

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 2

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 2

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)

М А Т Е Р І А Л И

III 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 2

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 III 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.2, 376с.

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 III 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 Affair, 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

Mirosław 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 3: УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНИМИ СИСТЕМАМИ	
Section 3: MANAGEMENT OF TRANSPORT AND LOGISTICS SYSTEMS.....	19
<i>Безушко О. Є., М Хилько І. І.</i> ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ В УКРАЇНІ USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR OPTIMIZATION OF TRANSPORT AND LOGISTICS PROCESSES IN UKRAINE.....	19
<i>Виноградов О.С.</i> ВПЛИВ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ НА ДІЯЛЬНІСТЬ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ THE IMPACT OF RISK MANAGEMENT ON THE ACTIVITIES OF TRANSPORT AND LOGISTICS SYSTEMS.....	22
<i>Вільшанюк М.І., Вільшанюк М.С.</i> ОРГАНІЗАЦІЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗЕРНА В КОНТЕЙНЕРАХ ORGANIZATION OF GRAIN TRANSPORTATION IN CONTAINERS....	25
<i>Войченко Т.О., Радченко О.А.</i> ВПРОВАДЖЕННЯ КОНЦЕПЦІЇ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ ESG - АНАЛІЗУ IMPLEMENTATION OF THE CONCEPT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL SYSTEMS BASED ON ESG – ANALYSIS.....	29
<i>Галькевич М.В.</i> ПЕРСПЕКТИВИ ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ ЛОГІСТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ PROSPECTS FOR ECONOMIC DEVELOPMENT OF THE LOGISTICS INFRASTRUCTURE OF UKRAINE.....	34
<i>Гриценко Н.В.</i> СУЧАСНИЙ ПІДХІД ДО УПРАВЛІННЯ В ТРАНСПОРТНІЙ ЛОГІСТИЦІ СПРЯМОВАНИЙ НА СТВОРЕННЯ ІНТЕГРОВАНИХ СИСТЕМ THE MODERN APPROACH TO MANAGEMENT IN TRANSPORT LOGISTICS IS DIRECTED TO THE CREATION OF INTEGRATED SYSTEMS.....	38
<i>Добровольський О.В.</i> ІНТЕГРАЦІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ В МІСЬКУ ТРАНСПОРТНУ СИСТЕМУ В УКРАЇНІ: ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ МОБІЛЬНОСТІ	

INTEGRATION OF RAILWAY TRANSPORT INTO THE URBAN TRANSPORT SYSTEM IN UKRAINE: SOLVING MOBILITY CHALLENGES	43
<i>Зікрач В.О., Коротков В.В., Марков Р.Д., Ткачук Ю.В., Примаченко Г.О.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИВАЛОСТІ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ STUDY OF THE DURATION OF CARGO DELIVERY BY RAIL TRANSPORT.....	49
<i>Майданюк В.В., Сиволап Н.В., Торопов Б.І.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ШЛЯХОМ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ RESEARCH AND IMPROVEMENT OF CONTAINER TRANSPORTATION BY INCREASING THE EFFICIENCY OF ROLLING STOCK UTILIZATION.....	53
<i>Мордига В.О., Морнева М.О.</i> ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ТА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ PROBLEMS OF INCREASING THE ENERGY EFFICIENCY OF ELECTRICITY AND THERMAL ENERGY PRODUCTION.....	56
<i>Петрик С.В., Шульдінер Ю.В.</i> ОПТИМІЗАЦІЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ДЛЯ БЕЗПЕРЕБІЙНОЇ ДОСТАВКИ КАКАО БОБІВ В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНИХ ЛОГІСТИЧНИХ ВИКЛИКІВ OPTIMIZATION OF MULTIMODAL TRANSPORTATION FOR SEAMLESS DELIVERY OF COCOA BEANS IN THE CONTEXT OF GLOBAL LOGISTICS CHALLENGES.....	59
Секція 4: ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ Section 4: RENEWABLE ENERGY, ENERGY SAVING AND ENERGY EFFICIENCY.....	62
<i>Бележинський О.Ю.</i> ПЕРСПЕКТИВНІ ШЛЯХИ ЗМЕНШЕННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ МЕТРОПОЛІТЕНУ PROMISING ROUTES FOR CHANGES IN ENERGY SUPPLY TO THE METRO.....	62
<i>Богуславський Д.С., Каращук В.О.</i> ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВИДІВ ПАЛИВА ДЛЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ THE USE OF ALTERNATIVE FUELS FOR VEHICLES.....	68
<i>Большак А.В., Бондар О.І.</i> ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ НАПІВПРОВІДНИКІВ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВТРАТ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ У СИЛОВИХ КОЛАХ ЕЛЕКТРОВІЗІВ	

