

MODERN RESEARCH: TRANSPORT INFRASTRUCTURE AND INNOVATION TECHNOLOGIES



**II INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL
CONFERENCE FOR APPLICANTS FOR HIGHER EDUCATION,
OF EDUCATIONAL AND SCIENTISTS 29-30 November 2023**

Volume 2

KYIV 2023

Proceedings of II International scientific and practical conference for applicants for higher education, of educational and scientists " MODERN RESEARCH: TRANSPORT INFRASTRUCTURE AND INNOVATION TECHNOLOGIES" 29-30 November 2023 Kyiv city, UKRAINE

Volume 2

The conference is held with the support of the Ministry of Education and Science of Ukraine and is registered with the State Scientific Institution “Ukrainian Institute of Scientific and Technical Information (№ 396, October 9, 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 research 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

**II Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти, викладачів та науковців «СУЧАСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ: ТРАНСПОРТНА ІНФРАСТРУКТУРА ТА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ»
29-30 листопада 2023 р., м.Київ**

Частина 2

Конференція проведена при підтримці Міністерства освіти і науки України та зареєстрована в ДУ «Український інститут науково-технічної інформації» (УкрІНТЕІ) за № 396 від 09.10.2023р.

Сучасні дослідження: транспортна інфраструктура та інноваційні технології: Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти, викладачів та науковців 29-30 листопада 2023р. м. Київ, вид-во: Київський інститут залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій, реєстр. УкрІНТЕІ №396 від 09.10.2023, 2023. Ч.2. 379с.

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 доповідей, поданих до II 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 транспортної галузі та суміжних сучасних галузей знань, інформування широкого кола вчених та практиків щодо існуючих сучасних проблем у галузі та розвитку міжнародної співпраці.

Матеріали подано в авторській редакції

© КІЗТ Державний університет інфраструктури та технологій, 2023

НАУКОВИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ SCIENTIFIC COMMITTEE CONFERENCES

Голова

Брайковська Н.С. – к.т.н., професор, Почесний працівник транспорту України, Почесний залізничник, ректор Державного університету інфраструктури та технологій.

Заступники голови

Твердомед В.М. – к.т.н., доцент, директор 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»;

Квасніков В.П. – д.т.н., професор, завідувач кафедри комп'ютеризованих електротехнічних систем і технологій Національного авіаційного університету, Заслужений метролог України;

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;

Новіков О.Є. – д.е.н., професор, проректор з наукової роботи Миколаївського національного аграрного університету;

Подольцев О.Д. – д.т.н., головний науковий співробітник Інституту електродинаміки НАН України;

Попович О.М. – д.т.н., провідний науковий співробітник Інституту електродинаміки НАН України;

Потриваєва Н.В. – д.е.н., професор, завідувач науково–дослідного відділу Миколаївського національного аграрного університету;

Ставинський А.А. – д.т.н., професор, завідувач кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки Миколаївського національного аграрного університету;

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;

Чорний О.П. – д.т.н., професор, директор Інституту електромеханіки, енергозбереження і систем управління Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського;

Шавьолкін О.О. – д.т.н., професор, професор кафедри комп'ютерної інженерії та електромеханіки Київського національного університету технологій та дизайну;

Шебанін В.С. – д.т.н., професор, Заслужений діяч науки і техніки України, академік Національної академії аграрних наук України, ректор Миколаївського національного аграрного університету;

Шведчикова І.О. – д.т.н., професор, професор кафедри комп'ютерної інженерії та електромеханіки Київського національного університету технологій та дизайну;

Голенков Г.М. – к.т.н., доцент кафедри електротехніки та електроприводу Київського національного університету будівництва і архітектури;

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, доцент кафедри електричної інженерії, заступник декана факультету інженерії Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля;

Руднів Є.С. – к.т.н., доцент, завідувач кафедри електричної інженерії Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля;

Садовий О.С. – к.т.н., доцент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки Миколаївського національного аграрного університету;

Adam Rosiński – Professor, Department of Transport Telecommunication, Faculty of Transport, Warsaw University Of Technology, Poland;

Atef Saleh Almashakbeh – Professor, Vice President for Academic Affairs, Tafila Technical University, Jordan;

Eyad Kh Almaita – Professor at Power and Mechatronics Engineering Dept., Tafila Technical University, Jordan;

Jacek Paś – Professor, Faculty of Electronic, Military University of Technology of Warsaw, Poland;

Jafar Abukhait – Associate Professor at the Computer and Communications Engineering, Faculty of Engineering, Tafila Technical University, Jordan

Ján Dižo – PhD, Associate Professor of the Department of Transport and Handling Machines, University of Zilina, Slovak Republic;

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;

Krzysztof Rokosz – Professor, Faculty of Electronic and Informatics, Technical University of Koszalin, Poland.

Maen Saleh Mustafa – Prof. of Computer Engineering, CCE Dept., Tafila Technical University, Jordan;

Mihai Tirsu – Doctor of Technical Sciences, Dr. at Institute of Power Engineering of Academy of Sciences of Moldova;

Mirosław Bramowicz – Doctor hab. inż., Associate professor, Faculty of Technical Sciences, Warmia and Mazury University in Olsztyn, Poland;

Oleksandr Kravchenko – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Transport and Handling Machines, University of Zilina, Slovak Republic;

Sławomir Kulesza – Doctor of Experimental Physics, Professor, staff of the Department of Mechatronics of the Faculty of Technical Sciences of the Warmia and Mazury University in Olsztyn, former Head of the Department of Relativistic Physics of the Faculty of Mathematics and Informatics 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;

Stanisław Duer – Professor, Faculty of Mechanical Engineering, Technical University of Koszalin, Poland;

Szymon Racewicz – Doctor of Technical Sciences, Assistant professor, Faculty of Technical Sciences, Department of Mechatronics of the Warmia and Mazury University in Olsztyn, Poland;

Valentin Oleschuk – Doctor of Technical Sciences, Chief (Principal) researcher Institute of Power Engineering of Technical University of Moldova, Chisinau;

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 4: ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ В ТЕХНІЦІ	
Section 4: ENERGY SAVING AND ENERGY EFFICIENCY IN TECHNOLOGY.....	20
<i>Бажак О.В., Дубравін Ю.Ф.</i> ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ПОДВІЙНОГО ЖИВЛЕННЯ REDUCTION OF ENERGY COSTS FOR AUXILIARY MACHINES OF ELECTRIC LOCOMOTIVE VL80K.....	20
<i>Бурбела А.С., Дубравін Ю.Ф.</i> ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОЗАТРАТ НА ДОПОМІЖНІ МАШИНИ ЕЛЕКТРОВОЗА ВЛ80К REDUCTION OF ENERGY COSTS FOR AUXILIARY MACHINES OF ELECTRIC LOCOMOTIVE VL80K.....	24
<i>Буряк С.Ю., Гололобова О.О.</i> АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ЗАРЯДКИ ЛІТІЄВИХ АКУМУЛЯТОРІВ ANALYSIS OF EXISTING METHODS OF LITHIUM BATTERY CHARGING.....	27
<i>Воробей В.В.</i> АНАЛІЗ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ І ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ANALYSIS OF ENERGY SAVING AND ENERGY EFFICIENCY.....	32
<i>Козененко А.Е., Малюк С.В.</i> ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ШИРОТНОІМПУЛЬСНОГО РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ НА ВІТЧИЗНЯНИХ ЛОКОМОТИВАХ PROSPECTS OF USING PULSE WIDTH VOLTAGE REGULATION ON DOMESTIC LOCOMOTIVES.....	34
<i>Козюберда А.А., Могіла В.І., Климаш А.О., Цюпяшук А.М., Вербовський В.С., Соловійов Г.І.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ ГАЗОДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА ЛОКОМОТИВА НА КОНВЕРТОВАНОМУ ПАЛИВІ RESEARCH OF PERFORMANCE PARAMETERS OF LOCOMOTIVE GAS DIESEL ENGINE ON CONVERTED FUEL.....	37
<i>Ланецький М., Лауринас Агеевас, Овидиус Каваляускас</i> ВИКОРИСТАННЯ ЦИВІЛЬНИХ МОРСЬКИХ АТОМОХОДІВ, ЯК МОЖЛИВИЙ ВНЕСОК У ДОСЯГНЕННЯ ЗАЯВЛЕНИХ ЦІЛЕЙ ВУГЛЕЦЕВОЇ НЕЙТРАЛЬНОСТІ THE USE OF CIVILIAN NUCLEAR-POWERED MARINE VESSELS AS A POSSIBLE CONTRIBUTION TO ACHIEVING THE STATED GOALS OF CARBON NEUTRALITY.....	41

<i>Лобко М.О., Дубравін Ю.Ф.</i> МОДЕРНІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОВОЗІВ ЧС4 ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ MODERNIZATION OF CHS4 ELECTRIC LOCOMOTIVES BY INTRODUCING MODERN CONVERTERS.....	45
<i>Лобко Н.П., Дубравін Ю.Ф.</i> ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОВОЗІВ ЗМІННОГО СТРУМУ ДСЗ IMPROVING THE RELIABILITY OF DC3 ELECTRIC LOCOMOTIVES.....	48
<i>Магалашвілі Н.Д., Шведчикова І.О.</i> БАЛАНСУВАННЯ ПОТУЖНОСТІ ГІБРИДНОЇ ВІТРО-СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ДЛЯ ОБ'ЄКТА ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ BALANCE OF POWER OF HYBRID WIND-SOLAR POWER PLANT FOR RAILWAY INFRASTRUCTURE FACILITY.....	52
<i>Малий Я.С., Шведчикова І.О.</i> ПАЛИВНІ ЕЛЕМЕНТИ В ЛОКАЛЬНИХ СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ FUEL ELEMENTS IN LOCAL POWER SUPPLY SYSTEMS.....	55
<i>Мелконова І.В.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ДЛЯ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДИНКІВ ADVANCEMENT OF SONYACHNOY POWER PLANT FOR ENERGY SECURITY BUDINKIV.....	57
<i>Мозоль А.В., Дубравін Ю.Ф.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ІМПУЛЬСНОГО ТЯГОВОГО РЕГУЛЯТОРА НАПРУГИ ЕЛЕКТРОВОЗА ЗМІННОГО СТРУМУ STUDY OF A PULSE TRACTION VOLTAGE REGULATOR FOR AN AC ELECTRIC LOCOMOTIVE.....	59
<i>Музиченко Д.А.</i> МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ЗАХИСТУ ПЛ ВІД ВІБРАЦІЙ ТА ГАЛОПУВАННЯ METHODS AND MEANS OF PL PROTECTION FROM VIBRATIONS AND GALLOPING.....	62
<i>Назаренко І.А., Булгакова Ю.В.</i> ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ УКРАЇНСЬКИХ ЗАЛІЗНИЦЬ ЗА РАХУНОК ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ OPTIMIZATION OF THE UKRAINIAN RAILWAYS ACTIVITIES BY IMPROVING ENERGY EFFICIENCY.....	65
<i>Пашкевич В.А., Дубравін Ю.Ф.</i> ПОКРАЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОВОЗІВ ВЛ80К IMPROVEMENT OF ENERGY EFFICIENCY OF VL80K ELECTRIC LOCOMOTIVES.....	70

<i>Пилипенко Р.А., Пилипенко О.В., Логвиненко Д.М.</i>	
ДОСВІД ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ТЕХНОЛОГІЇ ТОЧНОГО НАГРІВУ САДОК ВИРОБІВ В ПРОМИСЛОВИХ ГАЗОВИХ ПЕЧАХ EXPERIENCE OF ENERGY SAVING USING TECHNOLOGY PRECISE HEATING OF GARDEN PRODUCTS IN INDUSTRIAL GAS FURNACES.....	74
<i>Романчук Б.О., Заїка Д.О.</i>	
АНАЛІЗ ВОДНЕВОГО ПОТЯГУ SIEMENS MOBILITY AND NIEDERBARNIMER EISENBAHN THE MIREO PLUS H AND PLUS B ANALYSIS OF HYDROGEN PULL SIEMENS MOBILITY AND NIEDERBARNIMER EISENBAHN THE MIREO PLUS H AND PLUS B..	79
<i>Ступко О.І., Горобченко О.М.</i>	
РОЗРОБКА ОРГАНІЗАЦІЙНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАХОДІВ ЩОДО ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ У ЛОКОМОТИВНОМУ ГОСПОДАРСТВІ DEVELOPMENT OF ORGANIZATIONAL AND TECHNICAL MEASURES REGARDING ENERGY SAVING IN THE LOCOMOTIVE INDUSTRY.....	82
<i>Сумцов А.Л., Чигирик Н.Д.</i>	
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ СКРАПЛЕНОГО ПРИРОДНОГО ГАЗУ В ТЕПЛОВОЗАХ PROSPECTS OF USING LIQUEFIED NATURAL GAS IN DIESEL LOCOMOTIVES.....	85
<i>Трихлеб А.С., Шведчикова І.О.</i>	
ПОТЕНЦІЙНО ІНДУКОВАНА ДЕГРАДАЦІЯ В ФОТОВОЛЬТАЇЧНИХ МОДУЛЯХ POTENTIAL INDUCED DEGRADATION IN PHOTOVOLTAIC MODULES.....	88
<i>Троценко Л.М., Пікашов В.С.</i>	
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИЙ СПОСІБ РОЗМОРОЖУВАННЯ ЗМЕРЗЛИХ ВАНТАЖІВ ENERGY-EFFICIENT METHOD OF DEFROSTING FROZEN CARGO..	90
<i>Atef Saleh Almashakbeh</i>	
ANALYSIS OF WAYS OF IMPROVING THE QUALITY OF ELECTRICAL ENERGY.....	95
<i>Chuiko S.P., Gerlici J., Kravchenko O.P.</i>	
DETERMINATION OF THERMAL INERTIA OF AIR IN THE CABIN OF A CITY BUS WITH AN AIR-CONDITIONING SYSTEM.....	100
Секція 5: СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ПРОМИСЛОВОСТІ	
Section 5: MODERN TECHNOLOGIES IN INDUSTRY.....	104

Бондаренко О.В., Малюк С.В.	
ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ВИТРАТ ПАЛИВА ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF USING MODERN TECHNOLOGIES TO REDUCE FUEL COSTS.....	104
Гладков С.М., Омельченко Л.В.	
ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕТАЛЕЙ МАШИН ОБМІДНЕННЯМ БОРИДНИХ ПОКРИТТІВ INCREASING THE PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF MACHINE PARTS BY COPPER-PLATING BODY COATINGS.....	107
Данак О.Ю., Стасюк О.І.	
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ У ВИРОБНИЦТВІ: ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ВИТРАТ ЕНЕРГІЇ ТА ЕКОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ ENERGY EFFICIENCY IN PRODUCTION: UTILIZATION OF MODERN TECHNOLOGIES FOR REDUCING ENERGY CONSUMPTION AND ECOLOGICAL IMPACT.....	109
Замостян Ю.М., Заїка Д.О.	
АНАЛІЗ СИСТЕМ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ SIEMENS AG ANALYSIS OF RAILWAY AUTOMATION SYSTEMS SIEMENS AG...	112
Захаров А.В., Рибалко І.М.	
ШЛЯХИ ОЧИЩЕННЯ МЕТАЛУ ВІД НЕМЕТАЛЕВИХ ВКЛЮЧЕНЬ ПРИ ЕЛЕКТРОШЛАКОВОМУ НАПЛАВЛЕННІ WAYS TO CLEAN METAL FROM NON-METALLIC INCLUSIONS DURING ELECTROSLAG SURFACING.....	117
Кучмійова Т.С., Дяченко А.Р.	
АНАЛІЗ МАТЕРІАЛЬНИХ ОБОРОТНИХ ЗАСОБІВ ANALYSIS OF MATERIAL TURNOVER ASSETS.....	122
Мащенко С.А., Марченко Р.М., Шавьолкін О.О.	
УДОСКОНАЛЕННЯ УПРАВЛІННЯ ГІБРИДНОЮ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЮ СИСТЕМОЮ ДЛЯ ВІДДАЛЕНИХ ОБ'ЄКТІВ ІНФРАСТРУКТУРИ IMPROVING CONTROL OF HYBRID PHOTOVOLTAIC SYSTEM FOR REMOTE INFRASTRUCTURE OBJECTS.....	126
Пічкур Т.В., Висоцька Т.І.	
ПРОБЛЕМИ ТЕПЛООВОГО ОБЛАДНАННЯ ТА МЕРЕЖ PROBLEMS OF THERMAL EQUIPMENT AND NETWORKS.....	128
Погребняк Д. Ю., Малюк С.В.	
ПОКРАЩЕННЯ МЕТОДІВ ДІАГНОСТИКИ БУКС РУХОМОГО СКЛАДУ IMPROVEMENT OF DIAGNOSTIC METHODS OF LOCOMOTIVE BUCKS.....	131

<i>Сільвестр В.О., Малюк С.В.</i>	
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЛАЗЕРНОГО КОНТРОЛЮ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РАМИ ВІЗКА ТЕПЛОВОЗА ЧМЕЗ PROSPECTS FOR USING LASER CONTROL OF GEOMETRIC PARAMETERS OF THE FRAME OF THE CHMEZ LOCOMOTIVE BOGIE.....	135
<i>Сорочинська О.Л., Борздов С.В.</i>	
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНЕВОГО ПАЛИВА НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ PROSPECTS FOR THE USE OF HYDROGEN FUEL IN RAILWAY TRANSPORT.....	137
<i>Чмих В.О., Малюк С.В.</i>	
АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ПРОГРІВУ ДИЗЕЛІВ ТЕПЛОВОЗІВ ANALYSIS OF THE EXISTING DIESEL WARMING SYSTEMS OF THERMAL TRUCKS.....	141
<i>Sobieski W.</i>	
NUMERICAL MODELING OF POLLUTANT PROPAGATION IN AQUATIC ENVIRONMENTS	146

**Секція 6: АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ
ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ**

**Section 6: AUTOMATION AND INTELLIGENT DESIGN OF
TECHNICAL SYSTEMS.....**

<i>Бележинський О.Ю.</i>	
РУХОМІ ТА СТАЦІОНАРНІ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ РУХОМОГО СКЛАДУ ПІД ЧАС РУХУ MOBILE AND STATIONARY SYSTEMS FOR MONITORING THE TECHNICAL ONDITION OF ROLLING STOCK DURING MOVEMENT.....	152
<i>Білецька А.В., Воронко І.О.</i>	
РОЗРОБКА ІМІТАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ЗАЛІЗНИЧНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ З МЕТОЮ ЇХ ОПТИМІЗАЦІЇ DEVELOPMENT OF SIMULATION MODELS OF RAILWAY TRANSPORT SYSTEMS WITH THE PURPOSE OF THEIR OPTIMIZATION.....	155
<i>Білецька А.В., Кульбовський І.І.</i>	
ПРОБЛЕМИ ПОБУДОВИ ТА КЕРУВАННЯ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ PROBLEMS OF CONSTRUCTION AND ANAGEMENT OF COMPLEX SYSTEMS.....	159
<i>Войченко Т.О.</i>	
ПЕРСПЕКТИВИ ЦИФРОВОГО РОЗВИТКУ МОРСЬКИХ ПОРТІВ PROSPECTS FOR DIGITAL DEVELOPMENT OF SEA PORTS.....	162

<i>Гавижа Д.Л., Воронко І.О.</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ КОНТЕЙНЕРИЗАЦІЇ ДЛЯ РОЗРОБКИ ТА РОЗГОРТАННЯ ПРОГРАМ RESEARCH CONTAINERIZATION TECHNOLOGY FOR DEVELOP AND DEPLOY.....	167
<i>Гайденко О.С., Хоренко Ю.Є., Федик К.К.</i>	
РОЛЬ WI-FI ТА ETHERNET У СИСТЕМАХ РОЗУМНОГО ДОМУ THE ROLE OF WI-FI AND ETHERNET IN SMART HOME SYSTEMS.....	170
<i>Герцій О.А., Гладий В.В.</i>	
МОДЕЛЮВАННЯ МЕТОДІВ ПОКРАЩЕННЯ ВІЗУАЛЬНОЇ ЯКОСТІ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ MODELING METHODS FOR IMPROVING THE VISUAL QUALITY OF DIGITAL IMAGES.....	174
<i>Демченко М.Є., Кульбовський І.І.</i>	
ВИВЧЕННЯ МЕТОДІВ РОБОТИ З БІНАРНИМИ ДАНИМИ У СКРИПТОВИХ МОВАХ ПРОГРАМУВАННЯ STUDY OF METHODS OF WORKING WITH BINARY DATA IN VIOLIN PROGRAMMING LANGUAGES.....	177
<i>Кирієнко І.С., Ковальчук В.В.</i>	
ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ПРОГРАМ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЗМІВ USE OF COMPUTER PROGRAMS FOR DESING MECHANISMS	179
<i>Лісовенко І.С., Голуб Г.М.</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВІВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ НА МІКРОКОНТРОЛЕРНІ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА КОНТРОЛЮ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ RESEARCH OF THE EFFECTS OF ELECTROMAGNETIC FIELD ON MICROCONTROLLER-BASED MONITORING AND CONTROL SYSTEMS OF POWER SUPPLY SYSTEMS.....	183
<i>Лужицький О.Ф., Стасенко С.С.</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ САПР В ПРОЕКТУВАННІ ЛІНІЙНИХ ОБ'ЄКТІВ ІНФРАСТРУКТУРИ В УКРАЇНІ RESEARCH ON THE APPLICATION OF CAD IN THE DESIGN OF LINEAR INFRASTRUCTURE OBJECTS IN UKRAINE.....	185
<i>Ломотько Д.В., Назаренко Д.А.</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ЗАЛІЗНИЦІ RESEARCH ON THE USE OF INFORMATION TECHNOLOGIES ON THE RAILWAY.....	189
<i>Миронов О.Г., Герцій О.А.</i>	
ФОРМУЛЮВАННЯ УНІВЕРСАЛЬНОГО ПІДХОДУ ДО КРИТЕРІЇВ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМОЮ THE FORMULATION OF UNIVERSAL USING OF THE CRITERIA FOR THE EFFECTIVENESS OF THE SYSTEM CONTROL.....	191

