного циліндра зчеплення (із використанням шайб, втулки та двох торцевих пластин), фіксуємо другий кінець пальця за допомогою шплінта (рисунок 3). Не забуваємо і про змащення деталей, що зазнають тертя.



а) *б)*

Рисунок 3 – Удосконалене з'єднання педалі зчеплення зі штоком головного циліндру (3D модель): а – вид справа; б – вид зліва

Отже, запропоноване нами удосконалення конструкції педалі зчеплення малотоннажних фургонів Peugeot Partner, Citroen Berlingo дозволить поновити роботоздатність даного вузла, а також зекономити суттєві кошти на ремонті, не замінюючи повністю головний циліндр зчеплення у зборі.

Література

1. Легкий комерційний транспорт – за які моделі українці голосують гаманцем? [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://surl.li/wiqwzf (дата звернення 10.10.2024) Назва з екрана.

2. Комерційні автомобілі концерну STELLANTIS отримали більш сучасний двигун [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://surl.li/pyzbcf (дата звернення 10.10.2024) Назва з екрана.

3. Gnitko S., Vasyliev Ie**.,** Popov S. Designing an improved structure of the tool for repairing the brake pipe connectors in vehicles. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. №1/1 (109). P. 20-26.

4. Попов С.В., Федьків О.О., Васильєв Є.А. Продовження життєвого циклу малотоннажних фермерських фургонів. *Сучасні проблеми землеробської механіки*: зб. тез XXIII Міжнар. наук. конф., м. Київ-Житомир, НУБІП-ЖАФК, 16-18 жовтня 2022 р. Житомир, 2022. С. 275.

РОЗРОБКА ІННОВАЦІЙНИХ РІШЕНЬ НА БАЗІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Степаненко Е.Д. – магістрант, evheniist@gmail.com
Ваганов О.І. – д.т.н.,професор, vaganov.kaidzen@gmail.com
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

DEVELOPMENT OF INNOVATIVE SOLUTIONS BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR TRANSPORT INFRASTRUCTURE

Stepanenko E.D. – Master's Student, evheniist@gmail.com
Vaganov O.I. – DTech, Prof, vaganov.kaidzen@gmail.com
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *This paper examines the role of electric vehicles (EVs) and artificial intelligence (AI) in transforming modern transportation infrastructure. Emphasis is placed on the environmental benefits of electric transportation and the efficiency improvements AI brings to traffic management and logistics. The paper proposes innovative solutions, including electric roads for in-motion vehicle charging and integrated AI-based systems for optimizing traffic and EV operations. These innovations aim to reduce emissions, enhance energy efficiency, and improve urban mobility. The study demonstrates that the integration of AI and EV technologies can significantly impact the efficiency of future transportation systems.*
Keywords**:** *transportation infrastructure, electric vehicles, traffic management, artificial intelligence, logistics*

Актуальність дослідження зумовлена численними викликами, такими як зростання транспортних потоків, забруднення навколишнього середовища та недостатня енергоефективність [1].

Для управління електротранспортом пропонуються інноваційні рішення на базі штучного інтелекту (ШІ) для зниження викидів та покращення управління транспортними потоками. У зв'язку з актуальністю сталого розвитку та урбанізації дослідження в сфері інноваційних технологій у транспорті є необхідними для забезпечення ефективного функціонування міст.

Метою роботи є дослідження та розроблення сучасних інновацій у транспортній інфраструктурі, зокрема електротранспорту та використання технологій ШІ. Робота спрямована на розробку інноваційних пропозицій щодо використання ШІ для оптимізації управління транспортними потоками й енергоспоживанням електротранспорту

У роботі застосовано методи порівняльного аналізу та моделювання для визначення перспектив розвитку електротранспорту й інтеграції ШІ в транспортну систему.

У результаті впровадження таких інновацій у сфері експлуатації електротранспорту очікуються наступні результати:

- зменшення шкідливих викидів через перехід на сучасні електричні транспортні засоби (ЕТЗ), які мають потенціал зменшити залежність від викопного палива та негативний вплив транспорту на довкілля [2,3];

- розширення виробництва електромобілів, що мають довший пробіг на одній зарядці та скорочений час зарядки;

- застосування електробусів для зниження рівня забруднення у густонаселених районах;

- вдосконалення зарядних станцій, зокрема швидкісних, із використанням відновлюваних джерел енергії;

- впровадження ШІ для підвищення ефективності електротранспорту, що дозволяє знизити кількість ДТП та поліпшити керування транспортними потоками;

- використання ШІ для самостійного прийняття рішень автономними автомобілями;

- оптимізація роботи світлофорів і транспортних потоків для підвищення пропускної здатності;

- оптимізація маршрутів і прогнозування попиту на транспортні послуги.

Висновок. У процесі роботи пропонуються опрацювати наступне:

- впровадження індукційних технологій для зарядки транспорту під час руху, що зменшить потребу у великих акумуляторах та знизить енергоспоживання;

- впровадження інтегрованих систем на основі ШІ, створення систем ШІ, які об'єднують дані від автономних транспортних засобів, інтелектуальних світлофорів і дорожньої інфраструктури для прогнозування заторів і оптимізації маршрутів у реальному часі.

Інтелектуальні системи управління на основі ШІ мають великий потенціал для підвищення ефективності транспортних систем і забезпечення сталого розвитку.

Література

1. Smith, J. A. *Electric Vehicles and Smart Charging Infrastructure*. Journal of Sustainable Transportation 15, 2023. 123-145.

2. Williams, R. *Artificial Intelligence in Urban Transportation: Opportunities and Challenges*. Transport Technology Review 8, 2022. 56-73.

3. Zhang, X., & Li, Y. *The Integration of AI and EV Technologies for Future Mobility*. International Journal of Transport Innovation 12, 2021. 201-217.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В АВТОМАТИЧНИХ СИСТЕМАХ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦІ

Резанов П.С. **–** аспірант, rezanov_ps@gsuite.duit.edu.ua
Стасюк О.І. **–** доктор технічних наук, професор, ostasuk177@gmail.com
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

PROSPECTS FOR THE USE OF ARTIFICAL INTELLIGENCE IN AUTOMATIC FIRE SAFETY SYSTEMS FOR RAILWAY ROLLING STOK

Rezanov P.S. **–** postgraduate student, rezanov_ps@gsuite.duit.edu.ua
Stasiuk O.I. – Doctor of Technical Sciences, Professor, ostasuk177@gmail.com
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *Due to the rapid growth of computerization of technological processes worldwide, the application of artificial intelligence (AI) plays a key role in various spheres of human activity, particularly in: security systems, power supply systems, communication systems, broadcasting and television, medicine, mechanical engineering, the aviation industry, and many others. In light of Article 10 of the Law of Ukraine "On Transport" [4], and Order No. 1322 dated 21.12.2009 on the approval of Fire Safety Rules for Railway Transport [5], an analysis of current fire safety issues in railway transport has been conducted. This article will discuss new approaches, methods, and innovations that will contribute to expanding the understanding of current issues and developing more productive, safe, reliable, and efficient automatic fire safety systems in the future.*
Keywords*: Automatic fire extinguishing system, automatic fire alarm system, fire safety on the railway, powder fire extinguishing module "SPRUT", fire extinguishing system ANSUL A-101.*

Актуальність дослідження зумовлена іноваціями в галузі забезпечення пожежної безпеки рухомого складу залізниці за допомогою автоматичних інтелектуальних систем пожежної безпеки, які можуть значно зменшити кількість пожеж рухомого складу, миттєво ліквідовувати займання та сповіщати про виникнення пожежі. Основою іноваційних систем пожежної безпеки має бути автономність, виявлення потенційних загроз, зменьшення хибних спрацювань, прогназування виникнення загроз, запобігання займань та недопустимість розповсюдження вогню завдяки постійному контролю стану системи.

Метою роботи є огляд існуючих, сертифікованих автоматичних систем пожежогасіння та автоматичної системи пожежної сигналізації на залізничному транспорті України, а також визначення перспективи розвитку цієї галузі. Мета

роботи полягає в розумінні проблематики пожеж на залізнодорожному транспорті та баченню, як новітні технології на базі штучного інтелекту можуть допомогти в вирішенні задач по забезпеченню пожежної безпеки рухомого складу залізниці.

Про ефективність і доцільність використання і впровадження систем пожежної сигналізації можна судити за даними, які були отримані ще наприкінці XX століття фахівцями Європейської корпорації з пожежної сигналізації “Eurolam". Дані були взяті на основі аналізу статистичного матеріалу з охопленням близько 12 тисяч систем пожежної сигналізації, 1 млн. автоматичних ПС і 8 тисяч пожеж, які були зареєстровані за 15 років. Аналіз визначив, що використання пожежної сигналізації сприяє зниженню збитків від пожеж на 63 %. При використанні систем автоматичного дистанційного виклику пожежних розмір збитків додатково знижується на 9 %. У випадку реєстрації пожежі автоматичними протипожежними системами і ліквідації пожежі персоналом до прибуття пожежних, зниження збитків досягає 86 % [1].

Етапи розвитку та відмінності засобів пожежної сигналізації відображені на рисунку.

Однією з гострих проблем на українських залізницях залишається ситуація з пожежами саме на рухомому складі. 98,9 % прямих збитків від пожеж припадає на рухомий склад, а 1,1 % на стаціонарні об’єкти [2].

Саме ці фактори спонукають впроваджувати та вдосконалювати сертифіковані автоматичні системи пожежогасіння та автоматичної системи пожежної сигналізації на залізничному транспорті.

Сучасні системи пожежного захисту це поєднання різноманітних датчиків виявлення загрози таких як: інфрачервоні, ультрафіолетові, оптичні, механічні датчики задимлення та датчики полум’я, які відстежують ознаки пожежі та комутують з центральним контроллером. Саме контроллер системи отримавши інформацію про небезпеку надає команди запорним приладам на подачу вогнегасної речовини в необхідних для цього місцях. Враховуючі існування різних класів пожеж та характеру пожежної небезпеки застосовують різні засоби та речовини для запобігання і розповсюдження пожежі. Загальні речовини для гасіння включають: сухі хімічні порошки, хладони, вода та водяний туман, вуглекислий газ, піна, аерозолі та інші спеціалізовані рідини і суміші.

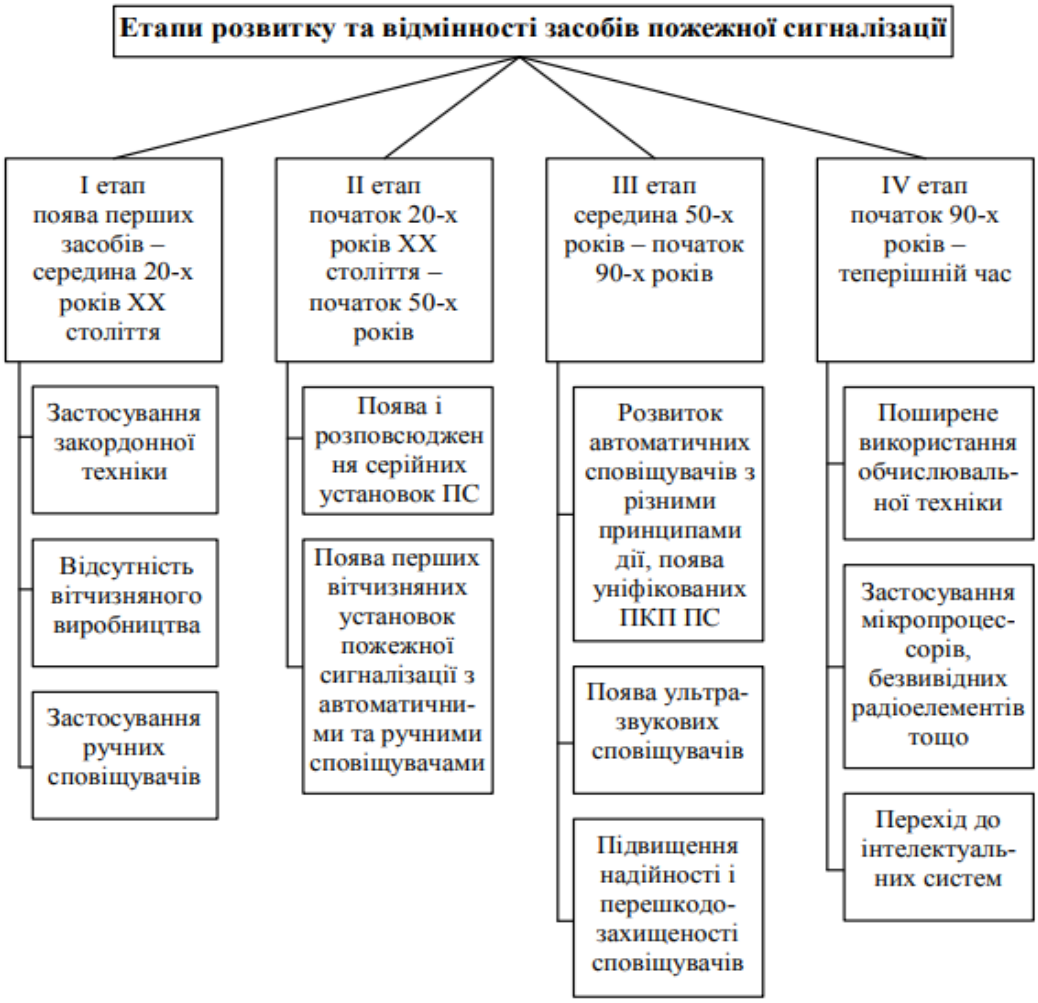


Рисунок – Етапи розвитку та відмінності засобів пожежної сигналізації

Системи порошкового пожежогасіння можна використовувати для різноманітних способів пожежогасіння, у тому числі для флегматизації та придушення вибухів, за допомогою вогнегасних порошків гасяться всі класи пожеж (A, B, C, E, D). Вони володіють високою вогнегасною здатністю, швидкодією, універсальністю, економічністю, доступністю, можливістю застосування в умовах низьких температур, коли використання води, піни, двоокису вуглецю й інших засобів є неефективним, економічно невигідним або неприпустимим. Ці переваги обумовлюють широке застосування вогнегасних порошкових систем у нашій країні [6].

Однією з провідних компаній у галузі розробки та виробництва сертифікованих вогнегасних порошків і модулів порошкового пожежогасіння “Спрут” є Науково Виробниче Підприємство “Фактор”. Фахівцями підприємства, на території локомотивного депо “Коростень” були проведені випробування для захисту рухомого складу шляхом моделювання виникнення пожежі та її гасіння в електричній шафі вагону дизель-поїзда, які підтвердили працездатність та можливості застосування, з подальшим використанням, модулів порошкового пожежогасіння “Спрут”. Перевагою данних модулів

порошкового пожежогасіння є можливість їхнього застосування в будь яких, сучасних автоматичних протипожежних системах.

Також на “Укрзалізниця” було успішно проведено аналіз і дослідження, з подальшим використанням, автоматичної системи порошкового пожежогасіння “ANSUL A-101” компанії Tyco International (US), Ltd. Система оснащена засобами автоматичного чи дистанційного ручного запуску. Виявлення займання відбувається за рахунок інфрачервоних датчиків, які встановлюються в ланцюг лінійних чи теплових датчиків для прискорення сповіщення. Перевагою системи є можливість використання двох типів вогнегасних речовин, сухих та рідкіх.

Можна виділити такі основні тенденції розвитку автоматичних систем пожежної безпеки:

Інтеграція з Інтернетом речей (IoT): Пожежні сигналізації стають частиною мережі розумних пристроїв, що дозволяє віддалений моніторинг і керування системами безпеки.

Використання штучного інтелекту (ШІ): Алгоритми ШІ допомагають підвищити точність виявлення пожеж, зменшити кількість хибних спрацьовувань та швидше реагувати на загрози.

Адресні системи: Все більше застосовуються адресні системи, які дозволяють точно визначити місце спрацьовування датчика, що прискорює реагування на надзвичайні ситуації.

Мікропроцесори та цифрові технології: Використання мікропроцесорів і цифрових технологій забезпечує більш точну обробку даних та інтеграцію з іншими системами безпеки.

Системи розпізнавання образів: використовуючи зображення з камер, завдяки сучасним системам компьютерного бачення, можливо отримувати більш точну інформацію про стан захищаємих об’єктів, а саме: появу задимлення, займання, розповсюдження полум’я, наявність людей та інше.

Системи графічного відображення інформації: Сучасні системи використовують графічні інтерфейси для відображення стану сигналізації, що дозволяє оперативно оцінювати ситуацію.

Сенсорні технології: Розробка нових сенсорів, які можуть виявляти не тільки дим, а й інші параметри, такі як тепло, гази, тиск та вологість, що підвищує ефективність систем та значно зменшує кількість хибних спрацювань.

Бездротові технології: Використання радіоканалів, мереж стільникового зв’язку та інших бездротових технологій зменшує потребу в кабельній продукції та знижує витрати на монтаж і обслуговування.

Цілодобове централізоване спостереження: Використання систем централізованого моніторингу забезпечує безперервний контроль за станом пожежної сигналізації та оперативне реагування на інциденти.

Енергоефективність та екологічність: Розробка систем, які споживають менше енергії та мають мінімальний вплив на навколишнє середовище.

Інтеграція з іншими системами безпеки: Системи пожежної безпеки все частіше інтегруються з іншими системами безпеки, такими як системи відеоспостереження, контроль доступу та інші, для створення єдиної платформи безпеки.

Ці тенденції спрямовані на підвищення надійності, ефективності та оперативності систем пожежного захисту, що, в свою чергу, покращує рівень безпеки об'єктів та знижує ризики виникнення пожеж.

Висновок. Проведені дослідження показали актуальність і проблематику застосування автоматичних інтелектуальних систем пожежної безпеки. В зв’язку з відсутністю універсальних засобів сповіщення і пожежних речовин, появою пожежних небезпек різного характеру є необхідність створення більш функціональних, комбінованих, автономних систем захисту. Завдяки розвитку систем розпізнавання образів та методів аналізу відеозображення буде можливо більш точно виявляти ознаки задимлення чи полумя та охоплювати більші за розміром та об’ємом об’єкти. Завдяки впровадженню алгоритмів штучного інтелекту та можливостям машинного навчання автоматичні пожежні системи зможуть удосконалювати алгоритми виявлення небезпеки, виявляти потенційні вразливості, прогнозувати ймовірність загроз різного типу аналізуючи патерни та тенденції, рекомендувати превентивні заходи, суттєво зменшити кількість хибних сповіщень та мінімізувати втручання людини за рахунок здатності приймати самостійні рішення.

В зв’язку з розвитком та іноваціями залізничного танспорту і необхідністю забезпечення відповідної до умов безпеки, інтелектуальні системи пожежного захисту вийдуть на новий рівень більш ефективних і розумних систем, що стане важливим аспектом в житті людини.

Л і т е р а т у р а

1. Дерев’янко О.А., Антошкін О.А., Бондаренко С.М., Христич В.В. Системи пожежної та охоронної сигналізації: Текст лекцій. Х.: УЦЗУ, 2008. 144 с.

2. Мартинов І. Е., Бондаренко В. В., Ловська А. О. Забезпечення пожежної безпеки у вагонах пасажирських поїздів: Навч. посібник. Харків: УкрДУЗТ, 2022. 119 с., рис. 34, табл. 18.

3. Лапін П. В. Забезпечення економічної безпеки підприємств залізничного транспорту на основі управління пожежними ризиками: автореф. дис. ... канд. екон. наук: 08.00.04. Дніпро, 2019. 208с.

4. Закон України № 233/94-ВР від 10.11.1994 р. Про транспорт: за станом на 13.05.2010 р. / Верховна Рада України. Офіц. вид. К. : Парлам. вид-во, 2010. 15с. (Бібліотека офіційних видань).

5. Про затвердження Правил пожежної безпеки на залізничному транспорті (НАПБ В.01.010-97/510) : Наказ; Мінтранс України від 01.07.1997 № 240 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/z0440-97 (дата звернення: 18.11.2024)

6. Дерев'янко О.А., Антошкін О.А., Бондаренко С.М., Дурєєв В.О., Литвяк О.М., Мурін М.М. Сучасні засоби автоматичного пожежогасіння: Навч. посібник. Х.: НУЦЗУ, 2018. 271с.

ВИМІРЮВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РУХОМОГО СКЛАДУ МЕТОДОМ ТАХЕОМЕТРИЧНОГО ЗНІМАННЯ

Родіонов А.Ю. – магістрант, *rodionov1520mm@gmail.com*
Кара С.В. – к.т.н., докторант, *s.kara1520mm@gmail.com*
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

MEASUREMENT OF THE GEOMETRIC PARAMETERS OF ROLLING STOCK BY THE METHOD OF TACHEOMETRIC SURVEYING

Rodionov A. – master`s student, *rodionov1520mm@gmail.com*
Kara S. – PhD, Doctoral Candidate, *s.kara1520mm@gmail.com*
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies,
Ukraine, Kyiv

Abstract. *To ensure traffic safety, reduce operational costs, and improve passenger comfort, it is necessary to continuously monitor the technical condition of railway infrastructure and rolling stock. Particular attention should be paid to their geometric dimensions. An effective method for determining geometric parameters is tacheometric surveying. The application of reflective markers on the side edge of the body frame allows for determining their spatial arrangement and reconstructing the geometry in electronic form for comparison with capital repair standards. For example, for VL locomotives, the permissible vertical deflection of the lower frame binding should not exceed 10.0 mm upwards and 15.0 mm downwards. The horizontal deflection of the lower frame binding should not exceed 25.0 mm.*
Keywords: *geometric parameters, traffic safety, railways, reflective markers, tacheometric surveying*

Актуальність дослідження. Для забезпечення безпеки руху, зниження експлуатаційних витрат та покращення комфорту перевезень, необхідно постійно контролювати технічний стан залізничної інфраструктури та рухомого складу. Особливу увагу варто приділити їх геометричним розмірам.

Одним із сучасних методів визначення геометричних параметрів є тахеометричне знімання, яке дозволяє проводити високоточні вимірювання. Цей метод широко застосовується у геодезії та може бути успішно використаний для аналізу рухомого складу залізниць. Тахеометричне знімання дозволяє оперативно отримувати тривимірні дані про об'єкти інфраструктури та рухомий склад, що дає можливість своєчасно виявляти відхилення від норм та проводити коригування.

Мето роботи є застосування методу тахеометричного знімання для визначення прогинів електровоза ВЛ80к №511 та рам візків №151-2 та 631-4, які зазнали наднормативних експлуатаційних впливів.

Тахеометри — це геодезичні прилади, які дозволяють одночасно вимірювати кути і відстані до об'єкта, автоматично фіксуючи дані в електронній формі. Завдяки високій точності та швидкості вимірювань, тахеометри широко використовуються для визначення геометричних параметрів як рухомого складу, так і залізничної інфраструктури. Основною метою виконання тахеометричного знімання є контроль геометричних параметрів рухомого складу (наприклад габарити, кутові відхилення кузова та інших елементів), виявлення відхилень від стандартів для забезпечення безпеки руху, підготовки даних для технічного обслуговування та ремонту.

Проведено тахеометричне знімання нижньої обв’язки рами кузова електровоза ВЛ80к №511 секції 2, рам візків. Відповідно до розробленої схеми встановлення світловідбивачів, зображених на рисунках 1 та 2, проведено встановлення світловідбивачів на раму кузова електровоза ВЛ80к №511 та рами візків №151-2 та 631-4.

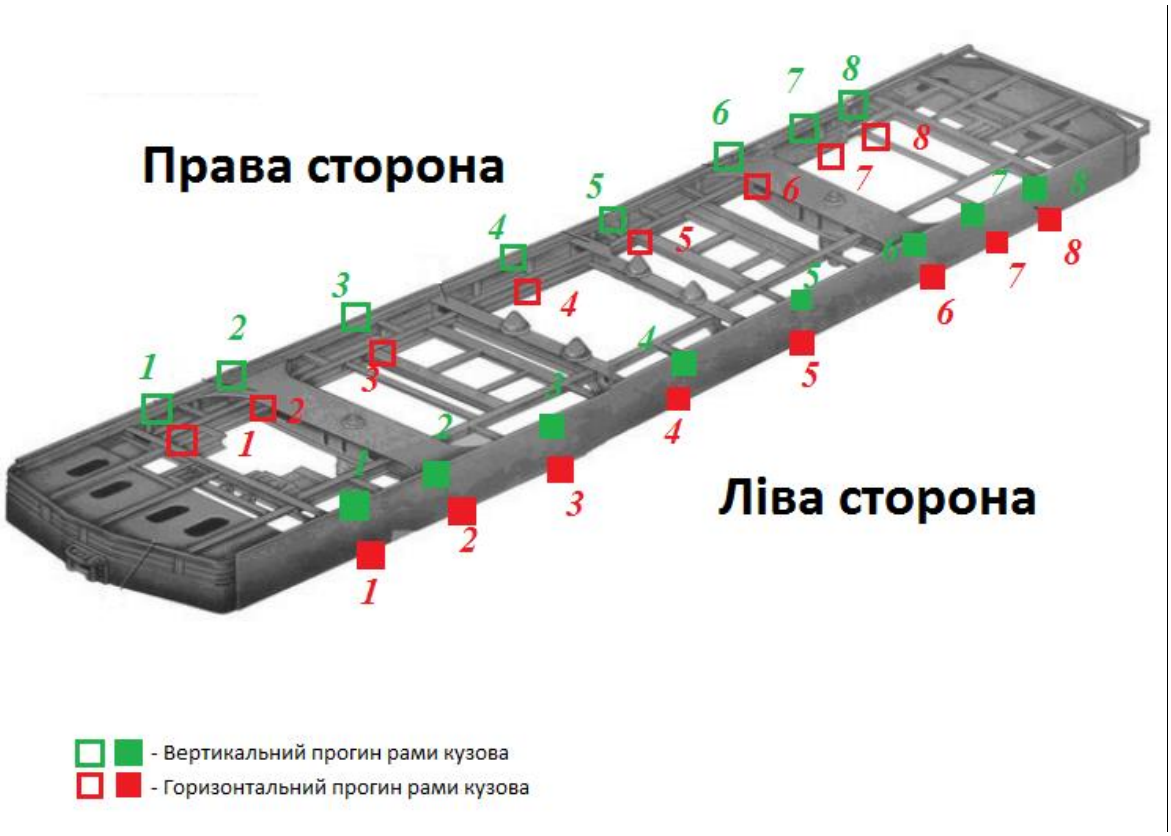


Рисунок 1 – Розміщення світловідбивачів на рамі кузова

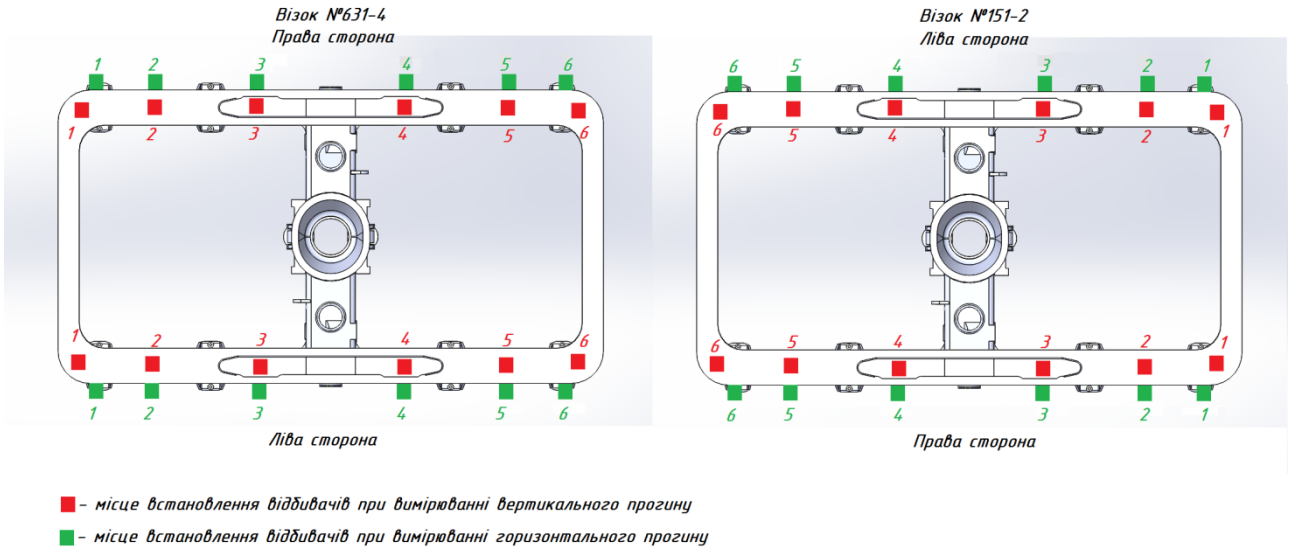


Рисунок 2 – Розміщення світловідбивачів на рамі візків

Згідно з [1] вертикальний прогин нижньої обв'язки рами кузова не повинен перевищувати вгору 10,0 мм, вниз - 15,0 мм, горизонтальний прогин нижньої обв'язки рами кузова не повинен перевищувати 25,0 мм.

За результатами тахеометричного знімання було встановлено: найбільший вертикальний прогин нижньої обв'язки рами кузова – 7,11 мм (в середину); найбільший горизонтальний прогин нижньої обв'язки кузова – 6,51 мм (вниз); найбільший вертикальний прогин боковин рами візка №151-2 – 7,98 мм (на ззовні); найбільший горизонтальний прогин боковини рами візка №151-2 – 4,51 мм (вниз); найбільший вертикальний прогин боковини рами візка №631-4 – 2,99 (вниз); найбільший горизонтальний прогин боковини рами візка №631-4 – 4,01 (в середину).

Метод тахеометричного знімання може бути застосований для комплексного обстеження рухомого складу після значних інцидентів [3]

Висновок. Методом тахеометричного знімання визначено відповідність геометрії електровоза ВЛ80к №511 та рам візків №151-2 та 631-4 вимогам правил капітального ремонту.

Література

1. Правила капітального ремонту КР-1, КР-2 електровозів змінного струму серій ВЛ80в/і, ВЛ82М, затверджені наказом від 16.03.2006 № 253-ЦЗ, 123с.

2. Sokkia NET05AX. Operator's Manual. SOKKIA TOPCON CO., LTD, 2010. 258c.

3. Браславець Ю.В. Відновлення та модернізація ушкоджених несучих конструкцій електровоза ВЛ82М №067 / Ю.В. Браславець, О.П. Коломієць, С.В. Кара, П.А. Шевчук // Залізничний транспорт України. 2016. № 5-6. С. 35-40. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ZTU_2016_5-6_8.

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ЗАЛІЗНИЦІ В КРИЗОВИХ УМОВАХ

Роговий О.В. **–** аспірант, *rogovyi_ov@gsuite.duit.edu.ua*
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR RAILWAY PROTECTION UNDER CRISIS CONDITIONS

Rohovyi O.V. – graduate student, *rogovyi_ov@gsuite.duit.edu.ua*
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The paper investigates the application of artificial intelligence (AI) in enhancing the safety of railway infrastructure, particularly under conditions of crisis. The primary objective is to design autonomous security and monitoring systems that analyze inputs from diverse sources, including surveillance cameras, environmental sensors, and drone footage. These systems are intended to detect and respond to potential threats, such as unusual activity near essential infrastructure or environmental hazards caused by damафge. By combining AI-driven predictive analytics with real-time observation, the proposed system is anticipated to reduce risks associated with both passenger and freight rail operations. These AI-enabled tools not only facilitate rapid threat detection and automated response but also support the continuity of railway services during emergencies.*
Keywords: *railway safety, artificial intelligence, crisis conditions, monitoring systems, infrastructure resilience*

Актуальність дослідження зумовлена критичною необхідністю забезпечення безпеки та стійкості залізничної інфраструктури України, що особливо актуально в умовах кризових ситуацій. Інтелектуальні системи на базі штучного інтелекту дозволять впроваджувати автоматизовані підходи до захисту та моніторингу інфраструктури. Це може стати ключовим фактором для підтримки стабільності транспортної системи, переважно в загрозливих умовах.

Метою роботи є розробка та аналіз рішень на базі штучного інтелекту, що дозволить підвищити рівень безпеки залізничної інфраструктури України. Дослідження передбачає визначення методів моніторингу та прогнозування загроз. Це дозволить забезпечити адаптивне управління маршрутами, автоматизоване реагування на загрози та підвищення стійкості експлуатаційної діяльності залізниці в умовах кризи.

АТ «Укрзалізниця» відіграє ключову роль у транспортній галузі України та забезпечує безперервний потік вантажів і пасажирів, що актуально в зонах

підвищеного ризику, включаючи гуманітарну допомогу, евакуаційні рейси та військові ресурси. У воєнний час залізнична інфраструктура потерпає від атак і в тей же самий час стикається зі значними екологічними викликами на кшталт повенів, зсувів ґрунту та техногенних забруднень, що можуть загрожувати стабільності та безпеці сполучення.

Основні виклики полягають в:

- Збереженні цілісності інфраструктури. Бомбардування, атаки на колії, станції та мости призводять до критичних пошкоджень, що ускладнює безперебійне функціонування залізничного транспорту.

- Безпеці пасажирів та персоналу. Підвищені ризики вимагають від персоналу оперативних рішень у випадку надзвичайних ситуацій. Потрібно швидко реагувати на всі критичні ситуацій, на кшталт евакуації людей з небезпечних зон.

- Оперативному управлінні логістикою вантажів. Забезпечення доставки гуманітарної допомоги та військових ресурсів, зокрема через зони підвищеного ризику, вимагає адаптивного управління маршрутами з урахуванням екологічних та безпекових факторів.

- Постійному моніторингу навколишнього середовища та оцінці потенційних загроз. Такий підхід забезпечить безпечний транзит вантажів у кризових умовах.

Для подолання таких викликів необхідні інтелектуальні системи, що будуть здатні оперативно та точно реагувати на загрози в реальному часі.

Створення систем моніторингу та виявлення загроз на основі штучного інтелекту:

- Інтегровані квантові сенсори та нейромережевий аналіз даних. Новітні квантові сенсори, що здатні відстежувати мікроколивання та зміни в навколишньому середовищі, фіксують найменші порушення в структурі залізничної інфраструктури [1]. Об’єднання таких сенсорних даних з можливостями глибинних нейронних мереж надасть змогу системі не тільки виявляти потенційні загрози, але й передбачувати їх на основі виявлених аномалій у поведінці різних об'єктів чи в умовах довкілля. Завдяки цьому стане можливим прогнозування техногенних інцидентів ще до їхнього фактичного прояву.

Окрім того, високоточні квантові сенсори здатні розпізнавати наближення ракет або дронів на значній відстані, аналізуючи характерні аномальні сигнатури в повітряному просторі поблизу залізничних шляхів. Застосування штучного інтелекту в нейромережевому аналізі забезпечить оперативну обробку таких даних, допомагаючи визначити напрям руху потенційно небезпечних об’єктів та передбачити можливі точки їхнього впливу. Це

дозволить завчасно попередити персонал та активувати відповідні захисні протоколи, мінімізуючи ризики для інфраструктури й забезпечуючи додаткову безпеку для пасажирів.

- Прогнозування загроз, превентивне обслуговування та оптимізація логістики. Розроблена система на основі штучного інтелекту має використовувати глибинні рекурентні нейронні мережі (зокрема, LSTM) та алгоритми машинного навчання для аналізу історичних і поточних даних, що надходять від різноманітних сенсорів та IoT-пристроїв. Це дасть змогу ідентифікувати ті ділянки інфраструктури, де існують підвищені ризики виникнення структурних дефектів або можливих відмов у роботі. Система також застосовуватиме принципи квантового підходу до невизначеностей і використовуватиме симуляції цифрових моделей інфраструктури в реальному часі. Такий підхід дозволить надзвичайно точно визначати критичні відхилення в роботі інфраструктури та гарантує, що логістичні рішення для швидкого реагування можуть бути прийняті оперативно [2]. Виявивши зону ризику або пошкодження, AI-алгоритми автоматично складатимуть оптимальні маршрути для оперативного переміщення ремонтних бригад. Також забезпечать доставку матеріалів та обладнання безпосередньо до місця інциденту. Такий автоматизований підхід дозволить своєчасно організувати роботу персоналу та потрібних ресурсів, що не лише пришвидшить процес відновлення інфраструктури, але й допоможе зменшити витрати на ремонти, тим самим забезпечуючи безперервність залізничних операцій [3].

Покращити механізми реагування на кризові ситуації можна системами адаптивного оповіщення та управління евакуацією в режимі реального часу. Наприклад системи інтегровані з AI та технологією розподілених обчислень, зможуть аналізувати загрози в реальному часі. При цьому використовувати дані з різних джерел: квантових сенсорів, супутникового моніторингу та аналітики великих даних. При виявленні потенційних загрози такі технології зможуть інформувати персонал та пасажирів через систему оповіщення, що буде враховувати їхнє поточне місцезнаходження та найбезпечніші шляхи евакуації. У разі загрози обстрілу або ж атаки дронами, система не лише зможе ініціювати зупинку або перенаправлення потягу, але й зможе використати моделі прогнозування для визначення найбільш безпечних точок евакуації. Завдяки інтеграції із застосунками доповненої реальності, система зможе надавати пасажирам і працівникам графічні інструкції на мобільних пристроях, що допоможе їм оперативно орієнтуватися та знаходити безпечні зони.

AI-системи, що забезпечені квантовими алгоритмами та технологіями геопросторового аналізу, зможуть автоматично пропонувати оптимальні маршрути поїздів, обираючи альтернативні шляхи для уникнення небезпечних

зон. Хоча функції контролю руху зосереджені на диспетчерських пунктах, система зможе надати рекомендації на основі даних супутникового моніторингу в реальному часі. Алгоритми обробки великих даних, дозволять прогнозувати потенційні перешкоди, такі як блокування колій, та оперативно знаходити найбезпечніші та найшвидші маршрути. Інтеграція з "цифровими близнюками" дозволить симулювати можливі сценарії руху, допомагаючи диспетчерам приймати обґрунтовані рішення для підтримки безперервності роботи навіть у кризових умовах.

Висновок. За результатами проведеного аналізу та досліджень було обґрунтовано доцільність застосування технологій штучного інтелекту для підвищення безпеки та надійності залізничної інфраструктури в кризових умовах. Запропоновані автономні системи моніторингу, що використовують інноваційні квантові сенсори й технології геопросторового аналізу, здатні виявляти потенційні загрози на ранніх стадіях та прогнозувати можливі негативні сценарії, включно з блокуванням колій або атаками на об'єкти інфраструктури. Інтеграція з концепцією "цифрового близнюка" та алгоритмами обробки великих даних дозволить диспетчерському персоналу отримувати надійну інформаційну підтримку для ухвалення оптимальних рішень. Це сприятиме зменшенню ризиків техногенних інцидентів, скороченню витрат на екстрені ремонтні роботи та забезпеченню безперервності транспортних операцій. Таким чином, впровадження AI-технологій може підвищити стійкість та ефективність функціонування залізничних мереж навіть за наявності значних зовнішніх викликів, гарантуючи безпечне та стабільне перевезення пасажирів і вантажів.

Література

1. Dubljanin, D., Markovic, F., Dimić, G., Vučković, D., Petković, M., Mosurović, L. Educational Application of Artificial Intelligence for Diagnosing the State of Railway Tracks. *International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education*, 2024, 12(2), pp. 467-476. DOI: 10.23947/2334-8496-2024-12-2-467-476.

2. Liu, Y., Li, P., Feng, B., Pan, P., Wang, X., Zhao, Q. Research on digital twin technology and its application in intelligent operation and maintenance of high-speed railway infrastructure. Railway Sciences, 2024. DOI: 10.1108/RS-09-2024-0036.

3. Pappaterra, M.J., Flammini, F. A review of intelligent infrastructure surveillance to support safe autonomy in smart-railways. 26th IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC2023), 2023, Bilbao, Spain.
DOI:10.13140/RG.2.2.10614.16962

ПЕРЕВАГИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБІГУ ПРИ ЗДІЙСНЕННІ АВТОМОБІЛЬНИХ ВАНТАЖОПЕРЕВЕЗЕНЬ В УКРАЇНІ

Рубан А.С. – бакалаврант, *opat-23d-252@snu.edu.ua*
Східноукраїнський національний університет імені В.Даля
Михайлов Є.В. – к.т.н., доц., *mihaylov.evv@gmail.com*
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

ADVANTAGES OF THE IMPLEMENTATION OF ELECTRONIC DOCUMENT MANAGEMENT WHEN PERFORMING ROAD TRUCK TRANSPORTATION IN UKRAINE

Ruban A.S. – master's student, opat-23d-252@snu.edu.ua
Volodymyr Dahl Eastukrainian National University
Mikhailov E.V. *– candidate of technical sciences, ass. prof., mihaylov.evv@gmail.com*
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract*. The electronic document management system electronic waybill is an information and communication system that provides processing of information about the waybill in electronic form, equipped with mechanisms for security and protection of information against its loss, misuse and changes. The system consists of a database of goods and transport invoices in electronic form and software designed for data exchange and interaction with electronic document circulation platforms and other information, electronic communication or information and communication systems. The paper analyzes the advantages and disadvantages of implementing this system.*
Keywords*: automobile transportation, electronic document management, goods and transport waybill, implementation, advantages*

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю вдосконалення документообігу при здійсненні вантажних перевезень за рахунок його діджиталізації.

Метою роботи є проведення аналізу переваг, недоліків та перспектив впровадження електронного документообігу при здійсненні автомобільних вантажоперевезень в Україні.

З появою належних технічних можливостей та комунікаційних технологій, запровадження електронного документообігу свого часу зробило революцію у бізнесі. Пішла в минуле епоха товстих папок із паперами, які підприємці направляли партнерам на підпис та зберігали декілька років. Однак, паперовий документообіг і досі присутній у бізнес-практиці, в тому числі у транспортній логістиці. До останнього часу вантажі не можна було перевозити без

оформлення товарно-транспортних накладних (ТТН), за порушення цього положення передбачені штрафи. Водії повинні пред'являти папери на вантажі інспекторам Державної служби безпеки на транспорті. При цьому паперову ТТН оформляють щонайменше в трьох примірниках, на кожному мають бути підписи вантажовідправника, перевізника та вантажоотримувача. Часто оригінали накладних пересилають поштою після їх підписання, а це додаткові витрати. Як правило, розрахунки за товари здійснюють після отримання оригіналу накладної. До того ж, велику кількість паперових документів потрібно десь зберігати. Усі ці процеси витратні не лише з точки зору фінансів, а й часу.

Крім того, паперова форма ТНН залишає простір для маніпуляцій. Документ можна загубити, змінити в ньому дані, та нарешті підробити.

Замінити паперову накладну на електронну Урядом було запропоновано ще у 2019 році. Впровадження системи безпаперового документообігу у вантажних перевезеннях планували завершити до кінця 2022 року. Через велику війну її запуск довелося відкласти. У тестовому режимі систему е-ТТН запровадили з 01.02.2023 року.

Система електронного документообігу електронна товарно-транспортна накладна (е-ТТН) [1] – це інформаційно-комунікаційна система, яка забезпечує обробку інформації щодо товарно-транспортної накладної в електронній формі, оснащена механізмами безпеки та захисту інформації від її втрати, неправильного використання і змін. Система складається з бази даних товарно-транспортних накладних в електронній формі та програмних засобів, призначених для обміну даними та взаємодії з платформами електронного документообігу та іншими інформаційними, електронними комунікаційними чи інформаційно-комунікаційними системами.

Постановою КМУ № 629 від 30.05.2024 р., яка вступила в силу 04.08.2024р, було затверджено Порядок [2], що встановлює механізм реалізації на території України дворічного експериментального проекту з впровадження товарно-транспортної накладної в електронній формі у сфері внутрішніх вантажних перевезень з використанням системи електронного документообігу електронна товарно-транспортна накладна (е-ТТН).

Реалізація експериментального проекту передбачає інтеграцію системи е-ТТН з іншими державними інформаційними ресурсами та тестування їх електронної інформаційної взаємодії. Йдеться про систему зважування в русі, єдиний реєстр товарно-транспортних накладних на переміщення алкогольних напоїв, єдину державну систему електронного обліку деревини, інформаційні системи Укртрансбезпеки та інші.

Метою експериментального проекту, окрім іншого, є впровадження

товарно-транспортної накладної в електронній формі з використанням системи товарно-транспортної накладної у сфері внутрішніх вантажних перевезень, в тому числі на молочну сировину, високооктанові кисневмісні домішки, нафтопродукти, хліб і хлібобулочні вироби, деревину, етиловий спирт та алкогольні напої, об’єкти санітарних заходів.

Після повноцінного запуску системи інспектори Укртрансбезпеки будуть мати спеціальне обладнання і зможуть перевіряти е-ТТН у водіїв. Згодом систему планують інтегрувати з іншими зовнішніми системами та реєстрами.

Електронна товарно-транспортна накладна розроблена згідно з паперовим аналогом. Структура е-ТТН схожа на паперову, але доповнена та оптимізована, є обов'язкові та опційні поля. Тому юридично вона може використовуватися і має таку ж силу, як паперова. Використання е-ТТН стане обов’язковим для вантажних перевезень автомобільним транспортом після прийняття Верховною Радою України внесення змін до Закону України “Про автомобільний транспорт” в частині використання на території України ТТН виключно в електронній формі.

Технічним адміністратором системи товарно-транспортної накладної є державне підприємство "Галузевий центр цифровізації та кібербезпеки", що належить до сфери управління Мінінфраструктури, яке забезпечує:

- здійснення заходів із забезпечення функціонування, обслуговування та технічного вдосконалення системи е-ТТН;
- організацію роботи, пов'язаної з провадженням діяльності щодо ведення та технічного адміністрування системи е-ТТН;
- електронну інформаційну взаємодію між системою е-ТТН та іншими державними електронними інформаційними ресурсами;
- подання до Мінінфраструктури пропозиції щодо вдосконалення нормативно-правового регулювання або прийняття нормативно-правових актів, спрямованих на забезпечення функціонування системи е-ТТН;
- підключення до системи е-ТТН або відключення від неї платформ електронного документообігу;
- вжиття організаційних та технічних заходів для забезпечення можливості інтеграції системи е-ТТН до існуючих державних електронних інформаційних ресурсів та тестування їх електронної інформаційної взаємодії;
- здійснення модернізаційних заходів та функціонування системи е-ТТН;
- вжиття інших заходів, необхідних для реалізації експериментального проекту та функціонування системи е-ТТН.

Використання електронних ТТН має багато переваг перед традиційними паперовими технологіями:

1. Мінімізація витрат на друк, транспортування та зберігання паперових

документів.

Економія на папері й доставці їх копій сторонам за підрахунками Інституту аналітики та адвокації щороку може скласти близько 740 млн грн. Е-ТТН не займають місця. Вони можуть зберігатися в центральній базі даних системи і за потреби можуть бути доступні у будь-який час.

2. Більше можливостей контролю за здійсненням перевезень вантажів.

Підтвердження логістичних операцій електронним підписом дає можливість зробити систему більш прозорою, унеможливити зміни даних, дозволяє чітко визначати відповідальних осіб. Можна відстежувати кожен етап руху вантажу, який фіксується в електронному документі та підтверджується ЕЦП. Перехід на е-ТТН допоможе мінімізувати перевезення нелегального вантажу та використання фіктивних документів. Система мінімізує діяльність перевізників, які ухиляються від сплати податків та порушують конкурентні умови ринку перевезень, не декларуючи комерційну діяльність.

3. Пришвидшення розрахунків між контрагентами.

Підписаний електронним ключем документ одразу стає доступний партнерам, тоді як раніше вони чекали на паперову накладну з підписом і тільки після цього проводили розрахунки.

4. Покращення умов для інтеграції України з країнами ЄС.

У ЄС тестують схожу систему – e-CMR. Це цифровий аналог міжнародної товарно-транспортної накладної. Зараз електронна система в ЄС працює лише між деякими країнами. Запустити її для всіх держав ЄС планують у 2025 році. За оцінками Єврокомісії, впровадження e-CMR до 2040 року дозволить зекономити 27 млрд. євро.

Е-ТТН в Україні створена за стандартами ЄС, тому її легко буде поширити з внутрішнього ринку на міжнародні перевезення. Україна як держава-кандидат на вступ до ЄС зацікавлена в поступовій інтеграції з e-CMR. Кроком до цього є впровадження е-ТТН.

Україна може перейти на e-CMR значно раніше завдяки впровадженню е-ТТН, яка буде базисом для впровадження міжнародної товарно-транспортної накладної.

В перспективі наступним етапом після впровадження в Україні е-ТТН логічною була б розробка мультимодальної ТТН, яка б об'єднувала декілька або всі види перевезень [3]. Це є дуже актуальним з урахуванням глобальної світової тенденції на розвиток мультимодальних перевезень.