USING OF MODERN SEMICONDUCTORS FOR REDUCING TECHNOLOGICAL LOSSES OF ELECTRICAL ENERGY IN POWER CIRCUITS OF ELECTRIC LOCOMOTIVES.....	71
Бондар О.І. ШЛЯХИ ПОКРАЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПРИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЛІНІЙ ДПР WAYS OF IMPROVING ELECTRICITY QUALITY INDICATORS DURING THE MODERNIZATION OF TWR LINES.....	74
Буряк С.Ю., Гололобова О.О. АНАЛІЗ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА ТЕРМІН СЛУЖБИ АКУМУЛЯТОРІВ ANALYSIS OF FACTORS INFLUENCE ON BATTERY LIFE.....	78
Гаман Ю.С., Шавьолкін О.О. ГІБРИДНА СИСТЕМА ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ТВАРИННИЦЬКОЇ ФЕРМИ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ, ГАЗОВОГО ГЕНЕРАТОРА ТА ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ HYBRID POWER SYSTEM WITH RENEWABLE ENERGY SOURCES, GAS GENERATOR AND ELECTRIC VEHICLES FOR LIVESTOCK FARM.....	83
Дауд В., Вакарчук С. ГАЗОВИЙ ПАЛЬНИК ТИПУ "ДАВА" З РЕЖИМОМ ЗМІННОГО НАВАНТАЖЕННЯ NATURAL GAS COMBUSTION TYPE "DAVA" WITH VARIABLE LOAD FUNCTIONS.....	86
Захарченко Л.Л., Тихонов І.В. ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ ВІТРУ, ЯК СПОСІБ ЗМЕНШЕННЯ ВИКІДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ: АНАЛІТИКА ТА УЧАСНИКИ РИНКУ USE OF WIND ENERGY AS A WAY TO REDUCE GREENHOUSE GAS EMISSIONS: ANALYTICS AND MARKET PARTICIPANTS.....	92
Іванов К.І., Чернишенко Є.Г., Рябов Є.С. АНАЛІЗ НАПРЯМІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ МОТОРВАГОННОГО ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ ANALYSIS OF AREAS FOR IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF MULTIPLE UNIT ELECTRIC ROLLING STOCK.....	96
Костиця М.В., Кошель Н.Д., Корнач С.В., Костиця В.В. ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЄМНОСТІ ЕЛЕКТРОДІВ АКУМУЛЯТОРНИХ СИТЕМ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ INCREASING THE ENERGY CAPACITY OF ELECTRODES OF BATTERY SYSTEMS OF VEHICLES.....	99
Куренін В.М. ЕНЕРГІЯ ПРИЛИВІВ - ЧИСТА ЕНЕРГІЯ ДЛЯ ЛЮДСТВА TIDAL ENERGY - PURE ENERGY FOR HUMAN LIVES.....	102

ШЛЯХИ ПОКРАЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПРИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЛІНІЙ ДПР

Бондар О.І. – к.т.н., доц., *bondardiit@gmail.com*
Український державний університет науки і технологій
Україна, м. Дніпро

WAYS OF IMPROVING ELECTRICITY QUALITY INDICATORS DURING THE MODERNIZATION OF TWR LINES

Bondar O.I. – Doctor of Philosophy, Associate Professor *bondardiit@gmail.com*
Ukrainian State University of Science and Technologies
Ukraine, Dnipro

Abstract. *This work deals with the problem of finding ways of improving the efficiency of electricity transmission in the electrical networks of non-traction consumers of railways of Ukraine, which are electrified according to the alternating current system. The possibilities of providing bilateral power supply of non-traction loads, which receive power from "two wires - rail"(TWR) lines during the modernization of the equipment of these lines, are considered.*

Keywords: *quality of electricity, TWR lines, voltage losses, voltage unbalance indicator, bilateral power supply, phase-shifting device*