<i>Панков Є.С., Воронко І.О.</i>	
АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СИГНАЛІЗАЦІЇ ТА ЗВ'ЯЗКУ НА ЗАЛІЗНИЦІ: ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ, ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ТА СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ AUTOMATION OF RAILWAY SIGNALING AND COMMUNICATION ENGINEERING DESIGN: INTELLIGENTALIZATION, ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND MODERN TECHNOLOGIES.....	196
<i>Пасічник А.М., Дерезь О.Л., Дерезь Г.О.</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ДВОЗОННОГО РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ДЛЯ МЕХАНІЗМІВ З РІВНОПРИСКОРЕНИМ РУХОМ STUDY OF A DUAL-ZONE VELOCITY CONTROL SYSTEM FOR AN ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE FOR MECHANISMS WITH UNIFORMLY ACCELERATED MOTION.....	200
<i>Пасічник А.М., Ріпа М.Ю.</i>	
ДО ПИТАННЯ ПОБУДОВИ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ІНФРАСТРУКТУРИ СИСТЕМИ ЕКСТРЕНОГО ОПОВІЩЕННЯ НАСЕЛЕННЯ CONCERNING THE CONSTRUCTION AND OPTIMIZATION OF THE INFRASTRUCTURE OF THE EMERGENCY PUBLIC NOTIFICATION SYSTEM.....	205
<i>Пасічник А.М., Сидоренко В.О.</i>	
МОДЕЛЮВАННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ НАПРЯМКІВ РОЗВИТКУ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА MODELING AND DETERMINATION OF PROSPECTIVE DIRECTIONS OF THE DEVELOPMENT OF THE INDUSTRIAL ENTERPRISE.....	209
<i>Підкамінна В.С., Тимченко Л.І.</i>	
РОЗРОБКА ЗАСОБІВ УЦІЛЬНЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ АЛГОРИТМІВ ФОРМУВАННЯ ВЕКТОРІВ ТА ЛОГІЧНОЇ КОРЕКЦІЇ DEVELOPMENT OF IMAGE COMPRESSION TOOLS BASED ON VECTOR FORMATION AND LOGICAL CORRECTION ALGORITHMS.....	215
<i>Попов А.А., Дівонько А.І.</i>	
ВПЛИВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА РОЗВИТОК КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ THE INFLUENCE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON THE DEVELOPMENT OF COMPUTER GRAPHICS.....	218
<i>Роговий О.В., Самсонкін В.М.</i>	
ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В УНІВЕРСИТЕТСЬКОМУ СЕРЕДОВИЩІ DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE UNIVERSITY ENVIRONMENT...	223

<i>Рудницька Д. І., Кокряцька Н.І.</i>	
РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ НЕЧІТКОЇ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ НА ОСНОВІ МЕРЕЖІ КОХОНЕНА ТА ЙОГО ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ DEVELOPMENT OF THE ALGORITHM FOR FUZZY CLUSTERING OF OBJECTS BASED ON THE KOHONEN NETWORK AND ITS SOFTWARE IMPLEMENTATION.....	227
<i>Саченок Д.С., Голуб Г.М.</i>	
АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ СТРУКТУР ІНФОРМАЦІЙНО- КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ НА ТРАНСПОРТІ ASPECTS OF THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO INCREASE THE RELIABILITY OF STRUCTURES OF INFORMATION AND CONTROL SYSTEMS IN TRANSPORT.....	231
<i>Сікорський В.В., Тимченко Л.І.</i>	
РОЗРОБКА ЗАСОБІВ РЕАЛІЗАЦІЇ ПІРАМІДАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ НА ОСНОВІ Q – ПЕРЕТВОРЕННЯ DEVELOPMENT OF MEANS OF IMPLEMENTATION OF PYRAMID TRANSFORMATION OF INFORMATION BASED ON Q – TRANSFORMATION.....	235
<i>Сидорчук Є.В., Стасюк О.І.</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВЕБ- САЙТІВ RESEARCH OF METHODS TO INCREASE THE EFFECTIVENESS OF WEBSITES.....	238
<i>Стасюк О.І.</i>	
МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ КОВЗКОГО МОНІТОРИНГУ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ЗАЛІЗНИЦЬ НА ОСНОВІ ІНТЕЛЕТАЛЬНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ РЕГІНА MATHEMATICAL MODELS OF KOVZKY FOR MONITORING ELECTRICAL FUNCTIONS BASED ON REGIN INTELLIGENT COMPUTER SYSTEM.....	241
<i>Терещенко В.С., Горобченко О.М.</i>	
ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ КЕРУВАННЯ ТА ТЯГОВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕЛЕКТРОВОЗІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ IMPROVING THE CONTROL QUALITY AND TRACTION PROPERTIES OF ELECTRIC DIRECT CURRENT LOCOMOTIVES.....	244
<i>Шпильовий Б.Ю., Кульбовський І.І.</i>	
КЛАСИФІКАЦІЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ CLASSIFICATION OF MEASUREMENT INFORMATION SYSTEMS....	247
<i>Ranchenko A.A., Kulbovskiy I.I.</i>	
OPTIMIZATION MODELS AS PARTIAL SOLUTIONS IN THE PROCESS OF SYSTEM ANALYSIS.....	253

<i>Stupak A.E., Kulbovskiy I.I.</i>	
INNOVATIVE MODEL OF UPDATE OF DETAILS OF OWNERS OF AUTONOMOUS SYSTEMS.....	255
<i>Zahoruyko O.V., Zahoruyko A.V., Kulbovskiy I.I.</i>	
RESEARCH OF MODERN SEMANTIC SEARCH TECHNOLOGY.....	258
Секція 7: ЕЛЕКТРОНІКА ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ	
Section 7: ELECTRONICS AND INSTRUMENTATION ENGINEERING....	261
<i>Карнатов С.А., Герцій О.А.</i>	
ТЕНДЕНЦІЯ ТА ПРОБЛЕМАТИКА МАШИННОГО НАВЧАННЯ В БІРЖОВІЙ ТОРГІВЛІ	
TRENDS AND PROBLEMS OF MACHINE LEARNING IN STOCK TRADING.....	261
<i>Кралевиц А.В.</i>	
ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖ ДЛЯ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ДАНИХ ЛАБОРАТОРНИХ ПРИЛАДІВ	
USING NEURAL NETWORKS TO DIGITIZE DATA FROM LABORATORY DEVICES.....	264
<i>Павлюченко М.О., Смолянінов В.Г.</i>	
АНАЛОГОВИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ЛІНІЙНИМ КРОКОВИМ ПРИСТРОЄМ	
ANALOG CONVERTER FOR CONTROLLING A LINEAR STEPPER DEVICE.....	268
Секція 8: МЕХАНІЧНА ІНЖЕНЕРІЯ	
Section 8: MECHANICAL ENGINEERING.....	271
<i>Ватуля Г.Л., Герліці Ю., Ловська А.О., Діжо Я., Рукавішников П.В.</i>	
АНАЛІЗ МІЦНОСТІ КРИШКИ ЛЮКА УНІВЕРСАЛЬНОГО НАПІВВАГОНА ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ В НЬОМУ КОНТЕЙНЕРІВ	
ANALYSIS INTO THE STRENGTH OF THE HATCH COVER OF AN OPEN WAGON TRANSPORTING CONTAINERS.....	271
<i>Герліці Ю., Ловська А.О., Ватуля Г.Л., Рибін А.В.</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ПОПЕРЕЧНОЇ НАВАНТАЖЕНОСТІ НЕСУЧОЇ КОНСТРУКЦІЇ КРИТОГО ВАГОНА ЗІ СТІНАМИ ІЗ СЕНДВІЧ-ПАНЕЛЕЙ	
RESEARCH OF THE TRANSVERSE LOAD OF THE BOX WAGON BODY WITH SANDWICH PANEL WALLS.....	275
<i>Дяченко В.С., Іщенко В.М.</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ХОЛОДОАГЕНТІВ ДЛЯ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ УСТАНОВОК КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ	
RESEARCH OF PROPERTIES OF ALTERNATIVE REFRIGERANTS FOR REFRIGERATING EQUIPMENT OF AIR CONDITIONING INSTALLATIONS OF PASSENGER CARS.....	279

<i>Лахтіна О.В., Іщенко В.М.</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ УСТАТКУВАННЯ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ КЛІМАТИЧНИХ УСТАНОВОК ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ RESEARCH OF THE FUNCTIONING OF THE VENTILATION SYSTEM EQUIPMENT OF AIR CONDITIONING INSTALLATIONS OF PASSENGER CARS.....	282
<i>Кіріченко Е.Ю., Кроль О.С., Tsankov Petko</i>	
МОДЕРНІЗАЦІЯ ЧЕРВ'ЯЧНОГО ПРИВОДУ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАГАЗИНУ ОБРОБНОГО ЦЕНТРУ MODERNIZATION OF THE WORM DRIVE OF THE TOOL MAGAZINE OF THE MACHINING CENTER.....	286
<i>Ковальчук В.В., Маслов Б.В.</i>	
ПРО ДЕЯКІ СПОСОБИ ВИЗНАЧЕННЯ МОМЕНТІВ ІНЕРЦІЇ ОБ'ЄКТІВ НЕПРАВИЛЬНОЇ ФОРМИ ON SOME METHODS OF DETERMINING MOMENTS OF INERTIA OF IRREGULARY SHAPED OBJECTS.....	290
<i>Кривошея В.Р., Кузнєцов Ю.М.</i>	
ОБ'ЄКТИ ПОРІВНЯЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВІДРІЗАННЯ ТРУБ РІЗЦЯМИ І ДИСКОВИМИ ФРЕЗАМИ ЗСЕРЕДИНИ І ЗЗОВНІ OBJECTS OF COMPARATIVE RESEARCH OF PIPE CUTTING WITH CUTTERS AND DISC MILLS FROM THE INSIDE AND OUTSIDE.....	293
<i>Лимар О.О., Лебедєв Ю.О., Іщенко П.П.</i>	
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ СТАЛІ AISI 420 INCREASING THE EFFICIENCY OF MECHANICAL PROCESSING OF AISI 420 STEEL.....	296
<i>Лузан С.О.</i>	
ТРИБОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КОМПОЗИЦІЙНОГО ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ СПЛАВУ ПГ-10Н-01 ІЗ ВКЛЮЧЕННЯМ ДИСПЕРСНИХ ФАЗ TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF COMPOSITE COATING BASED ON PG-10N-01 ALLOY INCLUDING DISPERSED PHASES.....	300
<i>Мелконов Г.Л.</i>	
ПРОБЛЕМИ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ ТІЛ ПОВЕРНЕННЯ В УМОВАХ МАШИНОБУДІВНИХ ВИРОБНИЦТВ PROBLEMS OF PROCESSING PARTS TYPE OF BODIES OF ROTATION UNDER CONDITIONS MECHANICAL ENGINEERING PRODUCTION.....	305
<i>Петраш О.В., Попов С.В., Попович Н.М., Петраш Р.В., Дубовцов Д.Д.</i>	
МАЛОГАБАРИТНИЙ МОДУЛЬНИЙ ОСУШУВАЧ COMPACT MODULAR DRYER.....	307

<i>Столярчук Д.П., Підгорний Н.А., Кузнєцов Ю.М.</i>	
МОБІЛЬНІ УСТАНОВКИ ДЛЯ ГРУП ШВИДКОГО РЕАГУВАННЯ ППО MOBILE INSTALLATIONS FOR RAPID RESPONSE GROUPS OF AIR FORCE.....	313
<i>Терещук А.О., Щербина Ю.В.</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ВТОМНОЇ МІЦНОСТІ КОТЛА ВАГОН-ЦИСТЕРНИ ПРИ ВИНИКНЕННІ КОРОЗІЇ RESEARCH OF FATIGUE STRENGTH A TANK WAGON BOILER IN EVENT CORROSION.....	316
<i>Фомін О.В., Козинка О.С., Черкашин О.П.</i>	
ОСОБЛИВОСТІ КОНТРОЛЮ КОМПОЗИТНИХ КУЗОВІВ НАПІВВАГОНІВ FEATURES OF CONTROL OF COMPOSITE GONDOLA BODIES.....	321
<i>Фомін О.В., Козинка О.С., Лісничий В.С.</i>	
ОСОБЛИВОСТІ КОНТРОЛЮ ТИПОВИХ КУЗОВІВ НАПІВВАГОНІВ FEATURES OF CONTROL OF TYPICAL GONDOLA BODIES.....	325
<i>Шевченко С.І., Полупан Є.В., Черкашин І.А.</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ УПРАВЛІННЯ ДВОМАСОВОЇ СИСТЕМИ З ПІДВІСОМ ВАНТАЖУ INVESTIGATION OF THE QUALITY OF CONTROL OF A TWO- MASS SYSTEM WITH CARGO SUSPENSION.....	328
<i>Ostrowski A., Bernatowicz D., Duer S., Woźniak M.</i>	
EXPERT KNOWLEDGE BASED ON THE DIAGNOSTIC OF WIND FARM EQUIPMENT.....	334
<i>Ропомаренко О.В.</i>	
IMPACT OF THE FREIGHT CAR MAINTENANCE AND REPAIR SYSTEM ON THE LIFE CYCLE COST.....	339
<i>Tytuła J., Zaremba A., Nitkiewicz S.</i>	
VIRTUAL TRACK GENERATED FORCES AND THEIR RELATIONS TO REAL WORLD FEEDBACK ON A RACING SIMULATOR.....	342
<i>Тус К., Bramowicz M.</i>	
THE ANALYSIS OF THE PHASE COMPOSITION OF X2CrNiMoN22- 5-3 STEEL.....	346
<i>Zaremba A., Tytuła J., Nitkiewicz S.</i>	
VIRTUAL REALITY ENVIRONMENT FOR FIRST CONTACT VR USERS AND ASSESSING THEIR TYPE OF PERFORMANCE.....	351
Секція 9: МЕТРОЛОГІЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ	
Section 9: METROLOGY AND INFORMATION AND DIGITAL TECHNOLOGIES.....	
	355

<i>Демченко Д.С., Кульбовський І.І.</i> МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО- ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ METROLOGICAL SUPPORT OF INFORMATION AND MEASUREMENT SYSTEMS.....	355
<i>Калюжний О.Б., Дворічанський В.Ю.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ВМІСТУ ВОДИ В ДИЗЕЛЬНОМУ ПАЛИВІ ЗА ДОПОМОГОЮ ОПТИКОМІКРОСКОПІЧНОГО МЕТОДУ DETERMINATION OF WATER CONTENT IN DIESEL FUEL USING OPTICAL MICROSCOPIC METHOD.....	358
<i>Пашко Б.Г., Смолянінов В.Г.</i> ВИМІРЮВАЛЬНИЙ МАГНІТОРЕЗИСТИВНИЙ ЕЛЕМЕНТ MEASURING MAGNITORESISTIVE ELEMENT.....	362
<i>Роценко О.В., Волошина Л.В.</i> ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ КОМП'ЮТЕРНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ВИСОКОЇ ПРЕЦИЗІЇ INCREASING THE ACCURACY OF MEASUREMENTS USING HIGH PRECISION COMPUTER TOOLS.....	364
<i>Сергєєв Д.М., Комарова Г.Л.</i> КРИТЕРІЇ ОБРАННЯ ПРЕЦЕЗІЙНОЇ КООРДИНАТНО- ВИМІРЮВАЛЬНОЇ МАШИНИ SELECTION CRITERIA COORDINATE-MEASURING MACHINE.....	367
<i>Яцуміра А.А., Морнева М.О.</i> ЩОДО МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ABOUT METROLOGICAL SUPPORT.....	372
<i>Matsiuk V.I., Dudnyk Yu.P., Zaika D.O.</i> TECHNOLOGICAL FAULT TOLERANCE OF RAILWAY TRANSPORT SYSTEMS.....	375

СЕКЦІЯ 4: ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ В ТЕХНІЦІ

SECTION 4: ENERGY SAVING AND ENERGY EFFICIENCY IN TECHNIQUES

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ПОДВІЙНОГО ЖИВЛЕННЯ

Бажак О.В. – магістрант групи 2EEE-маг, olyabazhak@gmail.com

Дубравін Ю.Ф. – к.т.н., доц., u.f.dubrawin@gmail.com

Київський інститут залізничного транспорту

Державного університету інфраструктури та технологій

Україна, м. Київ

REDUCTION OF ENERGY COSTS FOR AUXILIARY MACHINES OF ELECTRIC LOCOMOTIVE VL80K

Bazhak O.V. – master's student gr. 2EEE-mag, olyabazhak@gmail.com

Dubravyn Y.F. – PhD in Engineering, Associate Professor, u.f.dubrawin@gmail.com

Kyiv Institute of Railway Transport

State University of Infrastructure and Technology

Ukraine, Kyiv

Abstract. *The main directions of improving the energy efficiency of dual-power electric drives are considered. The rational structure of the traction electric drive for dual-powered rolling stock of Ukrainian railways is selected. The ways to increase the efficiency of the converter are determined. The directions of improving the quality of consumed electric energy and increasing the efficiency of the electric drive are indicated. The reasons for the increase in power losses in traction converters are shown. Recommendations for selecting the parameters of power transistors for completing traction converters are given. It is recommended to use the parallel connection of 4Qs converters to the common load to increase the power factor and reduce the emission of high-frequency harmonics into the contact network.*

Keywords: *dual-powered electric rolling stock, energy performance, electric drive structure.*

Актуальність дослідження полягає у необхідності підвищення ефективності двосистемного ЕРС, який може працювати як при змінному струмі з напругою 25 кВ, так і постійному при напрузі у контактній мережі 3 кВ. Досвід застосування різних систем електричної тяги свідчить про переважне використання системи змінного струму промислової частоти напругою 25 кВ. Довжина електрифікованих ділянок України, що працюють на постійному

струмі складає близько 50,8 % від загальної довжини [1]. Враховуючи вартість робіт та неможливість в короткий термін проведення реконструкції ділянок постійного струму доцільним є використання багатосистемного електрорухомого складу ЕРС. Багатосистемний ЕРС подвійного живлення з асинхронним тяговим приводом являється на даний час найбільш перспективним у країнах Європи. Поступове впровадження на залізницях України новітнього, високоефективного двосистемного ЕРС є важливим фактором підвищення ефективності залізничних перевезень. Впровадження нового ЕРС вимагає рішення ряду актуальних науково-практичних задач з вибором структури схем силових електричних кіл, підвищенням коефіцієнта потужності, к.к.д., покращенням масо-габаритних показників силової частини тягового привода для підвищення швидкості руху. Важливим також є забезпечення необхідного рівня електромагнітної сумісності ЕРС та пристроїв колійної автоматики, зниження рівня завад, які здатні спричинити збій в роботі пристроїв колійної автоматики та знижувати безпеку руху поїздів.

Метою роботи є визначення основних напрямків підвищення енергоефективності електроприводів подвійного живлення. В тягових електроприводах сучасного ЕРС використовуються чотирьох квадрантні (4qS) перетворювачі та асинхронні тягові двигуни (АТД). Вони мають наступну структуру (рисунок): тяговий трансформатор (ТТ); 4qS перетворювач; ланка постійної напруги (ЛПН); автономний інвертор напруги (АІН); асинхронний тяговий двигун (АТД); тягова зубчаста передача (ЗП). Основними показниками енергетичної ефективності тягового електроприводу є коефіцієнт потужності, коефіцієнт корисної дії (ККД) та коефіцієнти спотворень вхідного струму та напруги. ККД електропривода залежить від ККД елементів структурної схеми, які мають наступні значення: ТТ – $\eta_{\text{ТТ}} = 97\%$; 4qS перетворювача – $\eta_{\text{qS}} = 96,5\%$; ланки постійного струму – $\eta_{\text{ЛПН}} = 99,25\%$; АІН – $\eta_{\text{АІН}} = 93,25\%$; АТД $\eta_{\text{АТД}} = 96,5\%$; тягової зубчастої передачі – $\eta_{\text{ЗП}} = 98,5\%$ [2].

При вказаних значеннях втрат загальний ККД тягової електропередачі електровоза змінного струму з асинхронними тяговими двигунами буде дорівнювати: $\eta_{\text{ЕЛ}} = \eta_{\text{ТТ}} \cdot \eta_{\text{qS}} \cdot \eta_{\text{ЛПН}} \cdot \eta_{\text{АІН}} \cdot \eta_{\text{АТД}} \cdot \eta_{\text{ЗП}} / 100 = 0,82$.

Отриманий результат свідчить, що збільшення ККД електропередачі можна досягти за рахунок удосконалення ТТ, зменшення втрат в 4qS перетворювачах та АІН.

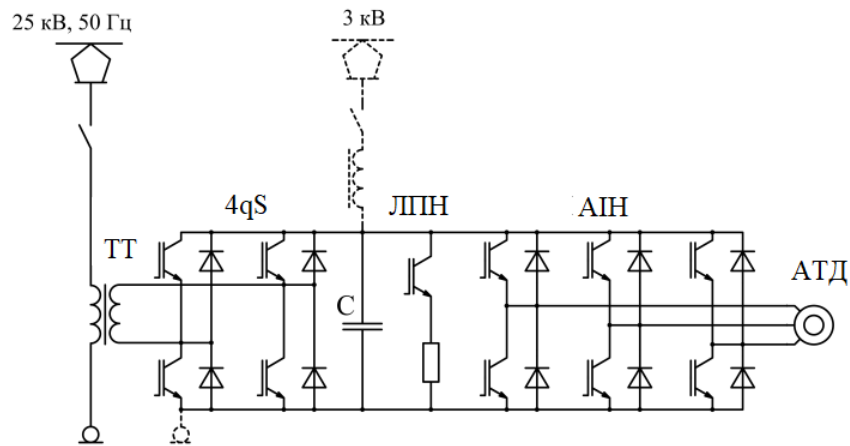


Рисунок – структурна схема ЕПС подвійного живлення

Важливим напрямком покращення якості споживаної електричної енергії та підвищення ККД електропривода є використання при перетворенні електричної енергії підвищеної частоти. В новій схемі при живленні двигунів ЕРС від мережі змінного струму використовується ланка підвищеної частоти, яка складається із багато обмоткового трансформатора та автономних інверторів, які живлять відповідні обмотки трансформатора напругою підвищеної частоти. Використання багатofазних систем з ланкою підвищеної частоти дозволяє зменшити масогабаритні показники фільтрів і трансформатора. Використання трифазного тягового трансформатора підвищеної частоти зменшить втрати потужності у магнітопроводі приблизно в три рази, у порівнянні зі втратами потужності у магнітопроводі трифазного трансформатора промислової частоти.