Література

1. Що таке електронна товарно-транспортна накладна (е-ТТН)? [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://e-ttn.miu.gov.ua/faq/shcho-take-elektronna-tovarno-transportna-nakladna-e-ttn/

2. Питання реалізації експериментального проекту з впровадження товарно-транспортної накладної в електронній формі у сфері внутрішніх вантажних перевезень. Постанова КМУ від 30 травня 2024 р. N 629. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/629-2024-%D0%BF#Text

3. Як підготуватися до впровадження Е-ТТН: відповіді на питання, які турбують бізнес. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://medoc.ua/news/jak-pdgotuvatisja-do-vprovadzhennja-e-ttn-vdpovd-na-pitannja-jak-turbujut-bznes

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ШУМУ КОЧЕННЯ В КОНТАКТІ «КОЛЕСО-РЕЙКА»

Сапронова С.Ю. – д.т.н., проф., doc.sapronova@gmail.com
Київський інститут залізничного транспорту
Скляренко І.Ю. – к.т.н., доц., innakdavt@ukr.net
Ганношина І.М. – к.т.н., доц., iramsu2021@ukr.net
Київський інститут водного транспорту
імені гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного
Державний університет інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

RESEARCH ON ROLLING NOISE CHARACTERISTICS IN THE «WHEEL-RAIL» CONTACT

Sapronova S.Yu. – Doctor of Technical Sciences, Professor, doc.sapronova@gmail.com
Kyiv Institute of Railway Transport
Sklyarenko I.Yu. – Candidate of Pedagogical Sciences, Docent, innakdavt@ukr.net
Gannoshina I.M. – Candidate of Technical Sciences, Docent, iramsu2021@ukr.net
Kyiv Institute of Water Transport
named after Hetman Petro Konashevych-Sagaydachny
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The problem of protection against increased noise is one of the important environmental problems. The study considers the causes of noise during the movement of railway rolling stock. The noise level indicators are given depending on the speed of movement and the type of rolling stock. The causes of rolling noise in the wheel-rail contact are considered in detail. The calculation equations for the rolling noise level are provided. One of the well-known systems for determining and assessing rolling noise is the TWINS system, thanks to which it is possible to assess the level of contact noise from the influence of many parameters. Conclusions are provided with some recommendations for reducing rolling noise.*
Keywords: *rolling noise, roughness, wheel, rail.*

Актуальність дослідження. Відповідно до Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» шумове забруднення є одною з основних проблем [1]. Шум залізничного транспорту знаходиться в межах 90-120 дБ, при чому, допустимі норми шуму для людського вуха становить: вдень – 55дБ, вночі – 40 дБ. Проблема захисту від підвищеного шуму є однією з важливих екологічних проблем. Підвищений рівень шуму негативно впливає на здоров'я людини. Тому дослідження видів шуму на залізниці, методів його вимірювання і захисту від нього є актуальним.

Метою дослідження є огляд видів шуму на залізниці, методів вимірювання і визначення з докладним розглядом шуму кочення, який виникає в системі «колесо-рейка».

Вплив шуму залізничного транспорту на довкілля та пасажирів надзвичайно різноманітний. Можна виділити три основні об'єкти, на які впливає шум від залізничного транспорту:

1) селітебна зона;

2) пасажири та обслуговуючий персонал на станціях;

3) пасажири та обслуговуючий персонал поїздів.

Рівень шуму під час проїзду рейкового транспортного засобу в залежності від швидкості руху продемонстровано на рис. 1 та в табл. 1, табл.2, при цьому, із зростанням швидкості руху, він зростає.

Загальний шум залізничного транспортного засобу L, як правило, може бути виражений як сума енергій шуму кочення (L_k), шуму тяги (L_t), шуму допоміжних засобів та аеродинамічного шуму (L_a), шуму від вентиляторів і систем кондиціонування (L_v) показано в рівнянні (1)[2].

$$L = L_k + L_t + L_a + L_v. \quad (1)$$

В рівнянні (1) L_k є енергією шуму кочення, який випромінюється від взаємодії колеса та рейки. При контакті колеса з рейкою нерівності поверхонь кочення викликають вібрації, які було названо шумом кочення, вивчанням якого займались вчені П. Ремингтон, Д. Томпсон, Г. Хёльц. Ремінгтоном була створена теорія, вдосконалена Д. Томпсоном, яка описує фізичні процеси шумоутворення при контактуванні колеса з рейкою [3].

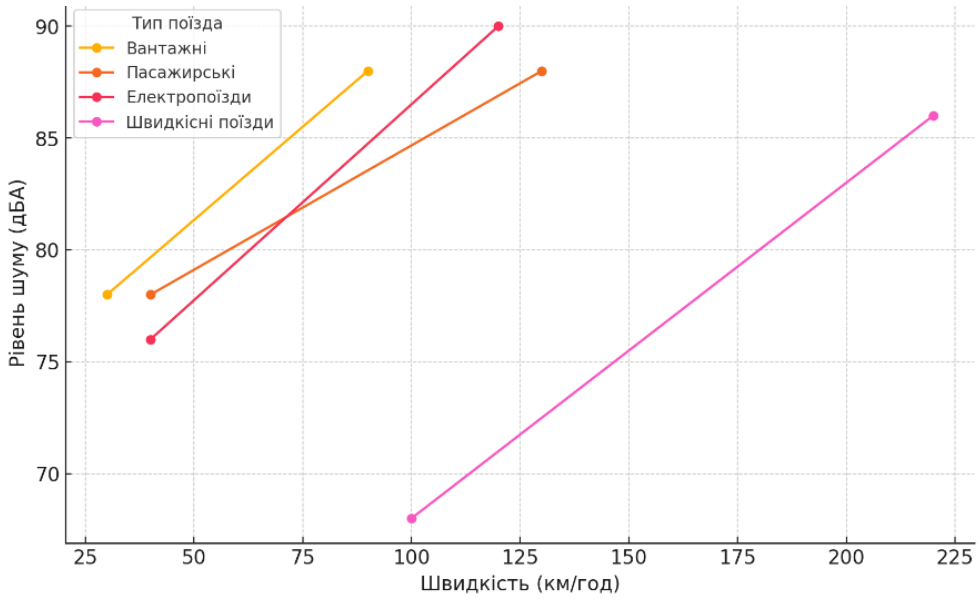


Рисунок 1 – Залежність швидкості та рівня шуму для різних типів поїздів

Таблиця 1 – Показники рівня шуму на залізниці

Джерела шуму на залізничному транспорті	**Відстань, м**	**Рівень шуму, дБ**
Рух поїзда на мості із швидкостями 60–80 км/год	25	80-90
Рух рухомого складу залізниць із швидкостями 150-200 км/год	25	85-95
Електровози	25	75-80
Тепловози	25	80-95

Таблиця 2 – Рівні шуму в залежності від типу рухомого складу

Тип поїзда	**Швидкість, км/год**	**Рівні шму, дБА**
Вантажні	30-90	78-88
Пасажирські	40-130	78-88
Електропоїзд	40-120	76-90
Швидкісні поїзди	100-220	68-86

Шум кочення можна розділити на три основні категорії:

- шум, який виникає в прямих ділянках колії і в основному спричинений шорсткостями поверхонь коліс і рейок, які викликають відносну вертикальну вібрацію;

- ударний шум, як екстремальна форму шуму кочення, що виникає на нерівностях поверхні колеса або рейки.

- шум скреготу, що виникає в кривих малих радіусів, зазвичай викликаний механізмом бічного збудження.

Однак в багатьох ситуаціях переважаючим джерелом звуку є шум кочення, який залежить від умов контактування (проковзування, стану поверхонь кочення колеса і рейки). Шум кочення створюється шорсткістю або хвилястістю поверхні колеса та рейки, що викликає динамічні сили взаємодії в контакті. Динамічні сили взаємодії створюють вібрацію обох коліс і колії. Вібруючі колеса і колія, в свою чергу, випромінюють звук.

Шорсткість розвивається на контактній поверхні рейки поблизу кривих. Колесо піддається періодичному збудженню, створюваному шорсткістю. Періодичне збудження створює вищі А-зважені рівні звуку, ніж ті, що виникають на гладкій доріжці. Колеса можуть виявляти локалізоване сплющення, якщо візки проїжджають через розриви поверхні колії та стиків колії [4].

Загальний ефективний рівень шорсткості в L_{sh} певній смузі частот визначається сумою енергії шорсткості рейки $L_{sh,r}$, шорсткості колеса $L_{sh,veh}$ контактного фільтру L_{kf}, утвореного при взаємодії обох поверхонь (2) (рис. 2).

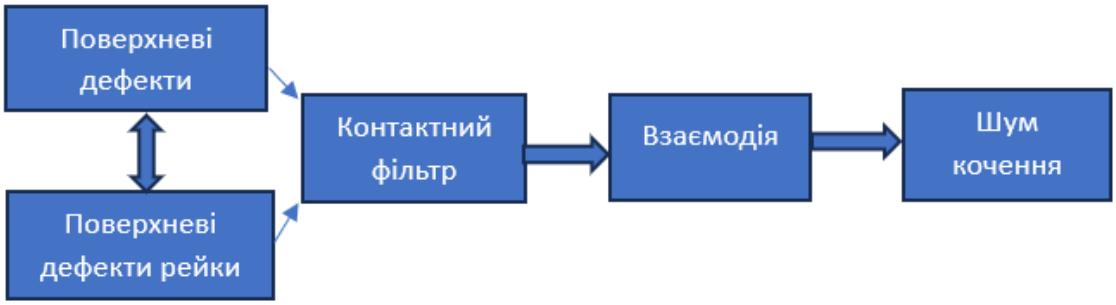


Рисунок 2 – Утворення шуму кочення

$$L_{sh} = L_{sh,r} + L_{sh,k} + L_{kf}. \quad (2)$$

Рівень шуму транспортного засобу можна, оцінити із загального рівня шуму та рівня шуму на колії за допомогою рівняння (3)

$$L = 10log_{10}(10^{L_{sh}/10} - 10^{L_{sh,r/10}}). \quad (3)$$

Для визначення і оцінки шуму кочення розроблена чисельна кількість систем, однією з яких є система TWINS, завдяки якій можна оцінити рівень контактного шуму від впливу багатьох параметрів, таких як: геометрія колеса та рейки, матеріали, швидкість поїзда, параметри рейкового кріплення, стан поверхонь колеса і рейки, демпфування коліс і рейок, показники екрану поблизу коліс і рейок. TWINS підтримується як комерційно доступне програмне забезпечення. Поточна версія TWINS – 3.3, доступна для Windows.

У випадку дослідження шуму контактного з'єднання колеса та рейки може використовуватись теорія впливу контакту (Contact Patch Theory). За цією моделлю, можна обчислити спектральні складові випромінюваного шуму з урахуванням резонансів на різних частотах. Шум можна розрахувати як суму складових, викликаних вертикальними, горизонтальними коливаннями та крутильними рухами колеса [5].

Висновок. Для зменшення рівня шуму кочення можна спрогнозувати деякі заходи:

1. Уникання будівництва колій з радіусами, меншими за 150 м.
2. Шліфування рейок і коліс в процесах виробництва і ремонту.

3. Змащення гребеня колеса з метою усунення шуму скреготу.

4. Використання візків з радіальною установкою колісних пар.

5. В селітебних зонах руху потягів повинні досягатись рівні шумів, що відповідають нормам України та Євросоюзу, використовуючі екранування і звукозахисні охородження.

Література

1. Закон України Про охорону навколишнього природного середовища. *Відомості Верховної Ради України (ВВР).* 1991. № 41. Ст. 546. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text)

2. Thompson, D., Squicciarini, G., Zhang, J., Lopez Arteaga, I., Zea, E. et al. (2018) Assessment of measurement-based methods for separating wheel and track contributions to railway rolling noise. *Applied Acoustics*, 140: 48-62 https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2018.05.012

3. P.J. Remington. (1987). Wheel/rail rolling noise, I: Theoretical analysis. *Journal of the Acoustical Society of America*. 81. 1805-1823.

4. Мямлін С.В. Зеленько Ю.В. Недужа Л.О. Параметрична екологія на залізничному транспорті. Принципи, оцінка, контроль, безпека. Дніпропетровськ: Видавництво «Літограф», 2014. 30 с. http://surl.li/plaprg

5. Cavacece M. The Noise of Rail Transport. *Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing*, 2023. Т. 2590. №. 1. С. 012008.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ РІДКОКРИСТАЛІЧНИХ ДАТЧИКІВ МАГНІТНОГО ПОЛЯ В ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТІ

Скосар В.Ю. – к.ф.-м.н., с.н.с., *skosarslava@gmail.com*
Бурилова Н.В. – к.ф.-м.н., с.н.с., *burylova2014@gmail.com*
Бурилов С.В. – к.ф.-м.н., пров. наук. співроб., *S.Burylov@nas.gov.ua*
Інститут транспортних систем і технологій
Національної академії наук України
Україна, м. Дніпро

PERSPECTIVES OF THE USE OF LIQUID CRYSTAL MAGNETIC FIELD SENSORS IN ELECTRIC TRANSPORT

Skosar V.Yu. – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, *skosarslava@gmail.com*
Burylova N.V. – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher, *burylova2014@gmail.com*
Burylov S.V. **–** Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Leading Researcher, *S.Burylov@nas.gov.ua*
Institute of Transport System and Technologies
of National Academy of Science of Ukraine
Ukraine, Dnipro

Abstract*. The paper analyzes the possibilities of using magnetic field sensors based on ferronematics in electric transport, in particular, in Maglev trains, as well as in other types of electric transport. The potential health hazard of irregular and low-frequency magnetic fields is indicated, and the maximum values of magnetic fields in transport are given. Preliminary results obtained by the authors on the possibility of effective control of magnetic field values in Maglev trains by liquid crystal sensors are presented.*
Keywords*: electromagnetic safety, low-frequency magnetic fields, liquid crystals, ferronematics, magnetic field sensors*

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю підвищення безпеки та комфорту електротранспорту, в тому числі Маглев транспорту, тобто транспорту з використанням магнітної левітації. Це пов’язано з потенційною небезпекою для здоров’я людини техногенних низькочастотних магнітних полів, що виникають під час експлуатації транспортних засобів [1, 2]. Тому магнітні поля в салоні і кабіні електротранспорту повинні бути надійно контрольованими і, по можливості, зменшені в міру вдосконалення транспортних засобів і технологій. Рідкокристалічні датчики магнітного поля могли б допомогти у вирішенні зазначеної задачі, однак, до останнього часу їхня чутливість була недостатньою.

Метою роботи є аналіз перспективи використання рідкокристалічних датчиків магнітного поля в електротранспорті та подання попередніх результатів щодо вирішення зазначеної проблеми.

Раніше співробітниками Інституту транспортних систем і технологій НАН України «Трансмаг» (далі Інститут «Трансмаг») було узагальнено дані щодо величин магнітних полів у різних видах електротранспорту [3] (табл.).

Таблиця – Максимальні величини магнітних полів в електротранспорті

Транспортний засіб	Максимальна напруженість нерегулярного низькочастотного магнітного поля, Ерстед
Транспортний засіб SC Maglev	127,20 (без екранування), 13,31 (з екрануванням)
Рейково-колісний поїзд ICE 3	2,00
Транспортний засіб Transrapid	0,16
Трамвай	5,00
Метро	4,50
Тролейбус	3,50
Електромобіль (гібридний автомобіль)	1,40
Електропоїзд	1,20
Електрокар	1,04
Легкій електробус	0,8

Найпотужнішими та найнебезпечнішими є магнітні поля в Маглев поїздах (SC Maglev), оскільки там використовуються надпровідні електромагніти.

В останні роки групі співробітників Інституту «Трансмаг» сумісно з дослідницькою командою з Інституту експериментальної фізики Словацької академії наук (м. Кошіце, Словаччина) вдалося теоретично описати і експериментально синтезувати деякі типи композитних рідких кристалів, які наповнені магнітними частинками – феронематикі. Було встановлено, що значення магнітних полів, які необхідні для переорієнтації рідкокристалічної матриці реальних магнітних суспензій, на два-три порядку нижче ($1 \div 10^2$ *Ерстед*), ніж поля переорієнтації звичайних рідких кристалів [4, 5]. Це відкриває перспективи для використання вказаних феронематиків для створення магніточутливих екранів і датчиків магнітного поля в системах високошвидкісного Маглев транспорту для контролю й керування роботою надпровідних магнітів, а також для електромагнітної безпеки пасажирів. На рис. 1 схематично вказано, як довгі магнітні частинки (4 штуки, як приклад) вишиковуються вздовж магнітного поля і змушують аналогічним чином змінювати орієнтацію молекул рідкого кристала.

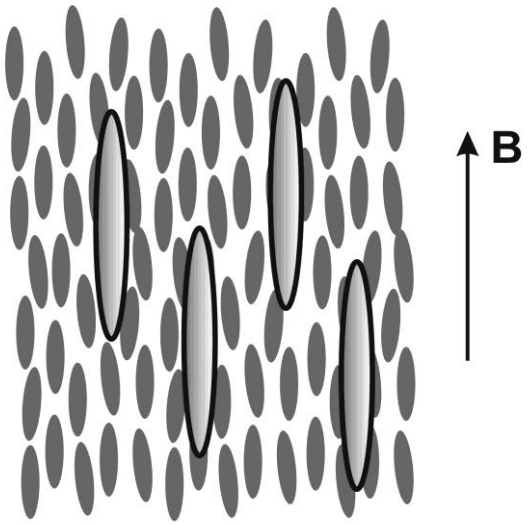


Рисунок 1 – Феронематик у магнітному полі

Однак, в електротранспорті магнітні поля не є постійними, вони характеризуються низькими частотами (до 200 *Гц*) та нерегулярністю. Тому наші дослідження сьогодні спрямовані не тільки на підвищення чутливості феронематиків до постійних магнітних полів, але насамперед на теоретичні розрахунки та створення феронематиків, здатних ефективно реагувати на нерегулярні та низькочастотні магнітні поля.

Одна із схем діючого датчика низькочастотного магнітного поля має вигляд, представлений на рис. 2.

Перед початком вимірювань датчик піддають впливу постійного магнітного поля B_0 величиною, порівнянною з амплітудою низькочастотного магнітного поля B(t), яке необхідно виміряти. Для створення поля B_0 можуть бути використані постійні магніти. В результаті феромагнітні частинки в рідкому кристалі переорієнтуються вздовж поля B_0, що призводить до аналогічної переорієнтації молекул рідкого кристалу, і тоді поляризоване у напрямку поля B(t) світло не проходить через феронематик (рис. 2, а, ліворуч).

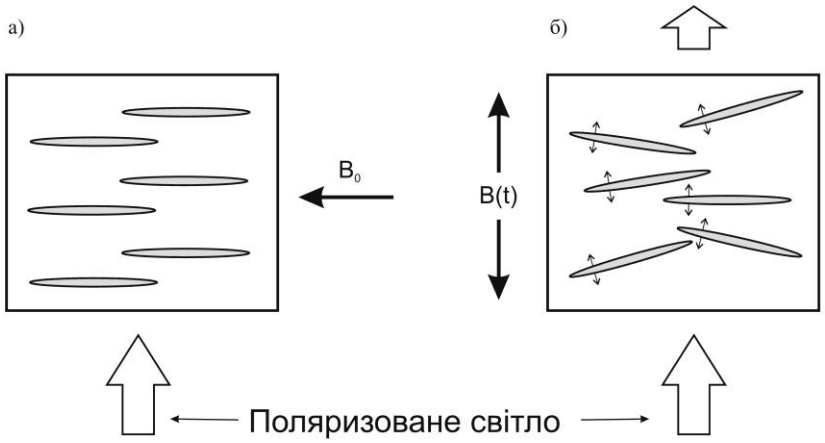


Рисунок 2 – Схема датчика низькочастотного магнітного поля на основі феронематика

Якщо датчик поміщений у змінне поле B(t), то феромагнітні частинки починають коливатися, як показано на рис. 2, б (праворуч), змушуючи аналогічним чином коливатися молекули рідкого кристала. Причому, амплітуда цих коливань тим більше, чім більше амплітуда змінного магнітного поля. А це призводить до того, що світло, яке поляризоване у напрямку поля B(t), буде частково проходити через феронематик, причому тим більше, чім більше амплітуда змінного магнітного поля. Це може бути зафіксовано фоточутливими елементами.

Висновок. В результаті проведеного аналізу і попередніх досліджень показано можливість використання рідкокристалічних датчиків магнітного поля на основі феронематиків в Маглев транспорті, де сильні магнітні поля генеруються надпровідними магнітами. Це дозволить більш ефективно контролювати магнітні поля задля підвищення безпеки та комфорту пасажирів електротранспорту.

Література

1. Electromagnetic Fields of High-Speed Transportation Systems. Maglev Technologies in Comparison with Steel-Wheel-Rail. Research Series Volume 2. R. Kircher, R. Palka, E. Fritz, K. Eiler, M. Witt, L. Blow, J. Klühspies. Germany, October 2018. [Електронний ресурс]: Режим доступу: https://ru.scribd.com/document/463369609/2018-Int-Maglev-BoardISBN978-3-947957-01-9 (дата звернення 28.10.2024) Назва з екрана.

2. Баленко Н.В., Соверткова Л.С., Черниченко І.О., Бабій В.Ф., Думанський Ю.Д., Литвиченко О.М.. Сердюк Є.А., Кондратенко О.Є. Дослідження генотоксичності електромагнітного поля низькочастотного діапазону. Сучасний стан. Environment & Health. 2018. №1. С. 14-19.

3. Скосар В.Ю., Комаров С.В., Бурилов С.В. До питання електромагнітної безпеки користувачів водного транспорту. Матеріали 15-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та

обладнання для їх обслуговування» (СЕУТТОО-2024), Херсон, 2024. С. 117-119. [Електронний ресурс]: Режим доступу: https://drive.google.com/file/d/1Zv8dRuqiricb48_vMjXFWXAkCTa4Q4K0/view?usp=sharing (дата звернення 28.10.2024) Назва з екрана.

4. Zakutanská, K., Lacková, V., Tomašovičová, N., Burylov, S., Burylova, N., Skosar, V., Juríková, A., Vojtko, M., Jadźyn, J., Kopčanský, P. Nanoparticle's size, surfactant and concentration effects on stability and isotropic-nematic transition in ferronematic liquid crystal. Journal of Molecular Liquids, 2019. Vol. 289. 111125. Journal article https://doi.org/10.1016/j.molliq.2019.111125.

5. Burylov, S., Petrov, D., Lacková, V., Zakutanská, K., Burylova, N., Voroshilov, A., Skosar, V., Agresti, F., Kopčanský, P., Tomašovičová, N. Ferromagnetic and antiferromagnetic liquid crystal suspensions: Experiment and theory. Journal of Molecular Liquids, 2021. Vol. 321. 114467. Journal article https://doi.org/10.1016/j.molliq.2020.114467.

ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ СКАНУВАННЯ ТА МОНІТОРИНГУ ОБ'ЄКТІВ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В НЕБЕЗПЕЧНИХ УМОВАХ

Стасенко С.С. – аспірант, *stasenkoserhii@gmail.com*
Мірошник В.А. – PhD, старший викладач, *miroshnikvetal@gmail.com*
Лужицький О.Ф. – старший викладач, *oleg.luzhickii@gmail.com*
Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту
Українського державного університету науки і технологій
Україна, м. Дніпро

IMPLEMENTATION OF MODERN SCANNING AND MONITORING TECHNOLOGIES FOR TRANSPORT INFRASTRUCTURE OBJECTS IN HAZARDOUS CONDITIONS

Stasenko S.S. – postgraduate student, *stasenkoserhii@gmail.com*
Miroshnyk V.A. – PhD, senior teacher, *miroshnikvetal@gmail.com*
Luzhytskyi O.F. **–** senior teacher, *oleg.luzhickii@gmail.com*
Dnipro Institute of Infrastructure and Transport
Ukrainian State University of Science and Technologies
Ukraine, Dnipro

Abstract. *The use of modern technologies, such as laser scanning (LiDAR) and drones, in the monitoring and reconstruction of transport infrastructure has been analyzed. The advantages of UAVs for creating three-dimensional models and rapid analysis of objects, even in hard-to-reach areas, are highlighted. The integration of drones significantly reduces data collection time and minimizes risks for personnel, especially in hazardous conditions related to military actions. Particular attention is given to the issue of a shortage of skilled professionals, which is partially addressed through process automation. The importance of these technologies for the restoration of Ukraine's infrastructure is emphasized, as well as their effectiveness in reducing costs and improving work accuracy.*
Keywords. *Transport infrastructure, laser scanning (LiDAR), unmanned aerial vehicles (UAVs), monitoring, automation, personnel safety, military challenges, infrastructure restoration*

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю забезпечення швидкості та точності виконання робіт, безпеки персоналу в небезпечних умовах для працівників, що виникає через заміновані території, обстріли та інші військові ризики, які можна мінімізувати за допомогою технологій автоматизації.

Метою роботи є аналіз можливостей застосування сучасних технологій, зокрема лазерного сканування (LiDAR) і безпілотних літальних апаратів (БПЛА), у моніторингу, проєктуванні та реконструкції транспортної інфраструктури або її елементів. Зокрема увагу приділено забезпеченню точності даних, безпеці персоналу та оптимізації робочих процесів у контексті відновлення інфраструктури України в умовах воєнних викликів.

Транспортна інфраструктура є критично важливим компонентом сучасного суспільства, оскільки вона забезпечує зв’язність економічних процесів і мобільність населення. Процеси створення й обслуговування складних інженерних споруд, таких як мости, тунелі, склади та термінали, значно виграють від інтеграції інноваційних підходів і технологій. Однією з провідних технологій, що відкриває нові можливості в проєктуванні та моніторингу інфраструктурних об’єктів, є лазерне сканування (LiDAR). Ця методика дозволяє генерувати тривимірні моделі з високою точністю, що особливо важливо для зон із ускладненим доступом або специфічними вимогами до точності даних [1].

Інтеграція LiDAR у процеси інфраструктурного проєктування та моніторингу відкриває можливості для детального вивчення топографічних умов і технічного стану об'єктів. Зокрема, використання цієї технології разом із безпілотними літальними апаратами (БПЛА) забезпечує швидший і безпечніший збір даних навіть у важкодоступних місцях. Наприклад, дрони дозволяють значно скоротити час польових робіт, водночас зменшуючи ризики для персоналу, які виникають при роботі у потенційно небезпечних умовах, таких як будівельні майданчики чи ділянки з інтенсивним транспортним рухом.

Моніторинг стану об’єктів у реальному часі стає дедалі актуальнішим у контексті високих навантажень на ключові інфраструктурні вузли, наприклад, інтермодальні термінали, логістичні центри, або більш звичні мости та шляхопроводи. Завдяки сучасним системам збору й обробки даних, фахівці можуть оперативно реагувати на зміни, такі як деформації конструкцій або осідання ґрунтів, що знижує ризики експлуатаційних аварій.

Окремі дослідження підтверджують ефективність використання дронів із LiDAR-сенсорами у сфері інфраструктурного моніторингу. Інноваційне рішення вже застосовується закордоном в різних галузях, таких як лісове або сільське господарство [2]. Сучасні дослідження [3] показують різницю між звичними нам методами зйомки та дроном з системою LiDAR. Було виявлено, що при зйомці доріг та інфраструктури транспорту відхилення в середньому може сягати 7 см. Це також залежить від якості та типу конкретного обладнання. Схожий результат підтверджує інше дослідження [4], де вже порівнювались різні обладнання для дронів. При зйомці мосту середня різниця між результатами методів становить 5-10 см. Такі результати даних досліджень не є дуже задовільними для розрахунків, які потребують високу точність, проте доволі достатніми для робіт, які їх не потребують, наприклад для попередніх обстежень. Інша робота [5] розглядає проблему моніторингу стану аеродрому. Запропонований метод моніторингу за допомогою БПЛА показав хороші результати та перспективу використання БПЛА, адже порівняння методів контролю стану покриття показує беззаперечно більшу швидкість і зручність виконання робіт дроном.

Таким чином, автоматизація процесів із застосуванням сучасних технологій, таких як дрони та лазерне сканування, дозволяє значно підвищити ефективність проєктування, будівництва та експлуатації інфраструктури. Такі рішення не лише скорочують час і витрати, але й сприяють покращенню безпеки працівників і оптимізації робочих процесів навіть у складних умовах.

Окрім достатньої точності для багатьох видів робіт та швидкості збору даних, використання дронів із LiDAR-технологією має важливі переваги з точки зору безпеки персоналу. У традиційних умовах виконання топографо-геодезичних вишукувань та моніторингу стану об'єктів завжди супроводжуються певними ризиками, пов’язаними з висотними роботами, складним рельєфом місцевості, близькістю до активного транспортного трафіку на об’єктах або ділянках транспортної інфраструктури, такі як дороги, мости, або ж інтермодальні термінали перевезення та складування вантажів. Використання дронів мінімізує або повністю виключає потребу в присутності людей у потенційно небезпечних зонах, що зменшує ризик травм або інших нещасних випадків на великих висотах чи в умовах обмеженого доступу.

Проте в умовах сучасної України ці ризики значно посилюються через нові виклики, зумовлені воєнними діями. До таких небезпек належать ризик ракетних ударів, перебування на замінованих територіях, що вимагає ретельного планування маршрутів та залучення спеціалістів з розмінування, а також загроза обстрілів у прифронтових зонах. Окрім цього, залишається небезпека залишків нерозірваних боєприпасів, які можуть знаходитися навіть на віддалених від лінії фронту територіях. Ці фактори ускладнюють виконання робіт і потребують використання сучасних технологій, які були згадані раніше, що дозволяють мінімізувати ризики для виконавців.

Варто зазначити, що може існувати непряма небезпека, така як хімічне або радіоактивне забруднення. Наприклад, території атомних електростанцій або склади з нафтовими та іншими продуктами. Загалом, екологічне забруднення являє собою проблему, адже через забруднення довкілля, водойм та ґрунтових вод, вирубки лісів або знищення їх під час бойових дій, може знадобитись виконання окремих видів робіт, вишукування та дослідження. Такі роботи часто потребують певних дозволів або висновків спеціалістів, що, враховуючи майбутні масштаби, може бути доволі затягнутим процесом.

Крім різних видів небезпек, необхідно врахувати проблему та важливість геодезичних мереж та земельний кадастр України. Враховуючи досвід інших країн [6], можна зрозуміти, що мати сучасні карти територій з геоданими може бути вкрай важливо при різних стихійних лихах та катастрофах (землетруси, повені). Хоч для України такі природні катаклізми нетипові, проте воєнні дії та їх наслідки теж вагома причина для правильного та сучасного підтримання (або,

навіть, створення) офіційних карт в належному стані для зручної роботи та оперативної обробки даних в екстрених випадках. Проте, Україна зіткнулась з штучно створеною катастрофою, підривом російськими військовими дамби Каховської ГЕС, тим самим зруйнувавши та змінивши місцеву екосистему, рельєф, водні канали та межі. Це призведе до змін в кадастрових картах та геологічних умов, що дещо ускладнить проведення проектно-вишукувальних робіт в майбутньому.

Але це не єдині складнощі, що спонукають до впровадження нових технологій. На сьогоднішній день в Україні відчувається значна нестача кваліфікованих кадрів для виконання топографо-геодезичних робіт і моніторингу стану об'єктів, що зумовлено як демографічними наслідками війни, міграцією фахівців у безпечніші регіони або за кордон залучення до війська фахівців для виконання інженерних задач на фронті, наприклад для застосування обладнання ГНСС під різні потреби. У зазначеній статті [7] розглядається ця проблема з економічно-політичної точки зору, зокрема інтеграцію в європейську систему інжинірингових послуг та залучення нових працівників. Проте, враховуючи нагальність завдань у воєнний і післявоєнний період, доцільно доповнити ці рішення технологічним аспектом, зосередженим на автоматизації процесів виконання вишукувань і моніторингу.

Технологічні рішення, такі як використання дронів, систем LiDAR, супутникових даних та автоматизованих програмних комплексів, можуть суттєво зменшити залежність від людського ресурсу. Наприклад, дрони здатні виконувати роботи в небезпечних зонах, мінімізуючи ризик для людей, а технології лазерного сканування забезпечують швидкий і точний збір даних навіть на великих територіях. Крім того, автоматизовані алгоритми аналізу дозволяють оперативно обробляти великі масиви інформації, скорочуючи час виконання завдань і підвищуючи ефективність прийняття рішень.

Запровадження таких рішень не лише допоможе компенсувати нестачу кадрів, але й покращить якість виконання робіт завдяки високій точності та надійності сучасних технологій. Вони також дозволяють масштабувати операції, що особливо важливо для швидкого реагування на виклики, пов'язані з відновленням інфраструктури. У короткостроковій перспективі автоматизація може стати дієвим тимчасовим рішенням, яке забезпечить безперервність робіт і сприятиме розвитку галузі в умовах обмежених людських ресурсів.

Висновок. Отже, інтеграція автоматизованих систем моніторингу, включаючи дрони, відкриває нові перспективи для безпечного та точного збору даних. Уникнення прямого контакту працівників із небезпечними середовищами, такими як складні погодні умови або будівельні майданчики з важкою технікою, забезпечує більшу ефективність роботи. Використання дронів та LiDAR-сканерів

трансформує процеси інженерного аналізу, особливо в контексті швидкої реконструкції інфраструктури України.

Застосування новітніх систем дозволяє створювати тривимірні моделі об'єктів з високим ступенем деталізації, що оптимізує планування будівельних робіт. Наприклад, дрони забезпечують швидкий моніторинг стану споруд, уникаючи ризиків для персоналу, а цифрові моделі та карти великих територій дозволяють вчасно реагувати на екстрені виклики та розуміння проблем. Унікальні переваги цих технологій включають суттєве скорочення часу збору інформації та зниження витрат у порівнянні з традиційними методами. Це також сприяє продовженню терміну експлуатації об'єктів за рахунок оперативного виявлення проблем, таких як деформації або пошкодження покриттів.

Література

1. Наука і сталий розвиток транспорту 2024. Т.І: зб. тез доп. Всеукр. наук.-техн. конф. студентів і молодих учених, Дніпро, 27 листоп. 2024р. Дніпро: УДУНТ, 2028. 112с.

2. McMinn E. What Is a LiDAR Drone?.
URL: https://www.flyability.com/blog/lidar-drone (дата звернення: 21.11.2024).

3. Tamimi R., Toth C. Accuracy Assessment of UAV LiDAR Compared to Traditional Total Station for Geospatial Data Collection in Land Surveying Contexts. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2024. Т. XLVIII-2-2024. С. 421-426.
URL: https://doi.org/10.5194/isprs-archives-xlviii-2-2024-421-2024.

4. Integration of Uav-Lidar and Uav-Photogrammetry for Infrastructure Monitoring and Bridge Assessment / F. Gaspari та ін. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2022. XLIII-B2-2022. С. 995-1002. URL: https://doi.org/10.5194/isprs-archives-xliii-b2-2022-995-2022.

5. Застосування безпілотних літальних апаратів для вирішення задач моніторингу об’єктів аеродромної інфраструктури / І. О. Кашаєв та ін. Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. 2019. № 2(60). С. 48-58. URL: https://doi.org/10.30748/zhups.2019.60.07.

6. Importance of Official Geodata in Disaster Risk Management–Case Study of Croatia / N. Vučić та ін. Earth. 2021. Т. 2, № 4. С. 943-959. URL: https://doi.org/10.3390/earth2040055 (дата звернення: 21.11.2024).

7. Resilience in Face of Adversity: Assessing Russian Aggression Impact on Land Surveying Engineering Sector in Ukraine / A. Martyn та ін. Engineering for Rural Development. 2024. № 22. С. 608-614.

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО БАЛАНСУ ГІБРИДНИХ ЛОКОМОТИВІВ

Сумцов А.Л. – к.т.н., доц., *sal-hiit@i.ua*
Український державний університет залізничного транспорту
Україна, м. Харків

FEATURES OF DETERMINING THE ENERGY BALANCE OF HYBRID LOCOMOTIVES

Sumtsov A.L. – PhD of Technical Sciences, Associate Professor, *sal-hiit@i.ua*
Ukrainian State University of Railway Transport
Ukraine, Kharkiv

Abstract. *The energy balance of a locomotive is based on the law of energy conservation and includes an income and expenditure component. For hybrid locomotives, the income component includes energy received from all independent sources, such as diesel generators and the overhead power network. Energy storage systems play a key role in conserving energy for additional traction or autonomous operation, as seen in hybrid electric locomotives operating on non-electrified sections of tracks. In diesel locomotives, thermal energy storage can be utilized for heating and preheating the cooling system of the diesel engine, which helps reduce fuel consumption during winter. It is proposed to account for the energy of storage systems in the expenditure component of the balance, considering energy losses during conversion and storage.*
Keywords: *energy balance, energy storage systems, hybrid locomotives, energy efficiency, energy audit of a locomotive*

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю уніфікації розрахунків для оптимізації розробки математичних та імітаційних моделей енергетичного балансу локомотива. Впровадження гібридних локомотивів є незворотнім процесом розвитку залізничного транспорту. Серед основних рушіїв появи гібридних силових установок є зменшення викидів шкідливих речовин та якісне використання енергії. Останній чинник вимагає визначення енергетичного балансу гібридного локомотива.

Метою роботи є визначення особливостей гібридних локомотивів при розрахунку та моделюванні енергетичного балансу локомотивів.

В основі будь якого енергетичного балансу є закон збереження енергії . Енергетичний баланс локомотива — це визначення усіх потоків енергії, що входять до систем локомотива, та їх розподілу за певний проміжок часу. Енергетичний баланс, за законом збереження енергії, поділяється на дві частини: прибуткову $E_{пр}$ і витратну $E_{вит}$ [1].

До гібридних локомотивів можна віднести два типи локомотивів: перший - з двома або більше джерелами постачання енергії, другий – локомотиви, що мають накопичувачі енергії на борту з використанням їх енергії на тягу. До

перших відносяться локомотиви які мають дизель-генераторну установку і обладнання для роботи від контактної мережі [2, 3]. До других гібридні тепловози та електровози в яких розміщено акумуляторні батареї підвищеної ємності енергію з яких використовують для створення додаткової сили тяги [3 - 5]. На тепловозах переважно це відбувається для короткочасного збільшення сили тяги локомотива при подоланні важких елементів колії. На гібридних електровозах для забезпечення автономності на не електрифікованих ділянках колії.

У випадку гібридних локомотивів з декількома незалежними джерелами енергії прибуткова частина балансу $E_{пр}$ буде складатися з сумарної кількості енергії спожитої з усіх джерел енергії.

Інший підхід до визначення енергетичного балансу локомотивів з накопичувачами енергії. З одного боку накопичена енергія береться виключно з загального обсягу прибуткової частини балансу шляхом її перетворення і накопичення. З іншого боку накопчена енергії споживається в процесі руху локомотива. Тому при акумулюванні енергії її розглядають у межах енергопостачання або використання енергії. Тобто лише в одній частині енергетичного балансу [1].

Теоретично накопичувачі енергії можуть мати доволі різноманітну конструкцію в залежності від виду енергії яку вони накопичують. Тому найбільш доцільним для локомотивів є врахування їх енергії у витратній частині балансу. Це дозволить зменшити трудомісткість визначення точної кількості енергії за рахунок врахування втрат на перетворення та зберігання енергії.

У випадку використання накопичувачів енергії не для створення сили тяги їх енергію теж треба враховувати. Наприклад, велися дослідження щодо використання накопичувачів теплової енергії для забезпечення зменшення витрат палива на прогрів локомотивів в зимовий період [6, 7]. В цьому випадку врахування їх енергії у витратній частині також буде більш виправданим з точки зору уніфікації підходів.

Висновки. В результаті проведеного досліджено визначено доцільність віднесення різних незалежних джерел енергії до прибуткової частини енергетичного балансу гібридного локомотиву. Енергію накопичувачів доцільно враховувати у витратній частині балансу з урахуванням втрат енергії на перетворення та зберігання енергії у накопичувачі.

Література

1. Соловей О.І. Розен В.П., Лега Ю.Г., Ситник О.О., Чернявський А.В., Курбака Г.В. (2005) *Енергетичний аудит: Навчальний посібник*. Черкаси: ЧДТУ.

2. EuroDual: The Gamechanger URL: https://www.europeanlocpool.com/eurodual/

3. TOSHIBA. Hybrid locomotives and propulsion systems. Solutions for Modem Freight Transportation URL: https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/migration/infrasolution/www/infrastructure/en/railway/assets/pdf/Hybrid%20locomotives%20and%20propulsion%20systems.pdf

4. Falcndysh A., Kharlamov P.. Kletska O.. Volodarets N. (2016) Calculation of the Parameters of Hybrid Shunting Locomotive *Transportation Research Proeedia: 6th Transport Research Arena. Automotive and Railway Engineering and Technologies*. Vol. 14. pp. 665-671.

5. Falcndysh. A., Hatchenko V., Volodarets M., Kletska O. (2017). The impact of the type of operation on the parameters of a shunting diesel locomotive with hybrid power plant *MATEC Web of Conferences: BulTrans-2017: 9th International Scientific Conference on Aeronautics, Automotive and Railway Engineering and Technologies*. Vol. 133. Article number 03003.

6. Каграманян А.О. Онищенко А. В. (2017) Впровадження альтернативних методів прогріву тепловозів, які знаходяться в «гарячому» резерві *Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування: 8-а Міжнародна науково-практична конференція, 28-29 вересня 2017 р.* Херсон: ХДМА. С. 88-91.

7. Панченко С. В., Александров В. Д., Фалендиш А. П., Волков В. П. Грицук І.В., Каграманян А. О., Пархоменко Л. О. (2016) *Теплові акумулятори фазового переходу для транспортних теплосилових установок*. Харків: УкрДУЗТ.

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ІННОВАЦІЙ НА ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗВИТОК: ПРОГНОСТИЧНИЙ АНАЛІЗ

Таранець Є.О. – здобувач вищої освіти факультету менеджменту, *evataranec291@gmail.com*
Хилько І.І. – старший викладач кафедри економічної кібернетики, комп'ютерних наук та інформаційних технологій, *hiko@mnau.edu.ua*
Миколаївський національний аграрний університет
Україна, м. Миколаїв

IMPACT OF TECHNOLOGICAL INNOVATIONS ON ECONOMIC DEVELOPMENT: FORECAST ANALYSIS

Taranets E.O. – higher education student of the Faculty of Management, *evataranec291@gmail.com*
Khylko I.I. – Senior Lecturer of the Department of Economic Cybernetics, Computer Sciences and Information Technologies, *hiko@mnau.edu.ua*
Mykolaiv National Agrarian University
Ukraine, Mykolaiv

Abctract. *The article examines the impact of technological innovations on economic development. It discusses examples of automation, internet development, and infrastructure innovations that enhance productivity and create new markets. The future impact of artificial intelligence, automation, renewable energy sources, and blockchain technologies is also forecasted. Technology adoption requires adaptation to local conditions, and domestic scientific research remains crucial. At the same time, technological innovations can increase inequality and pose cybersecurity risks. The article emphasizes the need to develop policies for inclusive and sustainable development to maximize the benefits of technological innovations and ensure stable economic growth.*
Keywords: *Technological innovations, economic development, automation, artificial intelligence, renewable energy, cybersecurity risks*

Актуальність дослідження зумовлена тим, що у сучасному світі технологічні інновації стали основним рушієм економічного розвитку. Вони змінюють спосіб ведення бізнесу, підвищують продуктивність праці, створюють нові ринки та можливості для зростання.

Метою роботи є дослідження впливу технологічних інновацій на економічний розвиток та надання прогностичного аналізу майбутніх тенденцій.

Основний текст. Більшість керівників промислових підприємств усвідомлює необхідність освоєння інноваційного продукту, тому що продукція не відповідає сучасному рівню вимог, а витрати на виробництво перевищують дохідну частину [1].

Нові технології дозволяють робітникам виконувати свої завдання швидше і ефективніше, що збільшує загальну продуктивність. Наприклад, автоматизація виробничих процесів знижує витрати та підвищує якість продукції.

Технологічні інновації можуть призводити до виникнення нових продуктів і послуг, які відкривають нові ринки. Наприклад, розвиток інтернету сприяв появі нових галузей, таких як електронна комерція та цифровий маркетинг. Інновації в галузі інфраструктури, такі як розумні міста та високошвидкісний транспорт, сприяють економічному розвитку шляхом поліпшення логістики та комунікацій. Нові технології можуть знижувати витрати на виробництво та розподіл продукції, що збільшує конкурентоспроможність підприємств на глобальному ринку.

Прогнозування впливу технологічних інновацій на економічний розвиток включає аналіз поточних тенденцій та оцінку можливих майбутніх змін. Варто відмітити, що імпорт технологій здійснюють майже всі економіки світу, в тому числі і найбільш розвинуті. При цьому сальдо обміну є негативним для переважної більшості країн, тобто імпорт переважає над експортом технологій [2].

У найближчі роки штучний інтелект і автоматизація продовжать змінювати ринки праці. Очікується, що ці технології замінять деякі види роботи, але водночас створяться нові робочі місця в галузях, які вимагають високої кваліфікації. Зростання кількості підключених пристроїв призведе до ще більшого обсягу даних, які можуть бути використані для поліпшення бізнес-процесів і підвищення ефективності. Інновації в галузі відновлюваних джерел енергії сприятимуть зменшенню залежності від викопних видів палива, що матиме позитивний вплив на екологію та економіку. Блокчейн і криптовалюти можуть змінити фінансові ринки та сприяти розвитку нових фінансових інструментів і бізнес-моделей.

Потрібно відмітити також, що впровадження закордонних технологій аж ніяк не передбачає відмову від власних наукових досліджень, оскільки запозичені технології, як правило, потребують доопрацювання і пристосування до технологічного та інституційного середовища реципієнта. Чим більше розвинута економіка, тим більш передові технології вона запозичує, і тим більшою мірою успіх імітації залежить від власного наукового потенціалу [2].

Попри значний потенціал, технологічні інновації також несуть певні виклики і ризики. Розвиток технологій може збільшувати нерівність між тими, хто має доступ до нових технологій, і тими, хто не має. Автоматизація може призвести до втрати робочих місць, особливо в галузях, що не вимагають високої кваліфікації. Зростання обсягу даних створює нові виклики в галузі кібербезпеки та захисту приватності.

Технологічні інновації мають значний потенціал для стимулювання економічного розвитку, створення нових ринків та підвищення продуктивності

праці. Проте, для максимізації позитивного впливу та мінімізації ризиків необхідно розробляти відповідні політики та стратегії, що сприятимуть інклюзивному та стійкому розвитку. Розвинуті економічно та технологічно країни світу перейшли до принципово нового характеру розвитку економіки – інноваційного, особливостями якого є широкомасштабне впровадження у виробництво науково-технічних розробок та трансфер високопродуктивних технологій із метою їх комерціалізації, що стає причиною прогресивних технологічних змін реального сектору економіки, структури сфери споживання та підвищення конкурентоспроможності національної економіки у цілому [3].

Висновок. Розуміння майбутніх тенденцій і викликів допоможе країнам і компаніям ефективно використовувати можливості, що надаються технологічними інноваціями, і забезпечити стабільне економічне зростання у майбутньому.

Література

1. Дубиніна С. М. Вплив інноваційного розвитку на економічні показники промислового підприємства. *Підприємництво та інновації.* 2020. № 11-2. С. 23-28. DOI: https://doi.org/10.37320/2415-3583/11.22 (дата звернення 18.11.2024)

2. Хомич С. В. Аналіз перспектив інноваційного розвитку економіки України на основі світового досвіду. *Ефективна економіка.* 2014. № 9. URL: http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=3318 (дата звернення 18.11.2024)

3. Казакова Л. О. Шпонтак В. С. Інновації як засіб економічного розвитку держави та їхній вплив на формування світового господарства. *Науковий вісник Ужгородського національного університету.* 2021. № 40. С. 42-47. DOI: https://doi.org/10.32782/2413-9971/2021-40-8 (дата звернення 18.11.2024)

ВИЗНАЧЕННЯ ДІАГНОСТИЧНОЇ ВАГИ ПАРАМЕТРІВ ЛОКОМОТИВА, ЗАДАНИХ НЕЧІТКИМИ ЧИСЛАМИ

Терещенко В. С. – аспірант, tereschenko_vs@gsuite.duit.edu.ua
Горобченко О. М – д.т.н., проф., gorobchenko.a.n@gmail.com
Державний університет інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

DETERMINATION OF THE DIAGNOSTIC WEIGHT OF LOCOMOTIVE PARAMETERS SPECIFIED BY FUZZY NUMBERS

Tereshchenko V. S. – postgraduate student, tereschenko_vs@gsuite.duit.edu.ua
Gorobchenko O. M – Doctor of Technical Sciences, Professor,
gorobchenko.a.n@gmail.com
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The determination of the diagnostic value of features can be carried out based on information theory. The diagnostic value of a feature is determined by the information that this feature brings into the system of states. Full diagnostics of a locomotive, carried out in stationary conditions, should be preceded by a preliminary assessment of the state. The above considerations make it possible to use fuzzy logic methods in assessing the weight of diagnostic features that are not directly measurable. This provides effective means of reflecting the uncertainties and inaccuracies of real diagnostic objects.*
Keywords: *locomotive, technical condition, diagnostics, fuzzy plural*

Актуальність дослідження. У технічній діагностиці дуже важливе значення мають опис об'єкта в системі ознак, що мають велику діагностичну цінність. Використання неінформативних ознак як виявляється марним, а й знижує ефективність самого процесу діагностики, створюючи перешкоди при розпізнаванні.