Актуальність дослідження питання пошуку шляхів покращення якості електричної енергії у мережах живлення нетягових споживачів залізничного транспорту обумовлена цілою низкою факторів. Передусім відзначимо, що внаслідок відомих конструктивних особливостей систем живлення, у найбільш несприятливих умовах з точки зору якості підведеної електричної енергії потенційно знаходяться нетягові споживачі ділянок, котрі електрифіковано по системі тяги змінного струму і які зокрема отримують живлення через лінії системи «два проводи – рейка» (ДПР). Загалом система тяги змінного струму використовується приблизно на половині довжини електрифікованих ділянок залізниць України. При цьому протяжність ліній ДПР на залізницях України складає близько 4400 км [1]. Особливістю цих ліній, по перше, є наявність гальванічного зв'язку як через шини підстанції, так і через рейкову мережу із системою тягового електропостачання. Означений зв'язок суттєво ускладнює питання електромагнітної сумісності та є причиною виникнення додаткових втрат електричної енергії та призводить до зниження надійності електропостачання. До того ж у більшості випадків лінії ДПР отримують живлення по консольній схемі через наявність на двох сусідніх тягових підстанціях головних знижувальних трансформаторів з різними групами з'єднання обмоток.

Наведені внаслідок електромагнітної індукції у двох провідниках лінії ДПР, які розташовано на опорах контактної мережі з польової сторони, додаткові спади напруги, можуть сягати 4 кВ, особливо наприкінці довжини зближення, у свою чергу спричиняють додаткові втрати електроенергії та збільшують стале відхилення напруги на споживачах. Одночасно, потенціал рейки відносно землі практично не змінюється, якщо знехтувати невеликим спадом напруги викликаний протіканням тягового струму. Відповідно система векторів лінійних напруг на споживачі стає несиметричною. З позицій теоретичної електротехніки така система може розглядатися як результат накладання симетричних складових прямої та зворотної послідовності. Отже конструктивні особливості електричних мереж, які отримують живлення від ліній ДПР зумовлюють погіршений режим напруги та наявність значної зворотної послідовності трифазних напруг на споживачах.

Метою роботи є проведення оглядового аналізу можливих технічних заходів, які спрямовано на покращення основних показників якості електричної енергії в електричних мережах нетягових споживачів, які отримують живлення по лініях ДПР під час реконструкції зазначених мереж.

Усю сукупність відомих на сьогодні технічних заходів спрямованих на підвищення ефективності передачі енергії у зазначених системах живлення нетягових споживачів умовно можна розділити на дві групи. До першої групи віднесемо заходи, котрі спрямовано на комплексне розв'язання проблеми покращення якості електроенергії на усіх приєднаннях розподільчої установки РУ-27,5 кВ. Зокрема йдеться про регулювання напруги за рахунок встановлення встановлення бустерних трансформаторів та пристроїв повздожньої компенсації реактивної потужності [2]. Сюди ж можна віднести ідею застосування пристроїв симетрування тягового навантаження [3]. Загалом треба відзначити опосередкований вплив означених засобів на процеси у лініях ДПР. З технічної точки зору головна складність у реалізації подібних заходів полягає у забезпеченні необхідного рівня надійності електропостачання в умовах підключення до системи додаткових елементів із рядом характерних проблем, зокрема з ускладненим характером перехідних режимів у ємнісних елементах, можливістю виникнення небезпечних резонансних явищ на вищих гармоніках, тощо. Значна встановлена потужність додаткового обладнання обумовлює його високу вартість, тому питання економічної доцільності подібних капіталовкладень також суттєво обмежують можливості їх реалізації.

Заходи другої групи спрямовано на усунення недоліків притаманних безпосередньо лініям ДПР. Наприклад, одним із можливих шляхів організації двостороннього живлення навантаження цих ліній є переключення зазначеної лінії на обмотку середньої напруги (35 кВ) головного знижувального

трансформатора [4]. Такий варіант переважно може бути застосований у разі повної реконструкції мережі живлення нетягових споживачів, оскільки одночасно потребує заміни обладнання комплектних трансформаторних підстанцій (КТП) через які отримують живлення зазначені споживачі. Задля того щоб уникнути цієї заміни існує варіант живлення від обмотки 35 кВ через додатковий трансформатор по трипровідній лінії [1].