Зменшення втрат в 4qS перетворювачах та АІН може бути досягнуто обмеженням граничної частоти перемикання транзисторних ключів та правильним вибором приладів за допомогою паспортних характеристик. Допустима частота комутації напівпровідникових ключів обмежується температурою нагріву напівпровідникового кристалу, а отже, втратами потужності в приладі, основну частину яких складають втрати в провідному стані приладу та втрати, викликані перемиканням приладу і залежать від струму навантаження. В результаті встановлено, що за комутаційними властивостями в діапазоні струмів навантаження 200...600 А IGBT 65 класу виробництва компанії Infineon більш прийнятні для використання їх в перетворювачах порівняно з IGBT такого ж класу виробництва компанії АВВ. Для правильного вибору граничної частоти необхідно виконувати апроксимацію паспортних даних напівпровідникових ключів, які показують залежність кількості джоулів енергії, що виділяється при одному вмиканні-вимиканні приладу відносно величини струму навантаження [3]. Використання 4qS перетворювача дозволяє отримати коефіцієнт потужності перетворювача близьким до одиниці.

Головним недоліком схем ЕРС подвійного живлення є імпульсний відбір енергії з вторинної обмотки трансформатора вхідним 4qS перетворювачем, алгоритмом роботи якого закладено короточасне замикання обмотки для підвищення напруги проміжної ланки. Такі замикання створюють імпульси струму, які є джерелом широкого спектру високочастотних гармонік та спотворюють напругу та струм мережі. Встановлено, що зменшення амплітуди і спектру неосновних гармонік, які викликані роботою чотириквadrантного перетворювача необхідно застосовувати їх паралельне включення на загальне навантаження. При цьому паралельно ввімкнені перетворювачі працюють зі зміщенням по фазі моделюючої напруги або з різними кратностями модуляції [4].

Висновок. Встановлено, що раціональним для залізниць України є поступове впровадження ЕРС подвійного живлення з асинхронним тяговим приводом. Аналіз структур силових схем ЕРС подвійного живлення з асинхронним тяговим приводом дозволив визначити найбільш раціональну структуру тягової електропередачі двосистемного ЕРС. Встановлено, що раціональним способом покращення масо-габаритних та енергетичних показників тягового привода є зниження маси тягового трансформатора за рахунок підвищення частоти вхідної напруги. Визначено способи підвищення ККД та коефіцієнта потужності перетворювача.

Л і т е р а т у р а

1. Забарилло Д.О. Підвищення ефективності електрорухомого складу подвійного живлення з асинхронним тяговим приводом: автореф. дис. на здобуття наукового ступеню канд. техн. наук / Д.О. Забарилло. Дніпропетровськ. 2015. 22 с
2. Муха А.М. Розвиток наукових основ створення тягових електропередач багатосистемних електровозів: дис. докт. техн. наук: 05.22.09 електротранспорт / Муха А.М. Дніпропетровськ, 2011. 1 т. 362 с.
3. Статичні перетворювачі тягового рухомого складу. Ю.П. Гончаров, М.В. Панасенко та ін. Х.: НТУ «ХП», 2007. 192 с.
4. Dubravin, Y., & Tkachenko, V Дослідження моделі активного чотириквadrантного перетворювача магістрального електровоза змінного струму. Транспортні системи і технології, (34), 2019, 155-174. <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2019-34-1-13>.

ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОЗАТРАТ НА ДОПОМІЖНІ МАШИНИ ЕЛЕКТРОВОЗА ВЛ80К

Бурбела А.С. – здобувач вищої освіти гр. 2EEE-маг, q110869@gmail.com

Дубравін Ю.Ф. – к.т.н., доц., u.f.dubrawin@gmail.com

Київський інститут залізничного транспорту

Державного університету інфраструктури та технологій

Україна, м. Київ

REDUCTION OF ENERGY COSTS FOR AUXILIARY MACHINES OF ELECTRIC LOCOMOTIVE VL80K

Burbela A.S. – student of group 2EEE-mag, mm.alexandrov@icloud.com

Dubravina Y.F. – PhD in Engineering, Associate Professor, u.f.dubrawin@gmail.com

Kyiv Institute of Railway Transport

State University of Infrastructure and Technology

Ukraine, Kyiv

Abstract. *The paper considers ways to improve the energy efficiency of auxiliary electric drives of the VL80K electric locomotive by modernizing their power supply system and optimizing their operating modes. A functional diagram of the modernized power supply system for machines has been developed. The modernization involves the replacement of electric machine phase number converters with modern static converters based on IGBT transistors. A functional diagram of the control system for the auxiliary electric drive was also developed in this work. The control system provides regulation of the performance of auxiliary drives depending on the current load of the electric locomotive components and the ambient temperature.*

Keywords: *Electric locomotive, auxiliary machines energy efficiency, static phase number converter, control system*

Актуальність дослідження полягає у тому, що електровози серії ВЛ80, є основою локомотивного парку вантажних електровозів змінного струму Укрзалізниці. Допоміжні машини електровозів ВЛ80К живляться несиметричною напругою, яку забезпечують електромашинні фазорозщеплювачі. При цьому в статорах трифазних двигунів створюються два обертові магнітні поля – пряме в напрямку обертання ротора та зворотне. На валу ротора зворотне поле створює гальмівний момент, який додатково навантажує електричну машину, збільшує споживання струму та скорочує її моторесурс. Досвід експлуатації свідчить про низьку надійність системи живлення допоміжних електроприводів. Крім того, існуюча система живлення допоміжних машин не дозволяє забезпечити їх роботу в економних режимах [1, 2]. Розрахунки витрат електроенергії, показали, що допоміжні машини споживають приблизно 10% енергії, що витрачається на тягу поїздів. Значним втратам енергії сприяє відсутність системи інтелектуального управління допоміжними машинами

електровозу ВЛ80К в залежності від навантаження вузлів електровоза та температури навколишнього середовища. Наприклад, мотор-вентилятори охолодження тягових двигунів працюють з незмінною продуктивністю як в режимі тяги, так і в режимі холостого ходу (вибігу). При цьому неефективно витрачається електроенергія та зменшується ресурс мотор-вентиляторів. В зв'язку з цим модернізація системи живлення та управління допоміжним електроприводом має актуальне значення.

Метою роботи є розробка системи живлення допоміжних електроприводів електровоза ВЛ80К з покращеними показниками енергоефективності. Одним із напрямків рішення цієї задачі є використання сучасних перетворювачів та автоматизація режимів роботи електричних машин. Допоміжні електроприводи електровоза забезпечують надання руху виконавчим механізмам різного функціонального призначення – вентиляторам, насосам, компресорам. Найефективнішим способом економії енергії, де потрібне регулювання продуктивності виконавчих механізмів на базі електродвигунів змінного струму є застосування регульованого автоматизованого електропривода змінного струму [3, 4]. Впровадження такого електропривода на механізмах з квадратичним навантаженням (насосів, вентиляторів) дозволяє досягти економії електроенергії до 30 – 70 %. Автоматизовані електроприводи поділяються на дві підгрупи – розімкнені та замкнуті. Так як регулювання частоти обертання механізмів відбувається залежно від зовнішніх впливів (температури, струму навантаження ТЕД), тому в роботі розглядається застосування розімкненого автоматизованого електроприводу. Функціональна схема модернізованої автоматизованої системи живлення допоміжним електроприводом приведена на рисунку. Модернізація передбачає заміну електромашинних перетворювачів числа фаз сучасними статичними перетворювачами на базі IGBT транзисторів. Система управління забезпечує регулювання продуктивності допоміжних приводів в залежності від струмового навантаження вузлів електровоза та температури навколишнього повітря. Система живлення включає випрямляч однофазної напруги B , проміжну ланку постійної напруги U_d із згладжуючим фільтром 3Φ , автономний інвертор напруги AIH , блок управління інвертором BVI та систему управління CU . Приведена схема забезпечує перетворення однофазної змінної напруги обмотки власних потреб тягового трансформатора частотою 50 Гц у змінну трифазну напругу змінної частоти, яка подається на статори трифазних асинхронних двигунів M допоміжних машин. Регулювання частоти обертання роторів електродвигунів, які приводять в дію вентилятори та насоси здійснюється зміною частоти струму, що подається в обмотки статорів цих машин. При частотному регулюванні частоти обертання роторів необхідно також змінювати

величину трифазної напруги, яка подається на обмотки статора. Це забезпечується в АІН з широтно-імпульсною модуляцією (ШІМ).

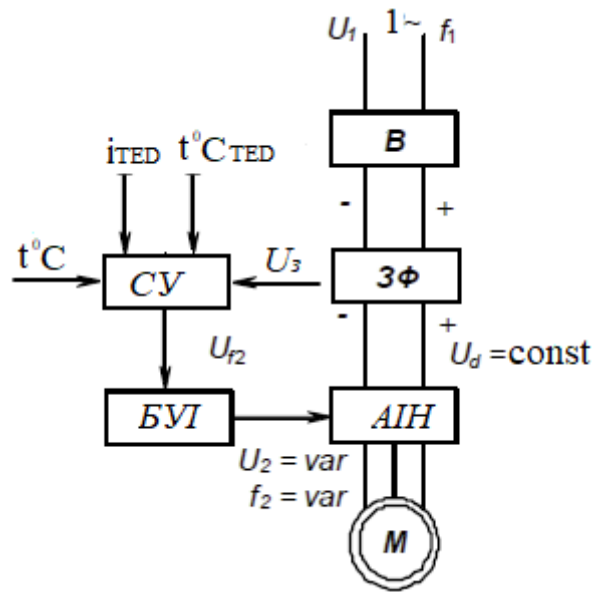


Рисунок – Функціональна схема модернізованої автоматизованої системи живлення допоміжним електроприводом

В систему управління СУ надходять сигнали від датчиків струму i_{TED} , датчиків температури t_{TED} , $t^{\circ}C$ та сигнал завдання U_3 . В результаті обробки цих сигналів формується сигнал управління U_{f2} , що поступає в блок управління інвертом, який в свою чергу виробляє імпульси управління ключами АІН.

Висновок. Пропонована схема для модернізації системи живлення асинхронних приводів допоміжних механізмів електровозів ВЛ80К із застосуванням автономного інвертора напруги дає змогу: знизити витрати електроенергії допоміжним електроприводом, забезпечити живлення асинхронних машин симетричною системою трифазних напруг, плавно регулювати частоту обертання вентиляторів, насосів в залежності від струму навантаження, температури повітря та температурного стану обладнання.

Розроблена система управління дає змогу підвищити енергетичну ефективності електровоза шляхом збільшення коефіцієнта корисної дії та підвищити надійність роботи електричних машин.

Л і т е р а т у р а

1. Тартаковський Е.Д., Аулін, Д.О., Коваленко Д.М., & Котов М.О. (2019). Енергозберігаючі технології в локомотивному господарстві. Ч. 1.
2. Чигирик Н.Д., Сумцов А. Л., Вихопень І. Р., & Силенко А.В. (2019). Зниження енерговитрат тягового рухомого складу в експлуатації. <http://lib.kart.edu.ua/handle/123456789/15179>

3. Лигун С.В. (2018). Автоматизоване управління частотно-регульованим електроприводом підйомної установки в умовах гірничовидобувного підприємства. Магістерська дисертація, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Інститут енергозбереження та енергоменеджменту, Київ).

4. Попович М.Г. Теорія електропривода: Підручник / За ред. Поповича .Г.К.: Вища школа, 1993. 494с.

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ЗАРЯДКИ ЛІТІЄВИХ АКУМУЛЯТОРІВ

Буряк С.Ю. – к.т.н., доц., докторант, ser.buryak@gmail.com
Гололобова О.О. – к.т.н., асистент, [Gololobova Oksana@i.ua](mailto:Gololobova_Oksana@i.ua)
Науково-навчальний інститут
«Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту»
Українського державного університету науки і технологій
Україна м. Дніпро

ANALYSIS OF EXISTING METHODS OF LITHIUM BATTERY CHARGING

Buriak S.YU. – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Doctoral Student, ser.buryak@gmail.com
Gololobova O.O. – Candidate of Engineering Sciences, Assistant, [Gololobova Oksana@i.ua](mailto:Gololobova_Oksana@i.ua)
Scientific and educational institute
"Dnipro Institute of Infrastructure and Transport"
Ukrainian State University of Science and Technologies
Ukraine, Dnipro

Abstract. *Today, the technology based on lithium chemical current sources has already developed quite significantly. However, concerns about the service life and worries about the duration of charging are one of the fundamental reasons that prevent the popularization of these modern electric energy storage devices. A reliable strategy for non-destructive fast charging is absolutely necessary for the further development of technologies. The considered main reasons, which lead to irreversible battery degradation due to lithium deposition, must be taken into account when determining such a strategy. And the analysis of existing methods is taken into account.*

Keywords: *charging current, lithium-ion battery, service life, degradation, capacity reduction, influencing factors, state of health*

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю встановлення оптимального режиму заряду літійових акумуляторів для збереження їх

накопичувальної здатності протягом якомога більшого терміну використання при забезпеченні найкоротшої тривалості зарядки.

Метою роботи є проведення аналізу існуючих способів заряду літєвих акумуляторів, з'ясування їх переваг та недоліків, а також визначення найбільш вдалого з точки зору збереження ресурсу методу.

Активний розвиток генерації на основі відновлюваних джерел енергії, а також прагнення зменшити забруднення довкілля потребує використання систем зберігання виробленої енергії. На даний час технології накопичення електричної енергії не стоять на місці, а швидко та динамічно розвиваються і на сьогоднішній день вже досить значного розвитку набула технологія на основі літєвих хімічних джерел струму. Акумулятори даного типу мають такі переваги, як тривалий термін служби, ефект відсутності пам'яті, екологічність, висока енергія акумулятора і щільність потужності, що стало кращим рішенням для акумуляторної системи. Однак наявність побоювання про термін служби та хвилювання про тривалість зарядки є однією з фундаментальних причин, що перешкоджають розповсюдженню, подальшому розвитку та просуванню даних сучасних накопичувачів електричної енергії, навіть не дивлячись на відносно невисоку вартість, яка постійно знижується [1].

Традиційні методи швидкої зарядки можуть викликати проблеми зі здоров'ям та безпекою акумулятора. Тому для подальшого розвитку технологій вкрай необхідна надійна стратегія швидкої зарядки, яка не призведе до руйнувань. Відкладення літію під час швидкої зарядки повинно бути першою проблемою для вирішення, оскільки це може не тільки викликати деградацію акумулятора, але й призвести до серйозних проблем із безпекою. Високошвидкісна зарядка, зарядка при низькій температурі та перезарядка призводять до незворотної деградації акумулятора через відкладення літію. Найкоротший час зарядки може бути досягнутий виключно за умови збереження цілісності акумулятора, яка можлива лише при використанні оптимального зарядного струму.

Під оцінкою стану акумуляторів слід розуміти знаходження точного значення наступних величин: стану заряду, ємності та внутрішнього опору. Перше в основному викликано обмеженою ємністю акумулятора, а друге пов'язане з тривалим часом зарядки через її низьку швидкість. Хоча збільшення ємності акумулятора може продовжити тривалість роботи на одній зарядці, але це також збільшить і час зарядки. Тому розробка технології швидкої зарядки має велике значення для більшого поширення та популяризації технології накопичення електричної енергії. Необґрунтоване ж підвищення потужності у процесі зарядки акумулятора неминуче призведе до перегріву та зниження показників здоров'я. Запорукою успіху на разі є баланс цих двох питань [2, 3].

Вже розроблено методи, які дозволяють відстежувати підвищення температури та старіння акумулятора під час зарядки, а потім знижувати підвищення температури, щоб уповільнити старіння акумулятора. Сам же робочий процес акумулятора включає такі характеристики, як електричні та температурні, а також старіння. Для користувача необхідно забезпечити швидкість зарядки з максимальним затримуванням скорочення терміну використання. Звичайний режим зарядки враховує вплив часу зарядки та підвищення температури на внутрішні параметри акумулятора. Проте, кількісного опису поведінки акумулятора при старінні не існує. Тому це питання досліджується нині з урахуванням багатокритеріальної оптимізації зарядки. Метою при цьому є домогтися в процесі зарядки оптимального варіанту, яким є збільшення швидкості зарядки при одночасному зниженні підвищення температури зарядки в одиницю часу і зниження швидкості старіння, що є взаємосуперечливими задачами.

Режими зарядки поділяються на пасивну та активну зарядку. Методи пасивного режиму зарядки включають такі види: постійний струм, постійна напруга, постійний струм і постійна напруга, багатоступеневий постійний струм і імпульсний режим зарядки. Під час зарядки постійним струмом існує ризик перезарядки. При зарядці постійною напругою на ранніх стадіях може виникнути ймовірність перевантаження струмом [5].

Найбільш широко використовуваним режимом зарядки літійових акумуляторів є послідовне застосування режимів заряду постійним струмом і постійною напругою. Даний метод простий та зручний в управлінні. У цьому режимі використовується постійний струм для зарядки акумулятора до напруги відключення, а потім відбувається перемикання режиму постійної напруги, поки струм не зменшиться до мінімального порогового значення. Хоча це простіше реалізувати в системі керування акумулятора, проте стадія постійної напруги вимагатиме більше часу на зарядку. Крім того, пізня стадія зарядки супроводжується сильною реакцією поляризації. Якщо сильна реакція поляризації, це також призведе до того, що акумулятор не буде повністю заряджений. У зв'язку з цим, з'явилася велика кількість оптимізованих стратегій зарядки.

У режимі зарядки багатоступінчастим постійним струмом використовується зарядка великим струмом для відключення напруги на ранній стадії і зменшується сила струму на пізнішій стадії, щоб зменшити ефект поляризації. Хоча такий підхід скорочує час зарядки та підвищення температури, проте зарядна ємність відповідно знижується [7].

Для підвищення ефективності зарядки був запропонований метод імпульсної зарядки, який дозволяє іонам літію рівномірно дифундувати по

всьому акумулятору і, таким чином, пом'якшувати поляризацію. При імпульсному методі зарядки струм змінюється з певною частотою. Він ефективно знижує втрати в акумуляторі. Хоча варіація здійснюється з певною частотою, все ж таки залишається важко визначити оптимальну частоту імпульсів і силу струму. Встановлено, що використання імпульсного струму для зарядки та розрядки акумуляторів може значно покращити продуктивність акумуляторів, одночасно підвищуючи їх безпеку та стабільність. Час зарядки реалізується за рахунок зміни амплітуди заряду та сили струму, але ним важко ефективно керувати. Оскільки швидкість зарядки впливає на час зарядки та тривалість циклу, широко використовується стратегія багатоступінчастої зарядки постійним струмом [5, 6].

Режим пасивної зарядки в основному заснований на досвіді та експериментах оптимізації зарядки акумулятора. Для досягнення мети оптимізації використовуються фіксовані задані струм та напруга. Не існує чіткої мети оптимізації зарядки, тому застосовувати і контролювати процес за допомогою системи управління акумулятором складніше.

Щоб уточнити мету оптимальної зарядки в активному режимі, у якості параметрів оптимізації зарядки використовуються: підвищення температури, час зарядки, втрата ємності, внутрішня активна речовина і втрата внутрішнього запасу літію. Метод зарядки з нечітким керуванням може ефективно знизити підвищення температури акумулятора та одночасно скоротити час зарядки. Однак при цьому не враховується старіння акумулятора [4].

Існуючі методи зарядки зазвичай ігнорують ефект старіння акумулятора. Більшість просто враховують температуру. Такий підхід не встановлює зв'язку із внутрішнім станом акумулятора. Старіння акумуляторів розглядається лише як зниження ємності акумулятора, яка вважається єдиною характеристикою визначення його старіння.

При дослідженні стратегії зарядки акумулятора, крім питань оптимізації часу зарядки або поляризації, необхідно приділяти належну увагу проблемі збільшення терміну його служби. Оскільки втрати енергії акумулятора в процесі зарядки збільшуються, відповідне погіршення ємності акумулятора буде дуже серйозним.

Зарядний струм та підвищення температури акумулятора, а також його старіння впливають один на одного. Процес зарядки акумулятора можна умовно розділити на два цикли в залежності від зміни зарядного струму в різний час зарядки. У першому циклі, щоб задовольнити вимоги швидкої зарядки акумулятора на ранній стадії, він має великий зарядний струм, і відповідне підвищення температури збільшується. На певному етапі температура знижується через обмеження втрат здоров'я, тому струм зарядки також

зменшується. Коли температура знижується і втрати здоров'я стають стабільнішими, починається другий цикл, що супроводжується підвищенням температури та втратою здоров'я. На заключному етапі зарядки, коли температура та втрати здоров'я стабільні, настає період вищого зарядного струму для досягнення швидкої зарядки.

Втрата здоров'я поступово збільшується із збільшенням глибини зарядки. Велика швидкість зарядки супроводжується серйозними втратами здоров'я. Втрата здоров'я при зарядці не тільки збільшує швидкість втрати здоров'я в одиницю часу, але також відображається в сукупних втратах здоров'я наприкінці зарядки.

Висновок. В результаті проведеного аналізу оптимізації зарядки акумулятора з точки зору протікання старіння визначено, що механізм старіння дуже складний і взаємодіє з іншими факторами поведінки. Ключем для досягнення здорової зарядки є розуміння того, як впровадити механізм старіння в оптимізацію зарядки. Питання збалансованості електричних та теплових факторів, а також фактора старіння має вирішальне значення для досягнення інтелектуальної зарядки.

Інтелектуальне та безпечне для здоров'я управління зарядкою акумуляторів можливе шляхом застосування багатоступінчастої моделі зарядки постійним струмом, що враховує час зарядки, підвищення температури та старіння, яке використовується як мета оптимізації.

Л і т е р а т у р а

1. Afshari, S. S., Cui, S., Xu, X., Liang, X. Remaining useful life early prediction of batteries based on the differential voltage and differential capacity curves. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 71, pp. 1-9, 2022, art no. 6500709, <https://doi.org/10.1109/TIM.2021.311763>.