Мета роботи. Кількісне визначення діагностичної цінності ознак є важливим завданням для досягнення високого рівня точності діагнозу технічного об'єкта.

В технічній діагностиці широко використовується теорія розпізнавання образів та системи підтримки прийняття рішень [], Визначення діагностичної цінності ознак може бути проведене виходячи з теорії інформації. Діагностична цінність ознаки визначається інформацією, яка вноситься цією ознакою у систему станів. Діагностиці локомотива в повному обсязі, що проводиться в стаціонарних умовах, має передувати попередня оцінка стану локомотивною бригадою, що проводиться на ТО-1. Однак через брак часу та обладнання у бригад, деякі діагностичні параметри досить важко виміряти безпосередньо за допомогою приладів (вібрація основних агрегатів, підвищений шум у вузлах,

величина іскріння під щітками тощо). При спостереженні неозброєним оком людина може оцінити величину діагностичної ознаки лише в такій формі: «шум у підшипнику дещо вищий за нормальний», «вібрація слабка», «температура вище нормальної» і т.д. Надати чисельну форму таким невизначеним виразам можна за допомогою методів нечіткої логіки. Завдання полягає в оцінці діагностичної ваги певної ознаки, заданої нечітким числом.

Якщо в результаті обстеження виявлено, що ознака k_j має для даного об'єкта значення k_{js}, це значення називається реалізацією ознаки k_j. Як діагностична вага реалізації ознаки k_j для діагнозу D_i прийнято вираз

$$Z_{Di}(k_{js}) = log_2 \frac{P(D_i/k_{js})}{P(D_i)}, \quad (1)$$

де $P(D_i/k_{js})$ – можливість діагнозу D_i за умови, що ознака k_j отримав значення k_{js};

$P(D_i)$ – апріорна ймовірність діагнозу.

Величину $Z_{Di}(k_{js})$ також називають цінністю інформації і вона є інформацією про стан D_i, якою володіє стан ознаки k_{js}.

Формулою (1) зручно користуватися у разі, коли ознака k_j має розрядність m=2 (має два можливі стани). Однак на практиці для завдання ознаки k_{js} може знадобитися вираз його у вигляді нечіткого числа, для якого m>>2. У разі виникає необхідність обчислення m виразів для $Z_{Di}(k_{js})$, оскільки чисельник $P(D_i/k_{js})$ матиме m значень.

При обчисленні діагностичної ваги реалізації ознаки, заданої нечітким числом, пропонується ввести такі величини:

$P\left(\frac{D_i}{k_{js\,\max}}\right)$ – ймовірність стану D_i за максимального значення функції приналежності($\mu_A(k_{js}) = 1$);

$P(D_i/k_{js\,\min})$– ймовірність стану D_i за мінімального значення функції приналежності ($\mu_A(k_{js}) = 0$);

Тоді

$$P(D_i/k_{js}) = P(D_i) + (P(D_i/k_{js\,\max}) - P(D_i/k_{js\,\min})) \cdot \mu_A(k_{js}) \quad (2)$$

Обчислене за формулою (2) значення ймовірності виникнення діагнозу D_i при реалізації ознаки k_{js} ширше запропонованого у формулі (1), оскільки враховує як наявність чи відсутність ознаки, а й вплив ступеня прояви даного ознаки на ймовірність D_i.

Висновок. Наведені вище міркування дають можливість застосування методів нечіткої логіки в оцінці ваги діагностичних ознак, які не піддаються

безпосередньому виміру. Тим самим забезпечуються ефективні засоби відображення невизначеностей та неточностей реальних об'єктів діагностування.

Л і т е р а т у р а

1. Butko, T. Babanin, O., Gorobchenko, O. (2015). Rationale for the type of the membership function of fuzzy parameters of locomotive intelligent control systems. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(3(73), pp. 4-8. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.35996

2. Gorobchenko O. et al. (2018) Intelligent Locomotive Decision Support System Structure Development and Operation Quality Assessment. IEEE 3rd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS). IEEE, 2018. Pp. 239-243.

3. Горобченко О. М. (2014) Методологічні основи побудови інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень для локомотивних бригад. Локомотив-інформ, №8. С. 12-13.

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ВІБРАЦІЙНОЇ ДІАГНОСТИКИ ПІДШИПНИКІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ ДВИГУНІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Усачов Е.В. – магістрант, *Eduard.usachov@gmail.com*
Губаревич О.В. – к.т.н., доцент, *oleg.gbr@ukr.net*
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

ANALYSIS OF THE USE OF VIBRATION DIAGNOSTIC METHODS OF BEARINGS OF ELECTRIC MOTORS OF VEHICLES

Usachov E. – master's student, *Eduard.usachov@gmail.com*
Gubarevych O. – *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, oleg.gbr@ukr.net*
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract*. The paper analyzes the methods of using vibration diagnostics to determine bearing damage. These recommendations for creating an on-board diagnostic system as part of a vehicle drive to effectively determine the current state of bearings and determine sources of other vibrations during operation.*
Keywords: *transport technologies, vibration diagnostics, electric motor, bearing monitoring*

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю підвищення ефективності та надійності транспорних засобів рухомого складу залізниць в період експлуатації. Це може бути досягнуто впровадженням сучасних методів діагностики поточного стану елементів електродвигунів у приводах відповідальних сиситем транспортного обладнання. Поточний моніторинг з використанням бортових діагностичних систем найбільш важливих елементів двигунів транспортних засобів, до якіх відосяться підшипникі, впливає на своєчасне виявлення та усунення пошкоджень з недопущенням розвитку аварійних ситуацій із збільшенням витрат на відновлення.

Метою дослідження є аналіз використання методів вібраційної діагностики для побудови реальної діагностичної системи ефективного визначення поточного стану підшипників електричних двигунів транспортних засобів

Підвищення ефективності роботи електромеханічної системи транспортного електрообладнання пов'язане з надійною роботою всіх її складових. Це досягається постійним розвитком і застосуванням сучасних діагностичних методів у вбудованих системах транспортних електроприводів

для оперативного моніторингу поточного стану та прогнозування періоду безаварійної роботи його елементів. Головним елементом електроприводу, від надійної роботи якого залежить надійна робота всього транспортного засобу, є електродвигун.

Низка дефектів та пошкоджень в період експлуатації двигунів супроводжується появою вібрації, що руйнівно впливає на всі елементи конструкцуії не тільки самого двигуна але також і на робочі механізми транспортних систем. Тому виявлення джерел та параметрів вібрації з оцінюванням можливості подальшої експлуатації системи транспортного засобу є першочерговим завданням, рішення якого також впливає на зпідвищення безпеки при транспортуванні [1].

До основних механічних пошкоджень електродвигунів, які викликають вібрацію в період експлуатації електродвигуна, відносяться: пошкодження підшипників, розцентрування, збільшення ексцентриситету, ослаблення пакету ротору, механічні послаблення елементів конструкції електродвигуна, вигін валу, порушення шпонкових з'єднань та небаланс обертових мас та ін.

До найбільш важливих елементів двигунів, які потребують постійного контролю у бортовій системі діагностики є підшипники. За даними експлуатацйної статистики відмови підшипників складають 24-41% від всіх відмов двигуна у період його використання за призначенням [2-4]. До прояв пошкодження підшипників відноситься збільшена вібрація, шуми та підвищення температури корпусу [5]. Пошкодження підшипників можуть виникати через надмірні навантаження, різкі гальмування та старти, тривала робота транспортного обладнання в умовах, що не відповідають розрахунковим. До найбільш характерних причин виходу з ладу підшипників відносяться [6]:

- високі навантаження,
- неефективні ущільнення,
- надмірний натяг при посадці (занадто малий робочий зазор),
- перегрів підшипника,
- надмірний знос,
- руйнування деталей підшипника,
- природна втома.

В більшості випадків ушкодження підшипників транспортних засобів виникають у результаті зношування тіл і доріжок кочення, утворення на них підвищеного зазору та тріщин в період експлуатації [6]. Контроль стану підшипників у складі діагностичної системи може проводитися однім з наведених основним методів [4,5]:

- пік-фактору;

- за спектром огинаючої вібраційного сигналу;

- за спектральним аналізом вібраційних сигналів.

Метод пік-фактору (ПІК) полягає в контролі двох параметрів вібрації: середньоквадратичного значення (СКЗ) віброприскорення і піку амплітуди віброприскорення. Відношення двох цих параметрів ПІК/СКЗ і є ПІК – фактором. З розвитком дефекту монотонно зростає пік амплітуди і СКЗ, але з відставанням за часом. Проводячи спостереження за змінами рівня СКЗ вібраційного сигналу робиться висновок про наявність або розвиток дефекту підшипників з використанням визначених граничних значень для обраних параметрів вібрації. Однак такий метод є малоінформативним та незручним для використання у вбудованих діагностичних системах. Оцінка стану підшипників з використанням явно вираженого пік-фактору дає об'єктивну інформацію тільки за короткий термін до його відмови. Даний метод найбільш використовуваний для оперативного вимірювання вібраційних параметрів за допомогою портативного віброметру.

Метод за спектром огинаючої вібраційного сигналу базується на аналізі високочастотної складової вібрації й виявленні модулюючих її низькочастотних сигналів. При отриманні широкополосного сигналу після вібраційного датчика здійснюється вузькополосна фільтрація з виділенням з неї низькочастотного сигналу, що модулює, тобто «огинаючу сигналу», що подається на віброаналізатор для проведення аналізу. Для контролю стану підшипників по даному методу необхідний аналізатор спектра вібрації з функцією аналізу спектра огинаючої високочастотної вібрації [7]. Результати встановлення стану підшипників методом огинаючої мають високий ступінь достовірності, однак обробка сигналу є досить складною, а обладнання має високу вартість. Тому даний метод отримав широке поширення у стаціонарних діагностичних системах контролю стану при проведенні технічного обслуговування обладнання.

Найбільшого використовування у діагностичних системах набув спектральний аналіз, як метод, що відповідає достовірній інформативності дефектів обладнання завдяки однозначній ідентифікації пошкоджень, через зв'язок залежностей між механічними процесами, що відбуваються, та наявністю гармонік у спектрі, характерних конкретним дефектам. За амплітудними сплесками гармонік, що з'явилися, спостерігають ступінь розвитку конкретного дефекту. Для виявлення та ідентифікації виду та ступеню розвитку дефекту отримані значення кількісної оцінки діагностичних параметрів порівнюються з еталонами бездефектних машин та їх вузлів. Даний метод цілком відповідає вимогам використання у діагностичних

системах у період експлуатації та дозволяє автоматизувати процес діагностування.

Таким чином, найбільш зручними та інформативними засобами діагностики підшипників є методи, основані на аналізі спектрів вібраційних сигналів, для яких використовуються контактні датчики вібрації [8]. Для контролю стану підшипників електродвигуна встановлюються датчики по одному на кожний підшипниковий щит або підшипникову внутрішню кришку у безпосередній близькості до підшипника, як показано на рисунку.

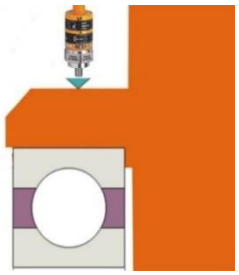


Рисунок – Розташування датчика вібрації

Для зняття вібраційного сигналу при проведенні вібродіагностики машин, що обертаються, з усіх відомих видів датчиків вібрації використовуються п'єзоелектричні і вихрострумові датчики вібрації. П’єзодатчики мають більш високу точність вимірювання і чутливість, володіють високою стійкістю і в той же час мають мініатюрні габарити і масу, що зручніше для використання. Прямою вимірюваною величиною п'єзоелектричного датчика є віброприскорення (a), яке за допомогою інтеграторів може бути перетворене на віброшвидкість (V) та вібропереміщення (s), які зв`язані рівняннями:

$$V = 2\pi f s = \frac{a10^3}{2\pi};\ \ s = \frac{\mathrm{V}}{2\pi f} = \frac{a10^3}{2\pi f}; a = (2\pi f)^2 s10^3 = 2fV10^3,$$

де f – частота повних циклів коливання тіла за секунду: $f = 1/T$;

T –період повторення кожного значення величини, що змінюється.

При пропусканні сигналу після вібраційного датчика, якій виконує функії віброперетворювача механічних коливань у електричні сигнали, через аналізатор спектру з необхідною шириною смуги пропускання на виході отримується амплітудний спектр. Таким чином, фізичними характеристиками механічних коливань частотної області є розподіл їх амплітуд по частоті, тобто, їхній частотний спектр. Для розкладання складного сигналу, отриманого від вібраційного датчика з визначенням гармонійних складових спектру використовуються наступні математичні методи:

- швидке перетворення Фур’є ;
- вейвлет-перетворення;

- перетворення Вігнера-Вілла.

Найбільш поширине використання у діагностичних задачах отримав алгоритм швидкого перетворення Фур'є [7]. Розкладання складного сигналу за допомогою швидкого перетворення Фур'є дозволяє визначити складові спектру, що є при вузькосмуговому аналізі гармонійними складовими складного сигналу. Знаючи частоти, на яких проявляються механічні несправності двигуна, за амплітудою складових спектру можна оцінити їх стан, тобто виявити підвищення амплітуд вібрацій на частотах, що збігаються з частотами можливих ушкоджень та ідентифікувати дефекти, що виникають, на ранній стадії зародження та їх розвитку.

Дефекти підшипникових вузлів, небалансу мас, розцентрування та низки інших пошкоджень, що викликають появу вібрації, можуть визначатися однією парою датчиків. Вібраційна картина небалансу мас обертового механізму проявляється одночасно в двох підшипниках контрольованого механізму, тому при створенні системи контроля низки дефектів у діагностичній системі двигуна достатньо введення тільки контрольованих характерних частот.

Таким чином, принципом контролю обраних у бортовий системі механічних пошкоджень є порівняння отриманого та перетвореного сигналу позначеної частотної смуги, що вказує на вид дефекту, із одним з передбачених граничних рівнів з передачею інформації до відповідної інформаційної системи.

У процесі ідентифікації дефектів електродвигуна, які викликають підвищення рівня вібрації, головну роль має вибір коректної кількості характерних частот. При створенні реальної діагностичної системи можливо розширення кількості відповідних модулів визначення інших конкретних дефектів, що створюють вібраційні обурення. Визначені частоти дефектів у подальшому можуть використовуватися, наприклад, у якості навчаючих для нейронної мережі, при автоматизації діагностичної системи. Крім того, слід враховувати, що занадто збільшена кількість обраних у якості характерних частот для визначення низки пошкоджень, може вплинути на якість розпізнавання дефектів двигуна та на час їх ідентифікації.

Вісновок. На основі проведеного аналізу отримано, що найбільш перспективними та інформативними методами діагностики підшипників є методи, основані на аналізі спектрів вібраційних сигналів з використанням контактних датчики вібрації. Ці методи дозволяють діагностувати ряд пошкоджень з початкових етапів розвитку. При побудові алгоритму системи діагностики за вібраційними сигналами необхідно використовувати чотири основні етапи: перетворення сигналу з механічного у електричний, попередня обробка сигналу, виділення необхідних ознак та класифікація рівня пошкодження на основі системи ознак.

Література

1. Gubarevych, O., Gerlici, J., Gorobchenko, O., Kravchenko, K., Zaika, D. (2023). Analysis of the features of application of vibration diagnostic methods of induction motors of transportation infrastructure using mathematical modeling. *Diagnostyka*, 24(2), 2023111. https://doi.org/10.29354/diag/161308

2. Sheikh, M.A., Bakhsh, S.T., Irfan, M. *et al.* A Review to Diagnose Faults Related to Three-Phase Industrial Induction Motors. *J Fail. Anal. and Preven.* **22**, 1546-1557 (2022). https://doi.org/10.1007/s11668-022-01445-2

3. Gundewar, S.K., Kane, P.V. Condition Monitoring and Fault Diagnosis of Induction Motor. *J. Vib. Eng. Technol.* **9**, 643-674 (2021). https://doi.org/10.1007/s42417-020-00253-y

4. Choudhary, A.; Goyal, D.; Shimi, S.L.; Akula, A. Condition Monitoring and Fault Diagnosis of Induction Motors: A Review. Arch. Comput. Methods Eng. 2018, 25, 1-18.

5. Abdul Rauf1, Muhammad Usman, Ahmad Butt, Zhao Ping. Health Monitoring of Induction Motor Using Electrical Signature Analysis. 2022 Journal of Dong Hua University (English Edition) 39(177(03)):265-271 journal of Donghua University (Eng. Ed.) . 39(3), (2022). DOI: 10.19884/j.1672-5220.202104001

6. Гайдамака А. В. Підшипники кочення. Базові знання та напрямки вдосконалення : навч. посіб. / А. В. Гайдамака. Х. : НТУ «ХПІ», 2009. 248с.

7. Квасніков, В.П., & Стахова, А.П. (2022). Спектральний аналіз сигналу вібрації з використанням перетворення Фур'є. Збірник наукових праць Одеської державної академії технічного регулювання та якості, (2(21), 28-33. https://doi.org/10.32684/2412-5288-2022-2-21-28-33

8. Купін А. І., Кузнєцов Д. І. Інформаційна технологія для групової діагностики асинхронних електродвигунів на основі спектральних характеристик та інтелектуальної класифікації. Кривий Ріг : Видавець ФОП Чернявський Д. О., 2016. 200 с.

ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ БЕЗПЕКИ РУХУ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ У ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД МІСЦЯ ПОСТАНОВКИ ЇХ У СКЛАДІ ПОЇЗДА

Фомін О.В. – д.т.н., проф., *fominaleksejviktorovic@gmail.com*
Прокопенко П.М. – Ph.D., *prokopenko1520mm@gmail.com*
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

ASSESSMENT OF SAFETY INDICATORS OF FREIGHT WAGONS DEPENDING ON THEIR PLACE IN THE TRAIN COMPOSITION

Fomin O.V. – Doctor of Science, Professor, *fominaleksejviktorovic@gmail.com*
Prokopenko P.M. – Ph.D., *prokopenko1520mm@gmail.com*
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The article describes a significant shortcoming of the railway transport of Ukraine, which is the limitation of the speed of trains with empty freight wagons equipped with model 18-100 bogies. Among the reasons for the wheels of wagons coming off the rails, related to malfunctions of the undercarriage of the wagons, the following can be named: breakage of the side frames and suspension beams of the bogies, breakage of axles and wheels, malfunctions of the roller bearings of the skid assembly, wear and tear of the elements of the friction dampers and the bearing assembly of the beam , unacceptable deviations in the dimensions of wagons. Also, an important reason is the negative reduction of the wagon's tare by more than 10% from the one set by the normative.*
Keywords: *speed limits, tests, safety indicators, wagons with reduced tare, dynamics*

Актуальність дослідження зумовлена тим, що істотним недоліком роботи залізничного транспорту України є обмеження швидкості руху поїздів з вантажними вагонами зі зменшеними тарами у порожньому стані, обладнаних візками моделі 18-100. Також важливою причиною є негативне зменшення тари вагона більш ніж на 10% від встановленої заводом виробника.

Мета роботи – вирішення науково-практичного завдання щодо створення теоретичних положень для визначення безпечного значення коефіцієнта стійкості легковажних вантажних вагонів у складі поїзда та експериментальне їх підтвердження. При цьому основними факторами, які безпосередньо впливають на коефіцієнт стійкості, є вертикальні та поздовжні зусилля, які відповідно залежать від власної ваги вагонів та діючої в поздовжньому напрямку ваги поїзда. Тому головними напрямками щодо визначення коефіцієнта стійкості було обрано варіювання, місцями розташування вагонів у поїзді та зменшення їхньої власної ваги (тари).

Об'єктами випробувань є вантажні вагони вагон-платформа моделі 13-4012 (рисунок 1), вагон-хопер для цементу зі знятим дахом моделі 19-758-01 (рисунок 2) та вагон цистерна моделі 15-4443 (рисунок 3).



Рисунок 1 – Універсальна вагон платформа моделі 13-4012



Рисунок 2 – Вагон-хопер моделі 19-758-01



Рисунок 3 – Вагон-цистерна моделі 15-1443

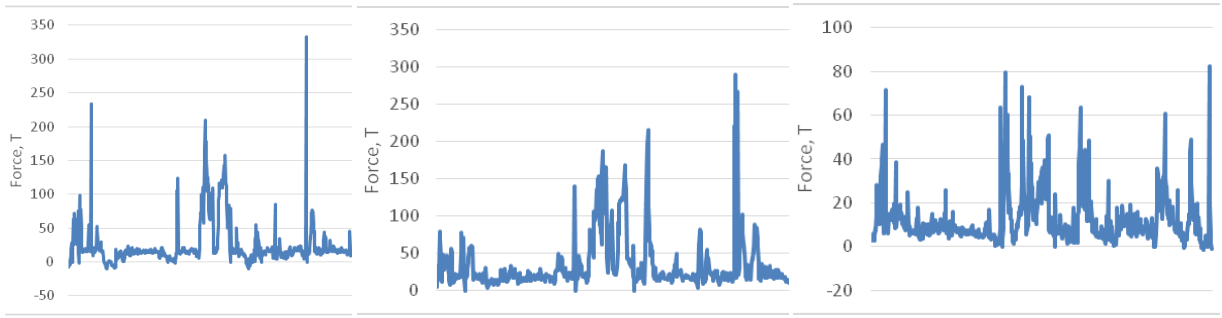
У процесі ходових динамічних випробувань вагона вимірюються, аналізуються та оцінюються такі величини та показники: вертикальні та горизонтальні (поперечні) прискорення обресорних мас вагона в зоні підп'ятника вагона динамічні бічні (рамні) сили, що діють на букси колісних пар коефіцієнт стійкості колеса від сходу з рейок; коефіцієнти вертикальної динаміки обресорених але не обресорених мас; коефіцієнт горизонтальної динаміки (ставлення бічної рамної сили до осьового навантаження) сили, що діють на дослідний вагон; швидкість руху. Ходові динамічні випробування проведені шляхом проведення дослідницьких поїздок у реальних умовах експлуатації з реєстрацією динамічних процесів та деформацій у контрольних точках з різними варіантами розташування дослідних вагонів у складі вантажного поїзда.

Оцінка стійкості колеса проти сходу з рейки проводиться формулою:

$$K_{ус} = \frac{tg\beta - \mu}{1 + \mu tg\beta} \cdot \frac{Q_Ш(1,03 - 1,17K_Д^н + K_Д^{нн}) + 0,515q_{КП} + 0,305H_Р}{Q_Ш(0,242 + 0,042K_Д^н - 0,285K_Д^{нн}) + 0,121q_{КП} + 0,92H_Р} \qquad (1)$$

В результаті проведених досліджень максимальні сили на автозчепленні-динамометрі під час ходових-динамічних випробувань у різних місцях

розташування у поїзді склали: початок поїзда – 325 МПа; середина поїзда – 280 МПа; кінець поїзда – 82 МПа (рисунок 4).



В голові поїзда В середині поїзда В кінці поїзда

Рисунок 4 – Сили які діють на дослідні вагони

Висновки. У ході проведення теоретичних та практичних досліджень щодо визначення показника коефіцієнта запасу стійкості колеса зі сходу з рейок в залежності від постановки легковажних вантажних вагонів у поїзді в порожньому режимі на прямих та кривих відрізках залізничної колії в діапазоні експлуатаційних швидкостей було встановлено, що він змінюється у негативний бік залежно від зменшення тари більш ніж на 10% від нормативної, поганого технічного стану несучих та екіпажної частини вагона та розташування вагонів у голові та середині поїзда.

Література

1. ДСТУ 7598:2014. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідні). [Чинний від 2015-07-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДЦ», 2014. 162 с.

2. Fomin, O., Burlutsky, O., Fomina, Y. Development and Application of Cataloging in Structural Design of Freight Car Building. Metall, 2, 2015, p.p.250-256.

3. Fomin, O., Logvinenko, O., Burlutsky, O., Rybin, A. 2018. Scientific Substantiation of Thermal Leveling for Deformations in the Car Structure. International Journal of Engineering & Technology, 7(4.3), 2018, p.p. 125-129.

4. Kelrykh, M., Fomin, O., Gerlici, J., Prokopenko, P., Kravchenko, K., Lack, T. Features of tank car testing for dangerous cargoes transportation. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 659 (012055), 2019.

5. Fomin, O. Increase of the Freight Wagons Ideality Degree and Prognostication of Their Evolution Stages. Naukovyi Visnyk NHU, 2, 2015, p.p. 68-76.

6. Gorbunov, M., Fomin, O., Prosvirova,O., Prokopenko, P. Conceptual basis of thermo-controllability in railways braking tribopairs. Scientific Bulletin of National Mining University, 2, 2019, p.p. 58-66.

ГРУПОВІ НАТУРНІ ВИПРОБУВАННЯ НОВИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОВІТРОРОЗПОДІЛЬНИКІВ

Фомін О.В. – д.т.н., проф., *fominaleksejviktorovic@gmail.com*
Туровець Д.А. – аспірант, *turovecd1520mm@gmail.com*
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

GROUP FIELD TESTS OF NEW PASSENGER AIR DISTRIBUTORS

Fomin O.V. — Doctor of Technical Sciences, Professor, *fominaleksejviktorovic@gmail.com*
Turovets D.A. — postgraduate student, *turovecd1520mm@gmail.com*
Kyiv Institute of Railway Transport
State University ofInfrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The paper describes theoretical and practical methods of testing air distributors of passenger rolling stock, taking into account the design features of Ukrainian-made passenger cars. As part of the work, a theoretical and practical study of the interaction of various components of the auto-braking equipment of passenger cars was conducted, group field tests were conducted on 15 and 30 passenger cars, taking into account the conditions for the formation of long-distance passenger trains. In addition, the work was carried out to confirm the possibility of conducting group field tests of passenger air distributors on coupled passenger cars as an analogue of the group stand.*
Keywords: *vibration diagnostics, simulation modeling, induction motor, stator field asymmetry*

Актуальність дослідження. Істотним недоліком сучасних вимог до випробувань нових гальмівних повітророзподільників пасажирського рухомого складу є проведення випробувань без урахування умов експлуатації та реальної конструкції автогальмівного обладнання пасажирських вагонів. Відповідно до чинного стандарту ДСТУ ГОСТ 33724.1 [1] групові випробування пасажирських повітророзподільників з безступінчатим відпуском повинні проходити на спеціалізованому груповому стенді з довжиною гальмівної магістралі від 24 до 27 мм. Такий стенд не враховує стан гальмівної системи пасажирського рухомого складу після тривалої експлуатації та не відповідає сучасним тенденціям пасажирського вагонобудування, а саме випуску вагонів з подовженою базою довжина гальмівної магістралі яких більше 27 м

Метою роботи є проведення групових натурних випробування пасажирських повітророзподільників з безступінчатим відпуском на 15 та 30 зчеплених між собою пасажирських вагонах як аналога групового стенда на відповідність [1].

Викладення основного матеріалу. Об’єктами дослідження є повітророзподільники моделі 242-1У виробництва ТОВ «Укрнафтозапчастина». Експериментальний зчеп для перевірки 15 і 30 послідовно з'єднаних повітророзподільників складається з:

- 27 пасажирських вагонів з довжиною гальмівної магістралі 26,9 м;
- 3 пасажирських вагонів з довжиною гальмівної магістралі 29,3 м;
- рукава гумового з внутрішнім діаметром 35 мм, довжиною 19 м, для з'єднання гальмівної магістралі 2-х паралельних груп пасажирських вагонів по 15 штук у кожній;
- вагони обладнані запасними резервуарами об'ємом 78 л, живильними трубопроводами внутрішнім діаметром 25 мм та гальмівними циліндрами внутрішнім діаметром 356 мм. Виходи штоків гальмівних циліндрів пасажирських вагонів відрегульовано від 149 до 151 мм;
- електровоза серії ЧС8, що використовується як джерело стисненого повітря та пристроєм управління гальмами.

Щільність гальмівної мережі - падіння тиску від зарядного на 0,01 МПа (0,11 кгс/см^2) протягом 60 с. Схема дослідного зчепу наведена на рисунку 1.

Результати випробувань повітророзподільники моделі 242-1У наведені в таблиці 1.

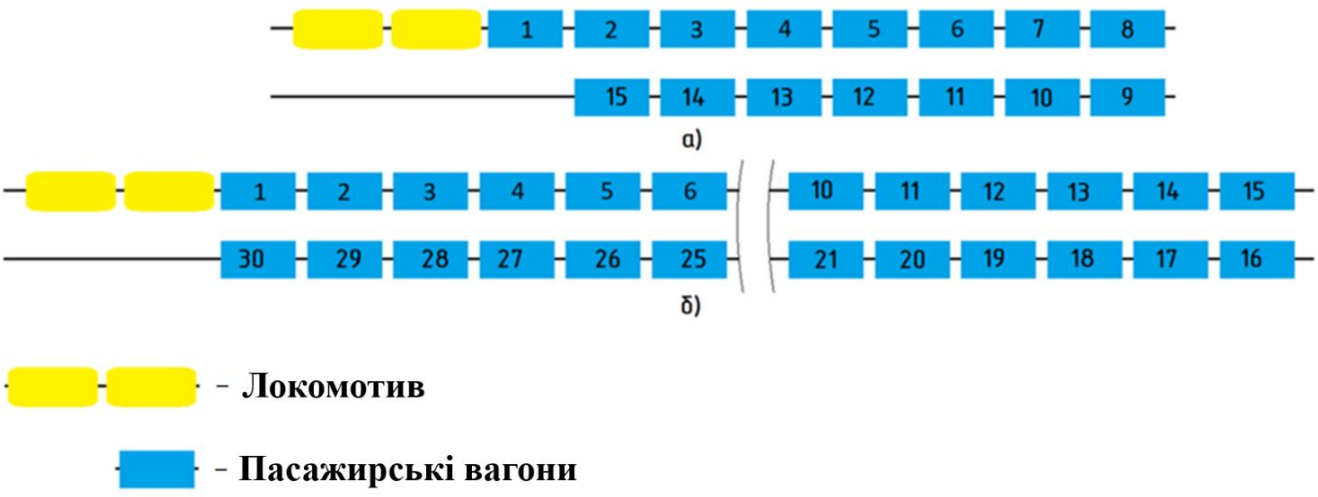


Рисунок 1 – Схема дослідного зчепу з пасажирських вагонів (а - повітророзподільник 242-1У в режимі «короткоскладовий», б - повітророзподільник 242-1У в режимі «довгоскладовий»)

Таблиця 1 – Параметри, що перевіряються на зчеплених 15 та 30 пасажирських вагонах

Показники роботи повітророзподільників, що перевіряються	Параметри	Результати випробувань
1 П'ятнадцять послідовно включених повітророзподільників (повітророзподільник працює в режимі роботи «Короткоскладовий»)		
1.1 Тиск у ГЦ після зниження тиску в гальмівній магістралі на $0,03^{+0,01}$ МПа ($0,3^{+0,1}$ кгс/см^2) темпом службового гальмування, МПа, не менше ніж	0,04	0,13
1.2 Час відсутності випуску стисненого повітря з ГЦ після зниження тиску в гальмівній магістралі на $0,03^{+0,01}$ МПа ($0,3^{+0,1}$ кгс/см^2) темпом службового гальмування, с, не менше ніж	600	>600
1.3 Тиск повітря в ГЦ у разі підвищення тиску в гальмівній магістралі до зарядного тиску після ступінчастого гальмування, МПа (кгс/см^2), не більше ніж	0,005 (0,05)	0
1.4 Відсутність спрацьовування повітророзподільника на екстрене гальмування у разі зниження тиску стисненого повітря в гальмівній магістралі темпом службового гальмування	Відсутність спрацьовування повітророзподіль- ника на екстрене гальмування	Повітророзподіль-ники на екстренне гальмування не спрацювали
1.5 Тиск повітря в ГЦ під час зниження тиску стисненого повітря в гальмівній магістралі з зарядного тиску темпом м'якості, МПа (кгс/см^2), не більше ніж	0,005 (0,05)	0
2 Тридцять послідовно включених повітророзподільників (повітророзподільник працює в режимі роботи «Довгоскладовий»)		
2.1 Тиск у ГЦ протягом 180 с після зниження тиску в гальмівній магістралі на $0,04^{+0,01}$ МПа ($0,4^{+0,1}$ кгс/см^2) темпом службового гальмування, МПа(кгс/см^2)	0,08 - 0,25 (0,8 - 2,6)	0,15
2.2 Час відсутності випуску стисненого повітря з ГЦ після зниження тиску в гальмівній магістралі на $0,04^{+0,01}$ МПа ($0,4^{+0,1}$ кгс/см^2) темпомслужбового гальмування, с, не менше ніж	600	>600
2.3 Відсутність спрацьовування повітророзподільників на екстрене гальмування під час повного службово-го гальмування	Відсутність спрацьовування повітророзподіль-ників на екстрене гальмування	Повітророзподі льники на екстренне гальмування не спрацювали
2.4 Час випуску стисненого повітря з ГЦ після повного службового гальмування, с, не більше ніж	70	52 (хвостовий вагон)
2.5 Тиск стисненого повітря в ГЦ через 120 с після екстреного гальмування, МПа (кгс/см^2), не менше ніж	0,37 (3,8)	0,37
2.6 Швидкість поширення гальмівної хвилі під час екстреного гальмування, м/с, не менше ніж	250	268

Висновок. Узагальнюючи результати групових натурних випробувань пасажирських повітророзподільників з безступінчастим відпуском моделі 242-1У які встановлені на дослідних пасажирських вагонах, що перебували в довгостроковій експлуатації, і мають різні конструкції гальмівного обладнання встановлено наступне:

- дослідні повітророзподільники з безступінчастим відпуском моделі 242-1У відповідають вимогам стандарту [1];

- реалізовано можливість проведення групових натурних випробувань повітророзподільників замість групових стендових випробувань;

- дослідний зчеп з 15 та 30 пасажирських вагонів для проведення групових випробувань враховує особливості будови гальмівної системи сучасних пасажирських вагонів і складалася з вагонів різних типів і заводів-виробників, задіяних в експлуатаційній роботі

Література

1. Устаткування гальмове пневматичне залізничного рухомого складу. Вимоги щодо безпеки та методи контролювання. Частина 1. Повітророзподільники, крани машиніста, блоки гальмівні, вироби гумові ущільнювальні (ГОСТ 33724.1-2016, IDT): ДСТУ ГОСТ 33724.1:2017 [Чинний від 2017-07-01]. Київ : УкрНДНЦ, 2017. 58 с. (Державний. стандарт України).

РОЛЬ 5G У РОЗВИТКУ АВТОМАТИЗОВАНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

Хамітов Р.Р. – здобувач вищої освіти факультету менеджменту, *rdya.khamitov@gmail.com*
Хилько І.І. – старший викладач кафедри економічної кібернетики, комп'ютерних наук та інформаційних технологій, *hiko@mnau.edu.ua*
Миколаївський національний аграрний університет
Україна, м. Миколаїв

THE ROLE OF 5G IN THE DEVELOPMENT OF AUTOMATED TRANSPORT SYSTEMS

Khamitov R.R. – higher education student of the Faculty of Management, *rdya.khamitov@gmail.com*
Khylko I.I., – Senior Lecturer at the Department of Economic Cybernetics, Computer Science and Information Technology, *hilko@mnau.edu.ua*
Mykolaiv National Agrarian University
Ukraine, Mykolaiv

Abstract. *The paper examines the transformative impact of 5G technology on automated transport systems. The research analyzes key aspects of 5G implementation in transport infrastructure, including ultra-reliable low-latency communication (URLLC), massive machine-type communications (mMTC), and enhanced mobile broadband (eMBB). The study demonstrates that 5G technology enables real-time vehicle-to-everything (V2X) communication, improved traffic management, and enhanced safety in autonomous vehicles. The findings suggest that 5G integration significantly advances the development of intelligent transportation systems while addressing existing connectivity challenges.*
Keywords: *5G technology, automated transport systems, V2X communication, intelligent transportation systems, network latency, transport infrastructure, vehicle automation*

Актуальність дослідження зумовлена стрімким розвитком автоматизованих транспортних систем та необхідністю забезпечення надійної високошвидкісної комунікації між транспортними засобами, інфраструктурою та іншими учасниками дорожнього руху. Впровадження технології 5G відкриває нові можливості для вирішення існуючих проблем у сфері транспортної автоматизації та створює передумови для розвитку більш ефективних та безпечних транспортних систем.

Метою роботи є дослідження впливу технології 5G на розвиток автоматизованих транспортних систем та аналіз ключових аспектів її впровадження в транспортну інфраструктуру.

Основний текст. Сучасні автоматизовані транспортні системи потребують надійного та швидкого обміну даними для забезпечення безпечної та ефективної роботи. Технологія 5G, завдяки своїм унікальним характеристикам, здатна задовольнити ці вимоги та створити основу для подальшого розвитку

інтелектуальних транспортних систем. За даними дослідження, проведеного Ericsson, впровадження 5G може знизити затримку передачі даних до 1 мс, що є критично важливим для систем автоматичного керування транспортними засобами [1].

Одним з ключових аспектів застосування 5G в транспортній галузі є забезпечення комунікації типу «транспортний засіб-до-всього» (V2X). Дослідження, проведене Zhang та співавторами, показує, що технологія 5G дозволяє здійснювати обмін даними між транспортними засобами, інфраструктурою та пішоходами з надзвичайно низькою затримкою та високою надійністю [2]. Це створює можливості для реалізації таких функцій, як попередження про небезпеку, координоване керування транспортним потоком та оптимізація маршрутів у реальному часі.

Важливою перевагою 5G є підтримка масового підключення пристроїв Internet of Things (IoT). За даними Liu та співтворців, мережа 5G здатна забезпечити одночасне підключення до 1 мільйона пристроїв на квадратний кілометр [3]. Це дозволяє створити комплексну систему моніторингу та управління транспортною інфраструктурою, включаючи світлофори, дорожні знаки, сенсори та камери спостереження.

Впровадження 5G також сприяє підвищенню безпеки дорожнього руху. Дослідження Baek та співавторів демонструє, що використання 5G для обміну даними між транспортними засобами дозволяє знизити ймовірність зіткнень на 40% завдяки швидкому реагуванню на потенційні загрози [4]. Це досягається за рахунок можливості обміну інформацією про швидкість, напрямок руху та стан транспортних засобів у реальному часі.

Особливу увагу слід приділити ролі 5G у розвитку систем автономного керування транспортними засобами. За даними Wang та колег, використання 5G дозволяє забезпечити надійну передачу даних від сенсорів та камер автономних транспортних засобів з мінімальною затримкою, що є критично важливим для прийняття рішень в реальному часі [5]. Це створює передумови для розширення можливостей автономного керування та підвищення рівня безпеки.

Технологія 5G також відіграє важливу роль у оптимізації транспортних потоків та зменшенні заторів. Дослідження Chen та співтворців показує, що використання 5G для координації руху транспортних засобів дозволяє знизити час перебування в заторах на 30% та зменшити витрати палива на 20% [6]. Це досягається за рахунок можливості динамічного управління транспортними потоками на основі даних реального часу.

Важливим аспектом впровадження 5G є можливість реалізації edge computing для обробки даних безпосередньо на краю мережі. За даними Kim та

партнерів, це дозволяє знизити навантаження на центральні сервери та забезпечити більш швидку обробку критично важливих даних [7]. Такий підхід особливо важливий для систем управління автономними транспортними засобами, де швидкість прийняття рішень є критичним фактором.

Висновок. Проведене дослідження демонструє, що технологія 5G відіграє ключову роль у розвитку автоматизованих транспортних систем. Завдяки забезпеченню надійної високошвидкісної комунікації, підтримці масового підключення IoT-пристроїв та можливості обробки даних на краю мережі, 5G створює основу для розвитку більш ефективних та безпечних транспортних систем. Подальші дослідження мають бути спрямовані на вирішення проблем безпеки та стандартизації протоколів передачі даних в мережах 5G для транспортних застосувань.

Література

1. Ericsson Mobility Report. Stockholm: Ericsson, 2023. 40 p.

2. Zhang K., Mao Y., Leng S., He Y., Zhang Y. Mobile-Edge Computing for Vehicular Networks: A Promising Network Paradigm with Predictive Off-Loading. IEEE Vehicular Technology Magazine. 2017. Vol. 12, No. 2. P. 36-44.

3. Liu J., Zhang X., Wang S., Liu W., Shi Y. 5G-Based ITS: Applications and Requirements Analysis. IEEE Network. 2020. Vol. 34, No. 5. P. 214-220.

4. Baek J., Kim D., Choi M. Performance Analysis of V2X Communications in 5G Networks. IEEE Transactions on Vehicular Technology. 2021. Vol. 70, No. 3. P. 2818-2830.

5. Wang X., Li F., Wang J. Autonomous Driving with 5G: Implementation and Research Challenges. IEEE Communications Magazine. 2019. Vol. 57, No. 7. P. 12-18.

6. Chen S., Hu J., Shi Y., Zhao L. Mobile-Edge Computing and Artificial Intelligence for 5G-Envisioned Internet of Vehicles. IEEE Network. 2020. Vol. 34, No. 6. P. 28-35.

7. Kim R., Lim H., Wang B. Transforming Infrastructure with 5G Communications for Smart Transportation. IEEE Communications Magazine. 2020. Vol. 58, No. 1. P. 44-50.

ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПЛАНУ ЗАЛІЗНИЦІ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ШВИДКІСНОГО РУХУ ПОЇЗДІВ

Хмелевська Н.П. – аспірант, *hmelevnela@gmail.com*
Курган М.Б. – д. т. н., проф., *kunibor@gmail.com*
Український Державний університет науки і технологій
Україна м. Дніпро

IMPLEMENTATION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR OPTIMIZATION OF THE RAILWAY PLAN IN THE ORGANIZATION OF HIGH-SPEED TRAIN TRAFFIC

Khmelevska N.P. – Postgraduate student, *hmelevnela@gmail.com*
Kurhan M.B. – Doctor of Technical Sciences, Professor, *kunibor@gmail.com*
Ukrainian State University of Science and Technology
Ukraine, Dnipro

Abstract. *The authors propose an innovative technology for the reconstruction of curved railways with optimization of the plan of the entire section, which allows for the organization of high-speed train traffic. The innovative method consists in the fact that based on the results of measuring the curvature and elevation of the outer rail, it is possible to calculate the speeds and the total work of lateral forces for the existing track position. These data, together with the design data, clearly demonstrate the impact of deviations in the plan on the speed level and wear of rails and rolling stock. The introduction of innovative technologies for the reconstruction of curved railways with optimization of the track plan within several track sections allows for the implementation of the maximum established speed while ensuring safety requirements, smoothness of movement and passenger comfort.*
Keywords: *innovative technologies; railway curves, correction of curves, railway track plan, maximum speed*

Актуальність дослідження. Сучасне залізничне сполучення неможливо уявити без високих швидкостей як основи інноваційного розвитку залізниць. Згідно із Стратегією розвитку залізничного транспорту України впровадження швидкісного руху поїздів на території України дозволить створити єдину мережу швидкісних залізниць, що буде сприяти збільшенню кількості транзитних пасажирів на напрямках Євросоюз–Україна.

В Україні склалися умови, коли міжрегіональні швидкісні електропоїзди і вантажні поїзди, парк яких критично зношений і які практично розбивають верхню будову колії, експлуатуються на одних і тих же ділянках залізниць. Крім того, профіль колії на маршрутах ІнтерСіті+ скрізь має велику кількість кривих і ділянок з обмеженням швидкості. Це призвело до того, що подальше підвищення швидкості для міжрегіональних електропоїздів з урахуванням забезпечення необхідних умов безпеки неможливо [1]. У результаті етап

впровадження в Україні денних швидкісних пасажирських перевезень уже сьогодні багато в чому вичерпав свій потенціал для перспективного розвитку [2].

Актуальність роботи зумовлена впровадженням на окремих напрямках України швидкісного руху поїздів. Допущення, що були прийняті раніше і слабо впливали на показники руху поїздів при швидкостях до 120 км/год, потребують відповідного корегування при швидкостях 160 км/год і більше, тобто виникла необхідність у застосуванні системного підходу у дослідженні інноваційних процесів пов’язаних з підготовкою залізничної колії для підвищення швидкості руху поїздів. Реалізація швидкостей до 160 км/год пред'являє серйозні вимоги як до укладання, так і до поточного утримання колії в плані [3].

Мета роботи – показати інноваційні технології при оптимізації плану залізниці, запровадження яких в Україні дозволить забезпечити більш високий рівень безпеки, плавності й комфортабельності їзди.

Для знаходження варіанту оптимальної реконструкції ділянки транспортного коридору залізнична лінія розглядається як комплексна система, що складається з пристроїв і споруд, які через незадовільний технічний стан можуть обмежувати рівень швидкостей руху поїздів на кожній конкретній ділянці. Вирішення такої задачі є складним, тому що необхідно розглядати взаємозалежні об'єкти, коли скорочення часу руху поїзда отримане на кожному об’єкті після усунення обмеження швидкості руху не дорівнює виграшу в часі, якщо зняти всі обмеження швидкості. Тобто критерій не є адитивним і отримати достовірні дані можна тільки після виконання тягових розрахунків при різних комбінаціях зняття обмежень швидкостей.

Матеріали дослідження. Серед відомих сьогодні інноваційних технологій можна назвати використання комп'ютерного моделювання залізничної колії, яке дозволяє визначати оптимальну стратегію плану лінії та забезпечити більш точну й ефективну роботу з виправлення кривих. Огляд наукових робіт показує, що запропоновані різними авторами методи є корисними для реконструкції існуючої залізниці, але вони можуть бути ефективними у визначених умовах експлуатації. Багато праць вітчизняних і закордонних фахівців присвячено оптимізації поодиноких чи складових кривих, обґрунтуванню їх параметрів але питання можливості оптимізації плану лінії довжиною в перегін чи декілька перегонів вивчене недостатньо.

Світовий досвід свідчить, що без впровадження інновацій неможливий ефективний розвиток залізничного транспорту. Україна представлена у декількох міжнародних рейтингах, які оцінюють інноваційний потенціал та інноваційну спроможність. Проведений порівняльний аналіз стану інноваційної

системи України відносно світового рівня на основі міжнародних індексів свідчить, що Україна має високий освітній та науковий потенціал, здатний продукувати різноманітні нововведення у вигляді ідей, наукових розробок, патентів [4].

При виконанні дослідження була застосована система автоматизованого проєктування (САПР) розроблена в Українському державному університеті науки і технологій, яка включає програмні продукти MovRW (тягові розрахунки) і RWPlan (виправлення і проектування плану залізничної колії) [5]. САПР дозволяє підвищити точність і якість проектування плану залізничної колії, а також скоротити час і витрати на будівництво. Інноваційний підхід в САПР заключається в тому, що, по-перше, передбачена можливість застосування різних способів зйомки плану лінії, які використовуються як в колійному господарстві (метод стріл), так і в проектних організаціях (метод Гонікберга, координатний, від базису тощо); по-друге, що дуже важливо, розрахунки виконуються не окремих кривих, а ділянок довжиною в перегін чи декілька перегонів з оптимізацією проєктного плану за різними критеріями з забезпеченням максимально встановленої швидкості [6].

Використання запропонованої в цій роботі методики дозволяє проводити оптимізацію проєктного плану за різними критеріями, а саме: мінімум суми модулів величин зсувів $\sum|\Delta_i| = \min$, мінімум суми квадратів зсувів $\sum\Delta_i^2 = \min$, мінімум суми витрат на рихтування кривих $\sum B = \min$, що дозволяє вирішувати завдання для різних умов експлуатації [7].

Нижче наведений алгоритм послідовності виконання розрахунків при оптимізації довгих ділянок.

1. Створюється координатна зйомки за параметрами кривих. Розбиття довгої ділянки на окремі частини виконується з використанням графіків кутових діаграм і кривизни ділянки. Таким чином формуються файли для оптимізації.

2. Виконується оптимізація кожної кривої за одним з критеріїв оптимізації, що наведені вище.

3. Після розрахунки кожного фрагменту відкриваються параметри моделі частинами і поєднується зйомка окремих фрагментів для всієї ділянки.

4. Виконується розрахунок і оцінка величини зсувів для всієї ділянки. Величина обмеження і заданий максимальний зсув та інші обмеження враховуються в процесі оптимізації.