Принципово знизити несиметрію системи напруг у місцях приєднання споживачів можна за рахунок відмови від використання рейкової мережі у якості третього проводу з одночасним розташуванням додаткового провідника на опорах контактної мережі [4]. Модернізовану таким чином лінію іноді називають лінією із заземленою фазою, оскільки електричний зв'язок згаданого проводу з рейковою мережею зберігається через обмотку трансформатора. Можливим є також і інше технічне рішення, котре полягає у від'єднанні фази трансформатора КТП від рейки та підключення її до заземлювача із регульованою індуктивністю. У разі вирівнювання спаду напруги в такому заземлювачі зі спадами напруги у проводах лінії істотно знижується величина коефіцієнту несиметрії.

В роботі [1] детально розглянуто і обґрунтовано на базі сучасних досліджень можливість організації двостороннього живлення лінії ДПР з використанням фазоповоротного пристрою. Відзначається, що при помірних у порівнянні з іншими способами капіталовкладеннях, запропонований спосіб дозволяє зменшити як несиметрію, так і несинусоїдність живлячої напруги у лінії ДПР. Одночасно зменшуються і сукупні втрати електроенергії при її передачі до вказаних споживачів. Важливим є те, що подібний спосіб дозволяє забезпечувати двостороннє живлення ліній ДПР незалежно від схеми підключення тягових підстанцій до системи зовнішнього електропостачання.

Питання практичної реалізації тих чи інших заходів з підвищення ефективності передачі електроенергії по лініях ДПР доцільно розглядати для кожної окремої лінії як на підставі актуального економічного обґрунтування, так і з урахуванням наявних технічних обмежень. У цьому контексті зокрема варто відзначити, що, наприклад, питання впливу пропонованих технічних заходів на величину струмів короткого замикання переважно лишаються поза увагою дослідників. Отже потрібно враховувати максимально широке коло обмежуючих факторів.

Висновки. На підставі викладеного вище, можливо сформулювати наступні загальні висновки.

1. Проблема покращення якості електричної енергії у мережах живлення нетягових споживачів залізничного транспорту нерозривно пов'язана з питаннями зменшення технологічних втрат при передачі електричної енергії,

додержання належного рівня надійності електропостачання, забезпечення електромагнітної сумісності, тощо.

2. Ключовими показниками якості електроенергії, які потребують покращення у мережах, що живляться від ліній ДПР варто вважати стале відхилення напруги у точці приєднання споживача та коефіцієнт несиметрії напруги по зворотній послідовності

3. Сукупність існуючих на сьогодні факторів, визначальними серед яких є значна зношеність обладнання, руйнування мереж у наслідок бойових дій, підвищення вартості електричної енергії створює передумови для поступової модернізації електричних мереж на основі принципів підвищення їх енергетичної ефективності.

4. Зростання кількості нових чутливих до якості електроенергії пристроїв, а також нелінійного, різкозмінного та несиметричного навантаження у поєднанні з процесами інтеграції відновлюваних джерел енергії в систему електропостачання електрифікованих залізниць у подальшому спричинятиме зростання економічної ефективності технічних заходів по модернізації електричних мереж електропостачання нетягових споживачів електрифікованих залізниць України.

Л і т е р а т у р а

1. Земський Д.Р. Підвищення ефективності передачі електроенергії для нетягових споживачів електрифікованих залізниць змінного струму. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 275 «Транспортні технології (за видами)» (27 – Транспорт). Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Дніпро, 2020, 194 с.

2. Доманський І.В. Теоретичні основи енергоефективності та ресурсозбереження систем тягового і зовнішнього електропостачання залізниць : дис. ... д-ра. тех. наук : 05.22.09 / ХНУМГ. Харків, 2018. 432 с.

3. Сиченко В.Г., Саєнко Ю.Л., Босий Д.О. Якість електричної енергії у тягових мережах електрифікованих залізниць: монографія. Дніпропетровськ: Стандарт-Сервіс, 2015. 340 с.

4. Земський Д.Р. Пошук шляхів модернізації та удосконалення електро-магнітної сумісності ліній ДПР електрифікованих залізниць. Безпека і електромагнітна сумісність на залізничному транспорті : матеріали VIII-ї Міжнародної науково-практичної конференції, м. Чернівці, 1-3 лютого 2017 р. Чернівці, 2017. С. 34-35.