2. Lei, Y., Zhang, C., Gao, Y., Li, T. Charging optimization of lithium-ion batteries based on capacity degradation speed and energy loss. *Energy Procedia*, vol. 152, 2018, pp. 544-549, <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.09.208>.

3. Li, J., Adewuyi, K., Lotfi, N., Landers, R. G., Park, J. A single particle model with chemical/mechanical degradation physics for lithium ion battery state of health (SOH) estimation. *Applied Energy*, vol. 212, 2018, pp. 1178-1190, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.01.011>.

4. Lin, D., Zhang, X., Wang, L., Zhao, B. State of health estimation of lithium-ion batteries based on a novel indirect health indicator. *Energy Reports*, vol. 8, supp. 5, 2022, pp. 606-613, <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.02.220>.

5. Pan, W., Luo, X., Zhu, M., Ye, J., Gong, L., Qu, H. A health indicator extraction and optimization for capacity estimation of Li-ion battery using incremental capacity curves", *Journal of Energy Storage*, vol. 42, 2021, 103072, <https://doi.org/10.1016/j.est.2021.103072>.

6. Tian, J., Li, S., Liu, X., Yang, D., Wang, P., Chang, G., Lithium-ion battery charging optimization based on electrical, thermal and aging mechanism models. *Energy Reports*, vol. 8, 2022, pp. 13723-13734, <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.10.059>.

7. Wang, G, Lyu, Z, Li, X. An optimized random forest regression model for li-ion battery prognostics and health management. Batteries. 2023; 9(6): 332. <https://doi.org/10.3390/batteries9060332>.

АНАЛІЗ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ І ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Воробей В.В. – здобувач вищої освіти, mainbitfram@gmail.com
Київський національний університет технологій та дизайну
Україна, м. Київ

ANALYSIS OF ENERGY SAVING AND ENERGY EFFICIENCY

Vorobey V.V. – higher education applicant, mainbitfram@gmail.com
Kyiv National University of Technologies and Design
Ukraine, Kyiv

Abstract. *This article considers the process of energy saving its components, and trends of its implementation at industrial enterprises of Ukraine. The share of renewable energy in total production of electric power, dynamics of energy consumption in industrial sector, effect of introduction of renewable energy sources in production was analyzed.*

Keywords: *energy saving, energy efficiency, industrial enterprise.*

Актуальність дослідження зумовлена проблемами енергозбереження. Кожна країна шукає свої шляхи вирішення, але точок дотику в процесі пошуку чимало. Ефективна формула енергозбереження в європейських країнах – це правильне поєднання законодавчої політики та економічних важелів, таких як: державні субсидії, оподаткування, оптимізація структури тарифів на енергоносії.

Метою роботи є аналіз енергозберігаючих заходів для успішного використання в сучасній енергосистемі України.

Проблема забезпечення енергозбереження та енергоефективності в Україні актуалізувалася з набуттям Україною незалежності. Система планової економіки СРСР не передбачала зацікавленості в економії витрачання енергетичних ресурсів, оскільки на той час країна достатньо була забезпечена ресурсами. Після розпаду Радянського Союзу Україна стала країною, залежною від ступеня імпорту паливно-енергетичних ресурсів постала необхідність постійного безперервного енергозабезпечення національної економіки.

Одним з головних напрямів економії енергоресурсів є енергоефективність, яка в свою чергу сприяє зменшенню витрат електроенергії на виробництво одиниці продукції, вартості поновлюваних джерел енергії, викидів шкідливих речовин і зростання тарифів на електроенергію як для промисловості, так і для

населення. Підвищення енергоефективності досягається шляхом упровадження у виробничі процеси низки організаційних і технічних заходів [1, 2].

У країнах ЄС, Канади та США наприкінці ХХ століття була проведена активна державна політика щодо енергозбереження, що дозволило їм зекономити більше 40% паливно-енергетичних ресурсів. Міністерством енергетики США у 1992 р. був розроблений комплексний документ Energy Act, який висвітлює основні проблеми енергозбереження та шляхи їх вирішення [3].

У розвинених країнах світу основним елементом ефективного механізму управління енергозбереженням є адміністративне управління. Воно охоплює: маркування, сертифікацію, стандартизацію, нормування, заборону на застосування певної техніки та технологій.

Для досягнення мети енергозбереження в провідних країнах світу успішно застосовують такі економічні інструменти [3]:

- диференціювання податкового навантаження;
- бюджетне та позабюджетне фінансування заходів із енергозбереження;
- пільгове кредитування;
- державні закупівлі;
- диференціювання тарифів і цін на енергоресурси та енергоефективну продукцію;
- фінансові інструменти та передача прав власності.

Висновок. Досягнення високого рівня енергоефективності можливе лише у тому випадку, коли держава запропонує підприємствам диверсифіковану систему стимулів і обмежень у сфері енергоспоживання.

Підвищення енергоефективності на підприємстві є неможливим без системи енергетичного менеджменту та фахівців у сфері енергозбереження. Управління енергозбереженням сприяє підвищенню кінцевих результатів діяльності підприємства, підвищенню енергетичної безпеки, зниженню витрат, та зниженню рівня негативного впливу на навколишнє середовище унаслідок використання енергоресурсів.

Л і т е р а т у р а

1. Климчук О. В. Розвиток та регулювання конкурентоспроможного виробництва біопалив: монографія. Вінниця: ФОП Рогальська І.О., 2017. 372 с.
2. Дзядикевич Ю., Буряк М., Зінюк М. Деякі аспекти управління процесами енергозбереження та енергоефективності виробничої діяльності підприємств. Економічний дискурс. 2017. Вип. 2. С. 89-96.
3. Овчаренко Д. М. Закордонний досвід організації ефективного менеджменту з енергозбереження промислових підприємств. Інвестиції: практика та досвід. 2014. № 23. С. 69-74.
4. Сурменелян О. Р. Світовий досвід управління енергозбереженням Економіка та управління підприємствами машинобудівної галузі. 2013. № 2. С. 96-108.

5. Гевко Р. Б., Дзядикевич Ю. В., Градовий В. В. Підвищення енергозбереження та енергоефективності виробництва продукції на підприємствах АПК. Інноваційна економіка. 2017. № 3–4. С. 157-161.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ШИРОТНОІМПУЛЬСНОГО РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ НА ВІТЧИЗНЯНИХ ЛОКОМОТИВАХ

Козененко А.Е. – магістрант, kozenenko_ae@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*

PROSPECTS OF USING PULSE WIDTH VOLTAGE REGULATION ON DOMESTIC LOCOMOTIVES

Kozenenko A.E. – master's student, kozenenko_ae@gsuite.duit.edu.ua

Malyuk S.V. – Art. teacher, maliuk_sv@gsuite.duit.edu.ua

*Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv*

Abstract. *The paper analyzes the possibility of applying pulse-width voltage regulation methods on the traction motors of domestic locomotives. This is possible by making changes in the electric circuit of the locomotive, which will lead to the improvement of technical and economic characteristics of locomotives.*

Keywords: *pulse width regulation, voltage, motors, electric circuit*

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю модернізації тягового приводу вітчизняних локомотивів для покращення техніко-економічних показників та економії електроенергії.

Мета роботи полягає у узагальненні відомих імпульсних електромеханічних систем для використання їх у тяговому приводі вітчизняних локомотивах.

Із збільшенням розмірів перевезень і потужності електровозів значно зростають тягові струми, а отже, втрати напруги та електричної енергії в контактній мережі. У зв'язку з цим на найбільш вантажонапружених ділянках залізниць, електрифікованих на постійному струмі напругою 3000 В, виникають обмеження в русі поїздів. Щоб уникнути цього, доводиться збільшувати площу перерізу контактної підвіски, число підстанцій, що пов'язано з великими

грошовими витратами, а головне - зі збільшенням споживання дефіцитних матеріалів, наприклад міді.

Якщо б можна було підвищити напругу в контактній мережі, припустимо, в 2 рази, то при розташуванні підстанцій і тій же площі перерізу контактної підвіски втрати напруги та електроенергії у ній зменшилися б в 4 рази. Що ж заважає підвищити напругу? Насамперед це безпосередній електричний зв'язок контактної мережі з тяговими двигунами, енергетичні та габаритні параметри яких погіршуються при підвищенні напруги. Усунути цей зв'язок, а отже, підвищити напругу в контактній мережі постійного струму дозволяють системи імпульсного регулювання. Застосування таких систем відкриває принципову можливість вибору раціонального значення напруги в контактній мережі і напруги тягових двигунів незалежно один від одного.

У разі застосування систем імпульсного регулювання виходить істотна економія електроенергії, особливо для електрорухомого складу, працюючого з частими зупинками. Економія досягається внаслідок усунення реостатного пуску і застосування рекуперативного гальмування до низьких швидкостей, поліпшення використання зчіпної ваги в результаті усунення коливань сил тяги і гальмування, властивих ступінчастому регулюванню.

Імпульсне регулювання напруги дозволяє докорінно змінити схему силових кіл електровозу, а також ланцюгів управління. Можливість регулювати напругу, що підводиться до тягових двигунів електровозів постійного струму, робить непотрібними перегрупування двигунів. Крім того, безперервна трансформація напруги, здійснювана в перетворювачі, що дозволяє на виході його стабілізувати струм і напругу, що підводиться до тягових двигунів, незалежно від напруги в контактній мережі. Тим самим полегшується автоматизація процесів пуску і електричного гальмування, а також здійснення автоматичного керування поїздів, в результаті чого поліпшується використання тягових і гальмівних засобів електрорухомого складу.

В останні роки все більше застосування за кордоном і у нас отримують системи імпульсного регулювання напруги тягових двигунів постійного струму в режимах тяги та електричного гальмування. Такі системи розроблені для магістральних електровозів, електропоїздів, метрополітену і міського електричного транспорту.

Для перетворення постійної напруги одного значення напруга іншого значення застосовують спеціальні імпульсні перетворювачі, виконані на базі тиристорів. Ці перетворювачі періодично підключають тягові двигуни до контактної мережі на короткі проміжки часу. Таким чином, електрична енергія до двигунів надходить у вигляді короткочасних імпульсів.

Пояснимо, як працює імпульсний перетворювач. Спеціальний пристрій, що працює як ключ, періодично приєднує тяговий двигун до контактного проводу і потім відключає його. Послідовно з тяговим двигуном включений дросель для згладжування пульсацій струму, а паралельно двигуну - діод, названий зворотним. Замикання і розмикання ключа відбуваються з періодом повторення. Протягом певного проміжку часу ключ замкнутий, в решту часу - він розімкнений. Середнє значення напруги на тяговому двигуні залежить від співвідношення величин. Отже, змінюючи значення (або те й інше одночасно), можна регулювати середнє значення напруги, що підводиться до двигуна. Якщо, зберігаючи незмінним період, змінювати інтервал, протягом якого підводиться до двигуна напруга контактної мережі, то одержимо так зване широтно-імпульсне регулювання. Залишаючи постійним і змінюючи інтервал період проходження імпульсів, отримують частотно-імпульсне регулювання.

Імпульсне регулювання напруги тягових двигунів зазвичай поєднують з імпульсним регулюванням струму збудження. Існують системи роздільного і суміщеного регулювання струму якоря і струму збудження. Щоб зменшити масу (розміри) реакторів і конденсаторів, значну частку маси обладнання перетворювачів, зазвичай вибирають досить високу робочу частоту імпульсів (до 400 Гц). З метою зниження встановленої потужності перетворювача, тягові двигуни з'єднують послідовно.

Застосування технології широтно-імпульсного регулювання напруги для живлення двигунів постійного струму з послідовним збудженням на вітчизняних локомотивах дозволяє:

- 1) Суттєво знизити затрати електроенергії на живлення тягового електроприводу електровоза;
- 2) Забезпечити необхідну плавність регулювання сили тяги;
- 3) Введення часткового та повного автоматизму у процесі регулювання параметрів руху в не залежності від умов експлуатації.

Висновок. В результаті проведеного аналізу стосовно використання широтно-імпульсного регулювання напруги на вітчизняних локомотивах було встановлено, що дослідження можливості використання широтно-імпульсного регулювання напруги на тягових двигунів дозволить істотно економити електроенергію, особливо для ЕРС, що працює з частими зупинками. Економія досягається внаслідок усунення реостатного пуску.

Л і т е р а т у р а

1. Arvind Kumar Verma, Tripathi V. Simulation and Controlling the Speed of Electric Locomotive through PWM Technique. *International Journal of Innovative Research in Electrical, Electronics, Instrumentation and Control Engineering*. 2016. № 4, P. 239-243.

2. Краснов О. О., Ягуп В. Г., Божко В. В. Активний тяговий перетворювач з широтно-імпульсною модуляцією для електровоза змінного струму з колекторними тяговими двигунами. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2018. № 4. С. 11-20.

3. Муха А. М. Порівняльний аналіз перетворювальних структур тягового приводу перспективних багатосистемних електровозів з тяговими двигунами постійного струму [Текст]. *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна*. 2009. №27. С.93 -98.

4. Семененко О.І., Ковальов В. С. Імпульсний тяговий перетворювач на IGBT [Текст]. *Збірник наукових праць УкрДАЗТ*. 2010. №114. С.88-93.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ ГАЗОДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА ЛОКОМОТИВА НА КОНВЕРТОВАНОМУ ПАЛИВІ

Козюберда А.А. – аспірант, магістр, LAFaET000@gmail.com

Могіла В.І. – к.т.н., проф., vimogila@ukr.net

Климаш А.О. – к.т.н., доцент, ankl-80@i.ua

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля
Україна, м. Сєвєродонецьк

Цюпяшук А.М. – к.т.н., н.с., vys01@i.ua

Вербовський В.С. – к.т.н., с.н.с., Company_era@ukr.net

Соловійов Г.І. – к.т.н., с.н.с., solgenn46@gmail.com

Інститут газу Національної академії наук
Україна, м. Київ

RESEARCH OF PERFORMANCE PARAMETERS OF LOKOMOTIVE GAS DIESEL ENGINE ON CONVERTED FUEL

Kozuberda A.A. – graduate student, master's degree, LAFaET000@gmail.com

Mogila V.I. – Ph.D., Prof., vimogila@ukr.net

Klymash A.O. – Ph.D., Associate Professor, ankl-80@i.ua

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University
Ukraine, Severodonetsk

Tsiupiashuk A.M. – Ph.D., n.s., vys01@i.ua

Verbovskiy V.S. – Ph.D., s.n.s., Company_era@ukr.net

Solovyov G.I. – Ph.D., s.n.s., solgenn46@gmail.com

Gas Institute of the National Academy of Sciences
Ukraine, Kyiv

Abstract. *To reduce the environmental and climate impact on the environment, along with increasing the efficiency of diesel exhaust gas cleaning systems for locomotive engines, it is also necessary to modernize them, for example, to switch to more environmentally friendly gas fuels. Particular attention should be paid to the conversion of locomotive diesel engines to available gas fuel mixtures. The paper*

analyzes the use of gas fuel ethylene produced from bio ethanol for diesel motors of locomotives.

Keywords: *locomotives, diesel motors, gas fuel, ethylene, bio ethanol.*

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю суттєво скоротити викиди у повітря токсичних інгредієнтів, а також парникового двоокису вуглецю з вихлопними газами дизельних агрегатів залізничних локомотивів. Особливе значення приділяється переводу дизельних двигунів локомотивів на такі газові палива, які мають бути вироблені з відновлювальних біологічних ресурсів, бути більш екологічно безпечними, забезпечувати економію паливо-мастильних матеріалів і бути фінансово рентабельними.

Метою роботи є дослідження параметрів роботи дизельного двигуна, модернізованого під газове пальне, на стендовій установці. У якості газового палива випробуваний газоподібний етилен, який вироблявся каталітичною дегідратацією етилового спирту, здобутого переробкою відновлювальних біологічних ресурсів на компактній установці, яка входила до складу модернізованого дизельного агрегату.

Викиди залізничних локомотивів у повітря дизельними двигунами в середньому на 1 кг дизельного пального приблизно оцінюють як: вуглеводні – 1,4 г; CO – 10 г; оксиди азоту – 44 г, сажа – 1,3 г [1, 2]. Типові марки тепловозів, які найбільш поширені на теренах України, такі як магістральні, 2TE121 (2950 кВт, бак - 7,5 м³), 2TE10M (2250 кВт, бак - 7 м³), 2TE116 (2250 кВт, бак - 7 м³), М62 (1500 кВт, бак - 7 м³) мають в середньому витрату дизельного палива 850 кг/годину, маневрові ТГМ4 (750 кВт, бак - 3,3 м³), ТЕМ2 (1200 кВт, бак - 5 м³), ЧМЕЗ (1350 кВт, бак - 6 м³) – 350 кг/годину. Тобто, для скорочення екологічного та кліматичного впливу на навколишнє середовище разом із підвищенням ефективності систем очищення вихлопних газів дизельних двигунів тепловозів потрібно також провести їх модернізацію, наприклад, перевести на більш екологічно безпечні газові палива [1-5].

Особливу увагу слід звернути на переведення дизелів локомотивів на доступні газові паливні суміші, окремі з яких наведені у таблиці 1. Для дослідження на стендовій установці, представленій на рисунку 1, нами було обрано етиловий спирт, а також продукт його каталітичної дегідратації – газоподібний етилен. Так як це продукти, виготовлені з кліматично безпечних відновлювальних біологічних ресурсів. Порівняльні результати нашого дослідження разом із доступними даними з літературних джерел наведено у таблиці 2.

Переведення дизельних двигунів залізничних локомотивів є складною науково-технологічною задачею. Це реалізується двома способами:

- переведення дизельного двигуна на подвійну суміш палив дизельне паливо (ДП) плюс газове паливо у співвідношенні: ДП – 25-45%, газове паливо (наприклад, етилен, метан, амоніак) – 55-75%. У цьому випадку дизельний двигун переробляється мінімально [1, 2];

- переведення дизельного двигуна на чисто газове паливо потребує значної модернізації агрегату, суттєвого зниження коефіцієнта стиснення паливо-повітряної суміші (з 22-23 до 9-12), а також встановлення свічок запалення [1, 3, 4]. На стендовій установці було реалізовано другий варіант.

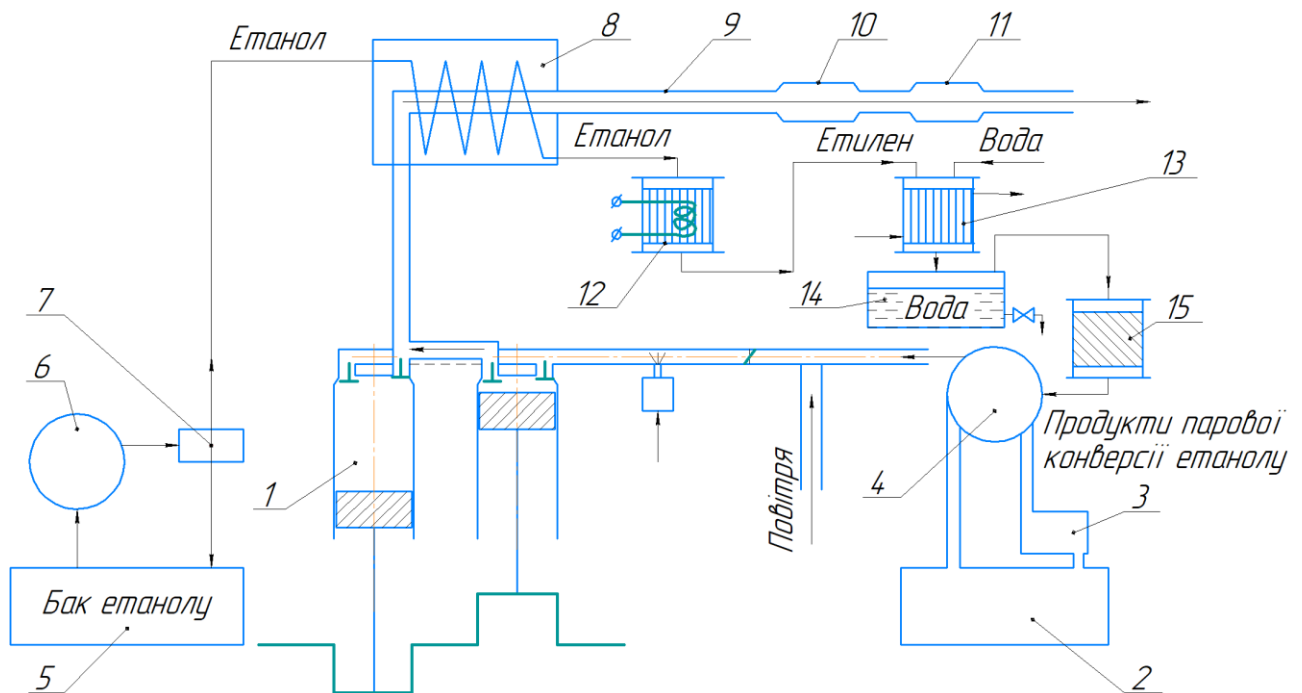


Рисунок 1 – Стендова установка для дослідження параметрів роботи модернізованого під газове паливо дизельного двигуна:

1 – переобладнаний на газове паливо дизельний двигун; 2 – бак для охолоджуючої рідини; 3 – радіатор; 4 – редуктор регулювання тиску газового пального (етилену); 5 – бак етилового спирту (сировина для виготовлення газового пального-етилену); 6 – електричний насос для подачі етанолу; 7 – регулятор тиску; 8 – термохімічний реактор; 9 – вихлопна труба; 10 – реактор каталітичної очистки вихлопних газів від NO_x ; 11 – глушник; 12 – каталітичний ректор дегідратації етанолу в етилен; 13 – водяний холодильник-конденсатор; 14 – бак для сконденсованої води (фазороздільник); 15 – адсорбер для тонкого сушіння етилену на молекулярному ситі «ZSM-5»

Висновок. За результатами виконаного огляду літературних джерел та випробувань перспективного газового палива – етилену на стенді з модернізованим під газове паливо дизельному двигуні потужністю 18 кВт встановлено:

Таблиця 1 – Перспективні палива для дизельних двигунів локомотивів

Паливо/норми	Нормальна точка кипіння, °С	Тиск при 20 °С, бар	Щільність рідини при 15 °С	Нижча теплота горіння, МДж/кг	Енергетична щільність МДж/л	Створення CO ₂ , кг/ГДж
Водень (H ₂)	-253	-	71	120	8,5	0
Метан (LNG)	-162	-	450-510	50	22,5	56
Пропан (LPG)	-42	7,5 (10)	550	46	22,5	60
Етанол	+78	атм.	800	26,4 (32,2)	17,3 (20,3)	67
Етилен (C ₂ H ₄) (LNG)	-101,5	-	580-590	46,4	26,9	73
Диз. пальне НFO (Heavy Fuel Oil)	Більше 160	атм.	920-1010	40	35	80

Таблиця 2 – Порівняння перспективних газових палив (етилен, метан, пропан) з типовим дизельним паливом та спиртами в дизельних ДВС

Найменування дизельного пального	Етанол	Етилен скрапл.	Метан скрапл.	Дизельне пальне	Пропан скрапл.	Метанол
Вартість, євро/кг	0,2–0,3	0,45-0,8	0,1–0,35	0,9–1,2	0,4-0,75	0,15–0,25
Темп. терм. газифікації, °С	350	400	800	700	500	320
Маса кг повного бака палива, кг:						
- магістрального	11600	6608	6069	7575	6600	18174
- маневрового	9280	5310	4896	6060	5335	14508
Об'єм баку, м ³ :						
- магістрального	14,5	11,2	11,9	7-7,5	12	23,3
- маневрового	11,6	9,0	9,6	5-6	9,7	18,6
Вартість 1 заправки, євро:						
- магістрального	3480	5286	2124	9042	4545	4543
- маневрового	2784	4248	1714	7272	4001	3627

- найбільш екологічно та кліматично безпечним у якості палива газового дизельного двигуна локомотива є етилен, який генерують з відновленого біологічного ресурсу (з етилового спирту) безпосередньо на борту тепловозу. Це дозволяє повністю припинити викиди сажі, а також скоротити викиди інших токсичних інгредієнтів на 27-35%;

- заміна товарного нафтопродукту – дизельного пального на газоподібний біоетилен дозволяє економити на одній заправці баку магістрального тепловоза до 150 тис. гривень, а маневрового – до 110 тис. гривень.