5. Розраховуються максимально допустимі швидкості руху для проєктного варіанту і проводиться аналіз результатів за прийнятим раніше критерієм.

За вище наведеним алгоритмом наведено приклад розрахунків на напрямку Гребінка-Полтава-Лозова. При розрахунку проектного варіанту для кожної

кривої досліджувалися доцільність та можливість підвищення швидкості на ній. Фрагменти графіків кривизни, зсувів та максимально допустимих швидкостей руху поїздів на ділянці Полтава – Красноград для проєктного варіанту наведені на рис. 1-3.

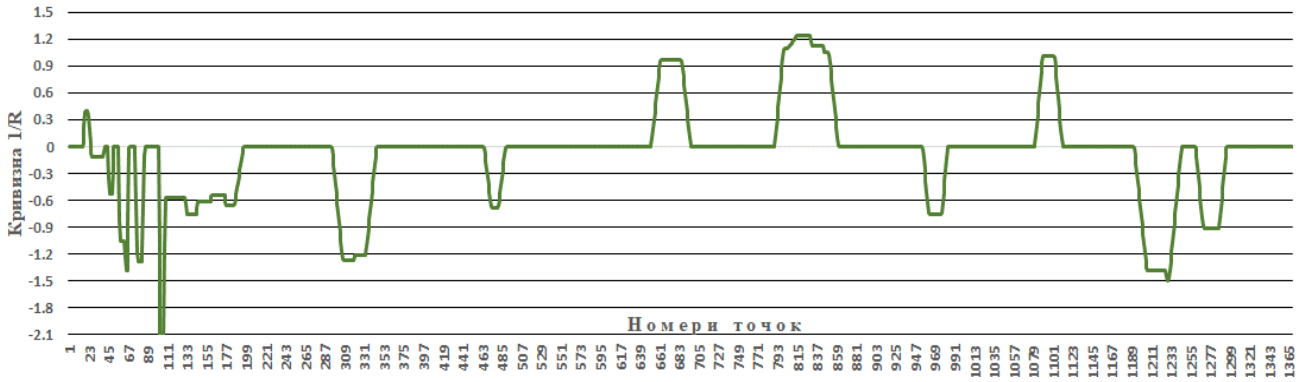


Рисунок 1– Кривизна плану лінії на ділянці Полтава-Красноград (фрагмент)

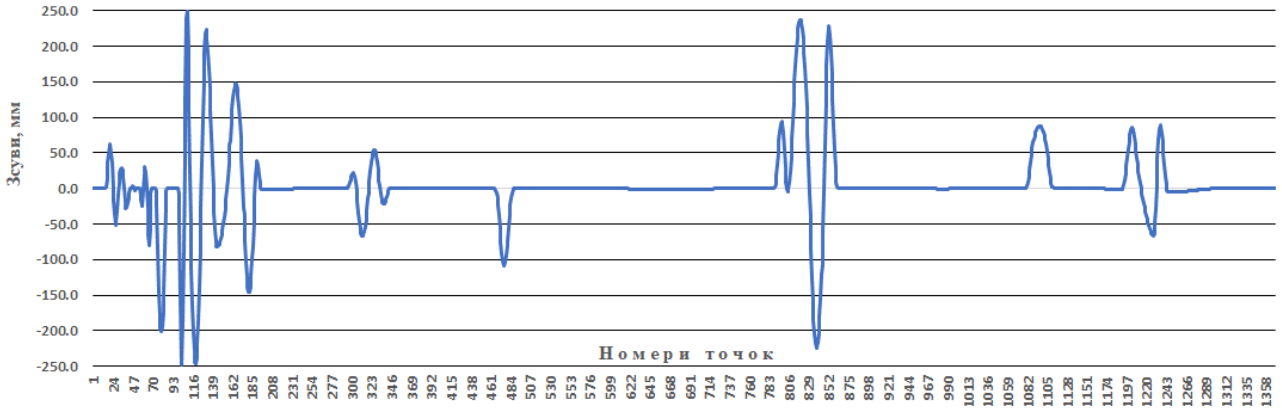


Рисунок 2 – Зсуви кривих на ділянці Полтава-Красноград

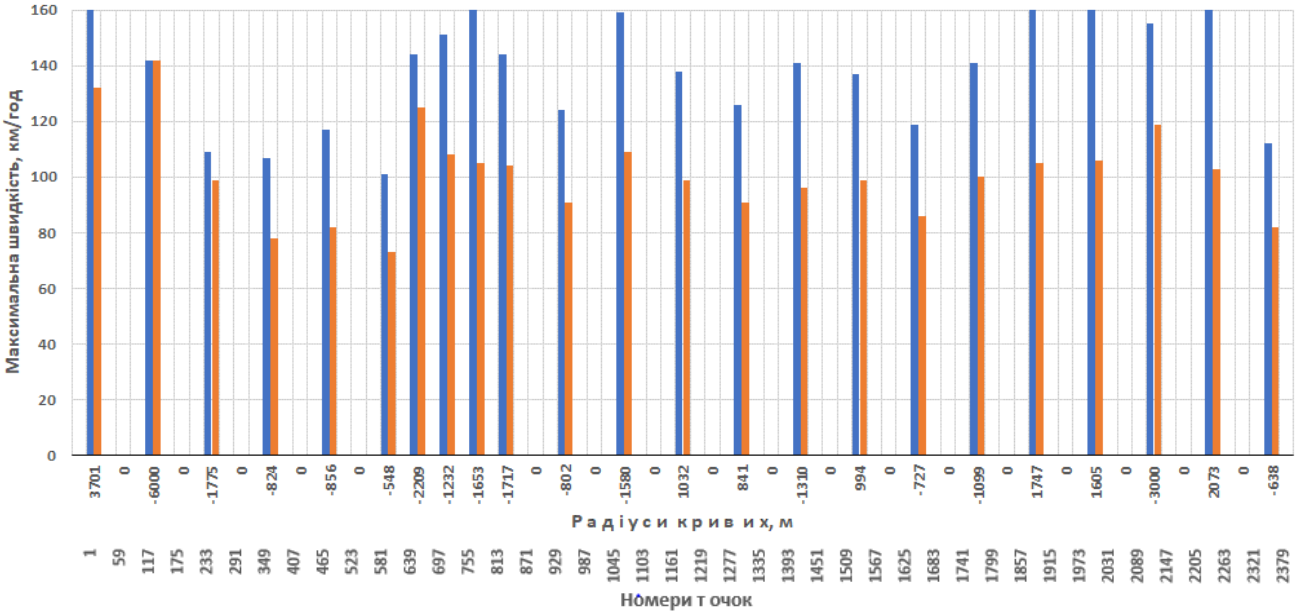


Рисунок 3 – Допустимі швидкості руху на ділянці Полтава-Красноград

За рахунок оптимізації підвищення зовнішньої рейки з урахуванням максимально допустимої швидкості й зносу рейок вдалося отримати оптимальне рішення. У всіх варіантах прискорення вантажних поїздів не перевищують 0,3 м/с^2 в обидві сторони.

Загальні висновки. На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень встановлено, що застосування інноваційних технологій виправки залізничних кривих в плані дозволяє встановлювати параметри плану і раціональну швидкість руху поїздів, що дасть змогу зменшити знос рейок і коліс рухомого складу, обсяги робіт з поточного утримання колії, скоротити витрати електроенергії або палива при організації перевезень вантажів і пасажирів, буде сприяти підвищенню рівня безпеки, плавності руху й комфорту пасажирів.

Результати розрахунків і розроблена методика можуть бути використані для теоретичного обґрунтування максимально допустимих швидкостей руху поїздів з одночасним забезпеченням критеріїв міцності, стійкості, довговічності й надійності елементів залізничної колії та рухомого складу, теоретичного обґрунтування впровадження технологій виправлення залізничних колій для забезпечення швидкісного руху поїздів.

Література

1. Ткаченко В. Динамічна взаємодія рухомого складу і колії на лініях швидкісного руху суміщеного з вантажним : монографія / В. Ткаченко, С. Сапронова, Н. Брайковська, В. Твердомед. – Вінниця : ГО «Європейська наукова платформа», 2021. 240 с.

2. Приходько, В. Особливості розвитку вітчизняного денного швидкісного руху. Вагонний парк, 2011, 163, с. 9-27.

3. Kurhan, M., Kurhan, D., Husak, M., Hmelevska, N. Innovative Technologies for the Introduction of High-Speed Train Operation (on the Example of Track Maintenance in the Plan). Transport Means, 2022, pp. 372-377.

4. Стан науково-інноваційної діяльності в Україні у 2020 році: науковоаналітична записка / Т.В. Писаренко, Т.К. Куранда, Т.К. Кваша та ін. Київ: УкрІНТЕІ, 2021. 39 с.

5. Корженевич І.П. Виправлення і проектування плану залізничної колії за допомогою програми RWPlan. Дніпропетровськ, 2012. 247 с.

6. Kurhan, M, Kurhan, D., Novik, R., Baydak, S., Hmelevska, N. Improvement of the railway track efficiency by minimizing the rail wear in curves. IOP Conf. Ser.: Materials Science and Engineering, 2020, 985, 012001. https://doi.org/10.1088/1757-899X/985/1/012001

7. Kurhan, M., Kurhan, D., Hmelevska, N. Innovative Approaches to Railway Track Alignment Optimization, in Curved Sections. Acta Polytechnica Hungarica, 2024, 21(1), pp. 207-220. https://doi.org/10.12700/APH.21.1.2024.1.13

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СИНХРОННОГО ТЯГОВОГО ПРИВОДУ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ УКРАЇНИ

Шеховцов О.М. – магістрант, *shehovtsov_om@gsuite.duit.edu.ua*
Малюк С.В. **–** ст. викладач, *maliuk_sv@gsuite.duit.edu.ua*
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

USE OF THERMAL VISION TECHNOLOGIES FOR CHECKING THE TECHNICAL CONDITION OF TRACTION ENGINES

Shekhovtsov M. – master's student, *shehovtsov_om@gsuite.duit.edu.ua*
Maliuk S. – Senior teacher, *maliuk_sv@gsuite.duit.edu.ua*
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract*. Current trends in the development of electric warehouses indicate the need for progressive energy-saving technologies for traction electric drives. One of the ways to improve energy efficiency is to reduce energy costs for the traction drive. Another way is the creation of traction drives based on new, promising types of traction motors, such as asynchronous motors, as well as synchronous motors driven by permanent magnets. The remaining high energy indicators are due to the high level of spending on waking hours. To maximize the effectiveness of the viscosity of synchronous traction double-guns in the traction drive of locomotives, it is necessary to analyze the extent and extent of the susceptibility of synchronous motors on the locomotive.*
Keywords: *railways transport, synchronous engine, locomotive, traction drive*

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю удосконалення тягового приводу вітчизняних локомотивів.

Метою роботи є аналіз доцільності у використання синхронного тягового приводу.

Сучасний залізничний транспорт потребує постійного вдосконалення тягових систем для підвищення ефективності, екологічності та надійності перевезень. У цьому контексті синхронні тягові приводи стають перспективним рішенням завдяки своїм технічним і економічним перевагам. На відміну від традиційних асинхронних або постійних тягових двигунів, синхронні приводи забезпечують кращу енергоефективність, високу динамічну характеристику та менші втрати енергії.

Також технічний розвиток залізничного транспорту вимагає впровадження нових технологій, спрямованих на підвищення енергоефективності, зниження експлуатаційних витрат та поліпшення екологічності. У цьому контексті синхронний тяговий привід стає перспективним напрямом. Його впровадження

обіцяє значні переваги порівняно з традиційними системами на базі асинхронних або постійних двигунів. Завдяки високій ефективності, компактності та можливості роботи в широкому діапазоні швидкостей, синхронні приводи знаходять дедалі ширше застосування на залізничному транспорті.

Метою цієї статті є аналіз перспектив застосування синхронного тягового приводу на залізничному транспорті та обґрунтування доцільності його впровадження.

Синхронний тяговий привід має певні переваги над іншими тяговим приводами. Синхронний тяговий привід працює за принципом взаємодії магнітного поля статора і ротора, який обертається із частотою напруги живлення. Зазвичай у таких приводах застосовуються:

- синхронні машини з постійними магнітами: забезпечують високу густину потужності та зниження енергоспоживання;
- синхронні машини з обмотками збудження: дають змогу регулювати магнітний потік, що підвищує адаптивність приводу до змінних умов роботи.

Основною перевагою синхронного приводу є його здатність до ефективної роботи в широкому діапазоні навантажень і швидкостей.

Синхронні приводи забезпечують зниження енергетичних втрат на 5–15% порівняно з асинхронними аналогами. Це досягається завдяки відсутності втрат на роторі, особливо у машинах з постійними магнітами.

Використання постійних магнітів дозволяє створювати більш компактні тягові двигуни, що зменшує вагу локомотива і сприяє економії палива чи електроенергії.

Синхронні тягові двигуни мають високий момент на низьких швидкостях, що забезпечує швидке прискорення, особливо для високошвидкісних потягів.

Менша кількість рухомих частин та висока надійність синхронних двигунів знижують потребу у регулярному технічному обслуговуванні.

Синхронні приводи добре поєднуються з цифровими системами управління. Використання інверторів із широтно-імпульсною модуляцією дозволяє ефективно регулювати роботу приводу та забезпечувати оптимальний режим роботи за будь-яких умов.

Синхронні тягові приводи широко використовуються у швидкісних потягах (наприклад, Shinkansen в Японії, TGV у Франції), що свідчить про їхню ефективність на практиці. Висока потужність і низькі енергетичні втрати роблять їх незамінними для швидкісних магістралей.

Незважаючи на значні переваги, впровадження синхронних тягових приводів на залізничному транспорті має певні обмеження, а саме:

- висока вартість: постійні магніти, виготовлені з рідкісноземельних

матеріалів, збільшують початкову вартість обладнання.

- складність виробництва: технологічній процес виготовлення синхронних двигунів з постійними магнітами є більш складним порівняно з асинхронними аналогами.
- проблеми з утилізацією магнітів: використання рідкісноземельних металів у магнітах створює екологічні виклики під час утилізації двигунів.

Висновок. Синхронні тягові приводи є перспективною технологією, яка здатна суттєво підвищити ефективність, надійність і екологічність залізничного транспорту. Їх впровадження доцільне у високошвидкісних потягах, електропоїздах та локомотивах нового покоління. Попри виклики, пов'язані з високою вартістю і необхідністю модернізації інфраструктури, довгострокові економічні та технічні переваги синхронних тягових приводів переважають.

Активне використання синхронного тягового приводу сприятиме розвитку залізничного транспорту як одного з ключових елементів сталого розвитку транспортної системи у світі.

Література

1. Жалкін Д.С. Удосконалення методів контролю теплового стану тягових електричних двигунів електровозів. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2015. Вип. 158. Т.2. с. 74-82.

2. Жалкін, Д.С., Тимченко, О.М. Методи післяремонтних випробувань та моніторингу технічного стану тягових двигунів електровозів. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту.* 2013. (141). С. 130-134.

3. Garramiola, F., Poza, J., Madina, P., Del Olmo, J., & Almandoz, G. (2018). A review in fault diagnosis and health assessment for railway traction drives. Applied Sciences, 8(12), 2475. https://doi.org/10.3390/app8122475.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ НАЯВНОСТІ ЕКСЦЕНТРИСИТЕТУ РОТОРА В ТЯГОВИХ АСИНХРОННИХ ДВИГУНАХ

Юрченко В.В. – аспірант, Vitekshef1997@gmail.com
Гулак С.О. – к.т.н., доцент, sgoolak@gmail.com
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

DEVELOPMENT OF A DIAGNOSTIC SYSTEM FOR THE PRESENCE OF ROTOR ECCENTRICITY IN TRACTION ASYNCHRONOUS MOTORS

Yurchenko V. – postgraduate, Vitekshef1997@gmail.com
Hulak S. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, sgoolak@gmail.com
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract*. The aim of work is to develop a system for functional diagnostics of the presence of rotor eccentricity in traction asynchronous motors of railway rolling stock. To achieve the aim, the following objectives were solved in the work: the Prony's method was adapted to perform the task of diagnosing the eccentricity of the rotor of an asynchronous motor during the operation of the rolling stock; the algorithm of functioning of the system of functional diagnosis of rotor eccentricity based on the adapted Prony's method is proposed; a structural diagram of the rotor eccentricity diagnosis unit based on the adapted Prony's method is proposed; a structural diagram of the system of functional diagnosis of rotor eccentricity is proposed.*
Keywords: *induction motor, diagnosis, eccentricity, rolling stock*

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю виявлення ексцентриситету ротора асинхронних тягових двигунів під час експлуатації тягового приводу рухомого складу для підвищення безпеки та ефективності їх експлуатації.

Метою роботи є розробка системи функціональної діагностики наявності ексцентриситету ротора в тягових асинхронних двигунах рухомого складу залізниць.

Наявність ексцентриситету призводить до підвищеного зносу підшипників. Зачеплення ротора об статор може призвести до пошкодження конструкції ротора та статора або перегріву. Зазначені фактори можуть викликати пробій пошкодженого шару ізоляції в зоні тертя. За дослідницькими даними на ексцентриситет припадає від 20 до 40% відмов АД [1, 2].

Під час експлуатації асинхронного двигуна (АД) з ексцентриситетом виникає одностороннє магнітне тяжіння, що спричиняє зниження ККД, а підвищене нагрівання спричиняє зниження пускового моменту. Тому виявлення ексцентриситету ротора на ранній стадії її появи та розвитку є важливою науково-дослідницькою задачею.

Розробка алгоритмів виявлення наявності ексцентриситету ротора та ступеню його ушкодження і побудова на їх основі схем функціональної діагностики дозволять ефективно виявляти зазначений дефект під час експлуатації тягового двигуна. Це дозволить підвищити надійність та довговічність використання тягових АД в тягових приводах рухомого складу залізниць, що, в свою чергу, забезпечить безпеку та економічність залізничних перевезень [3].

Пропонується:

- адаптувати метод Проні для виконання задачі діагностування ексцентриситету ротора АД під час експлуатації рухомого складу;
- розробити алгоритм функціонування системи функціональної діагностики ексцентриситету ротора АД на основі адаптованого методу Проні;
- розробити структурну схему блоку діагностики ексцентриситету ротора АД на основі адаптованого методу Проні;
- розробити структурну схему системи функціональної діагностики ексцентриситету ротора АД.

Структурна схема блоку діагностування наявності ексцентриситету ротора наведена на рис. 1.

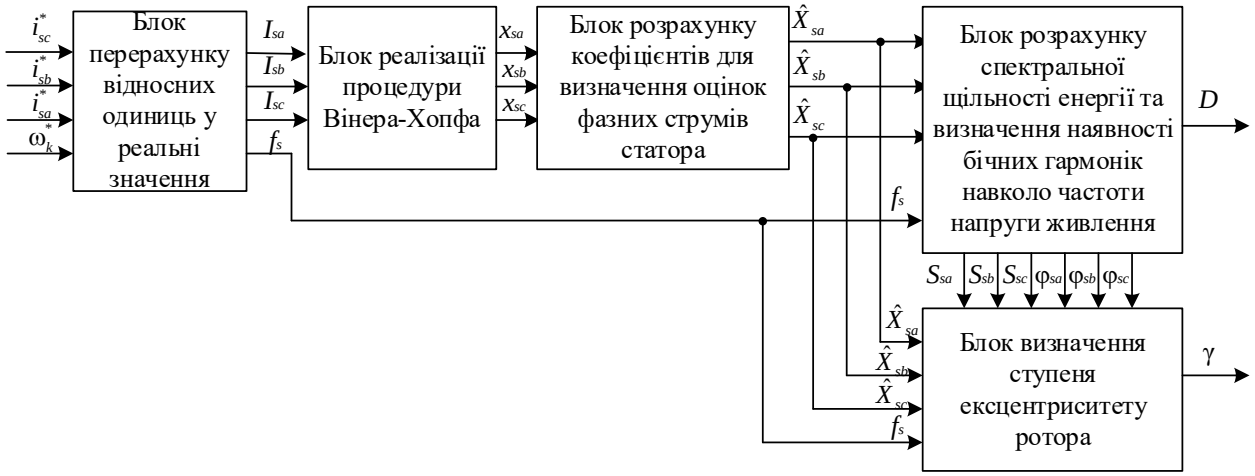


Рисунок 1– Структурна схема блоку діагностування наявності ексцентриситету

В «Блоці перерахунку відносних одиниць у реальні значення» виконується перетворення значень фізичних величин, що надходять від системи керування у

відносних одиниць, до реальних. В «Блоці реалізації процедури Вінера-Хопфа» до фазних струмів статора застосовується процедура Вінера-Хопфа. Сигнали фазних струмів статора, з яких видалено шум (I_{sa}, I_{sb}, I_{sc}), надходять до «Блок розрахунку коефіцієнтів для визначення оцінок фазних струмів статора» де визначаються їх оцінки ($\hat{X}_{sa}$, $\hat{X}_{sb}$, $\hat{X}_{sc}$). На основі отриманих оцінок фазних струмів статора в «Блоці розрахунку спектральної густини енергії та визначення наявності бокових гармонік навколо частоти напруги живлення» визначаються їх спектральні складові. При наявності бокових гармонік навколо частоти напруги живлення на вихід зазначеного блоку подається сигнал D=1, при відсутності – сигнал D=0. При значенні сигналу D=1 до «Блоку визначення ступеня ексцентриситету ротора» надходять амплітудні (S_{sa}, S_{sb}, S_{sc}) та фазні (φ_{sa}, φ_{sb}, φ_{sc}) складові енергії бокових гармонійних складових.

Висновок. В даній роботі запропоновано систему діагностики наявності ексцентриситету ротора в тягових асинхронних двигунах. А роботі отримано наступні результати:

- адаптовано алгоритм методу Проні для умов, коли процес зміни аналізованих сигналів носить стохастичний характер. Це дасть можливість отримати більш коректні результати при діагностуванні ексцентриситету ротора в умовах реальної експлуатації тягового приводу рухомого складу;
- розроблено структурну схему блоку діагностики ексцентриситету ротора АД на основі адаптованого методу Проні;
- розроблено структурну схему системи функціональної діагностики ексцентриситету ротора АД в складі тягового приводу з векторною системою керування.

З метою уникнення помилки при визначенні ступеню ексцентриситету ротора в умовах нестабільних режимів в тяговому приводі запропоновано ступінь ексцентриситету визначати для фазних струмів статора усіх фаз АД. Рішення про відключення двигуна приймати по значенню найбільшого ступеню ексцентриситету ротора.

Література

1. Rauf, A. B. D. U. L., Usman, M. U. H. A. M. M. A. D., Butt, A. H. M. A. D. & Ping, Z. H. A. O. (2022) Health Monitoring of Induction Motor Using Electrical Signature Analysis. *Journal of Donghua University (English Edition)*, *39*(177(03)), 265-271. https://doi.org/10.19884/j.1672-5220.202104001.

2. Bazan, G.H., Goedtel, A., Duque-Perez, O. & Morinigo-Sotelo, D. (2021). Multi-Fault Diagnosis in Three-Phase Induction Motors Using Data Optimization and Machine Learning Techniques. *Electronics, 10*, 1462. https://doi.org/10.3390/electronics10121462.

3. Fomin, O., Sulym, A., Kulbovskiy, I., Khozia, P., & Ishchenko, V. (2018)/ Determining rational parameters of the capacitive energy storage system for the underground railway rolling stock. *Eastern-European journal of enterprise technologies, 2*(1(92)), 63-71. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126080.

СУЧАСНІ СТРАТЕГІЇ ТА ПІДХОДИ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ РУХУ ВАНТАЖНИХ ПОЇЗДІВ

Юрченко Д.О. – магістрант, *yurchenko_do@gsuite.duit.edu.ua*
Самсонкін В.М. – д.т.н., проф., *samsonkin_vm@gsuite.duit.edu.ua*
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

MODERN STRATEGIES AND APPROACHES TO THE ORGANIZATION OF FREIGHT TRAIN TRAFFIC

Yurchenko D.O. – master's student, *yurchenko_do@gsuite.duit.edu.ua*
Samsonkin V.M. – Doctor of Technical Sciences, Professor,
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract*. The relevance of implementing the organization of freight trains of variable length according to the principle of "hard threads of the traffic schedule" as a modern approach to railway transportation management is considered. The main principles of this method are highlighted, its advantages for the railway industry, in particular, increasing transportation efficiency, reducing operating costs and improving service reliability. Potential challenges associated with implementation are described, such as risks to safety standards, reducing the workforce and possible reduction in infrastructure investments.*
The results of the study indicate that the organization of freight trains of variable length according to the principle of hard threads can significantly increase the efficiency and reliability of railway transportation.
Keywords*: freight transportation, railway transport, precision scheduled railroadingprecise planning, transportation efficiency, safety, infrastructure*

Актуальність дослідження Оскільки попит на швидше й ефективніше транспортування вантажів зростає, вантажовідправники шукають способи оптимізувати свою роботу. Залізничний транспорт не є винятком, й він потребує впровадження стратегій, щоб задовольнити цей попит.

Однією з таких стратегій є організація руху поїздів за «твердими нитками» графіка руху. Основною ідеєю такої стратегії є концепція управління залізничними перевезеннями, яка спрямована на підвищення ефективності роботи залізничної системи шляхом впровадження принципів точного і попередньо запланованого графіку руху.

Метою роботи є проведення оглядового аналізу та оцінки впровадження організації руху вантажних поїздів за принципом «твердих ниток» графіка руху для оптимізації роботи залізничного транспорту

Організація руху поїздів за «твердими нитками» графіка руху – залізнична стратегія, яка використовує розклади відправлень і методи доставки від точки до точки для досягнення низьких коефіцієнтів експлуатації та консолідації залізничних мереж [1].

Визначається як «операційний метод експлуатації залізниці для максимального використання активів, за допомогою якого рух вантажів планується та керується для окремого вагона (а не всього рівня поїзда)» [1].

Такий принцип організації руху був розроблений Хантером Гаррісоном, досвідченим керівником залізниці, і був реалізований на різних північноамериканських залізницях [2].

Він зосереджується на оптимізації різних аспектів залізничних операцій для підвищення надійності обслуговування, зниження витрат і максимального використання ресурсів [3].



Рисунок 1 Основні принципи руху поїздів за «твердими нитками» графіка руху

Для зменшення кількості процесів при такій організації руху поїздів передбачається скасування виділення окремих технологій перевезень для різних груп вантажів. З метою спрощення планування та зниження витрат маса вантажних поїздів збільшується до максимально можливого рівня, а їхній рух координується за графіком на ділянках з рівною кількістю поїздів у обох напрямках [4].

Отже, передбачається узгоджене навантаження великих груп вагонів, які залізниця повинна регулярно забирати за чітко визначеним розкладом. Тобто, розробляється загальний план руху групових, ступеневих та маршрутних поїздів по всій мережі, що включає мінімізацію зупинок та виконання маневрів

для обміну групами без використання сортувальних гірок. Також, розробляється щоденний план формування поїздів для кожної відправки. Реалізація цього плану стала можлива за рахунок впровадження автоматизації та цифровізації процесів планування і диспетчеризації.

Для спрощення планування та зниження витрат збільшується вага вантажних поїздів до максимально можливої (що зменшує кількість поїздів) та розробляється їхній плановий рух за графіком на дільницях з однаковою кількістю поїздів у обох напрямках (парний рух). В окремих випадках виправданим є збільшення пробігу вагонів у мережі. Збалансований рух на залізничних дільницях дозволяє уникнути надлишкового накопичення локомотивів та локомотивних бригад на кінцях пліч обороту.

Незважаючи на те, що рух за «твердими нитками» графіка руху має суттєві переваги, існують потенційні проблеми та недоліки, пов’язані з його впровадженням, а саме:

-занепокоєння щодо робочої сили: часто передбачає скорочення чисельності робочої сили, що може призвести до скорочення робочих місць і занепокоєння серед працівників;

-якість послуг: гонитва за економією коштів іноді може відбуватися за рахунок якості послуг, що призводить до сповільнення часу доставки та меншої надійності доставки;

-занепокоєння вантажовідправників: вантажовідправники можуть зіткнутися з проблемами, коли залізниці віддають перевагу економії коштів, оскільки це може вплинути на надійність залізничних перевезень їхніх продуктів;

-інвестиції в інфраструктуру: може призвести до скорочення інвестицій у обслуговування та розширення інфраструктури, що потенційно вплине на довгострокове здоров’я залізничної мережі;

-занепокоєння щодо безпеки для залізничників: постійне зосередження на скороченні витрат може вплинути на стандарти безпеки та практику технічного обслуговування.

Важливо зазначити, що вплив графіка руху «за твердими нитками» може відрізнятися залежно від конкретної залізниці, її управління та ширшого контексту галузі. Деякі залізниці успішно впровадили такий принцип для покращення своїх фінансових показників і якості послуг, а інші зіткнулися з проблемами та критикою. Ступінь прояву цих проблем залежить від реалізації та здатності залізничних компаній балансувати між скороченням витрат і необхідністю підтримувати стандарти обслуговування та безпеки [3].

Заходи щодо скорочення витрат, пов’язані з технологією руху поїздів за «твердими нитками», можуть потенційно вплинути на стандарти безпеки та технічне обслуговування кількома способами:

1) Зменшені бюджети на технічне обслуговування: при скороченні витрат, є небезпека скорочення бюджету на технічне обслуговування. Це може призвести до відкладеного технічного обслуговування, а це, в свою чергу – до погіршення стану колій, мостів, сигналів та іншої критичної інфраструктури. Згодом таке погіршення може становити загрозу безпеці.

2) Зменшене профілактичне обслуговування: заходи щодо скорочення витрат можуть призвести до скорочення діяльності з профілактичного обслуговування, підвищуючи ймовірність того, що проблеми залишатимуться без уваги, поки вони не стануть критичними, збільшуючи ризик аварій.

3) Відкладений ремонт інфраструктури: може існувати тенденція відкладати ремонт і модернізацію інфраструктури, щоб заощадити гроші. Це може призвести до погіршення інфраструктури та, в крайніх випадках, призвести до аварій або збоїв у наданні послуг.

4) Скорочення робочої сили: скорочення робочої сили може вплинути на наявність кваліфікованого персоналу з технічного обслуговування та перевірок, що потенційно може призвести до неадекватного нагляду та обслуговування колій, рухомого складу та іншого обладнання.

5) Зменшена частота перевірок: заходи зі скорочення витрат можуть призвести до зменшення частоти перевірок, що може призвести до упущення загроз безпеки та потреби в технічному обслуговуванні.

6) Збільшена залежність від технологій: хоча технології можуть підвищити безпеку та ефективність, покладатися виключно на технологічні рішення для безпеки та обслуговування може мати недоліки. Надмірна залежність від технологій та штучного інтелекту, зокрема, може призвести до зменшення людського контролю та ймовірності того, що помилки або проблеми не будуть виявлені вчасно.

Вплив заходів щодо скорочення витрат на стандарти безпеки та практику технічного обслуговування залежать від конкретної політики та практики, прийнятої кожною залізницею, а також від зобов’язань керівництва збалансувати скорочення витрат із пріоритетами безпеки та технічного обслуговування. Ефективний регуляторний нагляд та галузеві стандарти також можуть відігравати важливу роль у забезпеченні дотримання стандартів безпеки при організації руху поїздів «за твердими нитками».

Висновок. В результаті проведеного дослідження було проаналізовано основні принципи підходу щодо організації руху поїздів «твердими нитками графіка руху», що підтвердило його значення як одного з ключових

стратегічних підходів для оптимізації залізничних перевезень. Ефективність реалізації підходу залежить від збалансованого підходу залізничних компаній до скорочення витрат, забезпечення високих стандартів обслуговування та технічного обслуговування, а також від посилення регуляторного контролю.

Таким чином, організація руху поїздів за «твердими нитками» має потенціал стати основою для модернізації залізничної галузі, проте потребує детального аналізу та адаптації до особливостей кожної окремої залізничної системи. Збалансоване впровадження цього підходу сприятиме підвищенню конкурентоспроможності залізничного транспорту в умовах зростаючого попиту на швидкі та ефективні перевезення.

Література

1. What is Precision Scheduled Railroading?. Breakthrough: Transportation Management Solutions for Shippers. https://www.breakthroughfuel.com/blog/precision-scheduled-railroading/

2. Q&A Series: Introduction to Precision Scheduled Railroading. (б. д.). ICL Vehicle Logistics & Rail Logistics Visibility Platform. https://iclsystems.com/blog/qa-series-introduction-to-precision-scheduled-railroading/

3. Dick, C. T. (2021). Precision Scheduled Railroading and the Need for Improved Estimates of Yard Capacity and Performance Considering Traffic Complexity. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 036119812110114. https://doi.org/10.1177/03611981211011486

4. Зміна парадигми: PSR або концепція залізниці "на час". (б. д.). Центр транспортних
стратегій. https://cfts.org.ua/blogs/zmina_paradigmi_psr_abo_kontseptsiya_zaliznitsi_na_chas_457

ANALYSIS OF THE KINEMATICS OF TYPICAL LEVER MECHANISMS BY MEANS OF APPLIED MATHEMATICAL PROGRAMS

Kovalchuk Viktoriia – Ph.D., Associate Professor, kovaltchukvv@ukr.net
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract*. This paper is devoted to analyze the possibilities of using special applied mathematical programs for the effective study of the kinematics of lever mechanisms. The solution of a number of important problems regarding the improvement of vehicles is based on the results of the study of the kinematics of the specified mechanisms. The use of software improves the design approach, reduces the complexity of calculations and allows the developer to study in detail the influence of various factors on the kinematics of the mechanism links. It also allows the developer to see the movement of the mechanism and make the necessary changes and adjustments without first creating the actual mechanism, saving money and calculation time.*
Keywords: *kinematic analysis of the mechanism, computer modeling, lever mechanism, applied mathematical programs, complex mechanical systems.*

The relevance of the research is determined by the growing role of computer technologies in the design of modern mechanisms and machines. There is a need to analyze the kinematics of typical component mechanisms of various vehicles. For this, it is advisable to use applied mathematical programs that allow you to generate the functions of the mechanism's positions and perform the differentiation and integration of the equations of motion.

The purpose of the work is to justify the effectiveness of using mathematical software to study the kinematics of typical lever mechanisms and to determine the parameters that ensure the given laws of motion of the mechanism links.

Lever mechanisms are widely used as components for many vehicles, for technological equipment of machine-building enterprises and other industries. Hinged-lever mechanisms have significant advantages: simple design, provision of predetermined movement of links and characteristic points of the mechanism, possibility of simplifying the system of controlling the movement of the machine. Unlike other mechanisms, lever mechanisms are characterized by high reliability, durability, and the ability to withstand long and significant loads. Such mechanisms are successfully used in high-speed technical devices [1]. Lever mechanisms are very important in mechanical engineering and robotics, especially in systems of rotary and translational motion [2].

A variable speed DC motor usually drives lever mechanisms. Further transformations of movement with changes in kinematic parameters can be investigated graphically, analytically or by a combined method. Graphical methods

require the accuracy of geometric constructions. For the graphic method, you can develop an algorithm and use computer programs for engineering graphics.

Analytical methods for solving problems of kinematics of mechanisms are more time-consuming and require special mathematical knowledge. The analytical method provides general applications and solutions that can be used or all configurations of a given mechanism. Instead, the graphical method relies on scale drawings for a given configuration [2].

For mechanisms with a degree of mobility $W = 1$, a generalized coordinate is chosen and a mathematical model is built. For example, for a simple axial crank-slider mechanism, the angle φ of the crank rotation can be taken as a generalized coordinate. Then, according to the rules of geometry, you can make an equation to determine the position of the slider. This equation has the form:

$$s = (r + l) - \left(r \cos\varphi + l \cos\alpha\right),$$

here r – length of the crank,

l – connecting rod length,

α – angle of inclination of the connecting rod.

If we take the parameter $\lambda = \frac{r}{l}$, then the equation takes the form:

$$s = r\left(1 - \cos\varphi\right) + l\left(1 - \sqrt{1 - \lambda^2 \cdot \sin^2\varphi}\right).$$

In order to determine the speed and acceleration of the slider, it is necessary to perform successive time differentiation of the above equation. Kinematic parameters (velocity and acceleration) for other links of the mechanism can also be determined by successive time differentiation of the corresponding equations.

Since the above equation contains a radical, it is advisable to use the application libraries of the Maple mathematical package to accurately determine the derivatives and obtain analytical dependencies. Numerical methods are used for approximate calculations. At the same time, modern mathematical software provides acceptable accuracy of calculation results.

For complex multi-link lever mechanisms, which are increasingly used in vehicles, the vector algebra apparatus is used for kinematic analysis with subsequent implementation in mathematical software [1]. To carry out a kinematic analysis, the geometric parameters of all links of the mechanism must be known. The initial value of the generalized coordinates is also set. The structurally correct assembly of the mechanism depends on the choice of these initial values.

To increase the efficiency of the design of mechanisms of vehicles and technical devices, a lot of software has been developed that implements mathematical models of all components of the mechanisms [3]. Modern software products such as

MathWorks Matlab, Dassault Systems Solid Works, applied libraries of mathematical packet Maple, Mathcad and others are used to study the kinematics of complex mechanical systems. The corresponding programs calculate such motion parameters as the angular velocities and accelerations of the initial link, connectors, and follower mechanisms. The programs allow you to build graphs of movement parameters, taking into account the geometric features of the links and the given law of motion of the initial link. For example, graphs of changes in the angular velocities of the connecting and tracking links depending on time or the angle of rotation of the crank.

To check the conformity of the results of the kinematic analysis, you can use the tools of the Maple environment for analytical calculations, standard methods of numerical analysis in the MatLab program, and the virtual prototyping environment provided by the Working Model software or other software tools. The obtained research results will be useful for engineers and designers in improving the mechanisms of vehicles and other technical devices.

Conclusions. Lever mechanisms are complex mechanical systems that are common in modern vehicles, technological machines and technical devices. Kinematic analysis of such systems is performed during research, which can be conditionally divided into two groups: the task of analyzing existing mechanisms during their technological improvement and the task of synthesis during the design of new mechanisms. Specially developed mathematical software is used to automate the solution of these tasks. Such powerful functions as graphics, object-oriented functions, error handling and visualization of calculation results increase the efficiency of solving the tasks of improving modern vehicles.

R e f e r e n c e s

1. Koshel S., Dvorzhak V., Koshel H., Zalyubovskii M., & Panasiuk I. (2024). Analysis of the third class mechanism using the modeling method in the Matchcad software environment. Scientific Bulletin of National Mining University, (5).

2. Oladejo K. A., Abu R., Oriolowo K. T., Adesokan S. G., Afolabi Z. O., & Oladejo B. N. (2024). A dynamic behaviour of slider-crank mechanism analysis. Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara, 22(2), 131-136.

3. Adesola O. K., Olatunde A. N., Dare A., Rahaman A., & Taofik O. K. (2020). Development and application of a computer program for four-bar linkage and slider-crank mechanisms. Journal of Engineering Studies and Research, 26(3), 28-38.

INCREASING THE WEAR RESISTANCE OF RAIL TRACK ELEMENTS USING NANOTECHNOLOGY

Kosarchuk V.V. – Dr. of Tech. Sci., Professor, kosarchuk_vv@gsuite.duit.edu.ua
Tverdomed V. M. – PhD, docent, tverdomed@gsuite.duit.edu.ua
Bashutskyi I. Ya. – postgraduate, bashutskyi_iya@gsuite.duit.edu.ua
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *A method of producing a lubricating composition is proposed, which allows to significantly reduce the wear of railway rails and wheels of rolling stock in the process of running, prevents electrochemical corrosion of the metal of "wheel-rail" friction pairs, and also stabilizes the value of the coefficient of friction at an optimal level. Experimental studies of wear resistance were carried out on the friction pair "railway wheel tire material sample - railway rail material sample" under conditions of sliding friction. As an additive to the industrial lubricant, nano powder made of rail metal was used, which was produced by the electro erosion dispersion method. The results of the tests show that in the case of using this lubricating composition, there is practically no wear of the rail metal sample after three hours of operation.*
Key words: *lubricant composition, wear resistance, railway rails, rolling stock wheels, nanomaterial*

Formulation of the problem. Creation and implementation of resource-saving technologies is one of the most important current problems of modern mechanical engineering. With regard to railway transport, an important task is to find ways to increase the wear resistance of rolling stock wheel rims and side faces of rails in curved sections of the track. Today, the priority direction for solving the problem of increasing wear resistance is the lubrication of rails and wheels. Since the specified friction pairs are open-type pairs, the lubricants used for their lubrication must meet certain requirements, the main of which are: high lubrication efficiency of the contact surface in a fairly wide range of climatic temperatures, ease of application and the ability to stay in the friction zone for a certain period of time, high resistance to contact loads, prevention of metal corrosion, ensuring the optimal value of the coefficient of friction and its stability during operation, fire safety and minimal impact on the environment, availability and moderate cost. Traditional lubricants often do not fully meet modern requirements for such materials therefore the attention of researchers is paid to the improvement of operational qualities of industrial lubricants with the help of various additives, in particular additives nanomaterials with different chemical composition. Application of lubricants in the friction zone materials can radically change the nature and intensity of friction processes, wear and tear and defect formation, due to which the possibility appears

certain to a certain extent, to control their flow through the use of lubricants of various chemical types composition and consistency and various additives to them.

Research materials and methods. The wear of steel samples under conditions of friction with lubrication was studied. For industrial grease for heavily loaded friction pairs was used for lubrication Greaseline Lithium BIO Rail 000 by AIMOL and lubricating compositions for it based on the addition of nanomaterials with different chemical composition.

Samples for friction and wear tests in sliding conditions were made of rail steel and structural steel 20. To conduct the experiments, a test rig was used with automatic fixation of the moment of friction, temperature and amount of wear of the samples. The discs of the counter body were cut from the rims of decommissioned locomotive wheels. Experiments were conducted under the following conditions: rotation frequency - 300 rpm, normal pressure force - 555 N, continuous operation time - 3 hours. Flat samples with a thickness of 3 mm were used to determine the main mechanical characteristics (modulus of elasticity, yield strength, and conventional strength limit) of the materials used for the manufacture of nano powders.

For the production of lubricating compositions, nano powders were used, which were produced by the method of electro erosion dispersion of additive material granules in a 40% alcohol medium. Pellets from the materials under study were made from mechanical processing waste (shavings) during the production of samples. The obtained metal powders had a dispersion of 100 ... 300 nm. The graphite powder had a dispersion of 6 ... 40 μm. The content of additives in all variants of lubricating compositions was approximately 10 wt. %. Lubrication carried out once by applying two drops of pure lubricant or lubricant composition on the contact surface of the sample before the start of the experiment. A detailed description of the research methodology and results processing is given in [1, 2].

In the process of friction of rough surfaces, the hardness of the surface layers of parts changes due to local plastic deformation, and this phenomenon is directly related to the intensity of wear, but stable correlations of these processes have not yet been found. The hardness of the working part of the samples was determined before and after the experiments. In the initial state, the ratio of the hardness of the counter body material (HRC=35.3) to the average hardness of the rail steel samples is 1.1, and for steel 20 – 1.14. To assess the level of damage to the microstructure of materials in the contact zone and its effect on the tribological characteristics of metal friction pairs, a standardized method [3] was used, which determines the level of material damage based on the parameters of the dispersion of hardness values.

Results of experiments. For rail steel, the best results in terms of increasing wear resistance and achieving the optimal level of the friction coefficient are

achieved when using nano powder of the same steel as an additive to Bio Rail lubricant. After three hours of operation, which corresponds to the length of the friction path of 8.5 km, the amount of wear of the sample did not exceed 0.0015 mm, and the coefficient of friction already after the first hour of operation reached the optimal value for the wheel-rail pair of ~0.25 and thereafter almost did not change. At the same time, the surface hardness of the sample increased by 14.7%. For structural steel 20, the lowest wear rates were recorded for additives of nano powders of steel 20 itself and magnesium alloy, and in the latter case the coefficient of friction was the lowest. Graphite additives had an insignificant effect on tribological indicators. The worst results regarding the amount of wear were found for the lubricating composition with copper powder.

Joint analysis of experimental data on the kinetics of wear, change in hardness and accumulation of damage to the surface layers of the samples made it possible to establish certain correlations between these parameters. In particular, the smallest value coefficient of homogeneity corresponds to the minimum values of wear, and practically for all studied nano-additives to industrial lubricants is visible the tendency to decrease the amount of wear with an increase in relative hardness material in the contact zone. Based on the analysis of the obtained results, it is possible to make an important conclusion is that in the case of using additives to the industrial lubricants, there is no direct correlation between the coefficient of friction and the degree of wear.

Criteria have been formulated for conducting performance assessments of lubricating compositions with additives of different chemical compositions for wheel–rail friction pairs under laboratory conditions. The variation in the current relative hardness of the sample surface, the variation in the level of current relative material damage, the current value of wear amount, and the current level of the coefficient of friction were chosen as the key parameters for a performance assessment. The variation in these parameters during the friction experiment was analyzed in relation to the generalized operating life (in this particular case, this is the length of the friction path or the duration of the experiment, as they are interrelated, with the friction path being equal to about 8.5 km at an experimental duration of 3 h). Additional parameters for the analysis could include the difference in the electrochemical potentials of key chemical elements of the additive and sample materials, the general cost of the lubricant, and so on. The restriction of the choice of additives based on metals, which differ significantly in terms of their electrochemical potential relative to iron, may be introduced as an additional condition. If iron is more active in this kind of galvanic pair (for example, for additives containing copper), then this will accelerate the corrosion of the steel parts in open friction pairs. If the additive material (magnesium, aluminum) is more active, this can lead to a change in

its properties after a short period of time. Therefore, additives from materials with an insignificant difference between the electrochemical potential values of the friction pair materials and the additive can be considered feasible. For steel pairs with open friction (for example, wheel - rail), the use of such additives is unacceptable, because in the open air it will lead to corrosion of the contacting parts. For closed steel friction pairs that work in a lubricating medium, materials for the manufacture of nano powders - additives can be various metals and alloys, as well as some non-metallic materials. However, the effectiveness of such additives should be determined experimentally under conditions as close as possible to the operating conditions of the parts.

Conclusions. In general, based on the results of the experiments, it can be concluded that the use of lubricating compositions from industrial lubricants with additives of nanomaterials, made from the material of the component of the friction pair, which has a lower hardness (in our case, it is medium carbon steel), provides a significant increase in wear resistance and an acceptable value of the coefficient friction. The above results confirm the possibility of using such lubricating compositions to increase the wear resistance of some elements of the railway track (rails, points of turnouts, etc.). Another advantage of using rail steel powder is its moderate cost, since the raw material for its production is waste from the manufacture of rails. It is also promising to use similar lubricating compositions for open friction elements of transport machinery.

R e f e r e n c e s

1. Kosarchuk, V.; Chausov, M.; Pylypenko, A. at all. Increasing Wear Resistance of Heavy-Loaded Friction Pairs by Nanoparticles in Conventional Lubricants: A Proof of Concept. ***Lubricants***, 2022, 10, 64. https://doi.org/10.3390/lubricants10040064

2. Kosarchuk, V.; Chausov, M.; Pylypenko, A. at all. Nano powders of Different Chemical Composition Added to Industrial Lubricants and Their Impact on Wear Resistance of Steel Friction Pairs. *Lubricants,* 2022, 10, 244. https://doi.org/10.3390/lubricants10100244

3. DSTU 7793:2015. (2016) Metallic materials. Determination of the level of scattered damage by LM-hardness method, Kyiv, DP "UkrNDNTs". 15 s. [in Ukrainian]

ASSESSMENT OF RAIL DURABILITY IN CURVED SECTIONS OF RAILWAY TRACK

Kosarchuk V. – Dr. of Tech. Sci., Professor, *kosarchuk_vv@gsuite.duit.edu.ua*
Tverdomed V. – PhD, docent, *tverdomed@gsuite.duit.edu.ua*
Stenzia D. – postgraduate, *stenzia_dv@gsuite.duit.edu.ua*
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The paper presents modern concepts of the contact fatigue crack occurrence in the railhead. Numerical simulation of the contact interaction between rails and rolling stock wheels by finite elements method are presented. The influence of various factors on the modeling results is analyzed. The modern life assessment methodology involves the calculation of the material damage increment at each point of the element as the load varies over time, and subsequent summation of this damage. Upon reaching the ultimate value of the total damage, the structural element is believed to lose its load-carrying capacity. The main advantage of such calculations is the possibility of conducting numerical experiments to determine the influence of various factors on the level of contact stresses and rail durability. The results of such experiments will allow optimizing the design and parameters of the responsible elements of the railway track and rolling stock.*
Keywords: *railway transport, contact stresses, numerical simulation, finite elements method.*

Formulation of the problem. Small-diameter railway tracks are found on metro lines, access roads of industrial enterprises, lines of urban surface rail transport and in mountainous areas.