Л і т е р а т у р а

1. Козюберда А.А., Климаш А.О, Костогриз К.П., Соловійов Г.І. Зменшення викидів токсичних сполук у повітря при використанні NH₃ у якості палива дизельних

двигунів локомотивів. *Тези доповіді, Матеріали IV Всеукраїнської науково-технічної інтернет-конференції м. Київ, 17–18 листопада 2022р.*, вид-во: Київський інститут залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій, реєстр. УкрІНТЕІ №421 29.09.2022, с.172-176.

2. S. Kryshtopa, L. Kryshtopa, M. Panchuk, V. Korohodskyi, I. Prunko, I. Myktyii /Improvement of Diesel Engine Parameters by Using of Alcohol Conversion/© *The Author(s), under exclusive license to Springer Nature Switzerland AG, 2022, S. Boichenko et al. (eds.), Chemmotological Aspects of Sustainable Development of Transport, Sustainable Aviation*, p.p.177-206. https://doi.org/10.1007/978-3-031-06577-4_10187

3. Рене Лаурсен, Эксплуатация судна с использованием сжиженного нефтяного газа и аммиака в качестве топлива на двухтопливных двигателях MAN B&W ME-LGIP, Конференция по топливу NH₃, октябрь 2018 года. <https://www.ammoniaenergy.org/articles/man-energy-solutions-an-ammonia-engine-for-the-maritime-sector>

4. Ф.И. Абрамчук, А.Н. Кабанов, Г.В. Майстренко, ХНАДУ. Пути снижения выбросов вредных веществ с отработавшими газами автомобильных дизелей. *Автошляховик України*. 2008. №9. С. 16-20.

5. Соловійов Г.І., Орлик В.М., Колісник В.В., Козюберда А.А. . Біоетанол – перспективне джерело енергії та сировини для хімічної промисловості. *Енерготехнології та ресурсозбереження*, Київ, вид-во Інституту газу НАНУ, №3, 2023 С. 8-16.

ВИКОРИСТАННЯ ЦИВІЛЬНИХ МОРСЬКИХ АТОМОХОДІВ, ЯК МОЖЛИВИЙ ВНЕСОК У ДОСЯГНЕННЯ ЗАЯВЛЕНИХ ЦІЛЕЙ ВУГЛЕЦЕВОЇ НЕЙТРАЛЬНОСТІ

Марк Ланецький – студент, laneckijm@gmail.com

Лауринас Агеевас – студент, laneckijm@gmail.com

Овидијус Каваліаускас (науковий керівник)

Vilnius Žvėrynas Gymnasium.

Литва, Вільнюс

THE USE OF CIVILIAN NUCLEAR-POWERED MARINE VESSELS AS A POSSIBLE CONTRIBUTION TO ACHIEVING THE STATED GOALS OF CARBON NEUTRALITY

Mark Laneckij – Student, laneckijm@gmail.com

Laurynas Agaevs – Student, laneckijm@gmail.com

Ovidijus Kavaliauskas – Scientific advisor

Vilnius Žvėrynas Gymnasium

Lithuania, Vilnius

Abstract. *The signatory states of the Paris Climate Treaty have agreed on a plan to reduce CO₂ emissions, recognized as the main source of greenhouse gases. In 2019, maritime*

transport contributed to 4% of CO₂ emissions. Currently, almost all maritime transport worldwide relies on internal combustion (diesel) engines. In January 2022, the EU European Commission acknowledged nuclear power as a clean energy source contributing to the reduction of greenhouse gas emissions. Although the technology exists to build nuclear-powered naval vessels, it is not widespread in the civilian fleet due to the high cost of nuclear power plants and a limited number of manufacturers. The adoption of nuclear-powered ships could be incentivized by the EU's carbon footprint taxes, which have already been approved. This involves imposing a special tax on each product based on the amount of CO₂ emissions generated during its production and transport.

Keywords: *naval nuclear ship, carbon neutrality, sea transportation, energy efficiency, transport.*

Актуальність дослідження зумовлена вимогами знизити викиди CO₂ в атмосфері, щоб зберегти економічну привабливість морських перевезень.

Метою роботи є проведення оглядового аналізу, який буде економічний та екологічний ефект використання морських атомоходів у цивільних цілях для перевезення вантажів на океанських просторах.

Використання цивільних морських атомоходів може мати потенційний внесок у досягнення заявлених цілей вуглецевої нейтральності в контексті різних сфер, таких як транспорт, енергетика і наука. Ось деякі можливі напрямки, де ці атомоходи можуть бути використані для досягнення вуглецевої нейтральності:

В галузі транспорту можуть бути використані морських перевезеннях. Заміна традиційних суден на атомні може допомогти зменшити викиди вуглецю [1], які виникають від суден на основі вуглеводнів. Атомні судна можуть працювати безперервно без необхідності для доповнення паливом, що зменшує залежність від вугільних чи нафтових джерел енергії.

В галузі енергетики атомні атомоходи можуть бути перетворені в морські електростанції для виробництва електроенергії, яка потрібна для різних застосувань, зокрема для заряджання електричних суден чи навіть забезпечення електроенергії на прибережних територіях.

В галузі дослідження та науки. В розрізі напрямку дослідження океанів атомні атомоходи можуть служити як бази для дослідження океанів і дослідження клімату [2]. Вони можуть використовувати свою автономність для тривалого перебування в морських зонах і збору даних, що сприяє нашому розумінню змін клімату та інших морських явищ. В розмірі напрямку енергетичної ефективності використання атомних атомоходів може бути частиною стратегії зменшення викидів CO₂ та інших шкідливих речовин, сприяючи ефективнішому використанню енергії порівняно з традиційними джерелами пального.

Важливо враховувати екологічні та безпечні аспекти використання атомних технологій. Хоча атомні атомоходи можуть допомогти у зменшенні викидів, їхнє

безпечне управління та уникнення можливих аварій та витоків радіоактивних речовин є критичними аспектами для успішного впровадження цієї технології.

Використання атомного комерційного морського транспорту може мати кілька економічних переваг, хоча такі проекти вимагають значних інвестицій та враховуються з огляду на безпеку та екологію.

Атомні атомоходи можуть бути більш ефективними у використанні пального порівняно з традиційними суднами [3], оскільки вони можуть працювати безперервно на одному завантаженні ядерного пального протягом тривалого часу. Зменшення витрат на пальне і потребу в зупинках для дозаправки може призвести до зниження витрат на експлуатацію і підвищення конкурентоспроможності [4]. Атомні судна можуть працювати автономно на великі відстані без необхідності для зупинок на дозаправку, що може призвести до зменшення витрат на час і збільшення ефективності перевезень. Атомні атомоходи можуть мати велику швидкість, що сприяє швидшій доставці товарів, що може бути важливим чинником для деяких галузей промисловості. Використання атомних технологій може сприяти зменшенню викидів парникових газів та інших шкідливих речовин, що важливо для відповідності екологічним стандартам та регуляціям. Атомні судна можуть мати довгий термін служби порівняно з традиційними, що може відобразитися на загальних витратах на утримання флоту. Важливо враховувати, що збудження ядерних технологій, включаючи атомні атомоходи, вимагає значних витрат на розробку, будівництво і експлуатацію, а також дотримання високих стандартів безпеки та екології [5, 6]. Також існують виклики в управлінні радіоактивним відходами та природними ризиками, що пов'язані з такими технологіями.

Висновок. В результаті проведеного аналізу, досліджень констатуємо, що масове використання морських атомоходів на океанських транспортних лініях може значно скоротити викиди CO₂ морським транспортом. Але так само це значно підвищить собівартість перевезень. Єдиний шлях простимулювати морські лінії переходити на атомний флот – дотації та податкові заходи до забруднювачів та їх клієнтів, як це пропонує ЄС.

Л і т е р а т у р а

1. Bin Yang and Jiahui Zou: Optimization of Liner Operations and Fuel Selection considering Emission Control Areas J Environ Public Health. 2023; 2023: 6351337. Published online 2023 Jul 7. doi: 10.1155/2023/6351337 PMID: 37457598 Institute of Logistics Science and Engineering, Shanghai Maritime University, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10348850/>

2. Fang Wang, Jean Damascene Harindintwali, Zhizhang Yuan, Min Wang and others, Technologies and perspectives for achieving carbon neutrality Innovation (Camb). 2021 Nov 28; 2(4): 100180. Published online 2021 Oct

30. doi: 10.1016/j.xinn.2021.100180 PMID: 34877561 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8633420/>
3. Jun Shen, Xiaoxue Ma, and Weiliang Qiao. A Model to Evaluate the Effectiveness of the Maritime Shipping Risk Mitigation System by Entropy-Based Capability Degradation Analysis *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Aug; 19(15): 9338. Published online 2022 Jul 30. doi: 10.3390/ijerph19159338 PMID: 35954696 Marine Engineering College, Dalian Maritime University, Dalian <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9367841/>
4. Qiuwen Wang, Hu Zhang, Puxin Zhu, Using Nuclear Energy for Maritime Decarbonization and Related Environmental Challenges: Existing Regulatory Shortcomings and Improvements *Int J Environ Res Public Health*. 2023 Feb; 20(4): 2993. Published online 2023 Feb 8. doi: 10.3390/ijerph20042993 PMID: 36833688 College of Information Science and Engineering, Northeastern University, Shenyang, China <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9966280/>
5. Sebastian Franz, Nicolas Campion, Sara Shapiro-Bengtsen, Rasmus Bramstoft, Dogan Keles, and Marie Münster. Requirements for a maritime transition in line with the Paris Agreement *iScience*. 2022 Dec 22; 25(12): 105630. Published online 2022 Nov 18. doi: 10.1016/j.isci.2022.105630 PMID: 36505932 Technical University of Denmark, Department of Technology, Management and Economics, Energy Economics and Modelling, Kongens Lyngby, Denmark <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9730049/>
6. Yuze Li, Peng Jia, Shangrong Jiang, Haijiang Li, Haibo Kuang, Yongmiao Hong, Shouyang Wang, Xueting Zhao, and Dabo Guan The climate impact of high seas shipping *Natl Sci Rev*. 2023 Mar; 10(3): nwac279. Published online 2022 Dec 8. doi: 10.1093/nsr/nwac279 PMID: 36875783 Questrom School of Business, Boston University, Boston, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9976761/>

МОДЕРНІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОВОЗІВ ЧС4 ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

Лобко М.О. – здобувач вищої освіти гр. 2EEE-маг, mm.alexandrov@icloud.com

Дубравін ЮФ. – к.т.н., доц., u.f.dubrawin@gmail.com

Київський інститут залізничного транспорту

Державного університету інфраструктури та технологій

Україна, м. Київ

MODERNIZATION OF CHS4 ELECTRIC LOCOMOTIVES BY INTRODUCING MODERN CONVERTERS

Lobko M.O. – student of group 2EEE-mag, mm.alexandrov@icloud.com

Dubravın Y.F. – PhD in Engineering, Associate Professor, u.f.dubrawin@gmail.com

Kyiv Institute of Railway Transport

State University of Infrastructure and Technology

Ukraine, Kyiv

Abstract. *The article analyzes the design and functional features of passenger AC electric locomotives of the CS4 series. The equipment of electric locomotives is morally and physically outdated and requires modernization. The hourly speed of 101.5 km/h is insufficient for passenger transportation. The electric locomotives are equipped with collector traction motors, contact switches, and uncontrolled rectifiers. This reduces the level of reliability and technical and economic performance of electric locomotives. The paper analyzes possible circuit solutions and considers the option of modernizing an electric locomotive using an asynchronous traction electric drive. The introduction of new electric drives will increase the reliability of electric locomotives and improve their energy performance. The electromagnetic characteristics of the electric drive were studied using a virtual model.*

Keywords: *electric locomotive, modernization, asynchronous electric drive, power factor, simulation model*

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю покращення енергетичних показників електровозів змінного струму серії ЧС4, які тривалий час перебувають в експлуатації та мають низькі техніко- економічні показники. Електровози обладнані колекторними тяговими двигунами, контактними перемикачами, некерованими випрямлячами, релейною системою управління. Все це спричиняє недостатній рівень надійності, зростаючі витрати на ремонт та знижує техніко-економічні показники електровозів. Тягові електроприводи електровозів ЧС4 з колекторними тяговими двигунами (КТД) здатні забезпечувати швидкість годинного режиму 101,5 км/год, що недостатньо для забезпечення швидкісного пасажирського руху. Низький рівень коефіцієнта потужності, який в режимі тяги рівний 0,83 та споживання несинусоїдального струму негативно впливає на енергетичні показники енергосистеми і знижує надійність роботи електрообладнання ЕРС [1]. Наявність значної кількості

контактних комутаційних пристроїв перешкоджає впровадженню автоматичних систем управління. Враховуючи технічний стан електровозів ЧС4 та неможливість оновлення парку, модернізація з реконструкцією вузлів має на даний час актуальне значення.

Метою роботи є проведення аналізу схмотехнічних рішень, які забезпечать високу надійність в експлуатації та кращі енергетичні показники. З метою вибору надійного і економічного тягового перетворювача розглянуто схемні рішення, які використанні на ЕРС провідних закордонних фірм. Аналіз схмотехнічних рішень свідчить, що на сучасному ЕРС надається перевага електроприводу з асинхронними трифазними тяговими двигунами (АТД) [2,3]. АТД в порівнянні з тяговими двигунами постійного струму мають ряд переваг:

- висока надійність в зв'язку з відсутністю колекторного вузла;
- простота конструкції;
- зниження маси на 30 – 50% та витрат кольорових металів (на 40 – 50%);
- низькі витрати на утримання в умовах експлуатації;
- потужність АТД може бути збільшена в 1,5 – 2 рази порівняно з КТД.

Ефективність впровадження АТД разом з сучасними перетворювачами та мікропроцесорними системами керування доказані світовим досвідом.

По результатах проведеного аналізу приходимо до висновку, що із розглянутих варіантів перевагу слід віддати системі, функціональна схема якої зображена на рисунку.

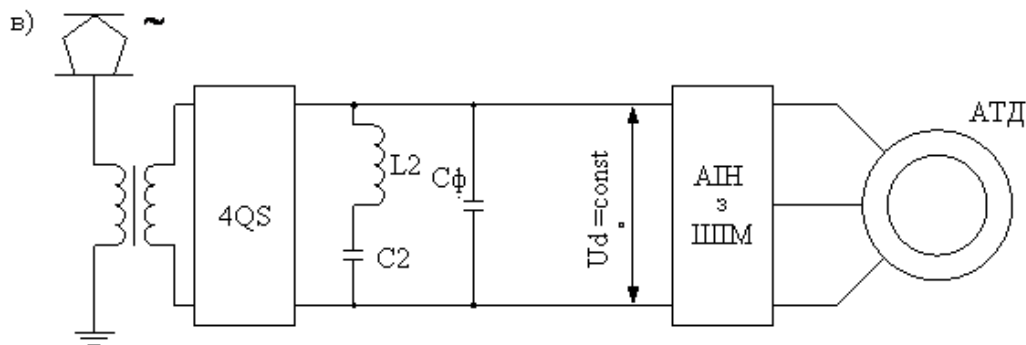


Рисунок – Функціональна схема асинхронного тягового електроприводу

В обраній системі використовується тяговий перетворювач АС-АС, який має вхідний чотирьох квадрантний перетворювач, проміжну ланку постійного струму із згладжуючим фільтром і трифазний автономний інвертор (АІН) з широтно-імпульсною модуляцією. Особливість схеми в тому, що перетворювач забезпечує роботу АТД у режимах тяги і рекуперативного гальмування. Схема електровоза багатоканальна по числу ТЕД, що забезпечує збереження працездатності електровоза при виході з ладу любого з вузлів. Вхідний чотирьох квадрантний перетворювач забезпечує перетворення змінної напруги в постійну та

стабілізацію постійної напруги в проміжній ланці постійної напруги. Автономний інвертор з широтно імпульсною модуляцією дає змогу одночасно регулювати частоту струму та напругу в обмотках статора АТД. Чотирьох квадрантний перетворювач забезпечує плавний перехід з режиму тяги в режим рекуперації, тобто, здійснює двосторонній обмін енергією між АТД та контактною мережею шляхом зміни кута зрушення між основними гармоніками струму та напруги. В режимі тяги при відсутності зрушення між струмом і напругою коефіцієнта потужності $K_p \approx 1$, а рівень вищих гармонік в мережі живлення мінімальний. В режимі рекуперативного гальмування кут зрушення $\varphi = 180^\circ$ і відбувається передача енергії з ланки постійної напруги в мережу. Проведено дослідження залежності енергетичних характеристики тягового перетворювача за допомогою віртуальної моделі, яка відповідає параметрам вузлів електровоза ЧС4. В процесі моделювання отримані наступні енергетичні показники: коефіцієнт потужності $K_p = 99,99\%$; коефіцієнти спотворень вхідного струму та напруги $THDi1 = 1,15\%$ та $THDud = 0,25\%$ [4]. Отримані дані свідчать, що реактивна енергія в мережі мінімальна, а відсоток високочастотних гармонік в струмі навантаження мінімальний.

Висновок. Використання на електровозах ЧС4 асинхронного тягового приводу у поєднанні з високоефективними перетворювачами на базі IGBT транзисторів забезпечить плавне, безконтактне регулювання напруги, використання рекуперативного гальмування та створить умови для автоматизації процесу управління електровозом. При цьому підвищиться надійність роботи та поліпшаться техніко-економічні показники електровоза.

Л і т е р а т у р а

1. Abad, G. (Ed.). (2017). Power electronics and electric drives for traction applications (p. 630). London: Wiley.
2. Dubravin, Y., Tkachenko, V., & Spivak, O. (2021). Підвищення енергетичної ефективності тягового електропривода електровоза змінного струму. Транспортні системи і технології, (38), 36-51. DOI: <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2021-38-36-4>
3. Щербак Я.В., Плахтій О.А., Нерубацький В.П. Анализ энергетических характеристик активного четырехквadrантного выпрямителя с различными типами широтно-импульсной модуляции//Вісник НТУ «ХП», 2017.27(1249).ISSN: 2079-8024
4. Dubravin, Y., & Tkachenko, V. (2019). Дослідження моделі активного чотириквadrантного перетворювача магістрального електровоза змінного струму. Транспортні системи і технології, (34), 155-174. I: <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2019-34-1-13>

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОВОЗІВ ЗМІННОГО СТРУМУ ДСЗ

Лобко Н.П. – здобувачка вищої освіти гр. 2EEE-маг, natali7676@i.ua

Дубравін Ю.Ф. – к.т.н., доц., u.f.dubrawin@gmail.com

Київський інститут залізничного транспорту

Державного університету інфраструктури та технологій

Україна, м. Київ

IMPROVING THE RELIABILITY OF DC3 ELECTRIC LOCOMOTIVES

Lobko N. – student of group 2EEE-mag, natali7676@i.ua

Dubravın Y.F. – PhD in Engineering, Associate Professor, u.f.dubrawin@gmail.com

Kyiv Institute of Railway Transport

State University of Infrastructure and Technology

Ukraine, Kyiv

Abstract. *The article analyzes the reasons for the low level of operational reliability of DS3 freight and passenger electric locomotives. Improvement of methods for diagnosing the insulation of cables, communication lines between sensors and information processing modules is important in improving reliability. It is shown that the nature of the transient process in an electrical circuit when a voltage surge is applied is closely related to the insulation parameters. Based on the difference between the forms of the transient process, it is possible to draw conclusions about the compliance of the monitored insulation parameters with the permissible standards. To study the quality of insulation of electrical components, a mathematical model was created in the MATLAB software environment.*

Keywords: *reliability, technical diagnostics, transient process, insulation parameters, modeling*

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю підвищення надійності вантажопасажирських електровозів змінного струму ДСЗ, які поклали початок експлуатації асинхронного тягового електроприводу на залізницях України. У виробництві електровозів спільно приймали участь: німецький концерн Siemens — поставка силової електроніки тягового приводу; НВО ДЕВЗ (Дніпро) — виготовлення механічної частини та допоміжних машин; Смілянський електромеханічний завод — виготовлення тягових двигунів. В конструкції електровоза Siemens реалізував найбільш прогресивні на свій час схеми технічні рішення провідних фірм Німеччини, Японії та інших країн, які концерн продовжує розвивати та удосконалювати і в наш час. В даний час в експлуатації перебувають тільки два електровози з вісімнадцяти, а решта знаходяться в неробочому стані. Аналіз причин відмов електровозів ДСЗ в експлуатації та розробка заходів для підвищення їх надійності має актуальне значення.