The routes of metro lines are located mainly along the main transport highways and streets of cities; therefore, they have a fairly large number of curved sections of the track with different radii and lengths. For example, on the Syretsko-Pechersk line of the Kyiv metro, curved sections of the track occupy almost 40% of the entire length of the line. The vast majority of such sections are curves with radii of 400÷600 m, and the total length of sections with a smaller track radius is almost 2000 m.

On the main railway tracks, two track designs are currently used - a jointless track with reinforced concrete sleepers and a link track on wooden sleepers. For sections of track with a radius of less than 350 m, it is mainly the link track on wooden sleepers that is used. The length of such sections in Ukraine is almost 600 km, which is about 2% of the total length of the main tracks. The largest number of such sections is concentrated on the Lviv Railway, and the longitudinal slopes on these sections reach 30‰. These factors negatively affect the technical condition of the sub-rail base and the track as a whole, since significant longitudinal forces caused by the slopes of the railway track are added to the vertical and transverse forces acting on the track from the rolling stock side.

In curves with small radii and low stiffness, which is typical for a link track on wooden sleepers, there is an intensive accumulation of residual track deformations. Added to this is the negative impact of temperature stresses, the magnitude of which for small-diameter tracks can be significant. The consequence of this is a decrease in the stability of the rail-sleeper lattice in the horizontal plane and a possible loss of track stability as a whole. And although the number of such sections may be insignificant, it is they that account for the largest number of repairs. The main reason is increased wear of the rails and wheel flanges of the rolling stock. In addition, in such sections there is also a concentration of various defects of a contact-fatigue nature. The processes of wear and accumulation of fatigue defects occur simultaneously. At low levels of axial load, for example on subway tracks, contact fatigue defects mainly develop. Abrasive wear of the rail material in most cases is not a dominant factor. On main lines with freight and passenger transportation, the main impact on the track is caused by locomotives and freight cars. On sections of small curvature, significant abrasive wear of the side faces of the rails is observed, so contact fatigue defects “do not have time” to develop to critical sizes. The intensity of defect formation processes is significantly influenced by the speed of movement, geometric parameters of the track (radius of curvature, angle of inclination of the rail sole to the base, the amount of elevation of the outer rail), the rigidity of the sub-rail base, axial load, compatibility of rail and wheel profiles, relative hardness of rail and wheel materials, coefficient of friction between them, etc. The listed factors can be considered basic and those that need to be taken into account when developing a methodology for assessing rail durability. The need to create such a methodology is beyond doubt, since it can be the basis for planning track repair work.

Research materials. In the mechanics of materials, the assessment of the durability of a structure is based on determining the magnitudes of stresses and strains and the nature of their change during its operation. Therefore, most of the known methods for assessing the durability of rails under conditions of contact interaction with the wheels of rolling stock are based on the results of calculating the characteristics of the stress-strain state in the contact zone [1-3]. A rail track is a complex spatial structure consisting of many elements - rails, sleepers, spacers, fasteners, and ballast. All these components of the upper structure of the track have different shapes, differ greatly in size, are made of different materials, and have different mechanical and thermophysical properties. Therefore, the calculation of stresses and strains in rails is still considered a very difficult engineering problem. The advantage of numerical methods is the possibility of conducting numerical experiments, from the results of which it is possible to establish the qualitative and quantitative influence of various factors on the behavior of the solution of the problem. In our case, it is advisable to study some operational factors and track

parameters for the magnitude of stresses and deformations in the contact zone of the rolling stock wheels with the rail. Such factors may be, in particular, the magnitude of the slope, the profiles of the rolling surfaces of the wheels and rails, the mechanical properties of the materials of the wheels and rails, the speed of movement, the radius of curvature of the track, etc. Therefore, let us consider the features of conducting such calculations.

The calculation scheme of any boundary value problem of the mechanics of a deformable solid consists of three components – a model of the geometry of the object, a model of boundary conditions and a model of the physical properties of materials. Accurate modeling of the geometric shape will make it possible to take into account the mutual influence of the rail profiles and wheel bands on the magnitude and nature of the distribution of contact stresses. This distribution also depends on the position of the wheel relative to the rail, which in turn is associated with the scheme of force interaction between the wheels and rails, as well as on the geometric parameters of the track itself and its elements (rail inclination angles, track curvature, the amount of elevation of the outer rail, track width, etc.). Some results of such studies are published in [4], where, in particular, it is shown that even for standard rail and wheel profiles, a change in the rail inclination angle increases the maximum contact stresses by almost 1.8 times. The same effect will be exerted by changing the rail height, not to mention the compatibility of the profiles in the contact zone. It should be noted that the results obtained indicate the possibility of controlling the contact stress in a certain way, and therefore influencing the durability of the rails.

The scheme of force interaction between wheels and rails must take into account vertical, horizontal and longitudinal dynamic loads. When moving in curved sections of the track, the force interaction of the crew and the track in the horizontal plane depends on the scheme of fitting the crew into the curve. In this case, three fundamentally different schemes of fitting should be distinguished: free, skew and chordal, for which different schemes of force interaction are implemented.

The magnitudes of dynamic vertical and horizontal lateral forces can also be estimated using spatial models of the “crew – track” interaction [5,6]. In [6], the influence of the radii of curved sections of the metro track, as well as vertical and horizontal irregularities on the magnitudes of vertical and horizontal transverse forces when metro cars move along straight and curved sections of the track at different speeds was considered. It was established, in particular, that at speeds of movement that are implemented on metro tracks (40 – 80 km/h), the magnitude of horizontal transverse forces reaches 12.5-14.8 kN. The uneven elasticity of rail supports causes the emergence of dynamic forces that exceed the static vertical load

by 1.2 times, and local vertical irregularities of the track increase the value of vertical dynamic forces by 1.08-1.15 times.

On curved sections of the track, two-point contact of the wheel with the rail is more often realized, and both contact pads are located in different transverse planes of the rail, the distance between which depends on the radius of curvature of the track, the degree of wear of the rails and wheels, the parallelism of the bogie axes, etc.). Sometimes the so-called conformal one-point contact is realized, which is possible for a combination of some profiles of the contact surfaces of the rails and wheels. The third component of the calculation model of the interaction of wheels with rails - the physical model - also has a significant impact on the simulation results. The ratio of the values of the mechanical characteristics of the materials of the rails and wheels has a strong impact on the level of stresses in the contact zone, which in most cases exceeds the yield strength. In [1], within the framework of the theory of elasticity, the values of the maximum vertical normal stresses for the contact zones on the rail rolling surface and on the rail side face (under two-point contact conditions) were calculated to be 924 MPa and 1389 MPa, respectively (the difference is almost 450 MPa). However, taking into account the possibility of plastic deformations, this difference will not be too large and will be determined by the degree of strain hardening of the rail material, it will not exceed several tens of megapascals, since the value of the maximum stresses will be limited by the deformation diagram of the material.

Under static loading, the deformation theory of plasticity or any variant of the theory of plastic flow can be used as a deformation model. If variants of the kinetic theory of damage accumulation are used to assess durability, then for calculations of the stress-strain state it is necessary to use the corresponding models of the theory of plasticity, for example [7]. Under loading, a heterogeneous complex stress state is realized in the contact zone of the rails. Under cyclic loading, each component of the stress tensor changes according to its own law, therefore, the phenomenon of accumulation of plastic deformations with the number of cycles (the so-called mechanical ratcheting) is observed. This leads to the fact that the material exhausts its plasticity reserves in a certain direction, which leads to failure in the form of a microcrack, which, when reaching certain sizes, grows according to the fatigue mechanism. In [2], an approximate method for estimating the durability of rails was proposed, which takes into account only the main factors that affect the stress-strain state of the rail. The durability criterion was the number of loading cycles before the appearance of an internal crack, and the calculations were performed in a three-dimensional elastic-plastic formulation. For a rail of type P65 and an axial load of 20 tons, the estimated durability was about $12 \cdot 10^6$ cycles. These data correlate quite well with the guaranteed durability of such rails.

Conclusions. The paper considers modern possibilities of modeling the stress-strain state of rails in interaction with the wheels of rolling stock. The influence of various factors on the modeling results is analyzed. Promising directions of such works are considered, in particular, those related to the calculations of curved sections of the track of small radii. The main advantage of calculations based on the finite element method is the possibility of conducting numerical experiments to determine the influence of a particular factor on the level of contact stresses and the corresponding assessment of the durability of rails. The results of such experiments will allow optimizing the design and parameters of the responsible elements of the railway track and rolling stock.

R e f e r e n c e s

1. Ringsberg, J.W. Life prediction of rolling contact fatigue crack initiation. *International Journal of Fatigue*, 2001, 23(7), 575-586. http://dx.doi.org/10.1016/S0142-1123(01)00024-X

2. Kosarchuk, V.; Agarkov, O.; Tverdomed, V. Life assessment of rails by criterion of occurrence of fatigue cracks. *Collection of Scientific Works of the State University of Infrastructure and Technology «Transport Systems and Technologies»*, 2021, 38, 194-200. http://dx.doi.org/10.32703/2617- 9040- 2021- 38- 191-18

3. Monfared, Vahid. Contact Stress Analysis in Rolling Bodies by Finite Element Method (FEM) Statically. *Journal of Mechanical Engineering and Automation*, 2012, 2(2), 12-16. https://doi.org/10.5923/j.jmea.20120202.03

4. Kosarchuk, V. V.; Danilenko, É. I.; Agarkov, A. V. Effect of railcar wheel tire profiles on the contact stress level in subway rails. *Strength of Materials*, 2020, 52(3), 398–406. http://dx.doi.org/10.1007/s11223-020-00190-x

5. Sharma, R.C. Recent Advances in Railway Vehicle Dynamics, Int. J. Vehicle Structures & Systems, 2012, 4(2), 52-63. http://dx.doi.org/10.4273/ijvss.4.2.04

6. Darenskiy, A.N.; Malishevskaya, A.S. Using mathematical models of dynamic systems "crew-track" powers to study the interaction of rolling stock and tracks underground. *Information and control systems in railway transport*, 2017, 1, 43–51. [in Ukrainian]

7. El-sayed, H.M.; Lotfy, M.; El-din Zohny, H.N.; Riad, H.S. Prediction of fatigue crack initiation life in railheads using finite element analysis. *Ain Shams Engineering Journal*, 2018, 9, 2329–2342. http://dx.doi.org/10.1016/j.asej.2017.06.003

PROSPECTS OF USING COMPOSITE REINFORCEMENT IN TRANSPORT CONSTRUCTION

Kosarchuk V.V. – Dr. of Tech. Sci., Professor, *kosarchuk_vv@gsuite.duit.edu.ua*
Yarukhin Yu.Yu. – postgraduate, *yarukhin_yuyu@gsuite.duit.edu.ua*

Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *Recently, the use of composite concretes has been spreading in the practice of transport construction. This is an innovative building material based on concrete, reinforced with composite reinforcement. The main advantages of composite reinforcement are high specific strength, resistance to all types of corrosion, environmental friendliness of the manufacturing process, lower cost compared to steel reinforcement, and others. This paper considers the main areas of application of composite concretes in transport construction, as well as the main problems that prevent their mass use in our country.*
Key words: *reinforced concrete, composite reinforcement, transport construction.*

Formulation of the problem. The use of innovative technologies in transport construction is associated, in particular, with the improvement of traditional building materials, for example, reinforced concrete. Traditionally, steel reinforcement is used to reinforce reinforced concrete elements. Due to its high strength, reinforced concrete is widely used in the practice of transport construction. In most countries, the use of steel reinforcement is traditional and is regulated by relevant regulatory documents in various kinds of construction.

However, steel reinforcement has significant disadvantages, the main of which are susceptibility to chemical and electrochemical corrosion, high specific gravity (by weight, metal reinforcement is 10 times heavier than fiberglass with the same length and diameter), relatively low specific strength (the tensile strength of composite reinforcement is 2-3 times higher than that of steel), electrical conductivity. In the transport industry, reinforced concrete is used in the construction of roads, bridges, tunnels, railway tracks, etc. However, the use of steel reinforcement to strengthen the top layer of hard-type roads has revealed a significant dependence of the durability of such roads on the negative impact of chemical reagents used in winter during icing (the so-called chloride corrosion). According to published data, the USA alone annually emits about 100 billion dollars for the reconstruction and repair of roads that were damaged due to winter climatic factors and the use of chemical reagents.

A certain alternative is the use of non-metallic reinforcement - composite. Therefore, back in the 70s of the last century, American engineers began to use fiberglass reinforcement. Today, the leader in the use of composite reinforcement for road construction is Canada [1,2]. In our country, the experience of using such

reinforcement is much less, although regulatory documents have already been developed regarding its use in various kinds of construction (for example, DSTU-N B V 2.6-185:2012).

Research materials. Let's consider the main advantages of composite reinforcement and the features of its use for strengthening transport structures.

Today, several types of composite non-metallic reinforcement are used in the world: fiberglass, basalt plastic, carbon plastic, hybrid and glass-reinforced polyethylene terephthalate. The main advantages of composite reinforcement are high specific strength; resistance to all types of corrosion, and therefore high durability. It should be added that fiberglass has almost the same coefficient of linear thermal expansion as concrete, so when the temperature changes in reinforced concrete, significant temperature stresses will not arise. Another important advantage of composite reinforcement is its cost, which in most cases is significantly lower than the cost of steel. It should also be mentioned about the environmental friendliness of the technological process of manufacturing such reinforcement. Unlike metallurgical plants, its manufacture does not require complex technological equipment, such production can be quite affordable for small private enterprises.

The most significant disadvantage of composite reinforcement is its lower stiffness compared to steel (the modulus of elasticity of composite reinforcement is 3.5–4 times lower than the modulus of elasticity of steel), as well as the absence of plastic deformations at normal temperature. Therefore, in those areas of a reinforced concrete structure where high tensile stresses occur (such an area is, for example, the lower layers of a cement-concrete road surface), the reinforcement bars may break or lose contact with the concrete (pulling out of the reinforcement). With the accumulation of operational damage in the roadbed, cracks will sooner or later appear. Steel reinforcement, due to the plasticity of the material, will restrain the development of such cracks, and fiberglass reinforcement, due to its fragility, may shear. In addition, manufacturers of fiberglass reinforcement claim that rods of smaller diameter can be used for reinforcement, since it is stronger than steel. However, as the diameter decreases, the area of contact between the reinforcement and the concrete also decreases, so there is a possibility that the fiberglass reinforcement will pull out and therefore will not perform its main function - strengthening the structure.

The traditional technological process for manufacturing composite fiberglass reinforcement consists of a number of operations: unwinding glass (or other) fibers, drying them, impregnation with a binder material, forming a cross-sectional profile and polymerization of the binder material.

Increasing the stiffness of fiberglass reinforcement can be achieved in several ways:

- by changing the components of this composite material, using new fillers and polymer bases;

- by creating an initial stress state in the reinforcement;

- by changing the design of the reinforcing bar.

The use of any of these methods requires changes to the technological process for manufacturing composite reinforcement, which will certainly affect its cost.

An analysis of the literature data has shown that the use of the first two methods does not significantly increase the modulus of elasticity of fiberglass reinforcement. For example, even adding carbon nanotubes to glass fibers can increase the modulus of elasticity of the reinforcement by only 3...4%. In addition, replacing the components of the composite material in most cases leads to a significant increase in the price of fiberglass reinforcement. The creation of an initial state of tension, for example, by twisting glass fibers during the manufacture of fiberglass reinforcement, can cause the destruction of longitudinal bonds in the reinforcement and significantly complicates the technological process of its manufacture.

The most promising, from our point of view, way to increase the rigidity of fiberglass reinforcement is to change its design. In the patent [3], new designs of composite reinforcement were proposed, which allow to provide a controlled increase in its rigidity.

Another important problem related to the strength and reliability of reinforced elements of building structures is the adhesion of reinforcement to concrete. For better adhesion to concrete, artificial irregularities are created on the surface of the reinforcement, due to which the area of the contact surface is increased.

For composite reinforcement, spiral winding or sprinkling with quartz sand is traditionally used. Depending on the diameter of the main rod, the pitch of such spiral winding is 9–16 mm. In steel reinforcement, a corrugated surface is also formed during its manufacture, but the distance (pitch) between adjacent protrusions (corrugations) is much smaller. Therefore, the area of adhesion to concrete of steel reinforcement is much higher compared to composite with the same diameters of rods. To improve the quality of concrete reinforcement with composite reinforcement, it is necessary to study the combined operation of reinforcement and concrete under various types of loading that are characteristic of reinforced elements of road pavement structures.

The main conclusion that can be drawn from the analysis of the known results of laboratory studies is that the interaction of reinforcement with concrete is provided by the following main factors: contact interaction of the elements of the relief of the outer surface of the reinforcement with concrete, friction and molecular interaction (adhesion). Moreover, the results of laboratory studies show that the last two factors together provide no more than 20 ... 25% of the strength of such a connection.

Therefore, the decisive factor is the mechanical interaction of reinforcement with concrete, the nature of which depends on the size and shape of the cross-section of the reinforcement rod, the method of forming and the profile of the outer surface of the reinforcement (quartz sand sprinkling, spiral winding, corrugations, etc.), as well as on the mechanical properties of the materials. For reinforcement on the surface of which there is no relief, the pulling force from concrete is 2 ... 3 times smaller compared to relief reinforcement [4].

Two main methods are used to manufacture composite reinforcement (fiberglass or basalt-plastic) - pultrusion and needle-punching. The first method involves drawing glass or basalt fibers impregnated with thermosetting resin through one or more heated dies, which form a periodic profile of the outer surface of the rod. A feature of such reinforcement is that the protrusions (corrugations) on its surface have generally the same structure as the main rod. Note that this technology is more complex and expensive compared to the needle-punching method, but according to user feedback it provides higher quality reinforcement.

For reinforcement manufactured using the first method, the design parameters of the reinforcement are: the diameter of the reinforcing rod, the size and shape of the protrusions, and the distance between them.

In the second method (needle-twisting), the dies are used only to form the main rod, and the outer profile of the reinforcement is formed by winding with tension bundles of the corresponding fibers (usually spiral winding is used), and thermosetting resins or other compounds are used to fix the winding. A feature of such reinforcement is the presence of a layer of compound between the rod body and the winding bundle. Therefore, when calculating the strength of such reinforcement, the mechanical properties of the compound should be taken into account. For reinforcement manufactured by the needle-twisting method, the design parameters are: the diameter of the reinforcing rod, the winding material, the dimensions and shape of the cross-section of the winding bundle, the pitch and angle of the winding, the material of the compound.

The values of the mechanical properties (moduli of elasticity, Poisson's ratios, yield strength, strength and cyclic endurance) of concretes and composites depend very much on the grades of the starting materials for their manufacture and also on the manufacturing technology. This is the main obstacle to the development of domestic standards that regulate the requirements for the characteristics of the physical and mechanical properties of reinforcement and methods for controlling its quality, as well as building codes that regulate the rules for calculating and designing complex composite concrete structures.

Despite the above problems, composite reinforcement is currently widely used in many countries in transport construction. First of all, it is used to reinforce asphalt

concrete road pavement. Such reinforcement reliably protects the coating from rutting and thermal fatigue cracks, which significantly increases the service life of roads.

Composite reinforcement is also used to strengthen the banks of reservoirs, when building slopes and embankments on weak foundations (swamps or soil with high humidity). In such structures, the reinforced mesh is simply laid on top of the embankment or poured with concrete.

Certain types of composite reinforcement are used in the construction of water treatment facilities and sewer pipes.

In the railway industry, composite reinforcement is used to strengthen the base under sleepers, in the construction of the metro, passenger platforms and loading platforms, as well as trays and pipes for drainage. The successful experience of using composite concretes allows us to predict a gradual expansion of their areas of use.

Conclusions. In reinforced concrete products, it is very difficult to replace steel reinforcement with composite reinforcement everywhere. However, from the analysis of the above data, we can conclude that the use of composite reinforcement will be appropriate and effective in cases where it is necessary to use the specific properties of such reinforcement, namely high chemical resistance, radio transparency, high specific strength and relatively low cost.

For the mass use of composite reinforcement in construction, it is necessary to develop standards that regulate the requirements for the characteristics of the physical and mechanical properties of reinforcement and methods for controlling its quality, as well as building codes that regulate the rules for calculating and designing complex composite concrete structures. Until the implementation of these measures, it is recommended to design composite concrete structures only using foreign design standards [5].

References

1. Benmokrane, B.; El-Salakawy, E.; El-Ragaby, A.; Lackey, T. Designing and testing of concrete bridge decks reinforced with glass FRP bars. *Journal of Bridge Engineering*, 2006, 3-4, 217-229.

2. El-Salakawy, E.; Benmokrane, B.; Desgagné, G. Fibre-reinforced polymer composite bars for the concrete deck slab of Wotton Bridge. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 2003,30 (3),861-870.

3. Kyyashko, V.T.; Chausov, M.G.; Kosarchuk, V.V.; Saliy, I.V. Method of manufacturing composite reinforcement. Patent of Ukraine for utility model No. 144794, valid from 27.10.2020, Bulletin No. 20. [in Ukrainian]

4. Gu, X.; Yu, B.; Wu, M. Experimental study of the bond performance and mechanical response of GFRP reinforced concrete. *Construction and Building Materials*, 2016, 114, 407-415.

5. ACI 440.1R-06 Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with FRP Bars. American Concrete Institute, 2006, 44 p.

INTRODUCTION OF PREDICTIVE TECHNICAL DIAGNOSTICS OF ELECTRICAL EQUIPMENT OF MAINLINE ELECTRIC LOCOMOTIVES

Menzatiuk O.P. – Master's student, *menzatiuk.o@gmail.com*
Johannes Kepler University
Austria, Linz
Melnyk O.S. – postgraduate student, *omelnyk602@gmail.com*
Dubravin Y.F. – Associate professor, *dubravin_yf@gsuite.duit.edu.ua*
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The state of the system of scheduled technical inspections and repairs of mainline locomotives is analyzed and its inefficiency and high cost are noted. The issue of adjusting the repair strategy depending on the condition of the locomotive equipment is considered. The introduction of adapted and flexible approaches to locomotive maintenance requires the processing of significant amounts of information. The paper considers the use of methods of condition monitoring based on artificial intelligence. It is established that existing methods allow collecting a sufficient amount of statistical information about the condition of objects and predicting their service life. This creates conditions for the implementation of system repair depending on their condition.*
Keywords: *diagnostics, methods, isolation, mathematical model, predictive parameters*

The relevance of the study is due to the high level of costs for scheduled periodic repairs of mainline locomotives. The existing repair system does not provide the required level of reliability of locomotives during operation.

The purpose of this paper is to conduct an overview analysis of the feasibility of implementing a system for repairing mainline locomotives depending on the condition of the equipment. Traditional diagnostic methods do not provide an answer to the question of when the next inspection or repair of the system is necessary. Most locomotive depots have continued to use an outdated system of scheduled preventive maintenance of locomotives for decades to protect themselves from operational failures. In this case, all scheduled repairs are carried out at a specified interval and with a specified range and scope of work for each type of repair. In most cases, repairs are carried out on equipment that is actually in good working order, and there is still a risk of failures during overhaul periods. Parts are replaced regardless of their remaining service life. Repairs with equipment inspection tend to increase the failure rate in the post-repair period. Therefore, the system with fixed overhaul runs requires significant funds for repairs and does not ensure a high level of reliability of locomotives in operation.

Paper [1] substantiates the need to introduce control of the technical condition of locomotives to ensure the transition to a system of preventive maintenance. The paper considers the issues of adjusting the existing volumes and frequency of repairs,

introducing adapted and flexible approaches to locomotive maintenance. The implementation of this approach will ensure the effective use of monitoring results and a gradual transition to predictive maintenance. The development of monitoring and diagnostic methods and modern sensors makes it possible to obtain large amounts of data on the technical condition of equipment, analyze it and, based on this, issue a forecast for the possibility of preventive maintenance. Predictive diagnostics creates the conditions for implementing system repairs depending on their condition. Thanks to the prognostics complex, timely maintenance is possible during the operation of locomotive equipment, preventing emergencies, reducing repair costs and increasing production efficiency.

Predictive diagnostics and predictive analytics involve building a mathematical model of changes in the state of the diagnosed equipment based on statistical data [2]. Predictive analytics is based on a sufficient amount of statistical data from sensors installed on the locomotive facilities being diagnosed. The computing power, volume and storage of data are provided by artificial intelligence systems. Artificial intelligence systems allow collecting statistical information online, building models based on it, drawing conclusions about the condition of objects and predicting their service life. Artificial intelligence methods can use statistical methods of signal processing to identify patterns related to malfunctions and, based on them, provide estimates of the service life of locomotive objects . Such systems are capable of learning and adapting to the analysis of the parameters of specific equipment [3].

There are many methods and architectures of neural networks, which determine the format of the data required to train such a network. For example, the most common and effective type of neural network for a given task is a feedforward neural network or one of its modifications. This architecture requires a large amount of data with reference values, the process of obtaining which is often very time-consuming and expensive. Although neural networks are designed to generalize to unknown data, it is important to note that a trained neural network will only produce correct results when used in the same domain as the data it was trained on, which is a significant limitation.

Paper [4] describes the study and shows the effectiveness of using a feedforward neural network to detect and localize short circuits in the windings of a three-phase induction machine. The proposed neural network was trained and tested using experimental signals from six stator current sensors. Artificial intelligence is also the basis of a class of diagnostic systems based on programmable hardware systems. Here, the intellectual component is present in the form of artificial intelligence and artificial neural networks. An artificial neuron is the basic module of neural networks and models the basic functions of a natural neuron. Just like a neuron in the human brain, an artificial neuron receives a signal, processes it, and transmits it to the next

neurons it is connected to. In modern neural networks, dozens of neurons are connected in layers of neurons, which in turn are connected in series and transmit information to each other. When diagnostic systems operate, the first neural layer receives a lot of input signals, so that such systems can efficiently process large amounts of data. Based on diagnostic indicators obtained in different operating conditions, neural networks can be trained to effectively recognize and predict the technical condition of objects.

The goal of training a neural network is to enable the model to predict abnormalities for each specific element and type of equipment based on real-time operating results. To train the algorithms of artificial intelligence, it is necessary to have a large array of data on various faulty states of equipment. Artificial intelligence-based condition monitoring methods using cloud computing remove any restrictions on the placement and processing of such arrays [5]. Artificial intelligence is becoming widely used in various industries and is promising for predicting equipment failures of mainline locomotives. Automated intelligent diagnostic complexes for induction motors (AD) based on the analysis of the spectrum of current consumed by the stator winding have been created by . The complex allows to automatically identify defects in the windings and the component that highlights the spectrum pattern for further human analysis.

The use of the Wavelet transform method with data localization both in time and frequency opens up additional opportunities for data processing, noise removal, and increases the efficiency of spectral analysis methods A nonintrusive diagnostic method using frequency response analysis FRA allows diagnosing and detecting faults and abnormal conditions in the windings of electrical machines. In [6], the deviations of the FRA frequency response and stator currents were analyzed using an artificial neural network (ANN) to detect faults in the AD. Monitoring and diagnostic methods improve and expand the list of monitored parameters. To diagnose malfunctions of rotating equipment, such strategies as oil analysis, temperature analysis, vibration signal analysis, analysis of electrical and magnetic characteristics are used.

Conclusions. Existing methods of monitoring and diagnostics, including online and offline testing, modern sensors, automated intelligent diagnostic systems in in combination with artificial intelligence systems allow collecting statistical information online, drawing conclusions about the condition of objects and predicting their service life. This creates conditions for the introduction of system repair depending on their condition. the gradual introduction of prognostics in the maintenance of mainline locomotives can lead to an increase in the reliability of their operation and a reduction in repair costs.

References

1. Bondar, B., Ockasov, O., Petrenko, V., & Martishevskij, M. (2022, September). Implementing intelligent monitoring of the technical condition of locomotive hydraulic transmissions. In International Conference TRANSBALTICA: Transportation Science and Technology (pp. 726-736). Cham: Springer International Publishing.

2. Dubravin, Y., Shostak, Y., Bakhonya, V., & Tkachenko, V. (2024). Justification of choice of methods for diagnostics of insulation condition of electrical machines of electric railway stock. Transport systems and technologies, (43), 76-89.

3. Junior, R. F. R., dos Santos Areias, I. A., Campos, M. M., Teixeira, C. E., da Silva, L. E. B., & Gomes, G. F. (2022). Fault detection and diagnosis in electric motors using 1d convolutional neural networks with multi-channel vibration signals. Measurement, 190, 110759.

4. Imoru, O., Nelvamondo, F.W., Jimo, A. and Ayodele, T.R. (2021). A neural network approach for winding fault detection in an electric machine. International Journal of New Electric Power Systems, 22 (1), 31-41.

5. Kudelina, K., Vaimann, T., Asad, B., Rassõlkin, A., Kallaste, A., & Demidova, G. (2021). Trends and challenges in intelligent condition monitoring of electrical machines using machine learning. Applied Sciences, 11(6), 2761.

6. Gandhi, Ketan & Badgujar, Ketan. (2014). Artificial neural network based identification of deviation in frequency response of power transformer windings. Conference IEEE.: 2014 Annual International Conference on Emerging Research Areas: Magnetics, Machines and Drives (AICERA/iCMMD).1-8. 10.1109/AICERA.2014.6908217

.

MULTI-ZONE OVERMODULATION REGULATION OF MULTIPHASE POWER CONVERTERS OF TRACTION SYSTEMS

Oleschuk V. – Doctor of Technical Sciences, *oleschukv@hotmail.com*
Institute of Power Engineering
Technical University of Moldova
Republic of Moldova, Kishinau

Abstract*. The paper presents results of the analyzes of operation in the overmodulation control zone of the five-phase and six-phase power electronic converters (inverters) for transport application, regulated by algorithms of synchronous multi-zone pulsewidth modulation (PWM). Overmodulation control region of power converters is characterized by an increased complexity in comparison with undermodulation control modes, but in this case modified schemes and techniques of synchronous PWM insure providing symmetry of the base voltage in systems during linear control of the magnitude of the fundamental output voltage of inverters in the zone of overmodulation. Simulations give a behavior of transport-oriented five-phase and six-phase power converters operating in the zone of the highest fundamental frequency of traction drives.*
Keywords*: power electronic installations, variable-voltage variable-frequency electric drives, high modulation indices of inverters, voltage synchronization*

Relevance of the work. In accordance with "Green Deal" concept of the European Union, innovations in the field of electric transport and electrified mobility have priority among transport-oriented research areas.

Purpose of the study is in presentation of short overview of the results of recent development and dissemination of the method of synchronous multi-zone PWM to complicated overmodulation control regimes of transport-oriented five-phase and six-phase voltage source power electronic inverters.

It is known, that power electronics systems and installations are the main work-horses of hundreds of thousands of electrical and hybrid vehicles [1, 2].

In order to provide continuous synchronization and symmetry of the output voltage of power inverters, including transport-focused multiphase inverters, novel me-thod of synchronous multi-zone PWM has been developed for the control of synchro-nously modulated five-phase and six-phase converters [3 – 8].

Fig. 1 presents basic topology of the five-phase inverter with neutral point *n* [3, 5, 6]. Fig. 2 shows diagram of voltage space-vectors of the inverter consisting from ten large (**1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10**) and ten medium (**1', 2', 3', 4', 5', 6', 7', 8', 9', 10'**) voltage space-vectors [5]. In accordance with the proposed strategy of synchronous PWM, disseminated for five-phase systems, control scheme during overmodulation regime of inverters consists from three stages which provide finally smooth transition to the ten-step control mode at the maximum fundamental frequency of five-phase install-lations. In particular, Fig. 3 shows the base voltages

(symmetrical voltage wave-forms) of five-phase inverter operating in the second stage of overmodulation zone, (fundamental frequency of system is *F = 48.75 Hz*, coefficient of modulation of inverter is *m = 0.975*, and switching frequency of inverter is equal to *3 kHz*) [6]. The proposed scheme of synchronous multi-zone PWM of five-phase converter assures also process of linear control of the fundamental voltage of system during the whole control diapason. Fig. 4 illustrates this linear variation of the first harmonic of the fundamental voltage as function of modulation index *m* of five-phase inverter [6].

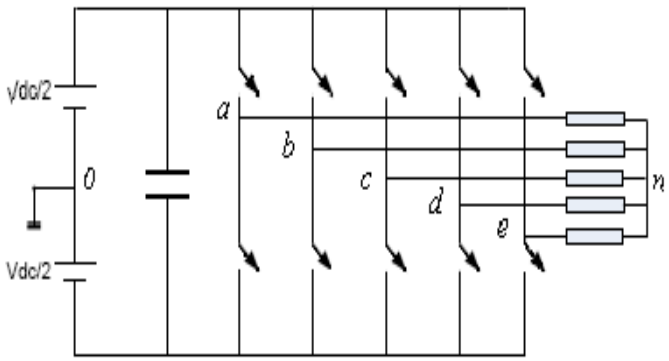


Fig. 1–Topology of five-phase inverter

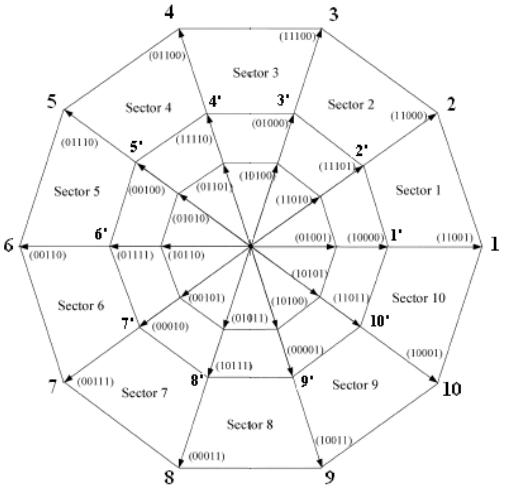


Fig. 2 – Voltage space-vectors of the inverter .

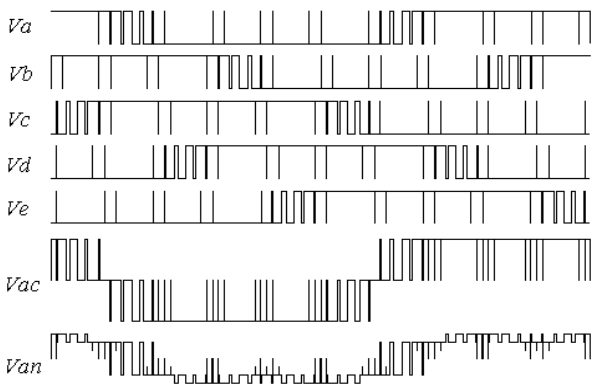


Fig. 3– The base voltages of five-phase system with synchronous PWM

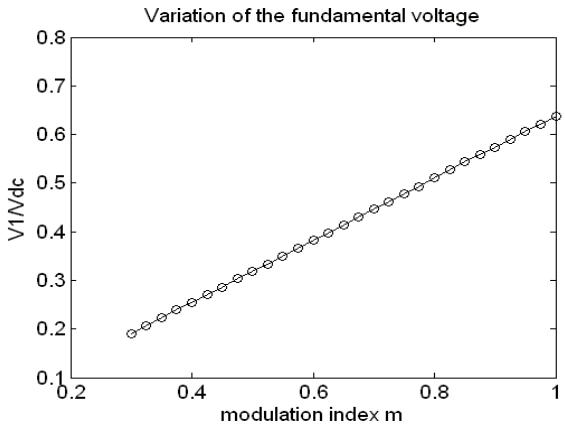


Fig. 4 – Fundamental voltage versus index of modulation m of five-phase inverter

Ones of perspective topologies of the medium-power and high-power transport drives are six-phase structures of systems [4, 6-8]. Fig. 5 presents four inverter-based topology of six-phase drive system with open-end windings of six-phase induction motor [4]. Therefore, this system topology includes two blocks of two neutral-point-clamped inverters feeding six-phase electrical machine with two sets of open-end

stator windings. As for three-phase drive systems, for six-phase inverter-based transport drives overmodulation control strategy of PWM inverters is based on two-stage control scheme [4, 6-8]. Correspondingly, Fig. 6 shows basic voltage waveforms and spectrum of the phase voltage in system with inverters operating at the first stage of the zone of overmodulation, and Fig. 7 shows the corresponding diagrams for a system operating at the second stage of the zone of overmodulation [4].

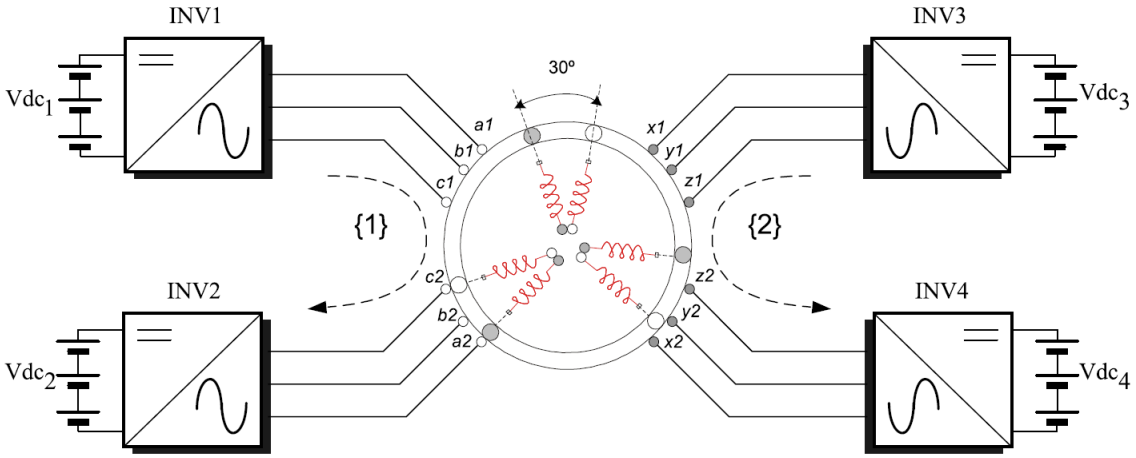


Fig. 5 – Structure of six-phase traction drive based on four neutral-point-clamped inverters

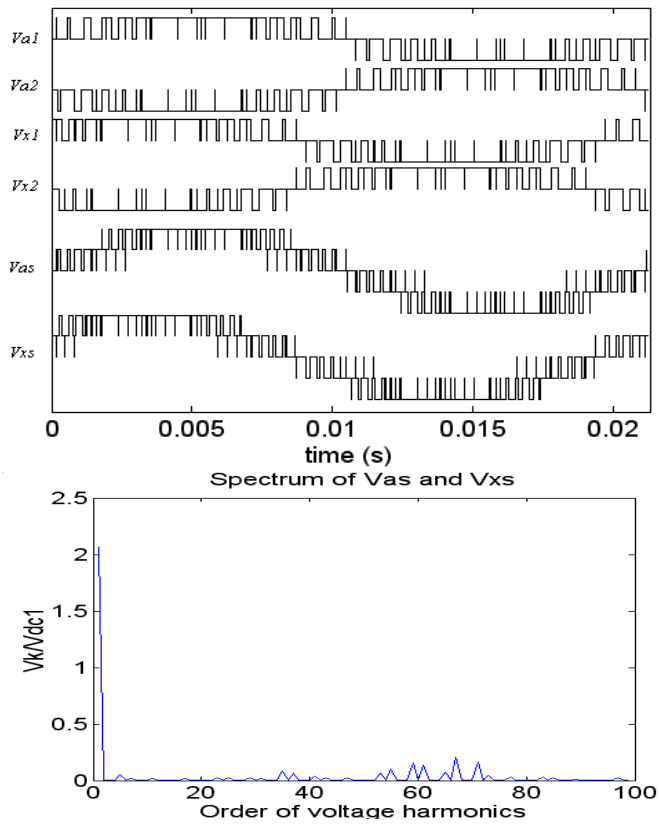


Fig. 6 – Pole voltages V_{a1}, V_{a2} and V_{x1}, V_{x2},

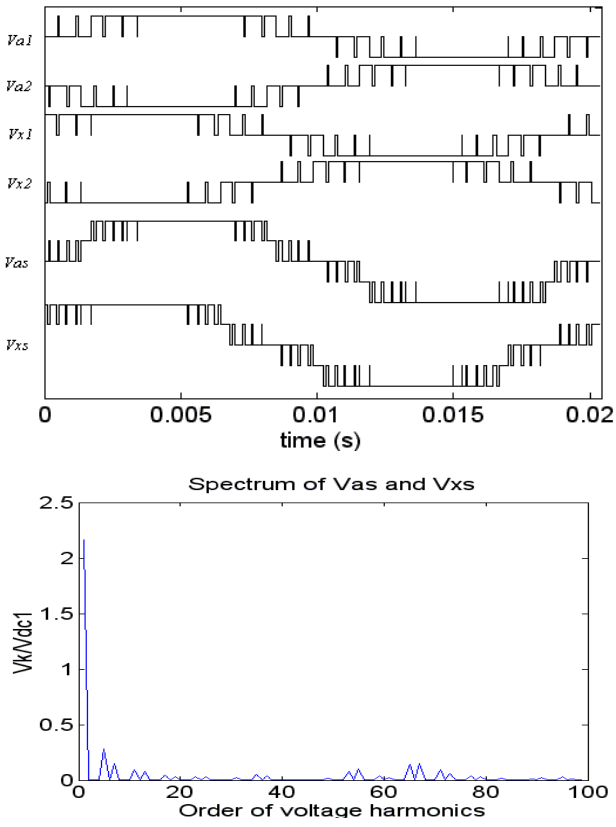


Fig. 7 – Pole voltages V_{a1}, V_{a2} and V_{x1}, V_{x2},

phase voltages V_{as} and V_{xs} (with its spectrum), of six-phase system with four inverters controlled by discontinuous synchronous PWM at the first stage of the zone of overmodulation (F = 47Hz, $m_1 = m_2 = m_3 = m_4 = 0.94$, $F_s = 1kHz$).

phase voltages V_{as} and V_{xs} (with its spectrum), of six-phase system with four inverters controlled by discontinuous synchronous PWM at the second stage of the zone of overmodulation (F = 49Hz, $m_1 = m_2 = m_3 = m_4 = 0.98$, $F_s = 1kHz$).

The presented in Fig. 6 and Fig. 7 diagrams prove the fact, that phase voltages V_{as} and V_{xs} of six-phase drive system on the basis of four neutral-point-clamped inverters with synchronous PWM have quarter-wave symmetry during the whole control range (including zone of overmodulation), and its spectra do not include even harmonics and sub-harmonics, which is especially important for high power/high current applications.

Conclusions. Overmodulation regimes are ones of the most complicated and sophisticated control modes of drive inverters. Specifically modified strategies and techniques of synchronous multi-zone PWM for regulation of inverters of five-phase and six-phase drives insure both linear control of the fundamental voltage in systems and symmetry of the base voltages in this specific control zone.

Therefore, two-stage control strategy in the zone of overmodulation is the most suitable for regulation of inverters of three-phase and six-phase drives, and three-stage control scheme is the most suitable for overmodulation regulation of five-phase inver-ters. Also, the absence of even harmonics and subharmonics in the spectra of phase vol-tage and current in inverter-based systems with synchronous PWM ensures a reduction in losses in the systems, which leads to an increase in the efficiency of its operation.

R e f e r e n c e s

1. Quraan, M., Yeo, T., & Tricoli, P. (2016). Design and control of modular multilevel converters for battery electric vehicles. *IEEE Trans. Power Electron*., 31:1, 507-517.

2. Afonso, J.L., Cardoso, L.A.L, Pedrosa, D., Sousa, T.J.C., Machado, L., Tanta, M., & Monteiro, V. (2020). A review on power electronics technologies for electric mobility. *Energies*, (13), 6343.

3. Graditi, G., Griva, G., & Oleschuk, V. (2010). Overmodulation control of five-phase inverters with full dc-bus voltage utilization. In: *2010 IEEE Symp. on Power Electron., Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM'2010)*, 838-843.

4. Oleschuk, V., Gregor, R., Rodas, J., & Giangreco, A. (2013). Dual three-phase system based on four neutral-point-clamped inverters with synchronized space-vector modulation. In: *2013 European Power Electronics Conf. (EPE'2013)*, 1-10.

5. Oleschuk, V. , Ermuratskii, V., & Pastor, M. (2019). Alternative methods of synchronous space-vector PWM for transport-oriented converters and drives. In: *2019 IEEE Int'l Conf. on Electrical Drives and Power Electronics (EDPE'2019),* 327-334.

6. Oleschuk, V., Ermuratskii, V., & Vasiliev, I. (2020). Review of overmodulation control techniques of drive inverters with synchronous space-vector PWM. In: *2020 IEEE Int'l Conf. on Development and Application Systems (DAS'2020)*, 98-105.

7. Vasiliev, I., Tirsu, M., & Oleschuk, V. (2023). Modified schemes of control and multi-zone PWM of diode clamped inverters of drive installations. In: *2023 IEEE Int'l Conf. on Electromechanical and Power Systems (SIELMEN'2023*, 1-6.

8. Oleschuk, V. & Tirsu, M. (2023). Basic aspects of the theoretical and practical relevance of the method of synchronous multi-zone PWM for power inverters. In: *2023 IEEE Int'l Conf. on Electromechanical and Energy Systems (SIELMEN'2023)*, 1-8.

COMPARATIVE STUDY OF BATTERY DISCHARGE CHARACTERISTICS FOR ELECTRIC VEHICLE APPLICATIONS

Priyadarshini M.S.– Doctor of Engineering, Professor and Head,
priyadarshini@ksrmce.ac.in
Department of Electrical and Electronics Engineering
K.S.R.M College of Engineering (Autonomous)
India, Kadapa 516005

Abstract*. The paper presents a comparative study of battery technologies in terms of a comparative analysis of four battery types commonly used in electric vehicles (EVs): lithium-ion, lead-acid, nickel-cadmium (NiCD), and nickel-metal-hydride (NiMH). Emphasis is placed on discharge characteristics, including nominal voltage, rated capacity, and stability under different load conditions, to assess each battery's suitability for EV applications. Lithium-ion batteries demonstrate high energy density and a stable discharge curve, making them the most suitable for long-range and high-performance EVs. In contrast, lead-acid, NiCD, and NiMH batteries show limitations in voltage stability, capacity retention, or environmental impact, which affect their usability in modern EVs. This study highlights the significance of understanding discharge behavior to optimize battery selection, with lithium-ion batteries emerging as the optimal choice for efficient EV performance.*
Keywords*: electric vehicles, battery technology, lithium-ion, discharge stability, energy storage, battery management systems*

Relevance of the work is conditioned by the increasing demand for efficient and sustainable energy solutions in the transportation sector. As electric vehicles become a preferred alternative to traditional combustion-engine vehicles, selecting appropriate battery technology is vital to ensuring optimal performance, range, and safety. Given that batteries are central to EV functionality, understanding their discharge behavior, capacity, and limitations is essential for industry professionals and researchers working on EV infrastructure and design. This study contributes to this goal by providing a structured comparison of commonly used battery types and their performance under various conditions, addressing the knowledge gap in battery selection for specific EV needs. An attempt is made to consolidate information on battery performance for EV applications, to provide information for optimizing battery selection and management in electric vehicle technology.

Research Purpose is to conduct a comparative analysis of battery types used in electric vehicles, specifically focusing on discharge characteristics, stability, and suitability for EV applications. This analysis includes lithium-ion, lead-acid, nickel-cadmium (NiCD) and nickel-metal-hydride (NiMH) batteries, examining key factors such as nominal voltage, capacity, and internal resistance. Additionally, the study highlights the role of battery management systems in extending battery life, maintaining safety, and optimizing performance under varying load conditions. This

comparison aims to guide manufacturers, engineers, and researchers in making informed decisions regarding battery selection and management in EVs.

Technology for electric vehicles (EVs) has emerged as a promising alternative due to depletion and detrimental environment effects of fossil fuels. This opens up the possibility of using electrical energy for vehicle propulsion by simultaneously reducing the need for fossil fuels. Electric motors in EVs are driven by electricity that is stored in batteries. To enhance this technology, research on the performance of an EV battery storage system are now essential. Photovoltaic power generating and battery energy storage systems are integrated with multiport converter-based EV charging stations. A promising replacement of internal combustion based vehicles n be assured by use of electric vehicles. Charging of EVs is the challenge to be faced. In [1], review is done about the works related to charging of EVs in smart grid and research challenges that require attention are also addressed. In the discharge characteristics, the end of the linear zone is represented by nominal voltage based on information from [1] to [3]. An in-depth review of battery electric vehicle technology, addressing readiness levels and highlighting various battery chemistries used in EVs, which complements the comparison in this study is offered in [4]. Energy storage technologies in EVs are reviewed in [5], providing comparative insights relevant to battery selection for different performance requirements. Other references [6, 7] provide foundational insights into battery technology.

Battery types and Performance Metrics

This study examines four common battery types for electric vehicle (EV) applications, each with unique characteristics and implications for EV performance.

1. Lithium-ion batteries
2. Lead-acid batteries
3. Nickel-cadmium batteries
4. Nickel-Metal-Hydride batteries

Discharge Characteristics

The discharge characteristics of each battery type are crucial for understanding their applicability in EVs, as these characteristics determine how consistently a battery can deliver power over its usage cycle. Discharge curves show the relationship between the battery's output voltage and the level of charge remaining, which directly affects range and reliability. Table 1summarizes the discharge rates and voltages for all considered battery type across different current loads.

Maximum Capacity is the highest amount of charge the battery can store. Cut-Off Voltage is the minimum voltage level at which the battery is considered discharged and should not continue to power devices. This cut-off voltage is essential to prevent over-discharge, which can damage the battery. Fully-Charged Voltage is the peak voltage level when the battery is fully charged. Nominal Discharge Current

is the current level (e.g., 1.1 A) used during normal discharge conditions. This current setting helps gauge each battery's performance under typical EV loads. The discharge characteristicsconsidered for simulation are for currents 6.5A, 13 A and 32.5 A.

Table1– Values related to discharge characteristics

S.No	Parameter	Values
1	Maximum capacity	5.6 Ah
2	Cut-off voltage	5.25 V
3	Fully-charged voltage	8.3807 V
4	Nominal discharge current	1.1 A
5	Exponential zone voltage	7.9 V
6	Exponential zone capacity	1 Ah

Lithium-ion batteries show a gradual, stable discharge curve, maintaining nearly constant voltage until nearing the end of their capacity. This characteristic means that EVs using lithium-ion batteries can deliver consistent power over a longer range, supporting applications where stable performance is essential. The steep drop-off at the end of the discharge cycle signals the need for an effective BMS to prevent over-discharge, which can damage the battery as shown in figure 1.

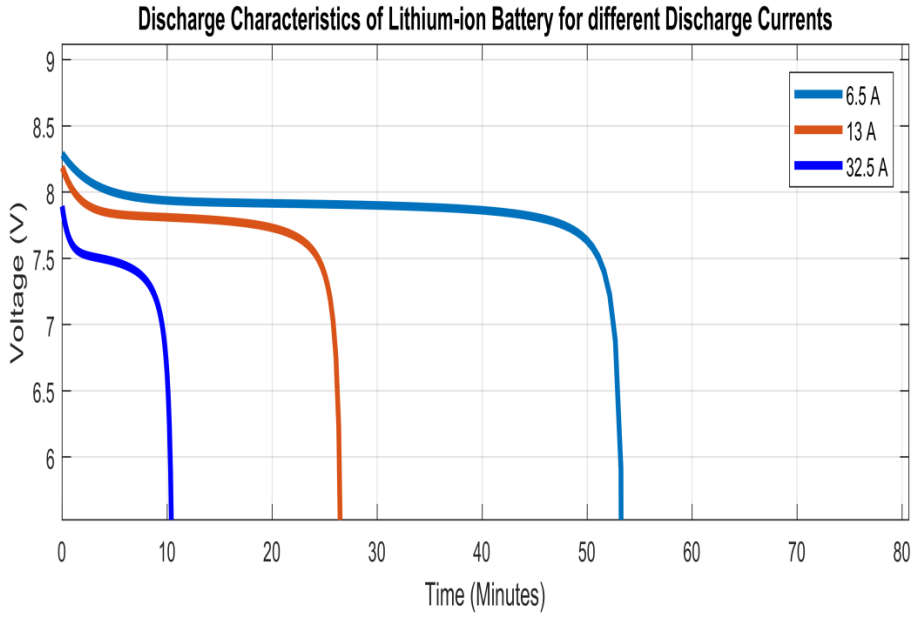


Figure 1–Discharge Characteristics for Lithium-ion Battery

Lithium-ion batteries demonstrate a nominal voltage of around 7 V and a rated capacity of 5.4 Ah. With an internal resistance of 0.0133 Ω, they maintain stable voltage until nearing depletion, which enables a consistent power output suitable for EVs. They also have a battery response time of 30 seconds, ensuring rapid response under load conditions.

Lead-acid batteries experience a faster decline in voltage as they discharge, which impacts their ability to sustain high power output over time. This quick drop in voltage, especially under high loads, limits their range and effectiveness in EVs that require reliable long-term performance. Lead-acid batteries are thus more suitable for short-distance, low-power applications rather than extended-range EVs as shown in figure 2.

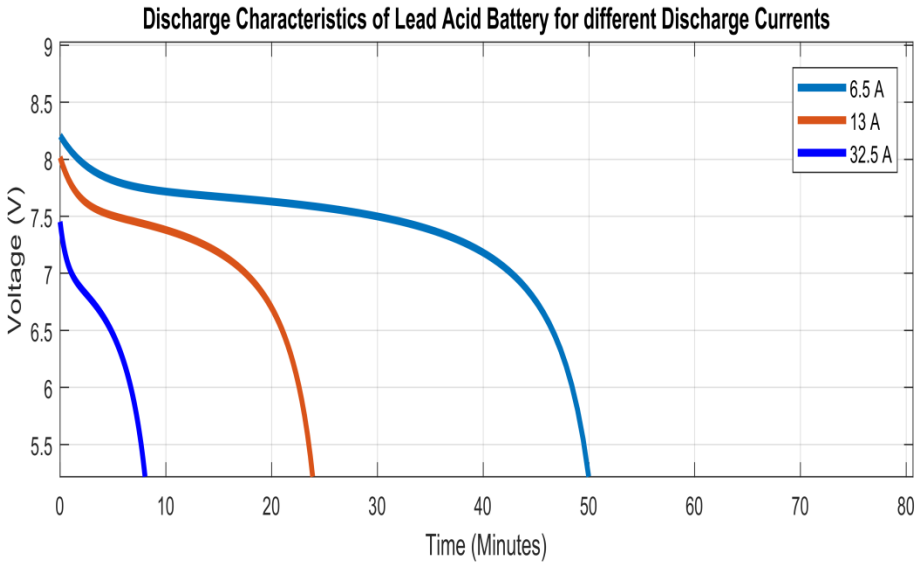


Figure 2– Discharge Characteristics for Lead acid Battery

Lead-acid batteries share the nominal voltage of 7 V but are generally less efficient due to faster voltage decline and heavier weight. The rated capacity remains 5.4 Ah, with similar internal resistance to lithium-ion batteries (0.0133 Ω). Despite their durability and affordability, lead-acid batteries' higher weight and shorter lifespan limit their practicality for modern EVs.

NiCD batteries exhibit moderate discharge stability but are susceptible to the memory effect, where partial discharging before recharge leads to reduced effective capacity as shown in figure 3. This characteristic limits their practicality for EVs, which benefit from full-cycle efficiency. NiMH batteries, while more stable in discharge than NiCD, still do not match lithium-ion batteries in maintaining a high voltage level over extended use. Both types are generally considered secondary options in EV applications.

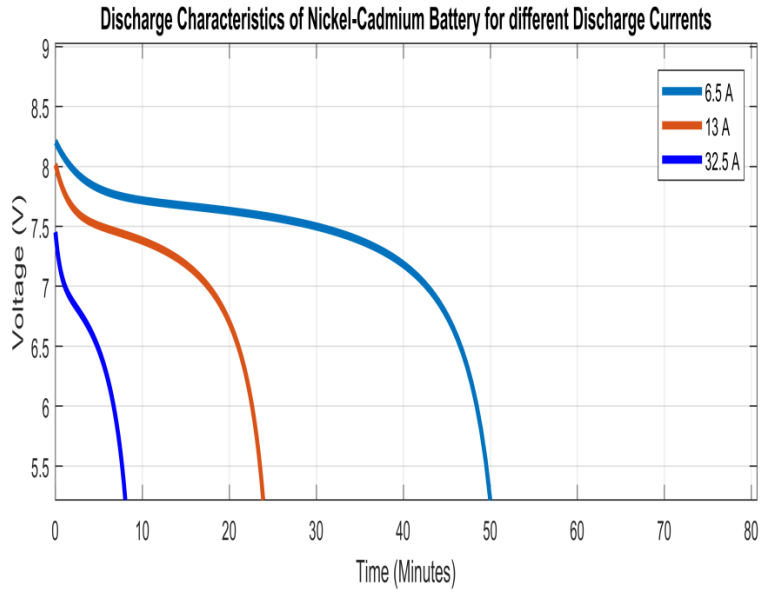


Figure 3– Discharge Characteristics for Nickel Cadmium Battery

NiCD batteries provide moderate energy density with a nominal voltage of 7 V and a rated capacity of 5.4 Ah as shown in figure 4. However, they exhibit the "memory effect," which affects their effective capacity over time. Their relatively high polarization constant (0.015716 Ah^{-1}) and consistent response time (30 seconds) make them somewhat resilient to cycling but environmentally challenging due to cadmium content.

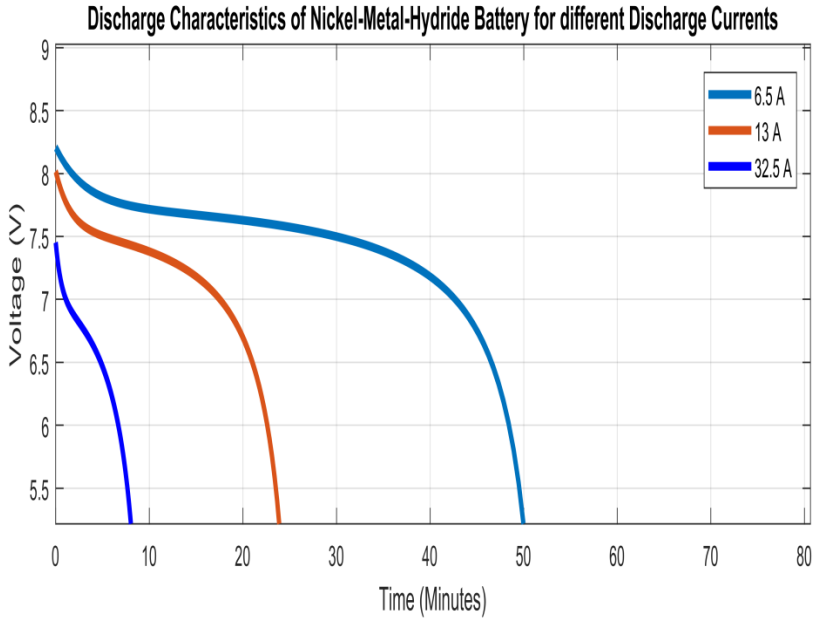


Figure 4– Discharge Characteristics for) Nickel-Metal-Hydride Battery

NiMH batteries are rated at 7 V nominal voltage with a 5.4 Ah capacity, offering better energy density than lead-acid or NiCD batteries. However, they exhibit higher

self-discharge and are generally less efficient than lithium-ion batteries.Exponential Zone Capacity and Voltage: These values indicate the point at which the battery enters the steep discharge phase, with 1 Ah capacity remaining at a voltage of 7.9 V. This exponential zone represents the rapid voltage decline at the end of the discharge cycle.Discharge Characteristics of each battery type visually depict how each battery's voltage changes over time, illustrating stability or variability in discharge behavior.

Conclusions. As a result of the analysis, it was found that lithium-ion batteries are the most appropriate choice for electric vehicles, primarily due to their stable discharge characteristics, which support long-range use and provide consistent power output. Lithium-ion batteries offer high energy density and a steady voltage throughout most of the discharge cycle, which is critical for maintaining EV efficiency and reliability. While lead-acid batteries are cost-effective, their rapid voltage drop under load and heavier weight make them less suited for sustained EV use. NiCD and NiMH batteries offer moderate stability but fall short of the consistency provided by lithium-ion, with NiCD's memory effect and NiMH's heavier weight further limiting their applicability. This study highlights the essential role of understanding discharge characteristics in battery selection for EVs. As the EV industry grows, this comparative analysis serves for selecting batteries that align with the specific performance needs of different EV applications.

References

1. Tremblay, O., Dessaint, L.-A., & Dekkiche, A.-I. (2007). A generic battery model for the dynamic simulation of hybrid electric vehicles. *Proceedings of the IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference*, 9-13 September 2007, Arlington, Texas, USA.

2. Zhu, C., Li, X., Song, L., & Xiang, L. (2013). Development of a theoretically based thermal model for lithium-ion battery pack. *Journal of Power Sources*, *223*, 155-164.

3. Saw, L. H., Somasundaram, K., Ye, Y., & Tay, A. A. O. (2014). Electro-thermal analysis of lithium iron phosphate battery for electric vehicles. *Journal of Power Sources, 249*, 231-238.

4. Andwari, A. M., Pesiridis, A., Rajoo, S., Martinez-Botas, R., & Esfahanian, V. (2017). A review of battery electric vehicle technology and readiness levels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, 414-430.

5. Khaligh, A., & Li, Z. (2010). Battery, ultracapacitor, fuel cell, and hybrid energy storage systems for electric, hybrid electric, and plug-in hybrid electric vehicles. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 59(6), 2806-2814.

6. Lu, L., Han, X., Li, J., Hua, J., & Ouyang, M. (2013). A review on the key issues for lithium-ion battery management in electric vehicles. *Journal of Power Sources*, 226, 272-288.

7. Wang, Q., Jiang, B., Li, B., & Yan, Y. (2016). A critical review of thermal management models and solutions for lithium-ion batteries in electric vehicles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 64, 106-128.

DEVELOPMENT OF A MULTIFUNCTIONAL UTILITY VEHICLE BASED ON A PASSENGER CAR

Zaripov R. *– senior lecturer, ramis.zaripov@mail.ru*
Medvedev A., Asan A., Zeken Sh. *– master's students,*
Romanenko D. – student**,**
Toraighyrov University, Pavlodar, Kazakhstan

Abstract. *The authors are developing a multifunctional communal sweeper based on a passenger car. A car with a pickup truck type body has the necessary basic characteristics necessary to accommodate the equipment. The drive of the main working bodies and the motor is electric. We will determine the required parameters using traction calculation.*
Keywords: *communal sweeper, electric vehicle, brush, traction calculation*

The relevance of the work. Traction calculation is carried out either at the design stage of a new car, or to verify and study the declared traction-speed and fuel-economic qualities of an existing one. The task of traction calculation when designing a new car is to determine the main parameters of the engine and transmission, which will provide the specified traction and speed qualities.

The purpose of this study calculation when designing a new car is to determine the main parameters of the engine and transmission, which will provide the specified traction and speed qualities.

Main text. The initial data for the traction calculation are selected taking into account the tasks set. In the case of designing a new machine, an analysis of the technical characteristics and designs of manufactured machines of the same class as the designed one is performed. At the same time, trends in changes in parameters such as curb weight, payload, overall dimensions, type and main characteristics of the engine, transmission type, number of gears (in the case of a stepped transmission) are investigated. The optimal values of the parameters are taken as initial data. If certain values of individual parameters are specified in the design assignment, they are accepted unchanged. When performing the verification calculation of a certain machine, the initial data (curb weight and gross weight, tire size, geometric dimensions of the car, maximum engine power and the corresponding crankshaft speed, transmission ratios) are taken in strict accordance with the technical specifications declared by the manufacturer. The equation of the traction-dynamic balance of the sweeper:

$$\mathrm{T}_{\text{сц}} \geq W, \qquad (1)$$

where $\mathrm{T}_{\text{сц}}$ is the traction force on the coupling of the car's engine with the road; *W* is the resistance to the movement of the machine. The traction force of the traction motor of the car with the road is determined by the dependence:

$$\mathrm{T}_{\text{сц}} = G'_{\text{м}} \cdot \varphi_{\text{сц}}, \qquad (2)$$

where $G'_м$ is the coupling weight of the machine, N; $\varphi_{сц}$ is the coefficient of adhesion to the road (for asphalt of satisfactory condition $\varphi_{сц}$ = 0.7 ÷ 0.75).

$$G'_м = 0{,}65 \cdot G_м, \quad (3)$$

where $G_м = G_п + G_{р.о.} = 750 \cdot 10 = 7500\ N$;

$G'_м = 0{,}65 \cdot 7500 = 4875\ N$;

$T_{сц} = 4875 \cdot 0{,}7 = 3412{,}5\ N$.

Traction force of the drive of the running equipment of the machine:

$$T = \frac{1000 N \eta_т}{\nu_м}, \quad (4)$$

where N is the rated power of the engine (N = 19.2 kW);
$\nu_м$ – the working speed of the machine ($\nu_м$ = 2.77 m/s);
$\eta_т$– efficiency of the transmission of the machine ($\eta_т$ = 0.9);

$$T = \frac{1000 \cdot 19{,}2 \cdot 0{,}9}{2{,}77} = 6238{,}3\ Н.$$

Consider the resistance to movement of a sweeper.

$$\sum W = W_{вн} + W_{ин} + W_к + W_п + W_щ, \quad (5)$$

where $W_{вн}$ – the internal resistance to the movement of the car is determined by empirical dependence:

$$W_{вн} = (0{,}29 \div 0{,}49) G'_м, \quad (6)$$

where $G'_м$ – operating weight of the machine, Н;

$$W_{вн} = 0{,}29 \cdot 4875 = 1413{,}75\ Н.$$

$W_{ин}$ – resistance from inertia forces when starting the car from the spot:

$$W_{ин} = \frac{G'_м \nu_м}{g t_р}, \quad (7)$$

where $\nu_м$ – the speed of movement of the car ($\nu_м$ = 2,77 м/с);

$t_р$ – is the acceleration time of the car (5 c);

$$W_{ин} = \frac{4875 \cdot 2{,}77}{10 \cdot 5} = 270{,}1 \text{ Н.}$$

$W_к$ – rolling resistance of the machine wheels:

$$W_к = G'_м \cdot f, \quad (8)$$

where f – coefficient of rolling resistance of wheels (0.02...0.07), for asphalt concrete road surface f = 0,03.

$$W_к = 4875 \cdot 0{,}03 = 146{,}3 \text{ Н.}$$

$W_п$ – resistance to lifting the machine:

$$W_п = G'_м \cdot \sin(\alpha), \quad (9)$$

where $\angle\alpha = 5^o$ - slope angle, $\sin(\alpha)$ = 0,087;

$$W_п = 4875 \cdot 0{,}087 = 424{,}2 \text{ Н.}$$

$W_щ$ – the resistance of the brush when it comes into contact with the surface of the road surface:

$$W_щ = T \cdot f, \quad (10)$$

where T – the vertical reaction acting on the brush, $T = 86{,}3$ Н;
f – the coefficient of friction of the pile (for synthetic pile f = 0,4);

$$W_щ = 86{,}3 \cdot 0{,}4 = 34{,}52 \text{ Н.}$$

$$\sum W = 1413{,}75 + 270{,}1 + 146{,}3 + 424{,}2 + 34{,}52 = 2288{,}87 \text{ Н.}$$

In order for the car to move, it is necessary to fulfill the condition of traction-dynamic balance:

$$T_{сц} \geq \sum W,$$

$$3412{,}5 \geq 2288{,}87.$$

The condition is fulfilled.

Conclusions. The main calculations of the sweeping and cleaning equipment, namely brushes with a hopper, were carried out in the work. The power of the machine's working equipment was calculated. The traction calculation of the machine was also carried out.

References

1. H. G. Choi, S. W. Kang, S. H. Lee, and J. M. Lee, “A coupling analysis of interior noise of a vehicle with a roof-gap-trim effect,” in Proceedings of the 15 International Modal Analysis Converence-IMAC, pp. 444–449, SEM, Bethel, CT, USA, February 1997.

2. G.S.Cole and A.M.Sherman, “Lightweight materials for automotive applications,” Materials Characterization, vol. 35, pp. 3–9, 1995.

3 James Larminie and John Lowry, “Electric vehicle technology explained”, Oxford Brookes University, Oxford.

4 Mohammad Adil Shaikh, “Design of an electric golf cart with batteries and solar panel for six seat capacity”, IRJET 2019.

5 “Design and analysis of TATA 2518 TC truck chassis frame with various cross sections using CAE tools”, IJESRT 2016.

6 A. Satyanand, Dr. K. Hemachandra Reddy, “Design and Optimisation of Truck Chassis Frame”, IJREAM 2018.

7 Vaishali Bakshi and V. S. Jape, “Drive selection and performance evaluation of electric and hybrid vehicles”, IJERT 2014.

METHODS FOR IMPROVING THE EFFICIENCY OF ELECTROPLANTING

Zaripov R.– *master's degree, senior lecturer, ramis.zaripov@mail.ru*
Yessaulkov V. *– master's degree, senior lecturer,*
Vasilevsky V. *– candidate of Technical Sciences, professor,*
Golotsvan I., Sarsenbaev R. – *students,*
Toraighyrov University, Pavlodar, Kazakhstan

Abstract. *The article discusses methods and technology for improving the efficiency of electroplating in the restoration of vehicle parts. The purpose of the work is to identify the main directions for improving electroplating methods for restoring machine parts. The goal of the work was achieved by generalizing and analyzing information from literary sources. The advantages of galvanic recovery methods are considered, the disadvantages of existing technologies are not identified, and the directions for improving the processes of galvanic deposition of coatings are formulated.*
Keywords: *details, covering, restoration, galvanic sedimentation, coupling durability.*

The relevance of the work.

One of the promising ways to restore worn surfaces of parts is the application of electroplating [1]. The advantages of electroplating are the ability to obtain by electrodeposition precipitates of any thickness ranging from a few micrometers to 1-2 mm [1-3]. At the same time, there is no strong heating of the treated surface and the part as a whole. After coating, the strength of the enamel does not decrease. The structure of the base metal does not change, there is no warping. It is possible to repeatedly restore surfaces, deposit almost any metal or a combination of metals with specified characteristics. The coatings have sufficiently high physical, mechanical and operational properties.

The main methods of electroplating surfaces are: deposition in stationary baths, electrolytic deposition (contact method), deposition using local baths in a non-circulating electrolyte, deposition in a flowing electrolyte [1]. Recently, the attention of scientists and manufacturers has been attracted by the technological process of restoration by electroplating in a flowing electrolyte. The advantages of this method include: – no need to isolate uncovered areas of the cells, since they do not come into contact with the electrolyte; – constant purification of the electrolyte from chemical reaction products and mechanical impurities by filtration during circulation; – constant updating of the electrolyte in the cell helps to maintain the level of a given temperature, acidity and concentration; – the movement of the electrolyte increases the rate of delivery of metal cations to the cathode, which allows to increase the current density, and consequently, productivity; – when performing the technological process, there is no need to move the part through the baths, since working solutions and electrolytes are alternately pumped through the cell; – it is possible to create a

portable installation for application of coatings and work with a small volume of electrolyte.

The purpose of this study.

When studying the technology of flow–through coating (using the example of ferruginization), it was found that the exchange of electrolyte in the near-electrode space contributes to the production of high-quality coatings with a thickness of 0.8–1.0 mm at a deposition rate of 0.3 mm/h. A further development of the method can be considered the deposition of a coating in the electrolyte duct with simultaneous rotation of the anode, i.e. by a flow-contact method. However, despite the great possibilities of the considered method, it should be noted that the surface build-up is carried out from various installations of parts, the contact is not stretched- 101 contact surfaces with electrolyte and its splashing create certain inconveniences. The considered methods also include deposition of the coating in the electrolyte duct with mechanical activation of the surface (galvanomechanical method), in which the removal of dendrites and compaction of the sediment structure is carried out by devices (activators) mounted on a rotating anode [3-5].

This method allows you to work with even higher current densities, but it has not been studied and worked out enough, and the anode is difficult to prepare. For restoration by a flowing method, iron coatings are mainly used in repair enterprises. These coatings, despite all the advantages (high hardness, wear resistance, etc.), have such disadvantages as low corrosion resistance and vibration damping abilities, difficulty of subsequent machining.

Zinc electroplating does not have these disadvantages, in addition, zinc paired with iron is an anode, therefore, as a result of corrosion processes, zinc dissolves, and not the base metal, i.e. it has high anticorrosive properties. The higher vibration-absorbing properties of the zinc coating are due to its plasticity and consist in damping vibration vibrations resulting from the operation of machine units. This property distinguishes zinc coatings from iron coatings, since vibration effects generate alternating stresses and lead to the accumulation of damage in the material, which causes fatigue cracks and destruction. In addition, the subsequent mechanical treatment of zinc coatings does not cause any difficulties. Many electrolytes have been developed for the application of zinc electroplating. Acidic, zinc and ammonia electrolytes have become the most widespread in repair production. Despite all the advantages, galvanic recovery methods have significant disadvantages that limit their use in repair production. Their main imperfections include [1-3, 6]:

1) low reliability of the technological process and its complexity, which leads to a decrease in labor productivity and unstable results in terms of adhesion of the coating to the substrate;

2) relatively low deposition productivity, which is due to the low deposition rate and the presence of a large number of operations in the process;

3) the quality of coatings, which does not always meet the requirements;

4) the consumption of a significant amount of clean drinking water at the flushing stages and the formation of an appropriate amount of contaminated wastewater, which leads to the need to build treatment plants, which significantly increases the cost of restoration.

There are two main areas for improving deposition processes. The first direction is to increase the productivity of the process. This can be achieved by increasing the deposition rate of the coating, by current output or (and) cathode current density [1-3]. For example, the current yield of zinc is close to 100%, and therefore, to increase the productivity of processes, it is necessary to increase the cathode current density.

The main, most promising way to increase the cathode current density during deposition is rightfully considered to be the use of new technological techniques. These include the creation of an electrolyte duct in an electrolytic cell; the formation of turbulent electrolyte motion in the cathode layer by introducing a rotating perforated partition into the interelectrode space; the use of periodic currents; activation of the cathode surface by abrasive elements, etc. [1, 4, 5]. The electrolyte flow makes it possible to increase the near-surface concentration of active ions, reduce overvoltage and thereby positively affect the zinc current output.

The introduction of a rotating perforated partition into the interelectrode space contributes to the creation of turbulent motion of the electrolyte near the cathode surface, which eliminates concentration polarization and significantly increases the current density. The rotation of the furnace also prevents the formation of magnets on the cathode surface, which are formed at high current densities. This technique can be used both with and without the electrolyte duct. When using periodic currents (reversible, asymmetric, pulsed, etc.) instead of constant, the productivity of the process increases several times and the properties of coatings improve [3].

The essence of the method lies in the fact that the current, changing according to a certain law, periodically changes its direction. The part alternately becomes a cathode, then an anode, and the cathodic deposition of metal on the part periodically stops and is replaced by its short-term partial dissolution. During this dissolution, the formed passive film is destroyed, and the cathode layer of the electrolyte is enriched with metal cations. The repetition of such cycles, with the correct choice of the ratio of the amounts of electricity of the cathode and anode periods, reduces cathodic polarization. The latter technique is used in the galvanomechanical coating method and allows a sharp increase in current density [1-3]. The essence of this technique lies in the fact that during the entire electrolysis process, abrasive elements move along the cathode surface, activating it. There is a slight removal of the deposited coating

and the removal of the passive film that prevents the deposition of the coating. There is also an additional update of the cathode layer of the electrolyte and the elimination of dendrite formation. In this case, the cathodic current density can be increased several times.

Mechanical activation makes it possible to obtain coatings with the same microhardness at different current densities. There is also a slight increase in the microhardness of the coating due to phenomena such as gluing and smoothing. The second direction is to reduce the number of preparatory and closing operations. This will significantly simplify the technological process, increase its reliability and reduce labor intensity, as well as significantly reduce the consumption of clean water and the formation of polluted wastewater. For example, the development of technology for anodic etching of the restored part directly in the working electrolyte of deposition will allow to abandon etching operations in other solutions (for example, in a solution of sulfuric acid) and washing before and after etching. This will reduce the processing time, as well as increase the stability of the process of preparing the part for deposition

Conclusions. Thus, the improvement of electrolytic deposition of coatings consists in increasing its productivity by applying advanced technological techniques that increase the cathode current density, and in reducing the number of preparatory and final operations in the technological process. One of the most promising technological techniques is the mechanical activation of the cathode. In the automotive repair industry, electroplating is recommended to be used when restoring worn surfaces of large-sized (body) parts, complex surfaces, precision pairs, parts that are difficult to machine for various reasons [3, 6-8]. In addition, electroplating is very relevant when restoring parts with a small amount of wear. Among other things, electroplating is recommended to be used in order to increase the corrosion resistance of surfaces and give better decorative properties.

R e f e r e n c e s

1. Bao, W., Deng, Z., Zhang, S., Ji, Z., & Zhang, H. (2019). Next-generation composite coating system: Nanocoating. *Frontiers in Materials, 6,* 456324. https://doi.org/10.3389/FMATS.2019.00072/BIBTEX

2. S. Park, K.S. Kim, J.Y. Roh, G.B. Jang, S.H. Ahn, C.S. Lee, Improvement of the tool life of a micro-end mill using nano-sized SiC/Ni electroplating method, J. Nanosci. Nanotechnol. 12 (4) (2012) 3376–3379, https://doi.org/10.1166/jnn.2012.5547.

3. I. Ortega-Feliu, F.J. Ager, C. Rold´ an, M. Ferretti, D. Juanes, S. Scrivano, M. A. Respaldiza, L. Ferrazza, I. Traver, M.L. Grilli, Multi-technique characterization of gold electroplating on silver substrates for cultural heritage applications, Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. Sect. B Beam Interact. Mater. Atoms 406 (2017) 318–323, https://doi.org/10.1016/j.nimb.2017.02.016.

4. Electroplating. Encyclopædia Britannica. Encyclopædia Britannica, Inc., Online: https://www.britannica.com/technology/electroplating Retrieved: 5th May 2023.

5. N. Ali, Majeed, A.S. Review on types and methods of electroplating on metals, Journal of Power Electronics and Devices 7 (1) (2021) 44–51. https://www.researchgate.net/publication/350872502.

6. N.N. Le, T.C.H. Phan, A.D. Le, T.M.D. Dang, M.C. Dang, Optimization of copper electroplating process applied for microfabrication on flexible polyethylene terephthalate substrate, Adv. Nat. Sci. Nanosci. Nanotechnol. 6 (3) (2015), https://doi.org/10.1088/2043-6262/6/3/035007.

7. A.A. Ojo, I.M. Dharmadasa, Electroplating of semiconductor materials for applications in large area electronics: a review, Coatings 8 (8) (2018), https://doi.org/10.3390/coatings8080262.

СЕКЦІЯ 2: СУЧАСНІ ПИТАННЯ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОГО БУДІВНИЦТВА

SECTION 2: MODERN PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF TRANSPORT CONSTRUCTION

НОВІ КОНСТРУКЦІЇ ВОДОПРОПУСКНИХ ТРУБ ПРИ РЕМОНТАХ ТА РЕКОНСТРУКЦІЇ ЗАЛІЗНИЦЬ

Горбенко Є.О. – магістрант, *gorbenko_eo@gsuite.duit.edu.ua*
Лісовський В.А. – магістрант, *lisovskii_va@gsuite.duit.edu.ua*
Молчанов В.М. – к.т.н., доц., *molchanov_vm@gsuite.duit.edu.ua*
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна м. Київ

NEW DESIGNS OF CULVERTS FOR RAILROAD REPAIRS AND RECONSTRUCTION

Horbenko E.O. – master student, *gorbenko_eo@gsuite.duit.edu.ua*
Lisovskyi V.A.– master student, *lisovskii_va@gsuite.duit.edu.ua*
Molchanov V.M. – PhD, Associate Professor, *molchanov_vm@gsuite.duit.edu.ua*
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract*. Based on the analysis of modern materials and technologies in the field of construction, the article justifies the use of fiberglass culverts for railway transport conditions. The main advantages, technical parameters and features of the structural arrangement of a culvert using a fiberglass pipe are considered. The most common (classical) construction on railways - a reinforced concrete pipe - is considered as a reference option for comparative analysis. Attention is drawn to the advantages and disadvantages of fiberglass and reinforced concrete culverts, and a conditional comparative assessment of their performance characteristics is given.*
Keywords*: culvert, railway structures, reinforced concrete pipe, fiberglass pipe, pipeline*

Актуальність дослідження. Водопровідні труби використовувалися з 4000 року до нашої ери. Однак жодна труба не може служити вічно. Протягом багатьох років випробовувались різні матеріали та рішення для створення труб, які були б довговічними, міцними та стійкими, але з розвитком сучасних матеріалів і технологій з’являються й нові конструкції. Загалом питання будівництва та реконструкції водопропускних труб на залізницях стоїть дуже гостро [1], оскільки вони є найбільш поширеними інженерними спорудами, при

цьому у якості водопропускних труб протягом багатьох десятиліть використовуються залізобетонні конструкції. Але є у них і свої мінуси: два основні – це значна вага та крихкість. Сучасною альтернативою залізобетонним трубам може бути склопластикова труба, однак така конструкція ще не

Метою роботи є оціночний аналіз конструктивних характеристик, переваг та недоліків склопластикових водопропускних труб для обґрунтування можливості їхнього застосування на залізничному транспорті.

Склопластикові труби мають низку очевидних переваг у порівнянні з іншими конструкціями [2]. Зокрема внутрішня сторона водопропускної труби зі скловолокна абсолютно гладка, завдяки чому вода та інше сміття швидше витікають і не спричиняють засмічення. Скловолокно надзвичайно міцне і витримує велику вагу, може індивідуально виготовлятися з різною товщиною стінок для набуття необхідної міцності та має відносно низьку вартість. Завдяки використанню скловолоконного матеріалу при правильному проектуванні, будівництві та експлуатації водопропускні труби умовно можуть служити вічно.

За виключенням залізобетону можуть розглядатися й інші альтернативні матеріали для водопропускних труб. Так, пластик дешевий, але може тріснути, зламатися та розчавитися під великим тиском, викликаним з роботою в якості водопропускної труби. Сталь набагато дорожча і часто не справляється зі своєю роботою через корозію, дефекти і деформації.

Водопропускна споруда зі склопластикових труб (рис. 1) має водопровідний тракт у вигляді сполучених між собою ланок склопластикових труб 1, які укладають на гравійно-піщану основу 2 по довжині водопровідного тракту. Над водопровідним трактом формують ґрунтову оболонку – насип 3, висота якого від нижньої основи водопропускного тракту до основної площадки земляного полотна становить 1,5–12 м. Для підвищення надійності насипу з двох боків водопропускного тракту формують горизонтальні упори 4 з об'ємної георешітки або цементо-ґрунту [3, 4].

Для запобігання підмиву і скупченню води в ґрунтовій основі по кінцях водопровідного тракту під трубою передбачають влаштування протифільтраційних екранів. Водопровідний тракт із використанням склопластикових труб формують із внутрішнім діаметром $D_{вн}$=1,0–2 м і при співвідношенні внутрішнього діаметра до зовнішнього діаметра труби $D_{вн}/D_{зов}$=0,96-0,97.

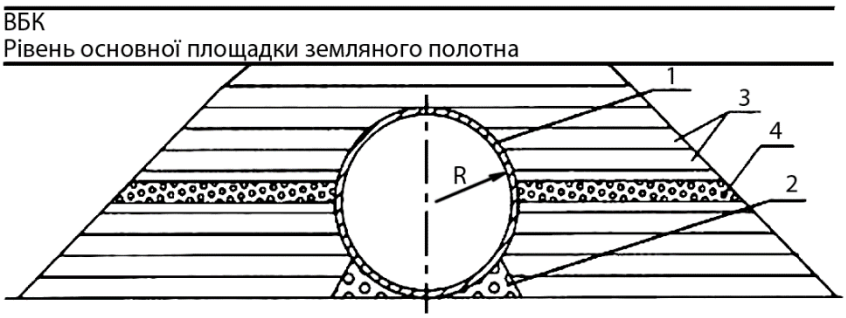


Рисунок 1 – Водопропускна споруда зі склопластикової труби

Ці параметри склопластикової труби оптимальні для забезпечення водопропускної здатності безнапірного водопровідного тракту під насипами різних транспортних магістралей і міцності труби до постійно діючих силових навантажень з боку масиву насипу та верхньої будови колії. Зменшення або збільшення внутрішнього діаметра труби недоцільне, як за водопропускною здатністю водопровідного тракту, так і за його експлуатаційною надійністю для залізниць загального користування.

Зменшення або збільшення заданого співвідношення $D_{вн}/D_{зов}$ призведе або до підвищення матеріаловитрат на виготовлення труби, або до зниження міцності стінок труби до діючих силових навантажень.

Колова жорсткість труб – показник максимально допустимого вертикально-орієнтованого стискаючого навантаження на одиницю площі поверхні труби, що характеризує надійність труб із композитних матеріалів до несприятливого впливу зовнішніх навантажень. Склопластикові труби використовують із класом колової жорсткості SN 5000-15000 МПа.

При улаштуванні цієї конструкції використовують технологічні у виготовленні склопластикові труби, з підбором їх фізико-механічних параметрів, що відповідають заявленим вимогам.

Для порівняння розглянемо круглі залізобетонні труби (рис. 2), які мають отвори в діапазоні від 50 см до 2 м, довжину ланки – 100 см. Під час установлення круглої ланки на плоский фундамент застосовується лекальний блок. Допускається також монтаж круглих ланок на плоский фундамент без використання лекального блока. Крім того, застосовуються ланки круглих труб із плоскою основою, що також дає змогу відмовитися від лекальних блоків [5].

Ланки труби об'єднуються в секції довжиною від 2 до 5 м. Однак, перевага віддається секціям довжиною 3 м. Двометрові секції застосовують переважно як додаткові. Між секціями влаштовують деформаційні шви товщиною до 30 мм. Шви між ланками мають бути не більше 10 мм. Тіло труби споруджують із будівельним підйомом зі стрілою від 1/80 до 1/40 висоти насипу з тим, щоб запобігти утворенню западини в середині труби, де могла б застоюватися вода.

Будівельний підйом і проєктний ухил труби створюється ступінчастим розташуванням секцій [6].

Збірні залізобетонні водопропускні труби під залізничними насипами споруджуються на фундаментах дрібного і глибокого закладення зі збірного або монолітного бетону на гравійно-піщаній подушці.

Глибина закладення фундаментів середньої частини труби призначається незалежно від глибини промерзання з урахуванням гідрогеологічних умов району будівництва. За наявності в основі пучинистих ґрунтів глибина закладення фундаментів оголовків має бути на 0,25 м більшою за розрахункову глибину промерзання в районі будівництва. У разі непучинистих ґрунтів глибина закладення фундаментів оголовків має бути не менше 1,25 м [5].

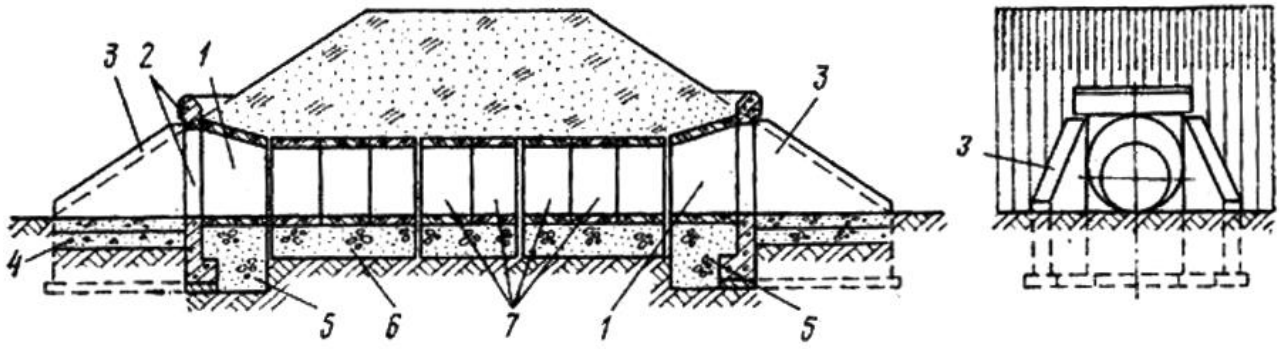


Рисунок 2 – Конструктивна схема круглої залізобетонної труби: 1 – ланка оголовка; 2 – портальна стінка; 3 – укісна стінка; 4 – підготовка під бетонний лоток; 5 – фундамент ланки оголовка; 6 – фундамент секції труби; 7 – ланки тіла труби

Для конструкцій водопропускних труб застосовується важкий бетон класів за міцністю на стиск від В20 до В40 і вище. Враховуючи, що водопропускні труби належать до гідротехнічних споруд, вони проєктуються з бетону з маркою за водопроникністю не нижче W6 [5] у заглиблених конструкціях. Рівень характеристик визначається кліматичними умовами функціонування.

Значна вага труби забезпечує її стійкість до впливу сил виштовхування при морозному здиманні або при паводках. Це робить можливим функціонування бетонних труб в якості заглиблених елементів. Достатня товщина готових стін забезпечує їхню зносостійкість. Перевага таких водопропускних труб полягає в невисокій ціні на залізобетон. Для будівництва доріг необхідні великі кількості водопропускних споруд і тому використання цих конструкцій, в остаточному підсумку, дає змогу зробити проект більш економічним. Безсумнівною перевагою такої труби є великий експлуатаційний термін служби. Так залізобетонні труби ефективно функціонують близько вісімдесяти років [1].

У табл. 1 виконано порівняльний аналіз експлуатаційних характеристик труб зі склопластику та залізобетону за шкалою від 1 до 5, де 1 - дуже погано і 5 - відмінно.

Таблиця 1 – Порівняння експлуатаційних характеристик водопропускних споруд

Експлуатаційні характеристики	**Труби**	
	склопластикова	**залізобетонна**
Економічність	2	4
Експлуатаційний термін	3	5
Зносостійкість	4	3
Вага	4	2
Морозостійкість	5	4
Тріщиностійкість	4	3
Споруджуваність	5	3
Експлуатаційна надійність	5	3
Монтаж	3	4
Гідравлічні характеристики	5	4
Робота при від'ємних температурах	5	4
Ремонтопридатність	1	4
Хімічні процеси (корозія)	5	3
Міцність	4	5
Можливість виникнення пучин	3	5

Висновки. Наразі визнаним вирішенням проблеми підвищення експлуатаційної надійності, зниження матеріало- і трудовитрат під час будівництва різних трубопровідних систем є використання композитних конструкційних матеріалів, зокрема й склопластиків. Застосування залізобетону або металу, як матеріалу для виготовлення водопропускних труб, призводить до підвищення матеріало- і трудовитрат на їхнє будівництво та деяких інших проблем, однак має і деякі переваги в порівнянні з таким матеріалом, як склопластик. Проведений порівняльний аналіз та закордонний досвід свідчать про можливість та доцільність застосування склопластикових водопропускних труб на залізницях України.

Література

1. Лучко Й.Й., Ковальчук В.В. Технічний стан транспортних споруді з металевих гофрованих конструкцій. Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика. 2021. Вип. 19. С. 38-50. DOI: 10.15802/bttrp2021/233873.

2. Sathishkumar T, Satheeshkumar S, Naveen J. Glass fiber-reinforced polymer composites – a review. Journal of Reinforced Plastics and Composites. 2014;33(13):1258-1275. doi:10.1177/0731684414530790

3. Culvert Rehabilitation to Maximize Service Life while Minimizing Direct Costs and Traffic Disruption. Transportation Research Board (TRB). National Cooperative Highway Research Program (NCHRP). Project Number 14-19. July 2010.

4. Artur Onyshchenko, Mykola Harkusha, Mykola Klymenko. Analysis of design and

construction of hydrotechnical structures of transport construction in the form of water pipes made of polymer matters. Dorogi i mosti [Roads and bridges]. 2021. Iss. 24. P. 112-133.

5. ДБН В.2.3-22:2009 Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування.

6. ДСТУ Б В.2.5-51:2010 Інженерне обладнання будинків і споруд. Ланки залізобетонні водопропускних труб під насипи автомобільних і залізничних шляхів. Загальні технічні умови.

ОСОБЛИВОСТІ ДІАГНОСТИКИ ЗАКРИТИХ ТРАНШЕЙНИХ ТРУБЧАСТИХ ДРЕНАЖІВ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ

Дмитрієв Г.О. – магістрант, *dmitriev_go@gsuite.duit.edu.ua*
Бозовчук А.М. – магістрант, *bozovchuk_am@gsuite.duit.edu.ua*
Молчанов В.М. – к.т.н., доц., *molchanov_vm@gsuite.duit.edu.ua*
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна м. Київ

PECULIARITIES OF DIAGNOSTICS OF CLOSED TRENCH PIPE DRAINS ON RAILWAYS

Dmitriev G.O. – master's student, *dmitriev_go@gsuite.duit.edu.ua*
Bozovchuk A.M. – master's student, *bozovchuk_am@gsuite.duit.edu.ua*
Molchanov V.M. – PhD, Associate Professor, *molchanov_vm@gsuite.duit.edu.ua*
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract*. Based on the analysis of the known approaches to the diagnosis of drainage systems used in various fields of technical activity, recommendations for the process of diagnosing closed trench tube drains on railways are formulated. Signs of deterioration of drainage performance, which are diagnosed by visual inspection, are highlighted. Attention is drawn to the description of the drainage condition during the opening of the drainage system and the establishment of a technical assessment. A recommended list of diagnostic actions for assessing the quality of drainage of railway infrastructure facilities is formulated.*
Keywords*: drainage systems, inspection wells, diagnostics, technical condition, damage*

Актуальність дослідження. Протягом останніх десятиліть на залізницях України, на жаль, дуже мало уваги приділяється земляному полотну та його спорудам, зокрема і дренажам. Виділяється мало коштів на відновлення та реконструкцію дренажних систем, а дистанції колії своїми силами можуть лиш мінімально підтримувати їхнє функціонування. Навіть залізнично-наукова галузь мало охоплює коло проблем роботи дренажних систем. Однак роботу дренажних систем також контролюють та досліджують в автодорожній та сільськогосподарській галузях [1, 2], тому отримані там напрацювання доцільно використовувати для умов залізничного транспорту.

Метою роботи є проаналізувати існуючі підходи до оцінки дренажних систем різних галузях їхнього застосування та сформулювати рекомендації щодо процесу діагностування закритих траншейних трубчастих дренажів на залізницях України.

Загалом для оцінки працездатності закритого дренажу на осушуваних ділянках залізниць необхідно провести діагностику його стану [3–5]. Зазвичай

на залізницях експлуатують горизонтальні траншейні трубчасті дренажі закритого типу. У виїмках влаштовують підкюветні або укісні дренажі, трохи рідше дренажі влаштовують в нетипово визначених місцях для осушення інших об’єктів земляного полотна, що ускладнює їхню діагностику. Загалом до завдань діагностичних робіт, які проводять зазвичай у складі інженерно-гідротехнічних вишукувань або передпроєктних обстежень, мають входити: перевірка параметрів відповідності дренажу ґрунтово-гідрогеологічним умовам, сучасним нормам і правилам проєктування та характеру використання території, оцінювання працездатності й технічного стану дренажних систем.

Як правило, діагностику проводять для осушувальних систем закритого типу в непридатному для експлуатації стані, розташованих в зонах з тривалим перезволоженням ґрунтів, що перешкоджає нормальній експлуатації споруд і необхідним виробничим процесам.

До основних ознак зниження працездатності закритого дренажу, що діагностуються візуальним способом без розкриття колекторно-дренажної мережі, відносять [3, 4]:

- підпір дренажних систем водопровідним каналом або водоприймачем, руйнування дренажної мережі під час будівництва нових доріг або будівельних об’єктів;
- ушкодження і руйнування дренажних колодязів, гирл, гирлових оголовків та інших елементів дренажних систем.

На пошкодження дренажу, що потребують його розкриття, можуть вказувати:

- застій води, вимочки або їхні сліди на території, що осушується закритим дренажем (рис. 1);
- механічне чи хімічне (біохімічне) замулення, забруднення, а також проростання коріння дерев і чагарників у дренажній мережі;
- кольматація водопропускних отворів дренажних труб і захисно-фільтрувального матеріалу;
- ушкодження сполучень дрен з іншими елементами дренажної системи;
- наявність сміття та намулку в колодязях, зсув кілець, порушення трубних сполучень із колодязем (рис. 2).

Перед шурфуванням і розкриттям дренажу встановлюється місце розташування закритих водовідводів та дрен на неблагополучних ділянках обстежуваного об'єкта. Місцезнаходження закритих дренажних штолень і дрен може бути визначено візуальним способом, за допомогою щупа, пошуковими траншеями і різними технічними пристроями.



Рисунок 1 - Застій води на дренованій площі



Рисунок 2 – Засмічений оглядовий колодязь

За відсутності документального матеріалу щодо об'єкта осушення і споруд на закритому дренажі (гирла закритих колекторів, оглядові та перепадні колодязі тощо) місце розташування дренажу встановлюють візуально за такими ознаками [4–6]:

- рельєфом місцевості: закриті водовідводи прокладають за найнижчими відмітками місцевості в бік відкритих водовідводів;

- рослинністю: над водовідводами та дренами рослинність має колір, відмінний від решти поля;

- осіданням ґрунту над дренажною траншеєю;

- забарвленням ґрунту: над водовідводами та дренами: ґрунт швидше просихає та проглядаються світлі смуги, вище за несправну ділянку колектора або дрени спостерігаються вологі смуги.