Метою роботи є проведення аналізу причин зниження експлуатаційної надійності електровозів ДСЗ, дослідження факторів впливу на безвідмовну роботу електровоза та розробка заходів по її підвищенню.

Проведений аналіз свідчить, що низький рівень надійності електровоза являється наслідком дії наступних факторів:

- конструкційні недоліки;
- невикористання діагностичної інформації по відхиленням в роботі вузлів електровоза, яка фіксується в запам'ятовуючих пристроях системи управління;
- недостатня забезпеченість запасними частинами та матеріалами;
- наявність збоїв в програмному забезпеченні мікропроцесорної системи захисту та сигналізації;

Відмови в роботі електровоза у більшості випадків є результатом: недостатньої механічної міцності деталей, контактних елементів, датчиків; зниження ізоляції кабелів, ліній зв'язку між датчиками і модулями обробки інформації; зниження ступеня відновлення вузлів на ремонтах через відсутність інформації з локальних засобів діагностики. Надійність електровоза, як відомо, закладається при проектуванні, витримується при виготовленні та підтримується за допомогою планово-профілактичних ремонтів в експлуатації. Рівень надійності електровозів в експлуатації залежить від періодичності та ефективності ремонтів, а також від інтенсивності його експлуатації. Підвищити надійність в експлуатації можливо шляхом модернізації, збільшенням вірогідності відновлення та зменшення часу відновлення. Цьому сприяє використання та удосконалення методів діагностики технічного стану електровозів. В зв'язку з тим, що значна кількість відмов електровоза пов'язана зі зниженням ізоляції кабелів, електричних машин та каналів зв'язку між системою управління та датчиками, як першорядна розглядається задача моніторингу стану ізоляції [1]. На ізоляцію електроустановок у процесі експлуатації діють електромагнітні сили, вібрація, температура довкілля та інші чинники. Спільна дія цих факторів призводить до незворотних процесів – зміни структури та хімічного складу ізоляції, тобто до старіння ізоляції.

Опір ізоляції – це паралельно ввімкнений зі струмоведучою частиною (жилою кабелю) опір. Найпростіша схема заміщення діелектрика являє собою конденсатор C із паралельним опором R . Тому величина опору ізоляції, якою б великою вона не була, недостатньо характеризує стан ізоляції. При оцінці стану ізоляції необхідно враховувати також її ємність. Принципова схема діагностики стану ізоляції приведена на рисунку 1. Струмопровідна частина (обмотка машини, жила кабелю та ін.) зображена як індуктивність з паралельно ввімкненою ємністю C . Ізоляція – паралельно ввімкнені в коло опору R та ємності C . При вмиканні ключа K на досліджуване коло подається скачок

напруги, що дорівнює е.р.с. джерела постійної напруги E . В колі відбувається перехідний процес, який буде періодичним згасаючим в результаті обміну енергії між ємностями і індуктивностями електричного кола.

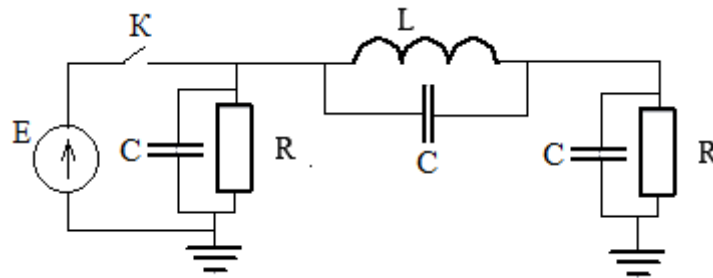


Рисунок 1 – Принципова схема діагностики ізоляції електричних вузлів

Параметри елементів контуру можна пов'язати з діагностичними показниками, що характеризують стан ізоляції обмоток: струм витoku на корпус, який залежить від якості корпусної ізоляції; збільшення ємності в результаті зволоження ізоляції; зміна струму в обмотці при міжвитковому замиканні [2,3]. Для проведення досліджень якості ізоляції електричних вузлів створено математичну модель в програмному середовищі MATLAB. Структурна схема створеної моделі представлена на рисунку 2.

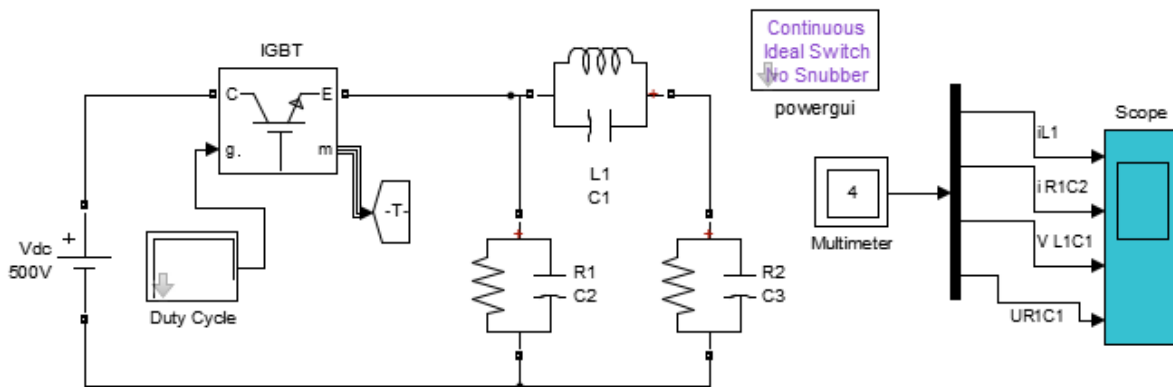


Рисунок 2 – Структурна схема моделі для дослідження якості ізоляції

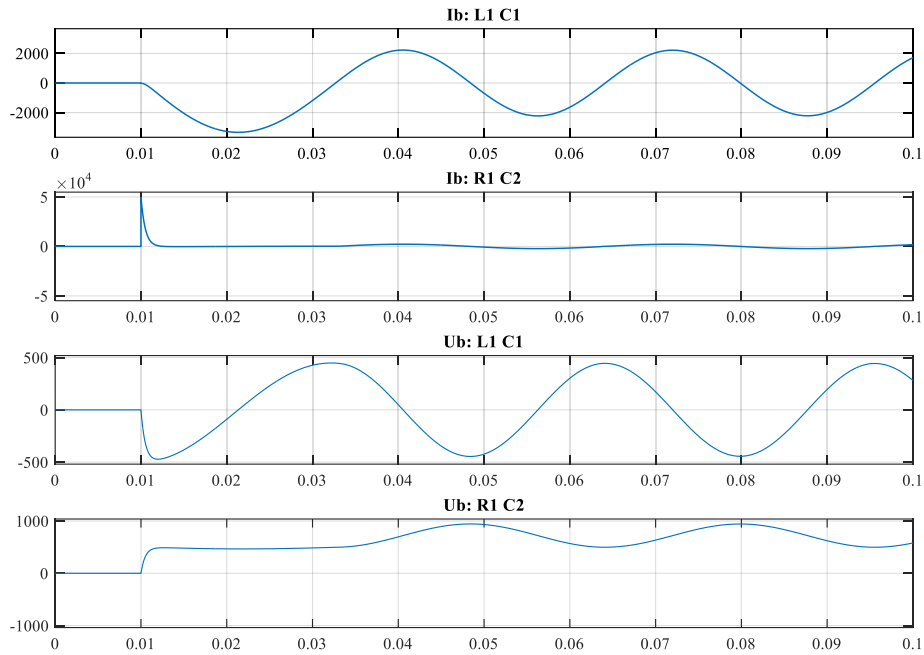


Рисунок 3 – Результати дослідження перехідного процесу в електричному колі

Дослідження пов'язано з отриманням графічних зображень форми перехідного процесу в електричному колі при подачі скачка напруги при різних значеннях параметрів ізоляції. На рисунку 3 приведено графіки напруги та струму в елементах кола при подачі на коло в момент часу 0.01 секунди скачка напруги амплітудою 500 В. Якщо провести ряд досліджень і отримати набір зображень перехідного процесу, то по різниці між формами перехідного процесу можна зробити висновки про відповідність струму витoku, індуктивності та ємнісних залежностей критеріям діагностики.

Висновок. На основі аналізу перехідних процесів можна зробити висновок про відсутність або наявність дефектів ізоляційної. Модель для дослідження якості ізоляції може бути використана для створення контрольнo-вимірювальних діагностичних системи. Низький рівень надійності електровоза ДСЗ є результатом конструкційних недоліків електромеханічних вузлів та зниженням ізоляції кабелів, ліній зв'язку між датчиками і модулями обробки інформації. Для підвищення надійності електровозів в експлуатації необхідна модернізація вузлів, підвищення ступеня відновлюваності вузлів при ремонтах шляхом використання засобів діагностики.

Л і т е р а т у р а

1. Губаревич О.В., Голубева С.М. Аналіз методів діагностики технічного стану ізоляції асинхронних двигунів. *Всеукраїнський науковий збірник «Наукові праці Донецького національного технічного університету»*. Серія «Електротехніка і енергетика». Покровськ: Вид.: Державний вищий навчальний заклад «Донецький

національний технічний університет», №1(21), 2019. С. 55-63. DOI:10.31474/2074-2630-2019-1-55-63.

2. Чумак В.В., Стулішенко А.С., Цивінський С.С., Ігнат'єв В.О. Діагностика ізоляції електричних машин з використанням комутаційних процесів. *ISSN 1813-5420 (Print). Енергетика: економіка, технології, екологія. 2021. № 3, С.70-77* <https://doi.org/10.20535/1813-5420.3.2021.251208>

3. Nakamura H. Diagnosis of Short-Circuit Faults in Stator Winding Inside Low-Voltage Induction Motor Using Impulse Voltage Test [Електронний ресурс] / Hisahide Nakamura // Research and Development Division, TOENEC Corp. 2015.

БАЛАНСУВАННЯ ПОТУЖНОСТІ ГІБРИДНОЇ ВІТРО-СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ДЛЯ ОБ'ЄКТА ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Магалашвілі Н.Д. – аспірант, ivaniuk.nd@knutd.edu.ua
Шведчикова І.О. – д.т.н., проф., shvedchykova.io@knutd.edu.ua
Київський національний університет технологій та дизайну
Україна, м. Київ

BALANCE OF POWER OF HYBRID WIND-SOLAR POWER PLANT FOR RAILWAY INFRASTRUCTURE FACILITY

Mahalashvili N.D. – Postgraduate student, ivaniuk.nd@knutd.edu.ua
Shvedchykova I.O. – Doctor of Technical Sciences, Professor,
shvedchykova.io@knutd.edu.ua
Kyiv National University of Technologies and Design
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The paper analyses the main methods and approaches to power balancing of local railway infrastructure facilities, and considers the principle of building a hybrid control system based on the cascade algorithm. At the moment, hybrid wind-solar power plants are not widely used on railways in Ukraine, however, such use is quite reasonable, considering the volume of electricity consumption and the growth of demand, and, accordingly, the cost. However, during the operation of the proposed type of power plant, several problems may arise related to the instability of electrical grids due to shelling, so it is worth additionally considering the possibility of using backup energy sources, such as diesel generators or battery packs, for backup power in case of insufficient production of electricity from wind - and solar installations.*

Keywords: *hybrid wind-solar system, cascade algorithm, power consumption, renewable energy sources.*

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю впровадження зберігаючих заходів на об'єктах транспортної інфраструктури.

Метою роботи є визначення основних методів та підходів до балансування потужності гібридної вітро-сонячної електростанції запропонованого об'єкта.

Україна є одним із світових лідерів за розвитком інфраструктури залізничного транспорту. Згідно із Законом України «Про критичну інфраструктуру» № 1882-ІХ від 16.11.2021 р. залізниця є критично важливою у функціонуванні країни [1]. Одним з основних принципів енергетичної політики в області енергозбереження на залізничному транспорті України є постійне збільшення частки використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Впровадження інноваційних енергозберігаючих технологій з використанням ВДЕ є частиною комплексної програми з енергозбереження Укрзалізниці [2]. Станом на сьогодні використання ВДЕ у залізничній інфраструктурі України обмежене, але все ж такі випадки є згідно інтегрованого звіту АТ «Укрзалізниця» [3].

Балансування потужності гібридних вітро-сонячних електростанцій з підключенням до мережі є важливою задачею для забезпечення стабільності та надійності електропостачання [7]. Основні методи і підходи до балансування потужності включають:

1. Системи управління потужністю (Power Management Systems). Ці системи використовуються для координації роботи вітро- та сонячних установок з метою оптимізації виробництва електроенергії. Вони контролюють режими роботи джерел, розподіл потужності та забезпечують стабільну роботу системи.

2. Акумуляція енергії (Energy Storage). Використання акумуляторів дозволяє зберігати надлишкову електроенергію, вироблену вітро- та сонячними установками, і використовувати її в моменти, коли виробництво енергії недостатнє. Це допомагає збалансувати виробництво та споживання електроенергії.

3. Гібридні системи керування (Hybrid Control Systems). Ці системи поєднують в собі різні методи управління, такі як прогнозування погодних умов, прогнозування споживання електроенергії та оптимізація роботи генераторів. Вони дозволяють розподіляти потужність між вітро- та сонячними установками залежно від умов і забезпечувати стабільне електропостачання.

4. Компенсація потужності (Power Compensation). Цей підхід використовується для компенсації варіацій виробництва електроенергії від вітро- та сонячних установок. Наприклад, якщо виробництво енергії від вітроустановки зменшується, то може бути використана додаткова потужність від сонячних установок для компенсації цього зменшення.

5. Використання резервних джерел енергії (Backup Power Sources). Цей підхід включає використання джерел енергії, таких як дизельні генератори або

батареїні набори, для резервного живлення в разі недостатнього виробництва електроенергії від вітро- та сонячних установок.

У статті [4] наведено каскадну схему оптимальної конфігурації гібридної системи виробництва електроенергії, що враховує всі вище зазначені принципи. Мережеве живлення вважатимемо головним джерелом електричної енергії. Після цього дефіцит енергії розглядається як потреба в навантаженні для ВДЕ і так далі для наступного пристрою джерела відновлюваної енергії. Проведення розрахунків енергетичного балансу та забезпечення високої надійності системи розвивають цей підхід. Він також підтримує SOC (State of charge – ступінь заряду акумулятора) батареї між мінімальним і максимальним значеннями та гарантує, що це значення залишається рівним або вищим за початкове значення SOC батареї на початку року. Алгоритм моделює різні сценарії, щоб отримати оптимальну кількість доступних ВДЕ (вітер, сонце, та акумуляторна батарея) для забезпечення навантаження з урахуванням мінімальних витрат, задовольняючи обмеженням, як рівень заряду акумулятора, обмежений час роботи та припущення, що переривання електропостачання не відбувається при надійності системи 100%.

Висновок. В результаті проведеного аналізу методів балансування потужності гібридної вітро-сонячної електростанції для задоволення власних потреб інфраструктурного об'єкта залізниці визначено, що за умови зростання попиту на електричну енергію джерелом живлення алгоритм обиратиме джерело з відповідною до попиту генерацією в даний момент часу. Це залежить від погодних умов та часу дня. Це підвищить термін експлуатації вітро-сонячної електростанції, а отже і її рентабельність.

Також слід зазначити про можливість використання резервних джерел енергії, таких, як дизельні генератори для резервного живлення в разі недостатнього виробництва електроенергії від вітро- та сонячних установок.

Л і т е р а т у р а

1. Закон України «Про критичну інфраструктуру» № 1882-IX від 16.11.2021 р. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#Text>.
2. Україна та Німеччина запускають спільний проект з оснащення об'єктів критичної інфраструктури відновлюваними джерелами енергії. – URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/ukraina-ta-nimechchyna-zapuskaiut-spilnyi-proekt-z-osnashchennia-objektiv-krytychnoi-infrastruktury-vidnovliuvanymy-dzherelamy-enerhii>.
3. Інтегрований звіт АТ «Укрзалізниця» (звіт про управління). 2020 р. URL: <https://www.uz.gov.ua/files/file/about/investors/UZ%20Integrated%20Report%202020%20Ukr.pdf>.
4. Mohammed O.H., Yassine Amirat, Benbouzid M.E.H., Feld G.. Optimal Design and Energy Management of a Hybrid Power Generation System Based on Wind/Tidal/PV Sources: Case Study for the Ouessant French Island. Smart Energy Grid Design for Island

Countries, Challenges and Opportunities. pp.381-413, 2017, Green Energy and Technology book series (GREEN), doi: 10.1007/978-3-319- 50197-0_12.hal-02969931.

5. Ji L, Yu Z, Ma J, Jia L, Ning F. The Potential of Photovoltaics to Power the Railway System in China. *Energies*. 2020; 13(15):3844. <https://doi.org/10.3390/en13153844>.

6. Imbayah I., Ahmed A. A., Alsharif A., Khaleel M. M., and Alarga A. A Review of the Possibility Integrating the Solar System into the Libyan Railway Transportation. *African Journal of Advanced Pure and Applied Sciences (AJAPAS)*, vol. 2, no. 2, pp. 171–180, April-June 2023, (accessed Aug 11 2023).

7. Hirth L., Ziegenhagen I. Balancing power and variable renewables: Three links. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 5, pp. 1035-1051, 2015; ISSN 1364-0321. URL: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.180>.

ПАЛИВНІ ЕЛЕМЕНТИ В ЛОКАЛЬНИХ СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ

Малий Я.С. – аспірант, yarikmaly2899@ukr.net

Шведчикова І.О. – д.т.н., проф., shvedchykova.io@knutd.edu.ua

Київський національний університет технологій та дизайну

Україна, м. Київ

FUEL ELEMENTS IN LOCAL POWER SUPPLY SYSTEMS

Malyi Ya. – postgraduate student, yarikmaly2899@ukr.net

Shvedchykova I. – Doctor of Technical Sciences, Prof., shvedchykova.io@knutd.edu.ua

Kyiv National University of Technologies and Design

Ukraine, Kyiv

Abstract. *An overview of fuel cells in power supply systems was conducted. The main elements of the combined source of electricity are analyzed, namely, the wind generator, the photocell and the "electrolyzer - fuel storage - fuel cell" system. The effectiveness of the proposed combined source of electricity for the autonomous mode of operation of the local object and when connected to the distribution network is considered. The feasibility of using a system that includes a solar battery, a wind turbine, an electrolyzer, a hydrogen tank, and a fuel cell as an additional power source for a local facility is shown.*

Keywords: *photocell, wind generator, fuel cell, electrolyzer, fuel storage.*

Актуальність дослідження обумовлена стрімким розвитком відновлюваних джерел енергії. Переважне застосування на практиці для електроживлення локальних об'єктів знайшли сонячні та/або вітрові електростанції. Тому актуальною науковою задачею є дослідження особливостей інтеграції інших джерел енергії, зокрема паливних елементів, до існуючих систем електропостачання на рівні локального споживача.

Метою роботи є огляд особливостей застосування паливних елементів в локальних системах електроживлення (приватні домогосподарства або малі побутові споживачі)

На сьогодні відомі декілька напрямків використання паливних елементів в системах електроживлення об'єктів. В більшості випадків вони використовуються як додаткове джерело живлення у складі гібридних (комбінованих) систем.

В роботі [1] обґрунтовано доцільність використання водневого паливного елемента (ПЕ) або комірки як елементу комбінованого джерела електричної енергії для автономного електроживлення споживача житлового об'єкта. Основними елементами комбінованого джерела електроенергії є вітрогенератор, фотоелемент та система “електролізер - накопичувач палива - паливна комірка”. Показано, що «...однією з найважливіших переваг водневих паливних комірок є те, що вони використовують водень, який, в свою чергу, може бути отриманий в результаті електролізу за рахунок надлишкової електроенергії у певний період часу, а у піки споживання електроенергії може генеруватися паливною коміркою» [1]. В роботі [1] розглянуто ефективність запропонованого комбінованого джерела електроенергії для автономного режиму функціонування локального об'єкта.

В роботах [2, 3] досліджується гібридна система електроживлення об'єкта, підключена до розподільної мережі. Система включає сонячну батарею, вітрову турбіну, електролізер, резервуар для водню та паливний елемент. В цьому випадку мають місце наступні сценарії функціонування системи:

- вироблена електроенергія з відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) перевищує попит на навантаження – надлишок енергії подається в електролізер для зберігання енергії у формі хімічної енергії (водень) у резервуарах для водню;

- надлишкова енергія від ВДЕ перевищує енергію, необхідну для повного заряджання водневих резервуарів – надлишок енергії подається в мережу;

- генерація ВДЕ менша за попит на навантаження – енергія, що зберігається в баках для водню, подається на паливний елемент для перетворення її в електричну енергію, яка обслуговує навантаження. У разі недостатньої генерації ВДЕ дефіцит енергії покривається мережею.

Висновок. Проведений огляд інформаційних джерел показав, що паливні елементи у складі підсистеми “електролізер - накопичувач палива - паливна комірка” знайшли застосування в гібридних сонячно-вітрових системах електроживлення локальних об'єктів, які працюють автономно або підключені до мережі. Використання паливних елементів дозволяє усунути викиди шкідливих речовин в атмосферу та суттєво зменшити потужність відновлюваних джерел електроенергії.

Л і т е р а т у р а

1. Михайлів М.І., Савуляк П.В. Створення локальних джерел електроенергії на базі паливних комірок/наукова стаття // Нафтогазова енергетика. 2012. № 1. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nge_2012_1_13.

2. Hamdy M. Sultan, Ahmed S. Menesy, Salah Kamel, Ahmed Korashy, S.A. Almohaimeed, Mamdouh Abdel-Akher. An improved artificial ecosystem optimization algorithm for optimal configuration of a hybrid PV/WT/FC energy system. Alexandria International Journal? 2021, 60, 1001-1025. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2020.10.027>.