Спосіб візуального визначення траси дренажу дає найкращі результати навесні або восени після випадання значних опадів. За відсутності проектних даних точне визначення місця розташування закритих водовідводів (дрен) можна проводити за допомогою сталевого щупа діаметром 8–10 мм і завдовжки 1,5 м із потовщенням на кінці для кращого його проникнення в ґрунт. Однак застосування щупа обмежується глибиною його проникнення в ґрунт. За великих глибин закладення або високої щільності дернини і підстилаючого ґрунту необхідно влаштовувати поперечні пошукові траншеї на

глибину 0,3–0,4 м, для того, щоб щупом визначити точне положення наявної дренажної лінії в місцях зміни кольору ґрунту засипки над дреною.

Під час розтину дренажної лінії одну або дві труби гончарних (бетонних, азбоцементних) дрен витягають із траншеї. При цьому фіксують: наявність води в трубі дренажу, величину намулку в його порожнині, величину зазорів у стиках труб.

Якщо притік води непостійний, то в сухий час для перевірки працездатності дренажу в нього заливають воду. Якщо на трасі дренажу стоять оглядові колодязі та колодязі-перепади, то працездатність його нижньої частини можна визначити за рівнем води в колодязі. Найчастіше злами труб дренажу виникають в місцях їхнього з'єднання з колодязями (закритими або відкритими).

Під час опису стану дрени в шурфах необхідно оцінити:

- ступінь замулення;
- ступінь руйнування або зсуву труб відносно одна одної;
- величини зазорів (стиків);
- відповідність труб діючим стандартам (овальність, викривлення);
- параметри і якість перфорації пластмасової дрени;
- стан захисно-фільтруючого матеріалу тощо.

Проводиться відбір зразків: намулку в порожнині дрени, ґрунту в навколо-трубній зоні та захисно-фільтруючого матеріалу для проведення лабораторних аналізів на механічний склад і визначення водопроникності [4, 6, 7].

За наявності твердих відкладень біохімічного мулу в дренах, чи покриття муловою кіркою вхідних отворів, у лабораторних умовах слід установити ступінь закольматованості залізистими сполуками захисно-фільтруючого матеріалу і ґрунту навколо-трубної зони, для чого відбирають проби ґрунту за 1–3 см від труби.

Для оцінки водоприймальної здатності дренажу в шурфах визначають коефіцієнти фільтрації ґрунту верхнього шару і дренажної засипки.

Промивання дренажу, як правило, не в змозі відновити водоприймальну здатність закольматованого захисно-фільтруючого матеріалу. Тому він вважається непридатним для подальшого використання і потребує реконструкції [1, 6, 7].

Висновки. Проведений аналіз нормативів та наукових праць з інженерно-технічної галузі, що розглядають питання працездатності дренажних систем, дозволив врахувати особливості улаштування та експлуатації закритих траншейних трубчастих дренажів для проведення якісної діагностики подібних споруд в умовах залізничного транспорту.

Представлену технологію діагностики дренажу можна рекомендувати для

апробації на осушуваних об'єктах залізничного земляного полотна.

Література

1. ДБН В.1.1-25-2009 «Інженерний захист територій та споруд від підтоплення та затоплення». К., Мінрегіонбуд України, 2010.

2. ДБН В.2.4-1-99. «Меліоративні системи та споруди». К., Держбуд України, 2000.

3. Інструкція з утримання земляного полотна залізниць України: ЦП/0072. К.: Видавництво АТЗТ ВКФ «Арт-Прес», 2001. 104 с.

4. Кожушко, Л. Ф. Оцінка стану дренажних систем / Кожушко, Л. Ф. // Водне господарство України. 1988. Вип. 3. С. 17-19.

5. Гурин, В. А. Надійність роботи засобів контролю і резервування закритого дренажу / Гурин, В. А., Кузьмич, Л. В. // Вісник УДУВГП, Зб. наук. пр. Рівне. 2002. Вип. 4(17). С. 84-89.

6. Сапсай Г.І. Гідрологічна дія закритого дренажу при зміні його технічного стану: монографія / Г.І. Сапсай, Л.О. Бадинський, С.В. Величко. Івано-Франківськ: НАІР, 2013. 128 с.

7. Goicochea, J. A. R. Fluyo de Agua Subterranea hacia Drenes / Goicochea, J. A. R. La Molina : Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de ingemieria agricola, 2005. 31 c.

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОПЕРЕЧНОЇ СТІЙКІСТІ РЕЙКО-ШПАЛЬНОЇ РЕШІТКИ З УРАХУВАННЯМ КВАЗІСТАТИЧНОЇ СТИСКАЮЧОЇ СИЛИ В ПОЇЗДІ

Єна Ю.М. **–** аспірант, ena_yum@gsuite.duit.edu.ua
Ндінга М.Р. **–** аспірант, ndinga_mr@gsuite.duit.edu.ua
Демченко М.Є. – асистент, sintyurova_me@gsuite.duit.edu.ua
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

THEORETICAL STUDIES OF THE TRANSVERSE STABILITY OF A RAIL AND SLEEPER GRID WITH CONSIDERATION OF QUASI-STATIC COMPRESSIVE FORCE IN A TRAIN

Yena Yu. – Postgraduate student, ena_yum@gsuite.duit.edu.ua
Ndinga M.R. – Postgraduate student, ndinga_mr@gsuite.duit.edu.ua
Demchenko M. – Assistant, sintyurova_me@gsuite.duit.edu.ua
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technology
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The traditional design of the track superstructure on Ukrainian mainline railways in curved sections with a radius of less than 350 m is a link track structure with wooden sleepers. This track design is not rational under current operating conditions. The use of a more advanced jointless track structure in curves with a radius of less than 350 m is limited primarily by the condition of ensuring the transverse stability of the rail and sleeper grid. In order to expand the use of the jointless track structure in curved sections with a radius of less than 350 m, it is necessary to know the values of the transverse forces of interaction between the structures of the track superstructure and the rolling stock. Knowing the forces of interaction, it is possible to estimate the transverse stability of the rail and sleeper grid and make design decisions to increase it.*
Keywords: *railway track, jointless track construction, small radius curves, transverse stability, horizontal transverse forces.*

Актуальність дослідження. Поперечні сили, які передаються під час руху від гребенів коліс на робочу грань рейки, можуть достигати достатньо великих значень та призводити до досить інтенсивного накопичення залишкових деформацій колії в плані та по ширині. В деяких випадках ці сили можуть призводити до втрати стійкості рейко-шпальної решітки [1]. Для недопущення втрати поперечної стійкості рейко-шпальної перед прийняттям рішення про зміну умов експлуатації необхідно проводити попередні теоретичні дослідження.

Метою роботи є проведення теоретичних досліджень поперечної стійкості безстикової колії в кривих ділянках радіуса від 200 м до 300 м. Поперечна

стійкість колії залежить від конструкції верхньої будови колії, її стану, величини співвідношення силової взаємодії у вертикальній і горизонтальній площині та опору рейко-шпальної решітки поперечному здвигу.

Умова забезпечення стійкості рейко-шпальної решітки згідно затверджених на українських залізницях «Правил розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість» буде виконуватись при виконанні нерівності:

$$Y_p^{max} < W_{\text{ш}} * [\varepsilon], \quad (1)$$

де Y_p^{max} – максимальна рамна сила;

$W_{\text{ш}}$ – граничний опір рейко-шпальної решітки поперечному зсуву;

$[\varepsilon]$ – коефіцієнт, що передбачає можливі зниження опору поперечному зсуву зміщенню рейко-шпальної решітки безпосередньо після ремонту колії.

Поряд з зазначеною поперечною горизонтальною силою взаємодії колії та рухомого екіпажу виникають додаткові поперечні сили. Тому для отримання більш точних даних силової взаємодії у горизонтальній площині при теоретичних дослідженнях поперечної стійкісті рейко-шпальної решітки необхідно враховувати дію додаткової поперечної сили від стискаючої сили в поїзді при його гальмуванні. Додаткові поперечні горизонтальні сили виникають при русі поїзда за рахунок розтягувань та стискань на прямих та кривих ділянках. Причини виникнення цих сил пов’язані з особливостями конструктивного облаштування зчіпних приладів, а саме з наявністю ексцентриситету закріплення хвостовика автозчеплення в горизонтальній та вертикальній площині [2].

При квазістатичному стисканні поїзда його ланки під час руху намагаються перекоситися. Утримують їх в основному положенні поперечні зв’язки, роль яких відіграють візки з ресорами та колісними парами. Із збільшенням квазістатичного стискання поїзда перекоси збільшуються, викликаючи збільшення поперечної горизонтальної та вертикальної групової дії коліс візка на колію. При цьому колеса суміжних візків діють по-різному на різні рейкові нитки, намагаючись розтиснути колію чи змістити її суміжними візками в різні сторони [3, 4].

Найбільш критичні умови при розрахунках поперечної стійкості залізничної колії будуть виникати при різкому гальмуванні в кривій ділянці колії, коли з’являється додаткова групова бокова дія коліс екіпажу на колію при стискаючій квазістатичній силі. Ця додаткова сила буде діяти за межами локомотива у поїзді. Значення додаткової бокової групової сили, розраховується формулою:

$$H_{\delta e} = \frac{F_{\text{стис}} * L * (\delta * L + e * l)}{a * l^2}, \quad (2)$$

де $F_{\text{стис}}$ – квазістатична стискаюча сила в поїзді;

L – відстань між хвостами автозчеплень рухомої одиниці;

a – довжина автозчеплення;

l – довжина кузова між центрами повороту (шворнями) візків;

e – ексцентриситет кріплення автозчеплення;

δ – поперечне переміщення кузова в зоні візка з-за перекосу по схемі «ялинка».

Умова поперечної стійкості рейко-шпальної решітки проти бокового зсуву в горизонтальній площині з урахуванням сили $H_{\delta e}$ за межами локомотиву в поїзді буде визначатися формулою:

$$Y_p^{max} + H_{\delta e} < W_{\text{ш}} * [\varepsilon]. \quad (3)$$

Висновки. В результаті розрахунків, виконаних в даній статті, отримано, що поперечна стійкість підкладкової та безпідкладкової конструкції колії забезпечується в кривих ділянках радіусів 300 м, 600 м, 1000 м. Додаткова дія поперечної горизонтальної сили, яка виникає при різкому гальмуванні поїзда, зменшує поперечну стійкість колії в цілому на 30%. При цьому, при різкому гальмуванні вантажного поїзда поперечна стійкість рейко-шпальної решітки буде забезпечена: при підкладковій конструкції колії з типовим скріпленням КБ на 128%; при безпідкладковій конструкції колії з сучасним пружним скріпленням КПП-5 на 120%.

Література

1. Tverdomed V., Tkachenko V., Sapronova S., Aharkov O., & Fedorova O. (2019). Stability of the Railroad Track Gauge with Railpad and Railpad-free Designs of Rail Fastening System. Proceedings of 23rd International Scientific Conference. Transport Means.

2. Твердомед В.М., Карпінський С.Л., Сорока О.О. Вплив конструктивного оформлення вузла рейкового скріплення на забезпечення поздовжньої стійкості безстикової колії. Зб. наук. праць УкрДУЗТ. Х.: УкрДУЗТ, 2017, Вип. 169, С. 47-54. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpudazt_2017_169_8.

3. Tverdomed V., Aharkov O., Boiko V., & Kushmar L. (2020). Calculation of Transverse Horizontal Forces. The Proceedings of the 24th International Scientific Conference Transport Means. pp. 1037-1042.

4. Проектування та розрахунки конструкцій залізничної колії Підручник для вищих навчальних закладів в 2-х томах: / за ред. Е.І. Даніленка. Т.2 К.: «Хай-Тек Прес», 2019. 344 с.

ПОЗДОВЖНЯ СТІЙКІСТЬ СУЧАСНИХ КОНСТРУКЦІЙ ВЕРХНЬОЇ БУДОВИ КОЛІЇ ПРИ РІЗНИХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ УМОВАХ

Карпінський С.Л. **–** аспірант, karpinskii_sl@gsuite.duit.edu.ua
Левицький Б.В. **–** аспірант, levytskii_bv@gsuite.duit.edu.ua
Демченко М.Є. – асистент, sintyurova_me@gsuite.duit.edu.ua
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

LONGITUDINAL STABILITY OF MODERN TRACK SUPERSTRUCTURE STRUCTURES UNDER VARIOUS OPERATING CONDITIONS

Karpinskyi S. – Postgraduate student, *karpinskii_sl@gsuite.duit.edu.ua*
Levytskyi B. – Postgraduate student, *levytskii_bv@gsuite.duit.edu.ua*
Demchenko M. – Assistant, *sintyurova_me@gsuite.duit.edu.ua*
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technology
Ukraine, Kyiv

Abstract. *When using a temperature-stressed jointless track structure, large longitudinal temperature forces arise due to changes in ambient temperature. These forces have a major impact on the longitudinal stability of the track, so special attention is paid to the condition of ensuring longitudinal stability in the case of a jointless track structure and stricter requirements are placed on the design of the rail fasteners. Obviously, the accuracy of determining the stability of the rail ties in a jointless track depends on how accurately the tie forces can be determined, i.e. the accuracy of determining the parameters that ensure train safety.*
Keywords: *railway track, jointless track structure, longitudinal stability, horizontal longitudinal forces*

Актуальність дослідження. Угон рейок або рейкових ниток викликає суттєві порушення нормальної роботи залізничної колії, а саме: - виникнення в стиках одного кінця ділянки колії нульових зазорів, а в стиках іншого - максимально розтягнутих. На тих ділянках колії, де зазори відсутні, в літній період при високій температурі в рейках з'являються великі повздовжні стискаючі зусилля, які можуть призвести до порушення стійкості рейкових ниток або рейко-шпальної решітки [1]. В зоні максимально розтягнутих зазорів у зимовий період (при низькій температурі) в рейках з'являються значні розтягуючи зусилля, наслідком чого можуть бути: зрізи стикових болтів та роз'єднання стиків, зсуви і перекоси шпал, послаблення клем рейкових скріплень, та інш.

Зсув шпал зі своїх ущільнених постелей призводить до просідання колії. Особливо суттєві наслідки для рейкової колії з’являються після зсувів зі своїх

місць стикових шпал, так як в стиках динамічна дія коліс рухомого складу на колію значно більше. Перекоси шпал, які виникають при неоднаковому переміщенні кожної з рейкових ниток викликають звуження колії [2]. На ділянках безстикової колії послаблення клем проміжних скріплень призводить до повздовжнього переміщення окремих відрізків довгої зварної пліті (там де ці клеми ослаблені) з утворенням попереду даної ділянки зони високого стискання рейок (що при значній температурі може викликати «викид колії»), а позаду утворення розтягнутої зони, на якій взимку не виключається розрив рейок.

Якщо клеми ослаблені по всій пліті, то внаслідок угону, крім появи зон стискання та розтягнення виникає повздовжнє переміщення всій пліті з порушеннями стану колії в зонах зрівнювальних прольотів.

На гальмівних ділянках поздовжнього профілю виникають додаткові сили від тертя гальмування [3]. При натисканні колодок на обід колеса, а також у випадку електричного гальмування виникає пружне проковзування коліс по рейкам, у зв’язку з чим по поверхням контактних площадок між колесами та рейками виникають підвищені поздовжні сили, направлені в сторону руху поїзда. Більш складні умови експлуатації по забезпеченню поздовжньої стійкості колії прослідковуються на ділянках з рухом великовагових поїздів із застосуванням рекуперативного гальмування де поздовжня сила зосереджується на малій довжині. Такі умови експлуатації потребували прийняти додаткових мір для недопущення угону колії.

Застосування температурно-напруженої конструкції безстикової колії призводить до утворення великих поздовжніх температурних сил при зміні температури рейок відносно температури закріплення, які мають основний вплив на поздовжню стійкість колії. Тому умові забезпечення поздовжньої стійкості особлива увага приділяється на безстиковій конструкції колії та більш суворі вимоги висуваються до конструкції вузла рейкового скріплення.

При проектуванні чи виборі умов застосування проміжних рейкових скріплень на залізницях в першу чергу необхідно знати величини діючих уганяючих сил для заданих умов експлуатації. Очевидно, що від того, наскільки точно можуть бути визначені сили угону в рейкових плітях безстикової колії, яка є однією із складових усієї суми поздовжніх сил, що виникають в конструкціях колії, залежить точність визначення їх стійкості, тобто точність визначення параметрів, що забезпечують безпеку руху поїздів.

Метою роботи є проведення теоретичних досліджень поздовжньої стійкості безстикової колії при різних експлуатаційних умовах.

Поздовжня стійкість рейкової колії забезпечується в тому випадку, якщо сумарні поздовжні сили угону рейки (разом з температурними поздовжніми

силами) не будуть перевищувати сил опору поздовжньому переміщенню, які забезпечується рейковими скріпленнями [4].

Для визначенні сил угону від дії вертикальних колісних навантажень і пружного вигину рейок була прийнята розрахункова схема при якій явище угону прослідкується при розгляданні пружного вигину балки, що лежить на суцільній основі пружної у вертикальній і недеформуємої в горизонтальній площині. При цьому угон створюється від пружного вигину рейки й поступового накочування колеса на рейку, яка лежить попереду. В результаті пружного повороту перерізів рейки виникають поздовжні переміщення точок на підошві рейки. Розподілену поздовжню силу від вигину рейки на одиницю її довжини (кН/м) визначають за формулою:

$$\max\left(p_{\text{зг}}^{\text{пр}}\right) = 10^3 * U_x * \Delta X_{max} \quad (1)$$

де U_x – модуль пружності колії в поздовжньому напрямку;

ΔX_{max} – поздовжнє максимальне відхилення підошви рейки.

Розподілена поздовжня гальмівна сила, яка передається від коліс рухомого складу на рейку, знаходиться за методикою тягових розрахунків формулою:

$$p_{\text{гальм}}^{\text{ср}} = \frac{B_m}{2L}, \quad (2)$$

де B_m – гальмівна сила, кН;

L – довжина поїзда, м.

Розподілена температурна сила на ділянці колії, що деформується для однієї рейкової нитки безстикової пліті згідно «Правил розрахунків залізничної колії на стійкість», знаходиться формулою:

$$p_t^{\text{роз}} = \frac{P_t^{'}}{2X}, \quad (3)$$

де $P_t^{'}$ – загальна поздовжня температурна сила, яка виникає в одній рейковій нитці безстикової пліті;

X – довжина кінцевих ділянок, на яких відбуваються поздовжні деформації рейкової пліті при зміні температури на певне число градусів Δt.

В результаті розрахунків, отримано, що рейкові скріплення типу КПП-1 не в достатній мірі забезпечують поздовжню стійкість колії в тому випадку, коли поряд із пружними та температурними силами діють гальмівні сили від екстреного та рекуперативного гальмування великовагових вантажних поїздів. Значний вплив на величину розподіленої гальмівної сили при рекуперативному гальмуванні має поздовжній ухил колії. При гальмуванні вантажного поїзда масою 4500 т на ухилі 12 ‰ поздовжня стійкість рейкових ниток може буде втрачена при кожній з розглянутих конструкції рейкових скріплень. Тому для

уникнення втрати поздовжньої стійкості колії на ділянках з крутими ухилами необхідно забороняти рекуперативне гальмування вантажних великовагових поїздів при русі на спуск з ухилом понад 8 ‰ [5].

Висновки. Проведені порівняльні розрахунки поздовжньої стійкості підкладкової та безпідкладкової конструкції колії показали, що:

- поздовжня стійкість рейкової колії при безпідкладковій конструкції з пружним скріпленням КПП-5 має більшу 5% забезпеченість порівняно з підкладковою конструкцією колії та типовим скріпленням КБ;

- поздовжня стійкість рейкової колії може бути втрачена при підкладковій конструкції колії з типовим рейковим скріплення КБ при недостатній щільності затискання клемних болтів та при безпідкладковій конструкції колії з рейковим скріпленням КПП-1. Скріплення КПП-5 забезпечують достатній опір поздовжнім переміщенням з забезпеченням поздовжньої стійкості не менше ніж на 117-140 %;

- найгірші несприятливі умови для забезпечення поздовжньої стійкості рейкових ниток створюються в екстремальних умовах на ділянках гальмування поїздів при сумісній дії сили від вигину рейок під вертикальним навантаженням, температурних сил та сили від рекуперативного гальмування.

Література

1. Твердомед В.М., Возненко А.Д., Бойко В.Д. Розрахунок поперечних горизонтальних сил у кривих ділянках рейкової колії [Текст] / В.М. Твердомед, // Зб. наук. праць ДЕТУТ. Серія «Транспортні системи і технології». Київ, 2016. Вип. 29. С. 134-147.

2. Даренский А.Н., Тулей Ю.Л., Потапов Д.А. Численные исследования влияния параметров рельсовой колеи на боковой износ рельсов в кривых // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2016. № 6 (121). С. 36-42.

3. Правила розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість / Е.І. Даніленко, В.В. Рибкін. К.:Транспорт України, 2005.119 с.

4. Проектування та розрахунки конструкцій залізничної колії Підручник для вищих навчальних закладів в 2-х томах: / за ред. Е.І. Даніленка. Т.1 К.: «Хай-Тек Прес», 2019. 344 с.

5. Проектування та розрахунки конструкцій залізничної колії Підручник для вищих навчальних закладів в 2-х томах: / за ред. Е.І. Даніленка. Т.2 К.: «Хай-Тек Прес», 2019. 344 с.

СТАБІЛЬНІСТЬ ШИРИНИ РЕЙКОВОЇ КОЛІЇ ПРИ РІЗНИХ КОНСТРУКЦІЯХ ПРОМІЖНИХ РЕЙКОВИХ СКРІПЛЕНЬ

Котковський О.М. – аспірант, kotkovskii_om@gsuite.duit.edu.ua
Височанський В.В. – аспірант, vysochanskii_vv@gsuite.duit.edu.ua
Демченко М.Є. – асистент, sintyurova_me@gsuite.duit.edu.ua
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

RESEARCH OF VIBRATION DIAGNOSTIC EQUIPMENT OF ELECTROMECHANICAL SYSTEMS

Kotkovskyi O. – Postgraduate student, kotkovskii_om@gsuite.duit.edu.ua
Vysochanskyi V. – Postgraduate student, vysochanskii_vv@gsuite.duit.edu.ua
Demchenko M. – Assistant, sintyurova_me@gsuite.duit.edu.ua
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technology
Ukraine, Kyiv

Abstract. *Increased speeds of rolling stock, increased level of force interaction in the wheel-rail system, on the one hand, leads to an increase in geometric deviations during the track infrastructure operation, and on the other, the requirements for the limit levels of deviations of the upper track structure become more stringent.These factors complicate the maintenance of the track and lead to an increase in the volume of work to ensure its efficiency. One of the main constantly monitored parameters is the track gauge. This is due to the fact that exceeding the permissible track gauge can cause the vehicle to derail, and reducing the width of the track below the permissible value causes the wheels pair to jam and the wheel flange to slide over the rail.*
Keywords: *rolling stock, railway track, track gauge, longitudinal level, transverse level, skewness, track quality index*

Актуальність дослідження. На залізницях світу не припиняються наукові пошуки й експерименти, що стосуються вдосконалювання конструкції рейкової колії та скріплень. Для створення оптимальних варіантів вивчають дію різних комбінацій сил, що впливають на вузол скріплення при різних умовах експлуатації, які визначаються осьовим навантаженням, особливостями конструктивного облаштування ходових частин рухомого екіпажу, швидкістю руху поїздів, їх довжиною та масою.

В сучасних умовах експлуатації для безстикової колії на залізобетонних шпалах на зарубіжних залізницях використовують декілька типів конструкцій безпідкладкових пружних рейкових скріплень з використанням замонолічених анкерів чи дюбелів [1]. На вітчизняних залізницях застосовуються, як підкладкові скріплення типу КБ, так і безпідкладкові типів, КПП-1, КПП-5.

Підкладкові конструкції застосовуються переважно на вантажонапружених напрямках. Застосування безпідкладкових конструкцій на вантажонапружених напрямках експлуатації залізниць України потребує додаткових досліджень.

Мета роботи полягає в проведенні дослідження впливу конструкції рейкового скріплення на стабільність ширини рейкової колії на вантажонапружених ділянках залізниць України з обертанням сучасного рухомого екіпажу.

Конструкція залізничної колії має просту будову, але відноситься до складної конструкції, яка знаходиться під впливом різноманітних природних факторів та складної динамічної взаємодії з рухомим складом [2]. З переходом залізничної колії на залізобетонну підрейкову основу (збільшення ваги верхньої будови колії та її просторової жорсткості), збільшення ваги не підресорених мас екіпажу та недостатня пружністю ресорного підвішування призводять до збільшення вібраційних характеристик впливу рухомого екіпажу на колію, що викликає досить специфічний спектр накопичення залишкових деформацій та ускладнення роботи вузла проміжного рейкового скріплення.

Залишкові деформації рейкової колії можуть накопичуватися досить тривалий час, інтенсивно чи проявлятися миттєво у вигляді значних відхилень від проектних положень. В багатьох випадках такі відхилення можна прогнозувати [3]. Аналогічно їх накопичення може проходити і в матеріалі елементів верхньої будови колії з поступовим чи раптовим їх руйнуванням.

Надійність забезпечення геометричних параметрів рейкової колії (ширини, нахилу рейок, положення рейок в плані, профілі та за рівнем) в більшості випадків забезпечується надійністю роботи рейкових скріплень. Інтенсивність розладу зв’язку рейки з основою залежить від характеру взаємодії елементів рейко-шпальної решітки між собою та з баластним шаром при дії рухомого навантаження.

Вдосконалення конструкції верхньої будови колії неможливо без знання законів функціювання системи зв’язків та їх вплив на формування залишкових деформацій.

Найбільш оптимальним критерієм для оцінки роботи вузла проміжного рейкового скріплення та для вибору раціональних сфер його застосування є надійність роботи конструкції проміжного рейкового скріплення під рухомим складом [4].

На основі цього для оцінки роботи вузла скріплення прийняті наступні характеристики:

- надійність з’єднання рейки з підрейковою основою;
- постійність ширини рейкової колії;
- стабільність рейкових ниток в плані;

- вплив конструкції проміжного рейкового скріплення на інтенсивність накопичення залишкових деформацій в елементах верхньої будови колії;

- технологічність проведення робіт із виправлення колії в плані, профілі та регулюванні ширини рейкової колії.

Особливо важливою характеристикою конструкції вузла рейкового скріплення є його здатність тривалий час зберігати стабільну ширину рейкової колії. Стан рейкової колії спричиняє значний вплив на рівень бокових сил, що виникають із-за впливу коліс рухомого складом на рейки, на безпеку руху поїздів, на величину витрат при поточному утриманні колії [5].

Інтенсивність накопичення залишкових деформацій рейкової колії залежить від: величини зазору між гребенями коліс та робочою гранню рейки, вантажонапруженості ділянки, навантажень на вісь, швидкості руху поїздів та жорсткості рейкових ниток.

Для оцінки роботи проміжних рейкових скріплень КПП та КБ були проведені експериментальні дослідження безпосередньо в колії та виявлений вплив конструкції проміжного рейкового скріплення на інтенсивність накопичення залишкових деформацій за шириною рейкової колії [6].

Експлуатаційні дослідження впливу конструкції проміжного рейкового скріплення на роботу колії в цілому базувалися на аналізі колієвимірювальних стрічок вагонів КВЛ-П1МП.2.Т за рік експлуатації.

Отримані матеріали аналізувалися методами математичної статистики. Відхилення ширини рейкової колії від проектного положення можна описати нормальним розподілом (розподілом Гауса) тобто випадкова величина (відхилення) має щільність ймовірності наступного виду:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot \sigma}} e^{-(x-a)^2/(2 \cdot \sigma^2)} \quad (1)$$

Оцінка стабільності ширини рейкової колії проводилась на основі аналізу основних параметрів, які характеризують нормальний закон розподілу ймовірностей: математичне сподівання, мода, дисперсія та середнє квадратичне відхилення.

Висновок. Інтенсивність розладнання ширини рейкової колії в значній мірі залежить від конструкції проміжного рейкового скріплення. Із результатів експлуатаційних досліджень видно, що найбільша стабільність ширини рейкової колії забезпечується на ділянках з експлуатацією проміжного рейкового скріплення КПП-5, де інтенсивність зміни ширини рейкової колії складає 0,13 та 0,14 мм на 1 млн. т брутто пропущеного вантажу. Найбільша інтенсивність зміни ширини рейкової колії спостерігалась на ділянках експлуатації скріплення типу КБ.

Література

1. Tverdomed V., Tkachenko V., Sapronova S., Aharkov O., & Fedorova O. (2019). Stability of the Railroad Track Gauge with Railpad and Railpad-free Designs of Rail Fastening System. Proceedings of 23rd International Scientific Conference. Transport Means.

2. Твердомед В.М., Карпінський С.Л., Сорока О.О. Вплив конструктивного оформлення вузла рейкового скріплення на забезпечення поздовжньої стійкості безстикової колії. Зб. наук. праць УкрДУЗТ. Х.: УкрДУЗТ, 2017, Вип. 169, С. 47-54. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpudazt_2017_169_8.

3. Tverdomed V., Aharkov O., Boiko V., & Kushmar L. (2020). Calculation of Transverse Horizontal Forces. The Proceedings of the 24th International Scientific Conference Transport Means. pp. 1037-1042.

4. Ferreño, D., Casado, J. A., Carrascal, I. A., Diego,S., Ruiz, E., Saiz, M., & Cimentada, A. I. (2019). Experimental and finite element fatigue assessment of the spring clip of the SKL-1 railway fastening sys-tem. Engineering Structures, 188, 553-563

5. Oregui, M., Li, Z., & Dollevoet, R. (2015). An investigation into the modeling of railway fas-tening. International Journal of Mechanical Sciences, 92, 1-11

6. Даніленко Е.І., Твердомед В.М, Жученко О.М. Дослідження проміжних рейкових скріплень для залізобетонних шпал на витривалість при впливі циклічного навантаження. Збірник наукових праць Київського університету економіки і технологій транспорту. Київ: КУЕТТ. 2005. Вип. 7. С. 28-37.

ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ КАРКАСА ВАГОНА КРИТОГО БРЕЗЕНТОМ ПРИ СПРИЙНЯТТІ ПОВЗДОВЖНІХ НАВАНТАЖЕНЬ

Ловська А.О. – д.т.н., проф., *alyonaLovskaya.vagons@gmail.com*
Український державний університет залізничного транспорту
Україна, м. Харків
Діжо Я. – PhD, доцент, *jan.dizo@fstroj.uniza.sk*
Бучко М. – докторант, *martin.bucko@fstroj.uniza.sk*
Жилінський університет
Словаччина, м. Жиліна

RESEARCH OF STRENGTH OF A WAGON FRAME COVERED WITH A TARPAUL WHEN ACTING THE LONGITUDINAL LOADS

Lovska A.O. – Doctor of Technical Sciences, Professor,
alyonaLovskaya.vagons@gmail.com
Ukrainian State University of Railway Transport
Ukraine, Kharkiv
Dižo J. – PhD, Associate Professor, *jan.dizo@fstroj.uniza.sk*
Bučko M. – PhD student, *martin.bucko@fstroj.uniza.sk*
University of Zilina
Slovak Republic, Zilina

Abstract. *It is proposed to create a tarpaulin-covered wagon on its basis to reduce its tare. A covered wagon model 11-217 was chosen as a prototype. Arches that have a contour similar to the body of the prototype car are expected to be placed on a typical frame of the covered wagon. A mathematical model was carried out to study the longitudinal dynamic load of the wagon. The determined acceleration, as a component of the dynamic load, is taken into account when calculating the strength of the wagon body frame. The calculations showed that the maximum stresses in the frame of the wagon are of 1.3% lower than the permissible value and they occur in the areas of interaction between the backbone beam and the pivot beams. Therefore, the strength of the frame under the given mode of operation is preserved.*
Keywords: *transport mechanics, covered wagon, bearing structure of the wagon, dynamic loading, transportation safety, railway transport*

Актуальність дослідження зумовлена тим, що технічний рівень рухомого складу є одним із основних факторів ефективності вантажних перевезень [1, 2]. Наразі парк вантажних вагонів включає дуже велику кількість за конструкційними особливостями та технологією обробки типів вагонів: напіввагони, криті вагони, вагони-платформи, вагони-хопери, вагони-цистерни тощо. Вантажі, які потребують захисту від атмосферного впливу перевозяться безпосередньо в критих вагонах.

Для підвищення техніко-економічних показників сучасних критих вагонів актуальним питанням є зменшення їх тари. Це не тільки сприяє зменшенню

підресореної маси вагона, але і підвищенню вантажопідйомності при дотриманні умов експлуатаційної міцності. Зменшення тари вагона можливо досягти безпосередньо удосконаленням кузова, як вузла конструкції на який припадає найбільший відсоток тари. Тому питання удосконалень кузовів критих вагонів з метою зменшення їх тари є досить актуальними.

Метою роботи є висвітлення результатів дослідження міцності каркаса вагона критого брезентом при сприйнятті повздовжніх навантажень.

Основний текст. Для зменшення тари критого вагона пропонується створення на його базі вагона критого брезентом (рис. 1). Такі вагони наразі знайшли широке розповсюдження в експлуатації на коліях 1435 мм та добре зарекомендували себе [3].



а) *б)*

Рисунок 1 – Вагон критий брезентом
а) для перевезень різнотипних вантажів; б) для перевезень спеціалізованих вантажів

Для дослідження можливості створення вагона критого брезентом для колії 1520 мм у якості прототипу обрано критий вагон моделі 11-217. На базі типової рами даного вагона запропоновано конструкцію вагона критого брезентом. При цьому передбачається постановку на типову раму критого вагона арок, які мають контур, подібний до кузова вагона-прототипу (рис. 2). Арки мають ступінь вільності у повздовжній площині. Завантаження вагона здійснюється після переміщення арок у бік торцевої стіни. Фіксація арок відносно рами здійснюється типовим механізмом, що застосовується на вагонах подібної конструкції. Торцеві стіни утворені вертикальними та поперечними балками та перекриті горизонтальним листом.



Рисунок 2 – Каркас кузова критого вагона

Запропонована конструкція каркаса має на 16% нижчу тару ніж у вагона-прототипа.

Для дослідження повздовжньої динамічної навантаженості вагона проведено відповідний розрахунок. При цьому використано математичну модель, наведену у роботі [4] з урахуванням її адаптації до визначення динамічної навантаженості вагона критого брезентом.

Враховано, що вагон має три ступені вільності – поступальне переміщення у повздовжній та вертикальній площинах, а також кутове переміщення у вертикальній площині. Прийнято припущення, що вагон завантажений з використанням повної вантажопідйомності умовним вантажем. Вантаж не має власного ступеня вільності та повторює траєкторію переміщень кузова. На задній упор автозчепу діє повздовжнє навантаження у 3,5 МН [5]. При цьому удар є абсолютно жорстким.

При проведенні розрахунків враховано, що вагон спирається на візки моделі 18-100. Розв’язок системи диференціальних рівнянь здійснено в програмному комплексі MathCad. Початкові переміщення та швидкості завдані близькими до нуля. На підставі проведених розрахунків встановлено, що прискорення, яке діє на каркас вагона складає 38,4 м/с^2.

Розраховане прискорення враховано при розрахунках на міцність каркаса вагона. У якості розрахункового застосовано метод скінчених елементів. Його реалізацію здійснено в SolidWorks Simulation.

На підставі проведеного розрахунку встановлено, що максимальні напруження в каркасі мають місце в зонах взаємодії хребтової балки із шворневими. Ці напруження склали 306,4 МПа, що нижче за допустимі, які складають 310,5 МПа [5].

Максимальні переміщення виникають в середній частині каркаса і дорівнюють 4,78 мм. Таке розподілення переміщень можна пояснити тим, що закріплення моделі здійснювалося за п’ятниками, а вертикальне навантаження рівномірно розподілено відносно рами. Отже її середня частина має найбільші переміщення.

Висновок. Результати проведених досліджень доводять доцільність створення вагона критого брезентом на базі існуючої конструкції. На подальшому етапі розвитку даного дослідження планується визначення навантаженості каркаса вагона при інших схемах експлуатаційних навантажень, в тому числі, при перевезенні на залізничному поромі.

Проведені дослідження сприятимуть створенню рекомендацій щодо проєктування сучасних конструкцій критих вагонів, а також підвищенню ефективності експлуатації залізничних перевезень.

Література

1. Chandra Prakash Shukla, Bharti P. K. Study and Analysis of Doors of BCNHL Wagons. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT).* 2015. Vol. 4, Issue 04. P. 1195–1200. https://doi.org/10.17577/ijertv4is041031

2. Ватуля Г.Л., Ловська А.О., Мямлін С.С., Павлюченков М. В. Дослідження навантаженості зйомного модуля для довгомірних вантажів при перевезенні у складі комбінованого поїзда залізничним поромом. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Динаміка і міцність машин*. 2022. № 1. С. 27 – 33. https://doi.org/10.20998/2078-9130.2022.1.264322

3. Juraj Gerlici, Alyona Lovska, Mykhailo Pavliuchenkov, Jozef Harušinec. Investigation of the Strength and Dynamic Load on a Wagon. Covered with Tarpaulin for 1520 mm Gauge Lines. *Applied Sciences*. 2024. Vol. 14, 6810. https://doi.org/10.3390/app14156810

4. Богомаз Г.И., Мехов Д.Д., Пилипченко О.П., Черномашенцева Ю.Г. Нагруженность контейнеров-цистерн, расположенных на железнодорожной платформе, при ударах в автосцепку. *Збірник наукових праць "Динаміка та керування рухом механічних систем"*. 1992. С. 87 – 95.

5. ДСТУ 7598:2014. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). [Чинний від 2015-07-01]. Київ, 2015. 250 с.

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЄКТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНКУ НА МІЦНІСТЬ ЗЙОМНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ КРІПЛЕННЯ КОНТЕЙНЕРІВ В НАПІВВАГОНАХ

Панченко С. В. – д.т.н., проф., panchenko074@ukr.net
Ловська А. О. – д.т.н., проф., alyonaLovskaya.vagons@gmail.com
Український державний університет залізничного транспорту
Україна, м. Харків
Діжо Я. – PhD, доцент, jan.dizo@fstroj.uniza.sk
Жилінський університет
Словаччина, м. Жиліна
Рукавішников П. В. *– старший викладач, Rukavishnikov@kart.edu.ua*
Український державний університет залізничного транспорту
Україна, м. Харків

FEATURES OF A DESIGN AND A STRENGTH CALCULATION OF A REMOVABLE MODULE FOR FIXING CONTAINERS ON OPEN WAGONS

Panchenko S.V. – Doctor of Technical Sciences, Professor, panchenko074@ukr.net
Lovska A.O. – Doctor of Technical Sciences, Professor,
alyonaLovskaya.vagons@gmail.com
Ukrainian State University of Railway Transport
Ukraine, Kharkiv
Dižo J. – PhD, Associate Professor, jan.dizo@fstroj.uniza.sk
University of Zilina
Slovak Republic, Zilina
Rukavishnykov P. V. *– senior lecturer, Rukavishnikov@kart.edu.ua*
Ukrainian State University of Railway Transport
Ukraine, Kharkiv

Abstract. *A construction of a carrying module is proposed for safe transportation of containers on an open wagon. This module works on the principle of an intermediate adapter between a container and an open wagon body. The selection of profiles for the implementation of the beams of the load-bearing module is carried based on the moments of inrtia of its cross-section. Based on the chosen profile of the frame, its spatial model was built and the strength calculation was carried out. The results of strength analyses of the load-carrying module showed that the strength of its structure was observed when the loading schemes was considered.*
Keywords: *railway transport; open wagon, design adaptation; removable module, structural load; container transportation*

Актуальність дослідження зумовлена тим, що транспортна галузь вже тривалий час є генератором розвитку економіки європейських країн. При цьому однією із найбільш перспективних складових транспортної галузі є залізничний транспорт. Утримання його конкурентоспроможності на ринку транспортних

послуг зумовило впровадження в експлуатацію комбінованих транспортних систем, найбільш затребуваними серед яких є контейнерні [1, 2].

Перевезення контейнерів залізницею здійснюється на вагонах-платформах. Нестача вагонів-платформ в експлуатації викликає необхідність використання інших типів вагонів під контейнерні перевезення, наприклад, напіввагонів.

Це обґрунтовано відсутністю даху на напіввагоні, що дозволяє здійснювати його завантаження контейнерами. Однак, використання напіввагонів під перевезення контейнерів потребує забезпечення надійної схеми їх взаємодії, адже напіввагон не пристосований для цих цілей. Внаслідок податливості контейнера в напіввагоні може мати місце пошкодження не тільки самого контейнера, перевозимого у ньому вантажу, а і кузова напіввагона. Це викликає необхідність позапланових видів ремонту транспортних засобів та може сприяти аваріям. В випадку перевезень небезпечних вантажів, це додатково загрожує і екологічній небезпеці. Тому питання ситуаційної адаптації напіввагонів до перевезень контейнерів є досить актуальними та потребують дослідження.

Метою роботи є висвітлення особливостей проєктування та розрахунку на міцності зйомного модуля для кріплення контейнерів в напіввагонах.

Основний текст. Для безпечного перевезення контейнерів в напіввагоні пропонується використання зйомного модуля. Даний модуль працює за принципом проміжного адаптера між контейнером та кузовом напіввагона (рис.).

Модуль складається із рами, яку утворюють поперечні балки 1, кінцеві балки 2, повздовжні балки 3, торцеві надбудови 4 та розкоси 5. Для кріплення модуля в напіввагоні він оснащений кутовими фітингами 6. Кріплення контейнерів в модулі здійснюється через фітингові упори 7. Кріплення самого модуля в напіввагоні здійснюється через фітингові упори, які розміщуються на підлозі напіввагона.

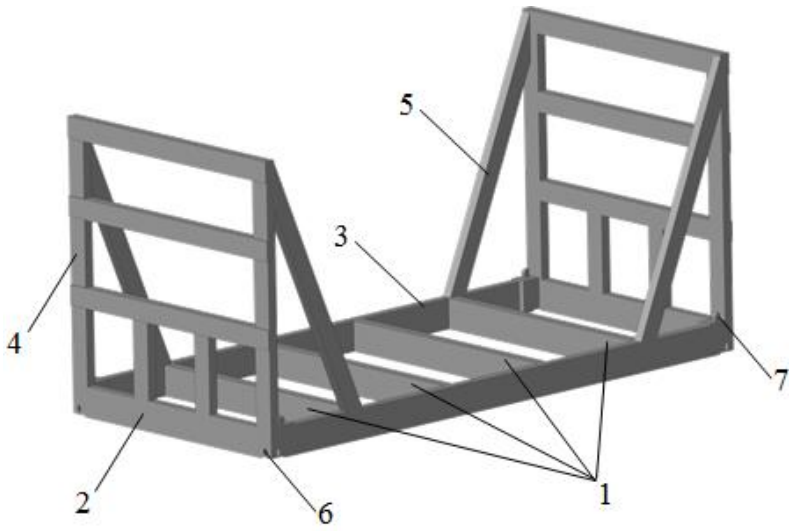


Рисунок – Модуль для кріплення контейнерів в напіввагоні

Вибір профілів виконання балок каркасу зйомного модуля здійснено за їх моментами опору. Для цього було побудовано стрижневу систему каркасу зйомного модуля та проведено його розрахунок з використанням програмного комплексу Ліра – САПР [1]. Даний комплекс дозволяє визначати внутрішні фактори, що діють в стрижнях при прикладанні до них зовнішнього навантаження. У якості зовнішнього навантаження враховано повздовжнє, яке діє на торцеву надбудову зйомного модуля. Оскільки рама зйомного модуля прилягає до підлоги напіввагона, то вертикальне навантаження, яке діє на неї не враховувалося.

В зонах обпирання каркаса на фітингові упори встановлювалися жорсткі зв’язки, тобто таким чином моделювалася взаємодія зйомного модуля з напіввагоном.

На підставі проведених розрахунків отримано епюри моментів, які діють в складових каркасу зйомного модуля. За максимальним згинальним моментом, що діє в каркасі через момент опору та відомими допустимими напруженнями підібрано профіль виконання його балок. У якості профілю виконання каркаса пропонується застосування квадратної труби.

З урахуванням обраного профілю виконання каркаса побудовано його просторову модель та проведено розрахунок на міцність. При розрахунках на міцність застосовано метод скінчених елементів, який реалізовано в SolidWorks Simulation. При створенні моделі не враховувалися зварювальні шви між окремими складовими каркаса. Скінчено-елементу модель каркаса утворено тетраедрами, оскільки сітка створювалася на твердому тілі. Число тетраедрів, які утворюють сітку, розраховано графоаналітично. З урахуванням цього чисельність вузлів склала – 40688, а елементів – 110331. Найбільший елемент

мав розмір 100 мм, найменший – 20 мм. Розрахунок реалізовано для двох схем навантажень зйомного модуля:

- дія вертикального навантаження;
- дія вертикального та повздовжнього навантажень.

Встановлено, що для випадку сприйняття модулем вертикального навантаження максимальні напруження в його конструкції складають 112,5 МПа. Ці напруження зосереджені в зонах взаємодії поперечних балок із повздовжніми. Максимальні переміщення виникають в верхніх частинах надбудов і дорівнюють близько 1 мм.

Для випадку сприйняття зйомним модулем вертикального та повздовжнього навантажень максимальні напруження в його конструкції склали 287,6 МПа. Дані напруження зафіксовано в зонах взаємодії поперечних балок із повздовжніми, які розміщені з боку навантажених фітингів. Максимальні переміщення в конструкції виникають в торцевій надбудові, розміщеній з боку прикладення навантаження до зйомного модуля. Ці переміщення склали 2,16 мм. Отже міцність зйомного модуля при розглянутих схемах навантажень забезпечується [3].

Висновок. Для можливості залучення напіввагонів до перевезень контейнерів запропоновано конструкцію зйомного модуля. В рамках дослідження проведено визначення профілю виконання зйомного модуля та його розрахунок на міцність. Встановлено, що міцність зйомного модуля при розглянутих схемах навантажень дотримується.

Проведені дослідження сприятимуть створенню рекомендацій щодо проєктування конструкцій транспортних засобів модульного типу, а також підвищенню ефективності експлуатації залізничного транспорту.

Л і т е р а т у р а

1. Glib Vatulia, Alyona Lovska, Mykhailo Pavliuchenkov, Volodymyr Nerubatskyi, Andrii Okorokov, Denys Hordiienko, Roman Vernigora, Irina Zhuravel. Determining patterns of vertical load on the prototype of a removable module for long-size cargoes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. №6/7 (120). P. 21-29. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.266855

2. Sergii Panchenko, Juraj Gerlici, Glib Vatulia, Alyona Lovska, Mykhailo Pavliuchenkov, Kateryna Kravchenko. The Analysis of the Loading and the Strength of the FLAT RACK Removable Module with Viscoelastic Bonds in the Fittings. *Applied Sciences*. 2023. Vol. 13(1), 79. https://doi.org/10.3390/app13010079

3. ДСТУ 7598:2014. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). [Чинний від 2015-07-01]. Київ, 2015. 250 с.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ МАГІСТРАЛЕЙ ЯК СКЛАДОВА СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Першко О. С. – бакалаврант, *pershko_os@gsuite.duit.edu.ua*
Ковальчук В. В. – к.ф.-м.н., доцент *kovalchuk_vv@gsuite.duit.edu.ua*
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

IMPROVEMENT OF TRANSPORT HIGHWAYS AS A COMPONENT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Pershko O.S. **–** bachelor's student, *pershko_os@gsuite.duit.edu.ua*
Kovalchuk V.V. – Ph.D., Associate Professor, *kovalchuk_vv@gsuite.duit.edu.ua*
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract*. This paper analyzes the possibilities of improving transport highways by introducing new technologies and renewable energy sources. It is shown that the development of renewable technologies in transport construction is progressing rapidly. An important aspect is that integrating renewable energy sources into transport infrastructure is part of the general trend towards sustainable development, which covers various areas of industry and urban development. The use of intelligent systems for effective management and optimization of energy consumption allows reducing the impact on the environment, as well as making economically profitable and effective decisions for the transport industry.*
Keywords: *transport highways, renewable energy, sustainable development, innovative technologies, energy efficiency, transport infrastructure*

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю пошуку для транспортної галузі інноваційних шляхів інтеграції нових технологій, які здатні забезпечити сталість і ефективність інфраструктурних рішень. Розвиток транспортного будівництва потребує впровадження нових технологій, що поєднують передові енергетичні рішення, економічну обґрунтованість, інтелектуальне управління інфраструктурою.

Метою роботи є комплексний аналіз прикладів використання у транспортних системах сучасних технологій, які спрямовані на покращення інфраструктури та підвищення якості життя суспільства.

Для розвитку сучасної транспортної галузі однією з перспективних тенденцій є впровадження нових технологій, які здатні забезпечити сталість і ефективність інфраструктурних рішень. При цьому «сталий транспорт» розуміють як спосіб транспортування, щой включає практики і технології, спрямовані на мінімізацію негативних екологічних, соціальних та економічних наслідків, одночасно максимізуючи ефективність і довгострокову

життєздатність [1].

Удосконалення транспортних магістралей через впровадження відновлюваних технологій має потенціал змінити концепцію дорожньої інфраструктури, перетворюючи її на джерело енергії. Це не лише сприяє зниженню навантаження на електромережі, а й підвищує загальну енергоефективність міських і міжміських транспортних шляхів. Важливо також зазначити соціально-економічний аспект цієї інновації: інтеграція відновлювальних технологій може стимулювати економічне зростання, створюючи нові робочі місця та підвищуючи рівень життя громадян [2, 3].

Однією з перспективних тенденцій розвитку транспортної галузі є впровадження відновлюваних джерел енергії в транспортні системи. Зокрема, розробляють проєкти інтеграції сонячних панелей у дорожні покриття і використання інших технологій, які дозволяють перетворювати магістралі з пасивних об'єктів на активних учасників енергетичного процесу [4].

У деяких країнах вже реалізовані проєкти «сонячних доріг», де спеціальні фотогальванічні панелі встановлюють безпосередньо у дорожнє полотно. Такі системи здатні не лише забезпечувати енергію для освітлення доріг і роботи світлофорів, а й передавати надлишки до загальної електромережі. Наприклад, у Нідерландах були успішно реалізовані проєкти велосипедних доріжок із вбудованими сонячними панелями (SolarRoads), які не лише генерують електроенергію, а й мають стійкість до інтенсивного руху, до різних погодних умов і механічних навантажень [4]. Сучасні матеріали для таких покриттів виготовляють із високоякісного скла та полімерів, які поєднують прозорість і високу міцність. Проєктні організації також проводять новітні дослідження щодо створення гнучких сонячних панелей, які можна адаптувати до нерівних поверхонь та змінних умов експлуатації.

Для розвитку сучасної економіки та забезпеченні комфортного життя населення транспортна інфраструктура відіграє ключову роль. Проте традиційні підходи до будівництва та експлуатації транспортних систем все частіше піддають критиці через негативний вплив на довкілля, високу залежність від невідновлюваних джерел енергії та значні викиди парникових газів. Ця ситуація вимагає застосування новітніх технологій і пошуку шляхів інтеграції екологічних рішень для зменшення негативних наслідків [5]. Використання сонячних панелей, систем збору енергії від руху транспортних засобів та інші рішення є важливими складовими впровадження технологій відновлюваної енергії в транспортні магістралі.

Попри високий потенціал, інтеграція сучасних технологій в транспортну інфраструктуру стикається з численними викликами. До основних належать висока вартість впровадження, необхідність адаптації існуючих систем, а також

забезпечення довговічності та ефективності нових матеріалів у різних кліматичних умовах. Незважаючи на ці перешкоди, розвиток відновлювальних технологій у транспортному будівництві швидко прогресує. Країни, що прагнуть досягти енергетичної незалежності та скорочення викидів вуглекислого газу, активно підтримують дослідження і впровадження подібних рішень.

Інтеграція відновлюваних джерел енергії в транспортну інфраструктуру є частиною загальної тенденції до сталого розвитку, яка охоплює різні сфери промисловості та містобудування. Важливо зазначити, що впровадження цих технологій вимагає комплексного підходу, що поєднує знання в галузях будівництва, енергетики та інформаційних технологій.

Останні досягнення в матеріалознавстві та інженерії дозволяють створювати нові типи покриттів, які можуть витримувати значні навантаження та мають здатність генерувати електроенергію. Прикладами таких передових розробок є проєкти «розумних доріг». Ці проєкти передбачають оснащення датчиками і сенсорами для моніторингу руху, температури та умов дорожнього покриття. При інтеграції таких доріг з відновлюваними джерелами енергії (наприклад, із сонячними панелями чи з електрогенеруючим покриттям) буде забезпечена самодостатність системи. Такі прогресивні рішення дають можливість зменшити енергетичні витрати на обслуговування магістралей і підвищити безпеку дорожнього руху через інтелектуальне управління інфраструктурою.

Новітніми рішеннями є також використання систем збору енергії з динамічних навантажень, що може бути реалізовано завдяки п'єзоелектричним матеріалам. Технологія заснована на здатності п’єзоелектричних елементів генерувати електричний струм під дією механічного тиску, який створюється колесами транспортних засобів на дорожнє покриття. Ця технологія має значний потенціал для використання на високонавантажених дорогах і в аеропортах, де постійний рух може забезпечувати стабільне джерело енергії. Також проводять дослідження щодо ефективності використання технології збору енергії з п’єзоелектричних матеріалів у міських зонах із високим пішохідним трафіком.

Слід також звернути увагу на інтеграцію технологій відновлюваної енергії з елементами міської інфраструктури. Наприклад, енергетично автономні освітлювальні системи, які працюють від сонячних панелей або вітрових турбін, можуть не лише забезпечувати світло вночі, а й мати датчики руху та інтелектуальні механізми управління [2, 3]. Це дозволяє знижувати витрати енергії та підвищувати ефективність використання інфраструктури.

Інтеграція відновлюваних джерел енергії в транспортні магістралі потребує ефективного управління енергетичними потоками. Для цього застосовують інтелектуальні системи управління, які використовують алгоритми штучного інтелекту і машинного навчання для оптимізації споживання енергії. Такі системи дозволяють прогнозувати піки навантаження, автоматично регулювати рівні освітлення та збирати дані для подальшого аналізу й удосконалення інфраструктури.

Зазначимо, що у період, коли сучасна транспортна інфраструктура перебуває на порозі значних змін, важливим фактором є підтримка державних та міжнародних ініціатив, спрямованих на сприяння сталому розвитку суспільства. Програми фінансування і субсидії на впровадження інноваційних технологій стають стимулом для будівельних компаній. Наприклад, у країнах Європейського Союзу діють різні програми, які сприяють розвитку транспортних проєктів із використанням відновлюваних джерел енергії [5]. При цьому привертають увагу до сучасних розробок, які включають створення автономних систем енергозабезпечення, що можуть взаємодіяти з міською електромережею та розподіляти надлишкову енергію. Це дозволяє не лише забезпечувати незалежність транспортної інфраструктури від зовнішніх джерел, а й активно сприяти стабільності місцевих електромереж

Висновки. Розвиток транспортного будівництва, що поєднує передові енергетичні рішення, є важливим кроком до створення більш стійкої, ефективної та екологічно безпечної транспортної мережі. Інноваційні рішення в цій сфері відкривають нові можливості для покращення інфраструктури та підвищення якості життя суспільства, створюючи основу для майбутнього, де транспортна система буде не лише функціональною, а й енергетично продуктивною та екологічно збалансованою.

Л і т е р а т у р а

1. Milewicz, J., Mokrzan, D., & Szymański, G. M. (2023). Environmental Impact Evaluation as a Key Element in Ensuring Sustainable Development of Rail Transport. *Sustainability*, 15(18), 13754.

2. Водяний, О.О. (2021). Впровадження відновлюваних джерел енергії в транспортну інфраструктуру України. Київ: Наукова думка.

3. Держенський, А.М., & Бабій, І.А. (2020). Екологічні аспекти сталого розвитку транспортного сектору. *Екологія та життя*, 1(5), 15-21.

4. Мельник, В.В. (2022). Сонячні дороги: нові технології у транспортному будівництві. *Будівельна інженерія*, 4(2), 45-54.

5. Петров, С.І., & Коваленко, О.Ю. (2021). Енергоефективність транспортних систем: проблеми та рішення. *Транспорт і енергетика*, 2, 30-40.

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ СПЕЦИФІКАЦІЇ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ (ОПЕРАТИВНОЇ СУМІСНОСТІ) ДЛЯ ЗАЛІЗНИЦЬ КОЛІЇ 1520 ММ

Семко Ж.О. *– старший науковий співробітник, shaganne@gmail.com*
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
Україна, Кременчук

ACTUAL ISSUES ON THE IMPLEMENTATION OF TECHNICAL SPECIFICATIONS OF INTEROPERABILITY (INTEROPERABILITY) FOR RAILWAYS OF 1520 MM GAUGE

Semko Zh.O. *– Senior Research Scientist, shaganne@gmail.com State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»*
Ukraine, Kremenchuk

Abstract. *The provisions of the Association Agreement between Ukraine, on the one hand, and the European Union, the European Atomic Energy Community and their Member States, on the other hand, in particular in the sector of railway transport, offer wide opportunities for Ukraine to achieve a high level development in the economic, social, political and legal spheres by, for example, ensuring the gradual adaptation of Ukrainian legislation to the set of legal acts of the European Union legislation in accordance with the directions set out in this Agreement. The process of adaptation, in particular, involves the implementation of a number of EU legal acts (directives, regulations, decisions), including those related to ensuring interoperability (TSI) of rolling stock and railway transport infrastructure.*
Keywords: *interoperability, technical specification, directive, regulation, decision, railway transport.*

Актуальність дослідження полягає у необхідності визначення основних принципів застосування (або не застосування) вимог технічних специфікації інтероперабельності (TSI) у сенсі впровадження в системі вітчизняного залізничного транспорту Директив, Регламентів та Рішень, положення щодо імплементації яких зазначені в Угоді про асоціацію між Україною та Європейським Союзом.

Метою роботи є створення об’єктивно виправданого розуміння щодо обов’язковості застосування технічних специфікацій інтероперабельності (TSI) та пов’язаних з ними європейських стандартів.

Одразу слід зазначити, що Угодою про асоціацію між Україною та Європейським Союзом (далі – Угода про асоціацію) [1] визначено положення щодо впровадження в Україні високошвидкісного залізничного транспорту (стаття 136 підрозділу 7 глави 6 розділу IV, стаття 369 глави 7 розділу V,

додаток XXXII). Виконання цих положень має бути забезпечене імплементацією низки директив ЄС, в тому числі Директиви № 2008/57/ЄС [2].

Слід також зауважити, що основними цілями, щодо яких спрямоване впровадження Директиви [2], зокрема, визначено такі:

- сприяння до формулювання оптимального рівня технічної гармонізації залізниць, що дозволить полегшити, покращити і розвинути міжнародні залізничні транспортні послуги в рамках Союзу, а також з третіми країнами[1)];

- забезпечення сумісності між характеристиками інфраструктури і транспортних засобів, а також ефективного взаємозв'язку інформаційних і комунікаційних систем різних інфраструктур і залізничних підприємств під час експлуатації поїздів по всій мережі залізниць ЄС.

При цьому, у Директиві № 2008/57/ЄС [2] зазначено, що оскільки на даний час існують значні відмінності між наявними національними правилами, внутрішніми правилами і технічними умовами, що застосовуються до систем, підсистем і компонентів залізничного транспорту, ці відмінності можуть створити ситуацію, за якої пересування поїзда без перешкод по всій території Союзу стає неможливим. Ці правила та технічні умови містять методи, які є специфічними для національних галузей промисловості, тому що в них використовуються обладнання, устаткування, пристрої конкретних розмірів або зі специфічними властивостями чи характеристиками. У цьому сенсі загально відомі такі показники та характеристики, що є відмінними для залізниць як країн самого Європейського Союзу так й України.

1) ширина колії:

- країни ЄС (окрім країн – див. нижче) – 1435 мм;
- країни Балтії, Фінляндія – 1524 мм;
- Ірландія – 1600 мм;
- Іспанія, Португалія– 1668 мм;
- Україна – 1520 мм;

2) величина напруги постійного (DC) та змінного струму (AC), зокрема:

- Франція – DC 1,5 кВ; AC 25 кВ/ 50 Гц;
- Бельгія, Польща – DC 3 кВ;
- Італія – DC 1,5 кВ та 3кВ
- Іспанія – DC 1,5 кВ та 3кВ; AC 25 кВ/ 50 Гц;
- Німеччина, Норвегія, Австрія, Швеція, Швейцарія – AC 15 кВ/ 16,7 Гц;
- Україна – DC 3 кВ, AC 25 кВ/ 50 Гц;

3) тягово зчіпний пристрій:

- країни ЄС – гвинтова упряж (гвинтова система зчеплення);
- Україна – автозчеп СА-3.

Отже, з огляду на наведені вище відмінності для забезпечення безперешкодного руху поїзда по всій території країн ЄС має бути створено такі системи залізничного транспорту, які будуть мати однакові показники, характеристики та властивості усіх систем, підсистем і компонентів залізничного транспорту, які безпосередньо впливають на забезпечення інтероперабельності (оперативної сумісності). Відповідно до додатку II Директиви № 2008/57/ЄС [2] система залізничного транспорту за структурними зонами може бути поділена на такі підсистеми:

- Інфраструктура
- Енергетика
- Контрольно-командна та сигнальна системи
- Рухомий склад.

В свою чергу кожна підсистема складається з певних компонентів чи елементів, наприклад:

*Інфраструктура – к*олія, станції, інженерні споруди (мости, тунелі тощо), пов'язана інфраструктура станцій (платформи, зони доступу, включаючи потреби осіб з обмеженими фізичними можливостями тощо), захисне обладнання та обладнання безпеки.

Рухомий склад – структура, командна та контрольна системи всього обладнання поїзду, тягове та обертове обладнання, гальмівна система, **система зчеплення**, ходова частина (приводи, вісі тощо), підвіска, двері, інтерфейс людина/машина (машиніст, обслуговуючий персонал, пасажири, включаючи осіб з обмеженими фізичними можливостями), прилади активного та пасивного захисту, індивідуальні засоби захисту для пасажирів та обслуговуючого персоналу.

Для визначення умов щодо обов'язковості застосування положень TSI під час проектування, впровадження, введення в експлуатацію об'єктів залізничного транспорту треба привести деякі терміни та їхні визначення, що наведені в Директиві № 2008/57/ЄС [2]:

технічні специфікації інтероперабельності (TSI) – специфікації, прийняті відповідно до цієї Директиви, якими охоплюється кожна підсистема чи частина підсистеми з метою виконання обов'язкових вимог та забезпечення інтероперабельності залізничної системи;

складові інтероперабельності – всі елементарні компоненти, групи компонентів, збірні вузли чи цілі агрегати обладнання, що складають чи призначені для складання підсистеми, від якої прямо чи опосередковано залежить інтероперабельність залізничної системи. Складові охоплюють матеріальні та нематеріальні об'єкти, такі як програмне забезпечення;

Отже, основні вимоги щодо забезпечення інтероперабельності встановлено в Директивах, Рішеннях та Регламентах, що є законодавчими документами Європейського Союзу. Ці вимоги мають загальні положення, розширене пояснення яких надається у TSI, конкретні рішення щодо виконання вимог яких викладено у гармонізованих стандартах, які в свою чергу висвітлюють докладні технічні характеристики, що відносяться до цих вимог.

При цьому слід зауважити, що відповідно до пункту (14) Директиви № 2008/57/ЄС [2] визначено, що встановлення обов'язковості виконання вимог європейських гармонізованих стандартів здійснюється з моменту застосування TSI, якщо це необхідно з метою досягнення цілей цієї Директиви.

Для прикладу розглянемо застосування однієї із технічних специфікацій інтероперабельності – РЕГЛАМЕНТ КОМІСІЇ (ЕС) № 321/2013 «Рухомий склад – вантажні вагони» [3].

В пункті 7.1 розділу 7 [4] вказано таке: «(i) Вагон має бути оснащений ручною системою зчеплення відповідно до вимог, що наведені у Додатку С, або іншою напівавтоматичною чи автоматичною стандартизованою системою зчеплення.» При цьому у Додатку С наведено такі вимоги щодо ручної системи зчеплення, зокрема:

– система гвинтового зчеплення, за виключенням гака, повинна відповідати вимогам, що стосуються вантажних вагонів, згідно з EN 15566:2009+A1:2010, за виключенням пункту 4.4;

– гак має відповідати вимогам, що стосуються вантажних вагонів, згідно з EN 15566:2009+A1:2010, за виключенням пункту 4.4 та за виключенням розміру «a» в Додатку А, рисунок А.1, який необхідно розглядати як інформативний;

– гак повинен бути розташований на висоті від 920 мм до 1 045 мм над рівнем рейки за будь-яких умов навантаження та зносу.

– осева лінія гака має бути розташована в діапазоні від 0 мм до 20 мм нижче центру удару.

– буфер має відповідати вимогам, що стосуються вантажних вагонів, згідно з EN 15551:2009+A1:2010.

– центральна лінія дотику буферів має бути розташована на висоті від 940 мм до 1 065 мм над рівнем рейки за будь-яких умов навантаження та зносу;

– відстань між переднім краєм отвору гака та передньою стороною повністю висунутих буферів має складати 355^{+45}_{-20} мм в новому стані, як показано на рисунку 1.

Для порівняння на рисунку 2 наведено установчі розміри автозчепного пристрою з автозчепом СА-3. При цьому відстань до осі зчеплення по вертикалі від поверхні рейок для автозчепу СА-3 складає (1040±20) мм.

Відмінності, що є очевидними згідно з рисунками 1 та 2, надають розуміння неможливості прямого застосування TSI [3] для вітчизняного ватажного рухомого складу. Не застосовувати TSI відповідно до частини першої статті 9 «Відхилення» Директиві № 2008/57/ЄС [2] можна зокрема за таких спеціальних відповідних випадків:

«(b) Для будь-якого проекту, що стосується оновлення чи вдосконалення діючої підсистеми, розміри, ширина колії, відстань між коліями чи величина електричної напруги, зазначені в TSI, не сумісні з діючою підсистемою;

(f) Для потягів з чи до третіх країн ширина колії, відмінна від головної залізничної мережі в межах Співтовариства.»

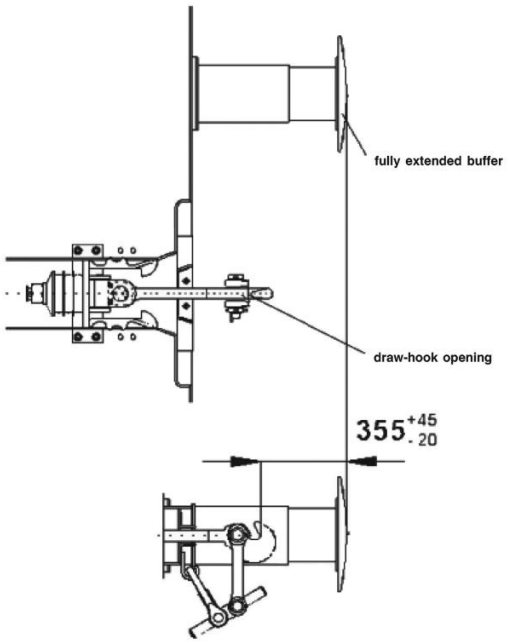


Рисунок 1 – Конфігурація буферів і тягового механізму

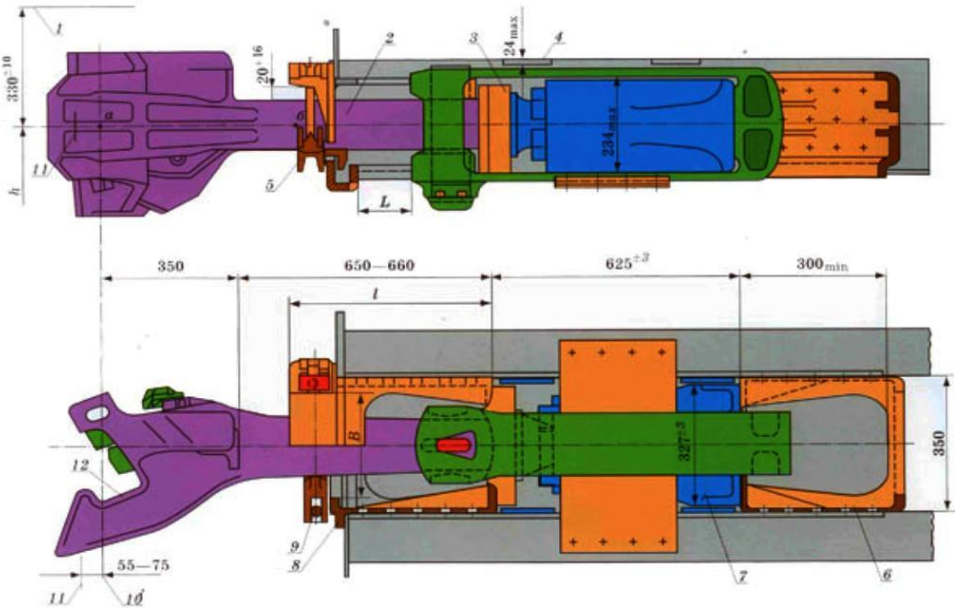


Рисунок 2 – Установчі розміри автозчепного пристрою з автозчепом СА-3

Висновки.

1. Імплементація Директиви № 2008/57/ЄС Про інтероперабельність залізничної системи в межах Співтовариства згідно із додатком XXXII Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом стосується впровадження в Україні високошвидкісного залізничного транспорту.

2. Очевидним стає факт, що пряме застосування TSI щодо створення інтероперабельності між залізничними системами ЄС та України потребує визначення конкретних технічних факторів та умов.

3. Директивою № 2008/57/ЄС Про інтероперабельність залізничної системи в межах Співтовариства передбачено спеціальні відповідні випадки, за яких TSI можна не застосовувати.

4. Існуюча система залізничного транспорту України для забезпечення інтероперабельності з залізничною системою ЄС потребує значного технічного переобладнання, отже і значних фінансових вкладень.

Література

1. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони (Угоду ратифіковано із заявою Законом № 1678-VII від 16.09.2014) [Електр. ресурс]. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011#Text

2. Директива № 2008/57/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 17 червня 2008 року про інтероперабельність залізничної системи в межах Співтовариства (Доопрацьована) 46 с. [Електр. ресурс]. Режим доступу: http://doszt.gov.ua/content/Direktiva-57-UA.pdf

3. COMMISSION REGULATION (EU) No 321/2013 of 13 March 2013 concerning the technical specification for interoperability relating to the subsystem ‘rolling stock — freight wagons’ of the rail system in the European Union and repealing Decision 2006/861/EC (РЕГЛАМЕНТ КОМІССІЇ (ЄС) № 321/2013 від 13 березня 2013 р. стосовно технічної специфікації інтероперабельності, що відноситься до підсистеми «рухомий склад — вантажні вагони» залізничної системи Європейського Союзу та що відмінює Рішення 2006/861/ЕС) / [Електр. ресурс]. Режим доступу: http://www.era.europa.eu/activities/technical-specifications-interoperability_en

4. ДСТУ EN 15566:2018 (EN 15566:2016, IDT) Залізниці. Залізничний рухомий склад. Приводи тяги та гвинтові з'єднання. Чинний від 01.01.2019. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 69 с.

5. ДСТУ EN 15551:2018 (EN 15551:2017, IDT) Залізниці. Залізничний рухомий склад. Буфери. Чинний від 01.01.2019. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 82 с.

АНАЛІЗ ЧИННИХ НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧНИХ ДОКУМЕНТІВ УКРЗАЛІЗНИЦІ З ОГЛЯДУ НА СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИМІРЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ

Сикал С.А. – аспірант, sergsykal@gmail.com
Бойко В.Д. – к.т.н., доц., boykovd69@gmail.com
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

ANALYSIS OF THE CURRENT REGULATORY AND METHODOLOGICAL DOCUMENTS OF UKRAINE'S RAILWAYS IN LIGHT OF MODERN MEASUREMENT AND CONTROL TECHNOLOGIES

Sykal S.A. – PhD student, sergsykal@gmail.com
Boyko V.D. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
boykovd69@gmail.com
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The article analyzes the current state of regulatory documents governing the determination of geometric parameters of railway tracks in Ukraine. The impact of modern geodetic technologies on measurement methodologies and the challenges associated with the use of these technologies in the railway industry are examined. Current instructions and regulations of Ukrainian Railways (Ukrzaliznytsia) are reviewed, highlighting their strengths and weaknesses, which could be addressed through the implementation of advanced equipment.The research is aimed at exploring ways to modernize the regulatory framework, considering contemporary capabilities to improve the accuracy of railway track geometry assessments.*
Keywords: *geometric parameters, railway track, geodetic technologies, regulatory documents, Ukrzaliznytsia, measurement methods*

Актуальність даного дослідження визначається необхідністю глибокого аналізу нормативних документів Укрзалізниці, до яких належать інструкції, технічні вказівки, правила та технології виконання робіт, що регулюють діяльність залізничного транспорту в Україні. Оскільки залізнична галузь є важливим елементом інфрастру’ктури країни, її модернізація та розвиток потребують адаптації нормативних документів до сучасних умов.

У рамках дослідження було проаналізовано актуальність чинних документів (інструкції, технічні вказівки), зосереджуючи увагу на досягненнях, які стали можливими завдяки їх впровадженню, а також на недоліках і прогалинах, що перешкоджають ефективному функціонуванню залізничного транспорту. Особлива увага приділяється виявленню невирішених питань,

таких як застарілі методи вимірювань геометричних параметрів рейкової колії та недостатня інтеграція сучасних геодезичних технологій в розвиток колійного господарства, що є критично важливими для забезпечення конкурентоспроможності залізниць на міжнародному рівні.

Метою роботи є аналіз нормативних документів залізниць України з огляду на можливості використання міжнародного досвіду використання сучасного геодезичного обладнання та технологій, а також дослідження як вітчизняних, так і закордонних методів визначення геометричних параметрів залізничної колії.

Залізничний транспорт є важливим елементом транспортної інфраструктури України. Стратегія розвитку залізничного транспорту потребує комплексного підходу до оцінювання стану технічних об’єктів інфраструктури. Це забезпечить підвищення достовірності діагностики за рахунок контролю і аналізу всього комплексу параметрів, а також збір, аналіз результатів та збереження єдиної достовірної інформації щодо стану всієї залізничної інфраструктури. Його ефективність безпосередньо залежить від стану колійної інфраструктури. При цьому рейкова колія є об’єктом, який безпосередньо взаємодіє з рухомим складом. Від технічного стану рейкової колії взагалі залежить безпека руху поїздів зі встановленими швидкостями, а також витрати на поточне утримання та ремонтно-колійні роботи.

Точність визначення геометричних параметрів колії, оперативність отримання і аналіз цієї інформації є однією зі складових, що підвищує рівень безпеки руху поїздів. У цьому контексті нормативне забезпечення набуває особливого значення, оскільки ці документи регулюють порядок виконання робіт та взаємодію між різними підрозділами Укрзалізниці.

Впровадження сучасних технологій на основі GPS/GNSS, лазерні сканери та електронні тахеометри, відкривають нові можливості для підвищення точності вимірювань [4, 6]. Однак, незважаючи на доступність цих технологій, їхнє впровадження в залізничному секторі України залишається недостатнім. Це може бути пов'язано з застарілими нормативними документами, які не враховують новітні досягненняв галузі геодезії.

У межах проведеного аналізу було приділено увагу на наявність та зміст нормативно-методичних документів, які регламентують процеси визначення геометричних параметрів залізничної колії [2, 3, 5]. В результаті чого визначено, що для регулювання процесів моніторингу та оцінки стану залізничної колії використовуються численні інструкції та технічні вказівки, більшість з яких базуються на застарілих підходах і традиційних методах, які не завжди відповідають сучасним стандартам безпеки та експлуатації. Це, в свою чергу, створює необхідність перегляду та оновлення документів з метою

адаптації їх до новітніх технологій для забезпечення вищої точності та надійності за контролем стану залізничної колії. Наприклад, деякі інструкції рекомендують виконувати рихтування в кривих ділянках колії застарілими методами, або навіть на «око», що не забезпечує необхідного рівня точності і безпеки [1, 2].

Порівняння з міжнародними стандартами показує, що в країнах Західної Європи активно використовуються передові методи та технології, які дозволяють значно підвищити швидкість та безпеку залізничних перевезень. Наприклад, у Німеччині та Франції впроваджено сучасні системи моніторингу стану колії, які базуються на автоматизованих вимірюваннях і можуть оперативно реагувати на зміни в умовах експлуатації [7].

Аналізуючи вітчизняні та закордонні методи, важливо виділити можливості для інтеграції міжнародного досвіду в українську практику [3, 6]. Адаптація діючих нормативних документів до сучасних технологічних умов є пріоритетом для залізничної галузі України і може включати:

- оновлення вимог до геометричних параметрів залізничної колії з урахуванням швидкісних показників поїздів та нових технологій;
- впровадження сучасних методик контролю та моніторингу стану колії для підвищення точності вимірювань з використанням новітніх геодезичних технологій на основі GPS/GNSS і лазерних сканерів;
- створення навчальних програм для працівників, що забезпечить їх професійний розвиток та підготовку до роботи з новими методами та технологіями.

Висновок. Запровадження високошвидкісного та швидкісного пасажирського руху в Україні вимагатиме комплексного підходу та модернізації існуючих нормативних документів. Тільки таким чином можна забезпечити ефективність, безпеку та конкурентоспроможність залізничного транспорту в умовах сучасного ринку перевезень. Впровадження новітніх технологій, адаптація інфраструктури та підготовка кадрів стануть запорукою успішного розвитку залізничного транспорту в Україні, що позитивно вплине на економіку країни та якість життя її громадян.

Л і т е р а т у р а

1. Сикал С. Основні положення щодо сучасного стану нормативних документів на залізницях України / С. Сикал // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва : збірник наукових праць. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018. Том 2 (36). С. 58-62.

2. СТП 02.01-004:2023 Верхня будова колії. Поточне утримання. Правила і технології виконання робіт, Київ, 2023. АТ «Укрзалізниця». 325 с.

3. Даніленко Е.І., Молчанов В.М., Йосифович Р.М. Впровадження прискореного і швидкісного руху поїздів на залізницях України потребує розробки і застосування нових нормативних допусків по ширині рейкової колiїв прямих і кривих // Залізничний транспорт України. №2, 2017. С. 45-54

4. Шульц Р.В. Мобільні комплекси лазерного сканування залізничних колій / Вісник геодезії та картографії – 2012. №2 (77). С. 9-14.

5. ЦП 0269 / Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України / Міністерство Транспорту України, Київ, 2012. 456 с.

6. Інформаційні матеріали компаній Amberg, Leica, Trimble – Режим доступу: http://www.ambergtechnologies.ch; http://digital-imaging.leica-geosystems.com/en/SiTrackOne-by-Leica-Geosystems_107060.htm; http://trimble-railway.com/en/.

7. Інформаційні матеріали Zentrak Track and Rail Monitoring – Режим доступу: https://www.voestalpine.com/railway-systems/en/products/zentrak-track-and-rail-monitoring/

ОЦІНКА МІЦНІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕСІВНИХ КОНСТРУКЦІЙ ЕЛЕКТРОВОЗА СЕРІЙ ВЛ10 ПІСЛЯ ТРИВАЛОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Ціко І.В. **–** магістрант, *tsiko_iv@gsuite.duit.edu.ua*
Прокопенко П.М. – Ph.D., старший викладач, *prokopenko_pm@gsuite.duit.edu.ua*
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

ASSESSMENT OF STRENGTH CHARACTERISTICS OF LOAD-BEARING STRUCTURES OF THE VL10 SERIES ELECTRIC LOCOMOTIVE AFTER LONG-TERM OPERATION

Tsiko I.V. – Master's student, *tsiko_iv@gsuite.duit.edu.ua*
Prokopenko P.M. – Ph.D., Senior Lecturer, *prokopenko_pm@gsuite.duit.edu.ua*
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *Electric locomotives of the VL10 series play a significant role in railway freight transportation. However, due to their long-term operation, there is a need to assess the strength characteristics of the supporting systems of such electric locomotives after long-term operation. The paper includes the development of a finite-element model of the bogie frame and the construction of a 3D model in the SolidWorks software complex. During the construction of the 3D model of the bogie frame, the design elements were taken into account. This will make it possible to study the forces acting on the load-bearing structures of diesel locomotive bogies to study the possibility of operating traction rolling stock outside the designated period.*
Keywords: *finite-element mode, bogie frame, 3D model, locomotive, SolidWorks*

Актуальність дослідження. На теперішній час загальний парк електровозів серії ВЛ80к по залізницям України складає 44 секції. На основі діючих Технічних умов забезпечується безпечна експлуатація електровозів ВЛ10 зі строком до 50 років з дати побудови локомотива. З метою забезпечення безперебійного виконання підприємствами АТ «Укрзалізниця» перевезень, актуальним залишається завдання з забезпечення експлуатації тягового рухомого складу поза продовженим строком служби, у тому числі електровозів ВЛ10 [1, 2].

Метою роботи є розроблення кінцево-елементної моделі рами візка та побудова 3D-моделі у програмному комплексі SolidWorks для подальшого дослідження та проведення розрахунку на міцність, оцінки сил, які діють на металеві несучі конструкції електровоза ВЛ10, що дозволить проводити ходові

міцності випробування та дасть можливість удосконалити експлуатаційні показники та продовжити строк служби експлуатації електровоза.

За результатами проведеного аналізу наявного в АТ «Укрзалізниця» парку електровозів серій ВЛ10 було встановлено наступне:

Дані електровози експлуатуються тільки на Львівській залізниці. Кількість секцій, які знаходяться в експлуатації складає 44 штуки.

Дата побудови електровозів серії ВЛ10 приходиться на 1974 – 1976 роки, відповідно строк експлуатації електровозів даної серії становить 48 – 50 років. Електровози з найбільшим строком служби (50 років служби) приписані до депо Львівської залізниці ТЧ-1 Львів захід. Найбільша кількість електровозів – 18 одиниць складають електровози 1976 року випуску. Найменша кількість електровозів 4 одиниці – 1974 року випуску.

Для оцінки показників міцності та опору втомі виконано аналіз міцністних розрахунків рами кузова та рами візка електровоза серії ВЛ10.

На рисунку 1 представлено приклад одної з розрахункових епюр напружень рами кузова електровозу ВЛ10. На рисунку 2 представлено приклад розрахункової епюри напружено-деформованого стану рами візка електровоза ВЛ10.

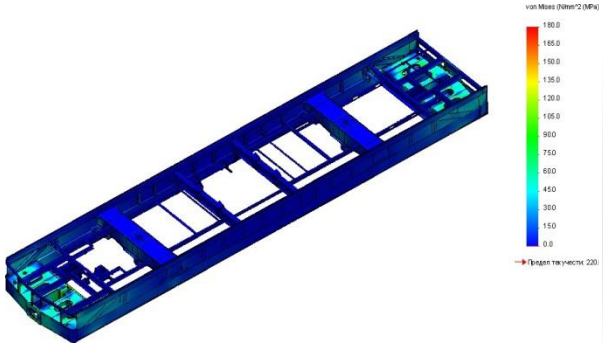


Рисунок 1 – Приклад епюри еквівалентних напружень рами кузова (за режимом I стискання)

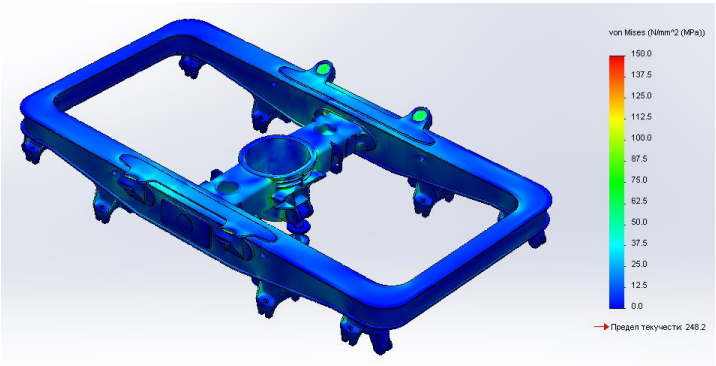


Рисунок 2 – Епюра еквівалентних напружень рами візка, за режимом $II_Б$

Враховуючи особливості експлуатації, результати статистичних досліджень пошкоджень та рівні напружень в несучих конструкціях електровозів ВЛ10 проаналізовано результати натурних випробувань [3]. Для визначення розрахункового ресурсу рам візків електровоза ВЛ10 виконано розрахунки коефіцієнтів запасу опору втомі в дослідних зонах. Результати розрахунків наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Значення коефіцієнтів опору втомі дослідних зон для електровоза ВЛ10

Об'єкт	Канал	Діапазони швидкості, км/год								n_{min}	[n]
		0-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	100-110		
Рама візка	1	4,37	3,95	3,91	4,04	3,80	3,78	3,75	**3,71**	**3,71**	≥2,0
	2	3,94	3,38	3,24	3,11	**2,79**	**2,79**	2,87	2,88	**2,79**	
	3	3,85	3,56	3,55	**3,45**	3,49	3,47	3,49	3,48	**3,45**	
	4	4,83	4,70	4,64	4,58	4,28	4,21	4,17	**4,16**	**4,16**	
	5	4,12	4,07	3,80	3,85	3,47	3,33	3,37	**3,17**	**3,17**	
Рама кузова	6	16,57	15,05	16,36	16,82	16,94	19,11	16,70	**7,87**	**7,87**	
	7	15,93	11,83	14,72	13,35	17,45	15,93	16,91	**6,23**	**6,23**	
	8	20,81	17,65	18,10	16,84	14,97	14,94	13,76	**12,78**	**12,78**	

Висновки. За результатами досліджень визначено зони виникнення дефектів рам кузовів та візків, оцінено місця найбільших еквівалентних напружень під час нормативного міцнісного розрахунку, за результатами моделювання та розрахунків встановлено імовірні зони виникнення втомних пошкоджень. На основі проведених досліджень прийнято рішення про можливість подальшої експлуатації електровозів серій ВЛ10. Методологія убезпечення експлуатації описана в Технічному рішенні ТР.НДКТІ/НВЦ.ВЛ10.01-2024 «Щодо забезпечення експлуатації несучих металевих конструкцій електровозів серії ВЛ10 поза продовженим строком служби» [4, 5].

Література

1. Положення про організацію робіт щодо продовження призначеного терміну служби тягового рухомого складу Укрзалізниці (рам візків, головних рам кузовів і несучих кузовів) : ВНД 32.007.123-03. Київ : Міністерство транспорту України, 2002. 15 с. (Нормативний документ Мінтранс України).

2. Браславець Ю.В. Відновлення та модернізація ушкоджених конструкцій електровоза ВЛ82М № 067 / Ю.В. Браславець, О.П. Коломієць, С.В. Кара, П.А. Шевчук // Залізничний транспорт України. 2016. № 5-6. С. 35-40.

3. Черняк А.Ю. Модальний аналіз та втомна долговічність рам візків тягового рухомого складу / А.Ю. Черняк, Е.О. Гриндей, П.А. Гриндей // Локомотив інформ. 2010. № 11. С. 4-7.

4. Технічне рішення щодо забезпечення експлуатації несучих металевих конструкцій електровозів серії ВЛ10 поза продовженим строком служби: ТР.НДКТІ/НВЦ.ВЛ10.01. Київ: Філія "Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту" АТ "Укрзалізниця", 2024. 31 с.

5. Правила капітального ремонту КР1, КР2 електровозів серій ВЛ8, ВЛ10, ВЛ11. Затверджені наказом №539-ЦЗ від 24.10.2005.

ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ЛУБРИКАТОРІВ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ЇХ УДОСКОНАЛЕННЯ

Ярош Д.Ю. – магістрант, *yarosh_dy@gsuite.duit.edu.ua*
Бондарчук В.О. – магістрант, *bondarchuk_vo@gsuite.duit.edu.ua*
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

PERFORMANCE EFFICIENCY OF EXISTING LUBRICATOR SYSTEMS AND PROPOSALS FOR THEIR IMPROVEMENT

Yarosh D.Y. – master's student, *yarosh_dy@gsuite.duit.edu.ua*
Bondarchuk V.O. – master's student, *bondarchuk_vo@gsuite.duit.edu.ua*
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract*. Main materials of the study. The problems of wear of rails and wheel pairs on the railways of Ukraine are solved by stationary and mounted track lubricators (rail lubricators). Stationary rail lubricators include mechanical (plunger type) and software-based ones. The use of lubrication is an important technological measure in increasing the efficiency of the track industry, which is aimed at increasing the resource of railway tracks and rolling stock wheels and reducing energy costs for train movement. For more effective lubrication, special attention should be paid to the quality of the lubricant.*
Keywords*: wear of rails and wheel pairs, rail lubricators*

Актуальність дослідження зумовлена тим, що ресурсозберігаючі технології є актуальним напрямом розвитку залізничного транспорту щодо забезпечення строків експлуатації елементів залізничної колії. Однією із задач подовження строків експлуатації залізничної колії єпідвищення зносостійкості рейок і бандажів коліс вагонів та локомотивів з огляду на обмежені ресурси держави. Збитки від зносу полягають у зменшенні строку експлуатації рейок, збільшення витрат на обточку гребнів коліс, витрат на проведення ремонтних робіт на колії та втрат сили тяги локомотива [1].

Знос рейок і бандажів коліс пов'язаний в першу чергу з умовами взаємодії колеса і рейки через малі поверхні контактну. Процес формування зносу рейок і коліс складний, а інтенсивність набуття зносу залежить від механічної взаємодії колеса і рейки, швидкістю руху поїздів, властивостями матеріалів, конструкцією залізничної колії та конструкцією візків рухомого складу, геометричних нерівностей рейок і бандажів коліс, кліматичних умов, тощо[2]. Найбільш несприятливими для зносу є ділянки колії в кривих, а особливо в кривих малого

радіусу де тертя і опір руху в місці контакту гребнів колісних бандажів з внутрішньої гранню головки зовнішньої рейки є найбільшими. При цьому опір руху в кривих також виникає через ковзання по рейці одного з коліс колісної пари внаслідок різної довжини, що проходять колеса. Ці сили призводить до втрат потужності локомотива, а також до більш інтенсивного зносу гребнів коліс і бічної поверхні головки рейки.

Вирішення цієї проблеми можна реалізувати за рахунок змащення поверхонь що взаємодіють.

Метою роботи є проведення оглядового аналізу можливих шляхів підвищення зносотійкості металевих елементів залізничної колії та коліс рухомого складу що взаємодіють руху поїздів.

Проблеми зносу рейок і гребенів колісних пар на залізницях України вирішують за рахунок та стаціонарних та навісних колійних лубрикаторів (рейкозмащувачів) [3].

До стаціонарних рейкозмащювачів відносять механічні (плунжерного типу) та з програмним забезпеченням. Стаціонарні плунжерні поділяються на пружні, в яких мастило під тиском пружини через поршень подається з резервуара під плунжер у дозуючу пластину та пневматичні де мастило подається з резервуара під плунжер під дією стисненого повітря.

На залізницях України [3] використовують конструкції стаціонарних рейкозмащувачів плунжерного типу різних виробників: рейкозмащювачі проекту 1901.000.СБ (Україна); рейкозмащювачі фірми "Lincoln" (Німеччина), рейкозмащувач «RailLubricurve 50» («WhitmoreManufacturingCo», Польща).

Рейкозмащювач проекту 1901.000.СБ [3] має конструкцією плунжерного типу. При натисканні колеса на плунжер мастило через кульковий клапан надходить в живильний брус, і далі по каналах і двох мідних трубках подається під пластину живильника і далі на бокову грань головки рейки. Наступним гребнем колеса мастило знімається і переноситься по боковій грані рейки упорної нитки. Довжина ділянки змащування становить до 800м. Витрата мастильного матеріалу 40 л на 1млн т брутто пропущеного тоннажу.

Рейкозмащувач «RailLubricurve 50» [3] експлуатуються 2019 року. Їх особливістю є те, що мастило подається на рейкову змащувальну планку через 8 отворів і те, що 4 живильні пластини (дві на одній рейковій нитці, дві на другій). Інтенсивность бокового зносу в перерізах криволінійного гостряка та рамної рейки після встановлення рейкозмащувача зменшилась в 2-4 рази, а знос рамної рейки біля вістря гостряка зменшився в 5 разів. В кривих з радіусом від 500 до 900 м мастило розноситься на відстань до 500м.

Основними недоліками рейкозмащувачів плунжерного типу слід віднести великі витрати мастильного матеріалу. Так витрата мастила "АЗМОЛ-РЕЙСОЛ"

механічних рейкозмащувачів в середньому складає 40л на 1млн т брутто пропущеного тоннажу. Довжина змащувальної ділянки складає 500–800 м. При використанні рейкозмащувача в кривих з радіусом R–400 м інтенсивності бічного зносу рейок зменшиласть з 0,3–0,4 мм/млн т брутто до 0,25–0,3 мм/млн т брутто.

Також відмічається попадання мастила на поверхню кочення рейок та колісної пари, що може призвести до змішування з піском і утворення абразиву, а це призводить до негативних наслідків. Також до недоліків слід віднести відсутність підігріву в зимовий період, що практично не дозволяє їх використовувати.

Особливість рейкозмащувальної установки з програмним забезпеченням фірми "Lincoln" [3] полягає тому, що при русі рухомого складу сенсор відраховує прохід кожної осі вагона або локомотива (в діапазоні від 1 до 100). Після проходу кожної 15 осі подається сигнал на блок управління, який в свою чергу дає команду на пуск насоса. Мастило з насоса через трубопроводи надходить до головного розподільника змащення SSV8-N далі через розподільник типу SSV12 встановлений на шинах рівномірно через канали забезпечується подача мастила на бокову поверхню головки рейки. Відключення насоса відбувається після виконання заданого циклу змащування, який визначається кількістю спрацьовувань головного розподільника і реєструється в блоці управління. Рознос мастила по довжині рейкової колії в зимовий період при низьких температурах становить 800-1200 м, при високих температурах становить до 3500м. Витрата мастила від 6,5 до 10 літрів на 1 млн т брутто пропущеного тоннажу.

Використання рейкозмащувачів фірми "Lincoln на колях залізниць України зменшило знос бічних поверхонь головки рейки в кривих ділянках колії в середньому в 2,5 рази. Так до встановлення рейкозмащувача інтенсивність бічного зносу становила 0,07 мм/млн. т брутто, після установки 0,028 мм/млн т брутто. Періодичність проведення заміни рамної рейки з криволінійним гостряком скоротилася в 1,5 рази.

Висновки.

1. Використання лубрікації є важливим технологічним заходом в підвищенні ефективності колійної галузі, що спрямована на збільшення ресурсу залізничної колії та коліс рухомого складу і зниження енергетичних витрат на рух поїздів.

2. Для рішення проблеми зносу рейок і гребнів колісних пар та досягнення найбільшого економічного ефекту слід враховувати досвід експлуатації засобів лубрикації та особливості умов експлуатації.

3. При запровадженні засобів лубрикації слід враховувати накопичений досвід використання лубрикаторів різних типів в умовах залізниць України.

4. Для більш ефективного змащення слід окрему увагу звертати на якість мастила.

Література

1. Ковтанець М., Горбунов М., Ковтанець Т. Зниження інтенсивності зношування трибо логічної пари «колесо рейка» /Проблеми з транспортними потоками і напрями їх розв'язання. Тези доповідей. НУ «Львівська політехніка», 28 – 30 березня 2019 р. м. Львів.С. 32-33.

2. Мастильні композиції для підвищення зносостійкості сталевих пар тертя / В. Косарчук, М. Чаусов, П. Марущак, А. Пилипенко, В. Твердомед // Матеріали Міжнародої науково-технічної конференції „Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій", 10-11 листопада 2022 року. Т. : ФОП Паляниця В.А., 2022. С. 101-102.

3.Марков Ю.О. Ефективністьроботи існуючих систем лубрикаторів та пропозиції щодо їх удосконалення / За матеріалами засідання стрілочної комісії та міжвідомчої комісії по рейках та рейкових скріпленнях (29-30 травня 2019 року). м. Дніпро.

Наукове видання

МАТЕРІАЛИ
III Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти, викладачів та науковців «СУЧАСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ: ТРАНСПОРТНА ІНФРАСТРУКТУРА ТА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ» 2024 р.

Частина 1

Відповідальний за випуск Губаревич О.В.
https://kizt.duit.edu.ua/research-activities/

Технічний секретар конференції Камінський М.М.

Статті надруковано в авторській редакції.
Редакційна колегія не несе відповідальність за достовірність інформації, що наведена в роботах, і залишає за собою право не погоджуватися з думками авторів щодо розглянутих питань

Articles are published in the author's edition.
The editorial board is not responsible for the accuracy of the information, that is given in the works, and reserves the right to disagree with the opinions of the authors on the issues under consideration

Видавництво
Київського інституту залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Адреса: вул. Івана Огієнка, 19, м. Київ, Україна

2024р.