3. Ahmed A. Zaki Diab, Sultan I. EL-Ajmi, Hamdy M. Sultan and Yahia B. Hassan, "Modified Farmland Fertility Optimization Algorithm for Optimal Design of a Grid-connected Hybrid Renewable Energy System with Fuel Cell Storage: Case Study of Ataka, Egypt". International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA), 10(8), 2019.

4. Пальчик О.А. Моделирование автономного джерела живлення на базі паливних елементів // Енергетика і автоматика. 2011. № 2 (8). С. 22-30.

ДОСЛІДЖЕННЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ДЛЯ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДИНКІВ

Мелконова І.В. – к.т.н., доцент, inna.mia.lg@gmail.com
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля
Україна, м. Київ

ADVANCEMENT OF SONYACHNOY POWER PLANT FOR ENERGY SECURITY BUDINKIV

Melkonova I.V. – Ph.D., Associate Professor, inna.mia.lg@gmail.com
Eastern Ukrainian National University named after Volodymyr Dahl
Ukraine, Kyiv

Abstract. *This article discusses the reasons for the need to switch to alternative energy sources, their main types, as well as promising and rarely mentioned sources.*

Keywords: *alternative sources, energy, minerals, ecology, environment.*

Актуальність дослідження зумовлена зростанням цін на електроенергію та стрімкому розвитку альтернативних джерел енергії.

Метою роботи є дослідження системи електропостачання, у тому числі автономного, що працюють на сонячній енергії.

В останні роки вартість підключення до енергомереж централізованого електропостачання значно зросла, оскільки значну частину витрат становить вартість прокладки повітряних ліній електропередач (ЛЕП) при віддаленому розташуванні споживачів. Також є безліч місць, де підключення до

централізованих мереж утруднене або неможливе по різних причин. Тому для окремих будинків та невеликих поселень підключення до мереж централізованого електропостачання є досить витратним, а отже – нерентабельним.

Найпоширенішим способом вирішення проблеми електропостачання у таких випадках є використання генераторів змінного струму з приводом від бензинового чи дизельного двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ). Однак таке рішення потребує високих експлуатаційних витрат, пов'язаних з доставкою дорогого палива та частим ремонтом ДВЗ. У зв'язку з цим, найбільш виправданим рішенням є створення гібридної енергосистеми на базі рідкопаливного електрогенератора, акумуляторів та сонячних фотоелектричних батарей.

При цьому фотоелектричні батареї вибираються виходячи не з повних потреб електроенергії з урахуванням сонячних днів, а для забезпечення деякого базового навантаження (наприклад, освітлення, холодильник). Це знижує кількість необхідних сонячних батарей та акумуляторів. Якщо енергії не вистачає, запускається рідкопаливний електрогенератор. Джерелом сонячного випромінювання є Сонце [3]. У сучасних умовах розвитку ринкових відносин у країні, зростанні вартості невідновлюваного викопного палива та зростанні значущості соціально-екологічних факторів, ефективність сонячної енергетики незмірно зростає [2].

У порівнянні з іншими видами енергетики, сонячна енергетика є одним з найбільш чистих у екологічному відношенні видів енергії. Але повністю уникнути шкідливого впливу сонячної енергетики на людину та навколишнє середовище практично не вдається, якщо врахувати все технологічний ланцюжок від отримання матеріалів до виробництва електроенергії [3].

Висновок. Дослідження показали, що найбільш актуальними є рухомі системи з управлінням на основі датчиків. Їх застосування доцільно для будівництва подібних будинків у південній частині нашої країни. Оскільки кількість сонячної радіації, що надходить в даному районі в літні місяці менше, ніж її кількість в зимове, тут не виникає нестачі енергії в холодну пору року і її надлишку в теплу. При розташуванні будинку більш ніж за 3 км від ліній електропередачі, таке електропостачання більше вигідно, оскільки у разі враховується вартість підключення до загального електропостачання.

Використання автономного енергопостачання будинків від сонячних електроустановок у віддалених місцевостях дозволить зменшити кількість ЛЕП та нових електростанцій, що працюють на органічному паливі, що позитивно позначиться стан навколишнього середовища.

Л і т е р а т у р а

1. Альтернативна енергетика з використанням сонячних елементів : навч. вид. / В. Ю. Єрохов; Нац. ун-т "Львів. політехніка". - Львів : Сполом, 2015. 116 с. Бібліогр.: с. 113-116.
2. Екологічний моніторинг: альтернативні джерела енергії : навч. посіб. / [В.Г. Сліпченко, О.В. Коваль, Л.Г. Полягушко та ін.]. Київ : КПІ ім. І. Сікорського : Політехніка, 2019. 368 с.
3. Нетрадиційні джерела енергії: теорія і практика : монографія / Й.С. Мисак, І.М. Озарків, М.Г. Адамовський та ін. ; за ред. Й.С. Мисака, І.М. Озарківа; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Нац. ун-т "Львів. політехніка", Нац. лісотехн. ун-т України. Л. : НВФ "Укр. технології", 2013. 356 с. ISBN 978-966-345-267-8

ДОСЛІДЖЕННЯ ІМПУЛЬСНОГО ТЯГОВОГО РЕГУЛЯТОРА НАПРУГИ ЕЛЕКТРОВОЗА ЗМІННОГО СТРУМУ

Мозоль А.В. – здобувач вищої освіти гр. 2EEE-маг, mozola650@gmail.com
Дубравін Ю.Ф. – к.т.н., доц., u.f.dubrawin@gmail.com
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

STUDY OF A PULSE TRACTION VOLTAGE REGULATOR FOR AN AC ELECTRIC LOCOMOTIVE

Mozol A.V. – student of group 2EEE-mag, mozola650@gmail.com
Dubravın Y.F. – PhD in Engineering, Associate Professor, u.f.dubrawin@gmail.com
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technology
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The paper analyzes the voltage regulation systems for traction motors of AC electric locomotives. At present, AC electric locomotives of Ukrainian railways are equipped with traction electric drives with collector traction motors, which have the following main disadvantages: step voltage regulation on traction motors, non-sinusoidal current and low power factor. The paper analyzes possible circuit solutions and considers the option of modernizing an electric drive with collector traction motors. It is proposed to use a 4qS converter and a pulse-width regulator as part of the electric drive, and the main parameters of the converters are calculated. The introduction of a new electric drive will improve their energy performance, provide smooth voltage regulation on traction motors, and increase operational reliability.*

Keywords: *4qS converter, collector traction motors, pulse-width voltage regulator, power factor*

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю покращення енергетичних показників електрорухомого складу (ЕРС) змінного струму з колекторними тяговими електродвигунами (КТД). Загальними недоліками тягових електроприводів з КТД є низькі значення коефіцієнта потужності, що не перевищують в режимах тяги 0,84. Спотворення форми напруги і струму в первинній обмотці тягового трансформатора негативно впливає на надійність роботи електрообладнання ЕРС та погіршує енергетичні показники енергосистеми. Враховуючи те, що електропривод з КТД має високу динамічну стійкість при реалізації великих тягових зусиль на ободі колісної та може впродовж тривалого часу використовуватись на вантажних електровозах змінного струму, підвищення енергетичних показників цих електроприводів має актуальне значення [1].

Метою роботи є проведення аналізу факторів, що впливають на енергетичну ефективність та експлуатаційну надійність електровозів змінного струму з КТД та пошук схмотехнічних рішень для їх поліпшення. Основними причинами зниження енергоефективності ЕРС змінного струму є несинусоїдальність напруги та струму і значний рівень реактивної потужності, яка пов'язана з роботою вузлів електропривода [2]. Зменшення втрат в енергомережі змінного струму можна досягти шляхом зниження споживання реактивної потужності і підвищення якості напруги та струму в тяговій мережі. Основним показником, який характеризує споживання реактивної потужності є коефіцієнт потужності. Нелінійність характеристик силового обладнання електровоза, комутація силових ключів перетворювачів спричиняють несинусоїдальність напруги та струму, появу широкого спектру високочастотних гармонік та неактивної потужності спотворень. В роботі проведено аналіз результатів дослідження випрямних інверторних перетворювачів (ВІП) з зонно-фазовим регулюванням, схем ВІП на повністю керованих IGBT-транзисторах та схем ВІП з удосконаленими алгоритмами управління ВІП. Розглянуто також імпульсні регулятори напруги з використанням активних випрямлячів струму, керованих методом широтно-імпульсної модуляції. Розглянуті схмотехнічні рішення дають можливість частково компенсувати індуктивний характер навантаження електровоза та в деякій мірі підвищити коефіцієнт потужності. Проте, задача досягнення високих енергетичних показників не вирішена повністю через наявність високочастотних гармонік внаслідок комутації силових транзисторів, що спричиняє погіршення характеристик. Розглянуто варіант вирішення поставленої задачі шляхом використання в електроприводі перетворювача змінно-постійного струму (АС-ДС). Структура тягового електроприводу з КТД та широтно-імпульсним регулюванням напруги приведена на функціональній

схемі тягового електроприводу (рисунок). Схема тягового електропривода включає силовий трансформатор, вхідний 4qS-перетворювач, фільтр, імпульсний регулятор ШПР на базі IGBT-транзисторів, ТЕД, та систему управління СУ. При такій структурі тягового електроприводу отримуємо двосистемний ЕРС з можливістю роботи як на ділянках електрифікованих по системі постійного струму 3 кВ так і на ділянках змінного струму 25 кВ 50 Гц.

Регулювання напруги здійснюється методом широтно-імпульсного регулювання (ШПР) за допомогою транзисторного ключа [3]. При цьому поліпшуються енергетичні показники ЕРС, знижується рівень споживання реактивної потужності та зменшується спотворення форми напруги.

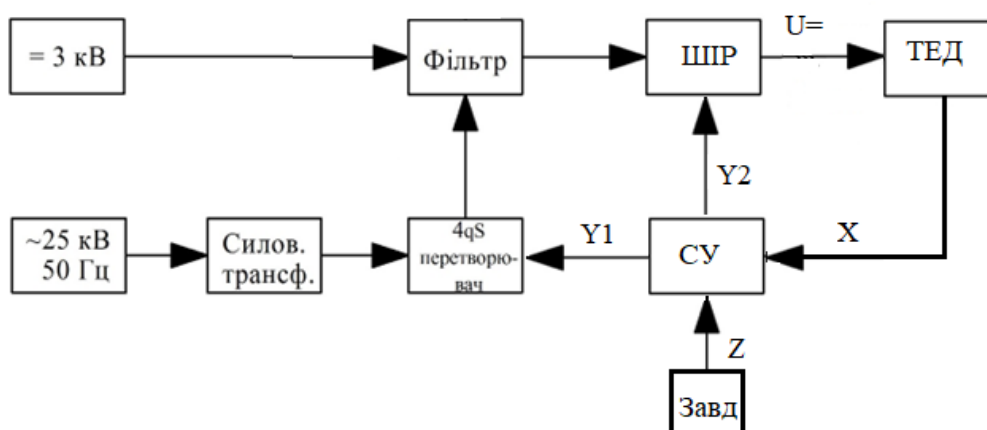


Рисунок – Функціональна схема тягового електроприводу постійного струму з імпульсним регулюванням напруги на ТЕД

Висновок. Імпульсне регулювання напруги на ТЕД дає змогу за рахунок зміни параметрів імпульсів керування: періоду, часу імпульсу і часу паузи встановити оптимальний режим регулювання в режимах тяги та рекуперативного гальмування. Наявність вхідного чотириквadrантного перетворювача забезпечує роботу тягового електроприводу з коефіцієнтом потужності близьким до одиниці за рахунок зниження рівня споживання реактивної енергії. Перетворювач також забезпечує плавний перехід електроприводу з режиму тяги в режим рекуперації ТЕД з інвертуванням напруги постійного струму та поверненням енергії в контактну мережу.

Л і т е р а т у р а

1. Dubravin, Y., Tkachenko, V., & Spivak, O. (2021). Підвищення енергетичної ефективності тягового електроприводу електровоза змінного струму. *Транспортні системи і технології*, (38), 36-51. <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2021-38-36-4>
2. Dubravin, Y., & Tkachenko, V. (2019). Дослідження моделі активного чотириквadrантного перетворювача магістрального електровоза змінного струму. *Транспортні системи і технології*, (34), 155-174. <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2019-34-1-13>

3. Arvind Kumar Verma, Tripathi V. (2016). Simulation and Controlling the Speed of Electric Locomotive through PWM Technique // International Journal of Innovative Research in Electrical, Electronics, Instrumentation and Control Engineering. Vol. 4,. P. 239-243. <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2021-38-36-4>

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ЗАХИСТУ ПЛ ВІД ВІБРАЦІЙ ТА ГАЛОПУВАННЯ

Музиченко Д.А. – здобувач вищої освіти студент гр. МгЕМ-22, provedos@ukr.net
Київський національний університет технологій та дизайну
Україна, м. Київ

METHODS AND MEANS OF PL PROTECTION FROM VIBRATIONS AND GALLOPING

Muzychenko D.A. – student of group MgEM-22, provedos@ukr.net
Kyiv National University of Technologies and Design
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The paper analysis and study of the full cycle of occurrence of iced deposits on transmission lines, taking into account the influence of the wind, impact analysis and the creation of a computer model of ice-wind loads on the transmission lines, offering methods and types of protection of transmission lines from ice-wind loads*

Keywords: *wire transmission lines, iced deposits, ice formation, ice-wind loads, protection from ice-wind loads.*

Актуальність дослідження зумовлена сильною вразливістю інфраструктури електроенергетичної мережі від погодних та кліматичних явищ. Гранична лінія інфраструктури передачі та розподілу електроенергії є також критичною, оскільки пошкодження в одному місці може призвести до збоїв у всієї мережі.

Враховуючи високий рівень тяжкості наслідків ожеледно-вітрових аварій у розвинених країнах активно проводяться дослідження та розробки нових методів, заходів та пристроїв для боротьби з ожеледними утвореннями на ЛЕП. На жаль, аналіз стану організації розробок і впровадження нових ефективних способів боротьби з ожеледяно-вітровими аваріями на сьогодні в Україні показав, що галузь не використовує наявні напрацювання в цій галузі.

Метою роботи є опис повного циклу утворення ожеледно-вітрових відкладень на проводах ліній електропередавання та створення комп'ютерної моделі, за допомогою якої можливо точно та детально описати вплив навантажень від ожеледно-вітрових відкладень на проводи повітряних ліній

електропередавання різних класів напруги.

З метою вивчення можливих напрямків розробки засобів боротьби з галопуванням проводів було розглянуто низку літературних та патентних матеріалів. Відомості щодо найбільш характерних представників групи технічних рішень наведено у цьому розділі, де проведено їх аналіз та головні дані по цим рішенням.

Слід зазначити, що розглянуті технічні рішення стосуються ліній електропередавання усього діапазону застосовуваних в енергетиці рівнів напруги, але здебільшого це стосується ліній напругою 35-750 кВ, яким приділено головну увагу.

Огляд існуючих технічних рішень (на основі загальносвітового досвіду), які можна віднести до другого та частково третього класу, наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Огляд технічних рішень для захистів від галопування

Найменування пристрою	Застосування	Вид ПЛ			Примітки
		Лінії 6 – 35 кВ	ПЛ з одиночними проводами	ПЛ з розщепленими фазами	
Жорсткі міжфазні розпірки	Широке	Так	Так	Так	Запобігають перекриттям, зменшують амплітуду
Гнучкі міжфазні розпірки	Широке	Так	Так	Так	Запобігають перекриттям, зменшують амплітуду
Аеродинамічні спойлери	Широке	Так	Так	Так	Необхідне встановлення на 25 % прогону. Обмеження робочою напругою
Ексцентричні вантажі з розпірками з поворотними затискачами	Японія	Ні	Так	Так	Не менше 3-х на прогін. По одному вантажу на кожну розпірку і на кожний провід
AR «твістери» (ексцентричні вантажі)	США	Так	Так	Так	Два на прогін
AR «віндамperi» (аеродинамічні гасники)	США	Так	Так	Так	Два на прогін
Аеродинамічні гасники (AGC)		Так	Так		Кількість визначається додатково
Гасники крутильних коливань (TCD)	Японія	Ні		Так	Два на прогін
Гасники галопування (GCD)	Японія	Ні		Так	Два на прогін

Розстроювальні маятники	Широке	Так	Так	Так	3 або 4 на прогін. Необхідні підсилювальні прутки за високого тяжіння
Крутильні гасники і «розстроювачі» коливань (TDD)	Дослідні зразки	Ні	Ні	Так	2 або 3 на прогін. Експериментальна оцінка триває

Висновок. Щодо розглянутих засобів протидії виникненню галопування, слід зазначити, що кожний з них не можна вважати на 100% дієвим. Усі вони діють лише у певних межах і зменшують ризик виникнення галопування частково. Тому, пошук дієвих технічних рішень та пристроїв все ще є актуальною проблемою. Кінцевим результатом має бути знаходження методів повної протидії явищу галопування для повітряних ліній електропередавання всіх класів напруг, з врахуванням їх особливостей та характеристик.

Л і т е р а т у р а

1. КД 341.004.003-94 Норми технологічного проектування енергетичних систем та електричних мереж 35 кВ і вище. Затв. Міненерго України 03.10.94 р., введено в дію з 1 січня 1995 р.
2. Крижов Г.П., Удод Т.Є. Спіральна арматура для ремонту проводів і тросів. Електропанорама, 2007 р., № 11, с. 38-43.
3. Ibert R, Jeong H, Barabási A-L, (2000). Error and attack tolerance of complex networks. Nature 406:378–382, 2000
4. Ibrahim, H.; Ilinca, A. & Perron, J. (2008). Energy storage systems—characteristics and comparisons. Renewable and Sustainable Energy Reviews 12: 1221-1250.

ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ УКРАЇНСЬКИХ ЗАЛІЗНИЦЬ ЗА РАХУНОК ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Назаренко І.А. – магістрант, n34478073@gmail.com
Булгакова Ю.В. – к.т.н., доц., bulgakova_yv@gsuite.duit.edu.ua
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

OPTIMIZATION OF THE UKRAINIAN RAILWAYS ACTIVITIES BY IMPROVING ENERGY EFFICIENCY

Nazarenko I.A. – master' student, n34478073@gmail.com
Bulgakova Y.V. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
bulgakova_yv@gsuite.duit.edu.ua
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *Transport plays a significant role in the formation of Ukraine's energy saving potential. In turn, railway transport is one of the largest consumers of energy resources in the country, consuming about 5% of electricity and almost 11% of diesel fuel. In view of this, the issue of the efficiency of use and quality of energy resources is particularly important for achieving competitiveness and providing society with an ecologically neutral transport alternative within the framework of the development of railway transport. That is why this work is dedicated to researching the potential of energy saving on the railways of Ukraine with the aim of increasing the technical and economic efficiency of railway transportation.*

Keywords: *railway transport, energysaving, electrification.*

Актуальність теми. На сьогоднішній день на залізницях України існує нагальна потреба реформування залізничного транспорту шляхом реалізації заходів з удосконалення технологій перевізного процесу, що є одним з пріоритетних напрямків енергозбереження на залізничному транспорті. В основі енергетичної стратегії АТ «Укрзалізниця» (далі АТ «УЗ») лежить направленість всіх технологічних механізмів на зниження енергоємності галузі та витрат на паливно-енергетичні ресурси. За рахунок цього передбачається зниження собівартості перевезень вантажів та пасажирів залізничним транспортом або зменшення росту собівартості перевезень при рості вартості паливно-енергетичних ресурсів, що набуває особливо актуального значення в умовах воєнного стану в країні. Таким чином, **метою даної роботи** є аналіз потенціалу енергозбереження на залізницях України з метою оптимізації їх роботи.

Виклад основного матеріалу. Основні стратегічні напрямки підвищення енергоефективності та реалізації потенціалу енергозбереження полягають в

структурно-технологічній перебудові економіки країни та в створенні адміністративних, нормативно-правових та економічних механізмів, що сприяють підвищенню енергоефективності та енергозбереженню.

Актуальність енергозбереження в Україні зумовлена такими основними причинами: необхідністю забезпечення стійких темпів розвитку економіки і конкурентоспроможності вітчизняних товарів; потребою забезпечення населення країни і її господарського комплексу необхідними паливно-енергетичними ресурсами; важливістю збереження паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) для майбутніх поколінь; необхідністю забезпечення екологічної безпеки; великими, в порівнянні з іншими країнами, витратами на забезпечення життєдіяльності; ускладненням умов видобутку і транспортування ПЕР; високими витратами на введення в дію нових енергетичних об'єктів.

Ефективне використання паливно-енергетичних ресурсів є одним з найважливіших завдань, що стоять перед економікою України. Виходячи з цього було розроблено і затверджено документ «Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, Енергоефективність, Конкурентоспроможність»» (далі – ЕСУ) [1], який визначає енергетичну ефективність економіки одним з головних стратегічних орієнтирів довгострокової державної енергетичної політики.

Варто відзначити, що структура загального потенціалу енергозбереження має такий вигляд: у паливно-енергетичному комплексі зосереджено 27,5 – 38,2 млн. т у. п. можливої економії ПЕР, що в середньому становить 20,9 % від загального потенціалу енергозбереження, в промисловості – 84,8 – 94,1 млн. т у. п., в комунально-побутовому господарстві – 17,3 – 19 млн. т у. п., в сільському господарстві – 4,7 – 6 млн. т у. п. та на транспорті 10 – 11,6 млн. т у. п. [2].

Як видно з даних рисунку 1 транспорт відіграє досить значну роль в формуванні потенціалу енергозбереження України.

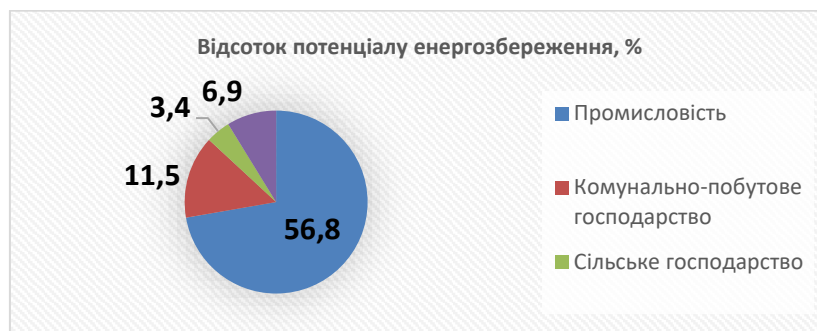


Рисунок 1 – Структура загального потенціалу енергозбереження

В свою чергу залізничний транспорт є одним з найбільших споживачів енергоресурсів в країні, витрачаючи близько 5 % електроенергії і майже 11 %

дизельного палива. Виходячи з цього, енергетична ефективність в сучасних умовах є важливим фактором підвищення конкурентоспроможності українських залізниць на внутрішньому і міжнародному ринку транспортних послуг.

Виробнича діяльність залізничного транспорту включає в себе основну частину – перевізний процес, тобто сам процес переміщення вантажів і пасажирів, і пов'язану з цією діяльністю роботу інфраструктурних підрозділів, які обслуговують перевізний процес. Укрупнено ці складові утворюють два канали споживання ПЕР – тяга поїздів і стаціонарна енергетика (нетягові споживачі, що забезпечують роботу і ремонт колії, передачу енергії до потягів, безпеку руху і т.п.)

Основна частка витрат паливно-енергетичних ресурсів в АТ «УЗ» доводиться на тягу поїздів. Залізницями України на тягу поїздів витрачається більше 83,6 % електроенергії і близько 83,3 % дизельного паливо або сумарно в умовному обчисленні майже три чверті від споживання усіх видів ПЕР [3]. Тому і увага, в питанні енергозбереження, зосереджується, перш за все, на основний вид діяльності – перевізний процес.

З огляду на таку важливу роль енергетики в житті залізничної галузі, пріоритетними напрямками і завданнями її енергетичної політики є: – повне і надійне енергетичне забезпечення перевізного процесу; – значне зниження питомої витрати ПЕР в усіх сферах діяльності: тяга поїздів, інфраструктура, ремонт, виробництво; – докорінне поліпшення структури управління енергетичним комплексом на основі використання сучасних інформаційних технологій, систем обліку і моніторингу паливо- і енергоспоживання; – посилення оснащеності залізниць енергоефективними технічними засобами і технологіями; – розвиток в цілях забезпечення енергобезпеки перевізного процесу власної генерації енергії, використання альтернативних поновлюваних енергоресурсів; – зниження техногенного впливу на навколишнє середовище.

Основну роль у формуванні енергетичного балансу і зниженні як питомих, так і абсолютних показників енергоспоживання в АТ «Укрзалізниця» відіграватимуть наступні фактори: заміна рухомого складу і технічних засобів з перевищеним терміном експлуатації на нову техніку з високою продуктивністю та поліпшеними енергетичними показниками; подальше розширення полігону електрифікації залізниць; підвищення середньої ваги і дільничних швидкостей поїздів у вантажному русі; підвищення навантажень на вісь і зниження коефіцієнта тари вантажних вагонів; організація прямування пасажирських і вантажних поїздів по енергооптимальних графіках руху з оснащенням локомотивів системами автоведення.

Отже, важливим етапом в процесі реформування залізниць є реалізація потенціалу енергозбереження, яка повинна здійснюватися через цільові

інвестиційні проекти і програми, прямо або побічно спрямовані на енергозбереження, а також через організаційні заходи господарств залізниць по енергозбереженню і підвищенню енергетичної ефективності їх діяльності. З цією метою в АТ «УЗ» були визначені основні напрямки реалізації енергетичної стратегії, які наведені на рисунку 1.2.

На період до 2030 року АТ «УЗ» планує вирішувати питання енергозбереження за рахунок впровадження сучасних енергоефективних технологій у наступних напрямках: заміна застарілого тягового рухомого складу на новий, більш сучасний, та за рахунок покращення показників використання рухомого складу; електрифікація та переведення на електротягу окремих ділянок залізниць з терміном окупності до 10 років; заміна застарілого електроосвітлювального обладнання на сучасне енергозберігаюче; заміна застарілих котлоагрегатів та переведення котелень на природний газ та електроенергію; модернізація обліку паливно-енергетичних ресурсів та впровадження автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії [5].

Слід відмітити, що одним з основних напрямків реалізації енергетичної стратегії АТ «УЗ» (рисунок 2) є електрифікація залізниць. Серед основних переваг електрифікації залізниць, в контексті енергозбереження, є наступне: скорочення споживання паливно-енергетичних ресурсів, так як для вироблення електроенергії використовується низькосортне паливо і частина його виробляється на гідроелектростанції і атомній електростанції; електрична тяга – це єдиний вид транспорту, який має властивість виробляти і повертати в мережу електроенергію при рекуперативному гальмуванні, яке підвищує безпеку руху, сприяє зниженню зносу гальмівного обладнання; електрифіковані залізниці підвищують завантаження енергосистем (особливо в нічний час), створюють умови для об'єднання окремих енергосистем (при цьому виявляється можливим закрити місцеві нерентабельні електростанції).

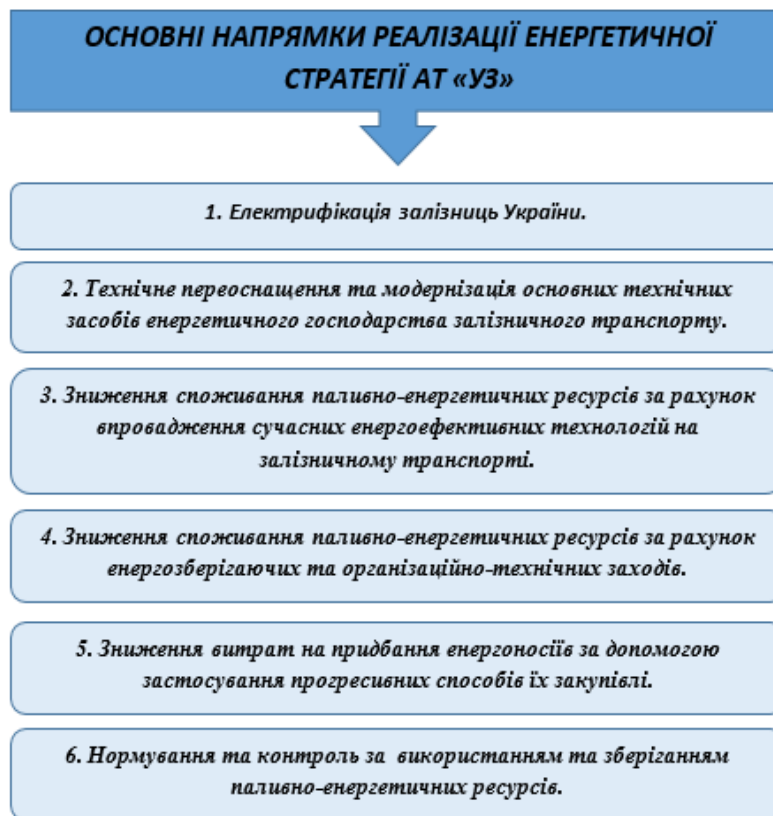


Рисунок 2 – Основні напрямки реалізації енергетичної стратегії АТ «УЗ»

Загальні висновки. В даний час залізниці – найбільш економічний вид транспорту. Серед усіх видів транспорту, залізничний характеризується мінімальними значеннями питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів на одиницю виробленої роботи.

Незважаючи на існуючу низьку питому енергоемність залізничного транспорту, потенціал економії експлуатаційних витрат за рахунок скорочення витрат палива і енергії в галузі і сьогодні є досить відчутним. З огляду на характер і види використовуваних енергоресурсів, основний потенціал енергозбереження на залізниці зосереджений в оптимізації споживання дизпалива (тяга). Виходячи з цього, найбільш важливим фактором економії енергоресурсів на залізничному транспорті є впровадження електричної тяги на базі інноваційних технологій та реалізація енергооптимальних режимів роботи системи тягового електропостачання.

Варто зазначити, що на сьогоднішній день від загальної мережі залізничних доріг електрифіковано 47 %, тобто близько 10 тисяч кілометрів. Основною перевагою електричної тяги є висока економічність (внаслідок більш високого коефіцієнту корисної дії), оскільки електровоз дозволяє забезпечити більшу тягову потужність, підвищити дільничну швидкість, пропускну спроможність і безпеку перевезень. Крім того, немає потреби в сховищах для палива, що також сприяє економічності використання електровозів, в порівнянні з тепловозами.

Л і т е р а т у р а

1. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, Енергоефективність, Конкурентоспроможність». Розпорядження КМУ від 18 серпня 2017 р. № 605р. [Електрон. ресурс] – Режим доступу: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art_id=245239564&cat_id=245239555 (дата звернення: 15.09.2023) Назва з екрана.
2. Комплексна державна програма енергозбереження України. Постанова КМУ від 5 лютого 1997 р. N 148. [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://ips.ligazakon.net/document/FIN41650> (дата звернення: 20.09.2023) Назва з екрана.
3. Потенціал енергозбереження залізниць та напрями його реалізації. [Електрон. ресурс] – Режим доступу: https://radalight.kname.edu.ua/images/Files/Domanskyi/Domansky_63-119.pdf (дата звернення: 25.09.2023) Назва з екрана.
4. Боровик Ю. Т., Єлагін Ю. В. Енергозбереження та енергоефективність як фактори підвищення конкурентоспроможності підприємств залізничного транспорту. Вісник економіки транспорту і промисловості. 2018. № 61. С. 103 – 110. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vetr_2018_61_14. (дата звернення: 25.09.2023) Назва з екрана.
5. Укрзалізниця вирішує питання енергозбереження за рахунок впровадження сучасних енергоефективних технологій. URL: http://old.kmu.gov.ua/kmu/control/publish/article?art_id=24692905 (дата звернення: 25.09.2023) Назва з екрана.
6. Споживання електроенергії та енергозбереження на залізничному транспорті України / І.В. Малишко та ін. Вісник ДНУЗТ імені академіка В. Лазаряна. Дніпро : ДНУЗТ імені академіка В. Лазаряна, 2006. Вип. 12. С. 245 – 248.

ПОКРАЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОВОЗІВ ВЛ80К

Пашкевич В.А. – здобувач вищої освіти гр. 2EEE-маг, vladimirpaskevic4@gmail.com
Дубравін Ю.Ф. – к.т.н., доц., u.f.dubrawin@gmail.com
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

IMPROVEMENT OF ENERGY EFFICIENCY OF VL80K ELECTRIC LOCOMOTIVES

Pashkevych V.A. – student of group 2EEE-mag, vladimirpaskevic4@gmail.com
Dubravyn Y.F. – PhD in Engineering, Associate Professor, u.f.dubrawin@gmail.com
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technology
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The article analyzes the reasons that affect the reliability and energy efficiency of electric drives of AC locomotives of the VL-80k type and considers circuit solutions for their improvement. The paper analyzes possible circuit solutions and proposes a variant of modernization of the electric drive using an active current rectifier based on IGBT transistors with pulse width modulation. The introduction of such a rectifier improves the energy performance of an electric locomotive, provides smooth voltage regulation on traction motors, and increases operational reliability. Studies using a computer model show that the converter meets the required parameters for efficiency.*

Keywords: *electric locomotive, active current rectifier, pulse width modulation, power factor.*

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю поліпшення надійності та енергетичних показників електроприводів електровозів змінного струму типу ВЛ-80к. Основні недоліки електроприводу електровоза наступні: низький рівень надійності електровозів, спричинений наявністю значної кількості контактних комутаційних елементів; ступеневе регулювання напруги на тягових двигунах (ТЕД); некерована випрямна установка на базі напівпровідникових діодів; відсутність рекуперативного гальмування; низькі значення коефіцієнта потужності [1]. Електровози споживають з мережі несинусоїдальний струм, спричиняють спотворення форми напруги, що збільшує втрати електроенергії та негативно впливає на якість електроенергії в системі електропостачання. Враховуючи, що електровози вказаного типу є основою локомотивного парку вантажних електровозів змінного струму залізниць України, підвищення надійності та енергетичних показників електроприводів має актуальне значення.

Метою роботи є проведення аналізу факторів, що впливають на надійність і енергетичну ефективність електроприводів електровозів змінного струму типу ВЛ-80к та пошук схемотехнічних рішень для їх поліпшення. Основними причинами зниження енергоефективності ЕРС електровоза ВЛ-80к є недосконала система регулювання напруги, яка включає контактне, ступеневе регулювання напруги на тягових двигунах. Випрямляч електровоза зібраний на некерованих кремнієвих діодах, що унеможливує заощадження електроенергії за рахунок рекуперативного гальмування. Використання потужних, повністю керованих транзисторів дає змогу створювати для тягових електроприводів економічні та надійні перетворювачі. В роботі представлено спрощену принципову силову схему електровоза ВЛ-80к, електропривод якого включає активний випрямляч струму (АВС) на IGBT транзисторах. АВС дає змогу регулювати кут зміщення перших гармонік струму та напруги в обмотках тягового трансформатора (ТТ) та звести до мінімального значення рівень рекуперативної енергії в колі [2,3]. При цьому коефіцієнт корисної дії наближається до значення рівного одиниці. Зменшуються спотворення напруги та втрати електроенергії в енергомережі. Завдяки використанню алгоритму

широко імпульсна модуляція (ШІМ) АВС забезпечує плавне регулювання напруги на ТЕД в режимі тяги та можливість використання рекуперативного гальмування. Спрощена принципова схема електропривода приведена на рисунку 1. АВС складається з восьми плечей. В кожне плече послідовно включені транзисторні ключі VT1-VT8 з діодами VD1- VD8 .

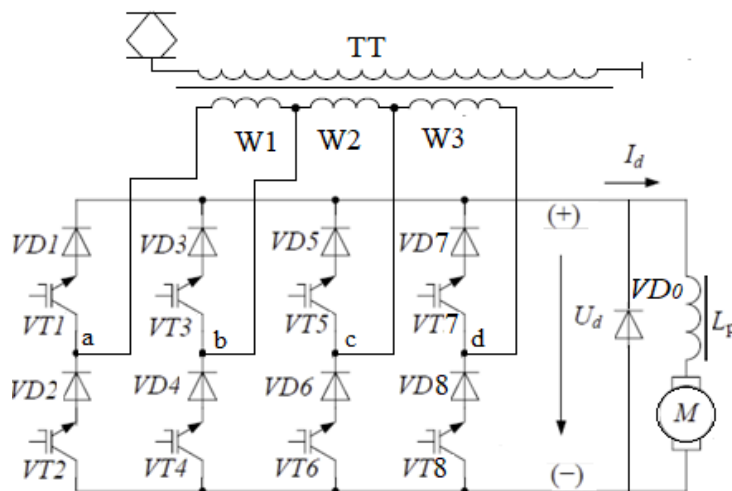


Рисунок 1– Спрощена принципова схема електропривода модернізованого електровоза ВЛ-80к

До точок *a, b, c, d* плечей АВС підключені виводи вторинної обмотки ТТ, яка складається з трьох частин з кількістю витків $W1, W2, W3$. В залежності від прийнятого алгоритму управління можна здійснювати три або чотиризонне регулювання напруги на тяговому електродвигуні М. При високій частоті замикання та розмикання транзисторних ключів на виході АВС формується імпульсна напруга, середнє значення якої U_d залежить від ширини імпульсів. Випрямлений струм в колі ТЕД безперервний завдяки зворотному діоду VD_0 . Згладжуючий реактор з індуктивністю L_p зменшує пульсацію струму i_d в колі двигуна. Результати комп'ютерного моделювання електропривода електровоза ВЛ-80к з АВС представлені на рисунку 2.

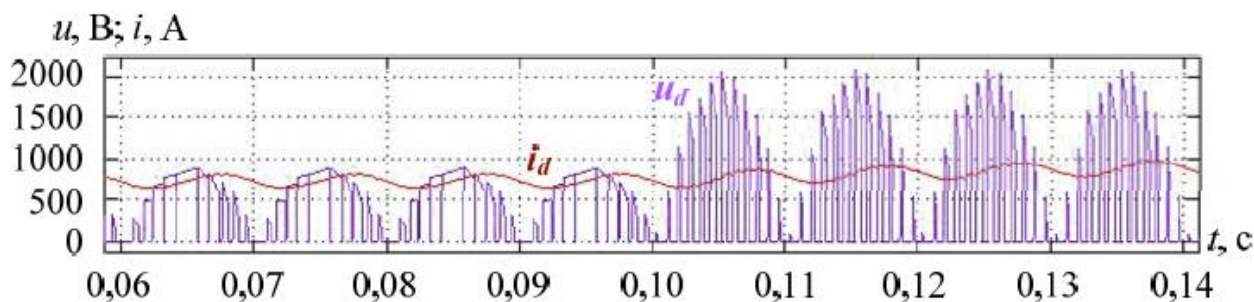


Рисунок 2 – Результати комп'ютерного моделювання напруги, прикладеної до ТЕД, та струму в колі двигуна

З аналізу даних, отриманих при дослідженні комп'ютерної моделі електровоза ВЛ-80к з АВС можна зробити висновок, що ступінь спотворення синусоїдальності кривої напруги при АВС та при ВІП приблизно однакові, а коефіцієнт спотворення синусоїдальності кривої струму при АВС в 2–3 рази менший, ніж при ВІП [4]. Пояснюється цей факт активним формуванням синусоїдальної кривої струму активним перетворювачем. Коефіцієнт потужності електровоза з АВС змінюється в межах від 0,84 до 0,99. При роботі в третій зоні коефіцієнт потужності електропривода з АВС на 19 % вище, ніж у електровоза з ВІП.

Висновок. Використання на електровозах ВЛ-80к активного випрямляча струму на базі IGBT транзисторів забезпечить плавне, безконтактне регулювання напруги на електродвигунах, використання рекуперативного гальмування, підвищиться надійність роботи та поліпшить техніко-економічні показники електровоза.

Л і т е р а т у р а

1. Гетьман, Г. К. Теорія електричної тяги [Текст]: монографія. В 2 т. Т. 1 / Г. К. Гетьман. Дніпропетровськ: Вид-во Маковецький, 2011. 456 с.
2. Краснов О. О., Ягуп В. Г., Божко В. В. Активний тяговий перетворювач з широтно-імпульсною модуляцією для електровоза змінного струму з колекторними тяговими двигунами. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2018. № 4. С. 11-20.
3. Ягуп В. Г., Краснов А. А. Математическое моделирование электропривода электровоза 2ЭЛ5 в режиме тяги. *Збірник наук. праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2017. Вип. 170. С. 20-31.
4. Dubravin, Y., Tkachenko, V., & Spivak, O. (2021). Підвищення енергетичної ефективності тягового електропривода електровоза змінного струму. *Транспортні системи і технології*, (38), 36-51. DOI: <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2021-38-36-4>

ДОСВІД ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ТЕХНОЛОГІЇ ТОЧНОГО НАГРІВУ САДОК ВИРОБІВ В ПРОМИСЛОВИХ ГАЗОВИХ ПЕЧАХ

Пилипенко Р.А. – к.т.н, пров. н. співр., ig.hil-ko@ukr.net
Інститут газу НАН України

Пилипенко О.В. – головний інженер, ig.Pil-ko@ukr.net
ТОВ «Вежа сервіс»

Логвиненко Д.М. – к.т.н., нач. лабораторії, dmytro.logvynenko80@gmail.com
ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ»
Україна, м. Київ

EXPERIENCE OF ENERGY SAVING USING TECHNOLOGY PRECISE HEATING OF GARDEN PRODUCTS IN INDUSTRIAL GAS FURNACES

Pylypenko R.A. – Candidate of Technical Sciences., Leading Researcher,
ig.hil-ko@ukr.net

Gas Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine
Pylypenko O.V. – Chief Engineer, ig.Pil-ko@ukr.net
"Vezh Service" LLC

Logvynenko D.M. – Candidate of Technical Sciences, Head of the Laboratory,
dmytro.logvynenko80@gmail.com
SE "UKRMETRTESTSTANDARD"
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The main provisions for ensuring the effective use of natural gas as a fuel for industrial furnaces are given. The importance of using the technology of precise heating of products and materials for saving gas, improving the quality of products and the excellence of furnaces is shown. The positive results of the application of precise heating technology in chamber furnaces with a rolled floor for heating large, up to 130 tons, metal cages are given. The positive results of the application of precise heating technology in a pass-through small-sized furnace for firing refractories are given*

Keywords: *precision heating technology, high-speed burners, chamber furnace, tunnel furnace, gas saving*

Ефективне використання природного газу в якості палива в промислових печах напряму залежить від якості його спалювання і відповідності процесів спалювання і теплопередачі технологіям термічної обробки виробів і матеріалів. Авторами, в Інституті газу НАН України, розроблена енергоефективна технологія точного нагріву виробів і матеріалів в промислових печах садкового типу різного призначення. Велике значення така технологія має при термічній обробці великогабаритних садок металу або виробів із інших матеріалів в камерних печах періодичної дії, особливо при проведенні складних, багато

ступеневих режимів нагріву, з довготривалими витримками. Для цих печей притаманні 5-10 кратні (а іноді і вищі) коливання теплової потужності. Це приводить до різкого змінення кількості газів, що гріють, порушенню їх аеродинаміки, збільшенню підсосів навколишнього холодного повітря в робочий простір, підвищенню нерівномірності нагріву і, як наслідок, до збільшення тривалості процесу і перевитрат газу.

Не менше значення технологія точного нагріву має при нагріванні садок виробів в прохідних печах, наприклад тунельних, для випалу кераміки і вогнетривів чи ливарних форм. На відмінність від камерних печей потужність прохідної печі не змінюється в часі Гази, що гріють, віддають своє тепло виробам в протитоковому русі по відношенню до них. Швидкість руху газів зазвичай не перевищує $1,0 \div 2,0$ м/с. З поступовим охолодженням газів температурний градієнт по висоті робочого каналу зростає до 250-350 °С, а інколи і більше, особливо на низько температурних позиціях. Такий градієнт температур обумовлений не тільки природним температурним розшаруванням потоку при таких низьких швидкостях його руху, але і наявністю в нижній частині печі відносно великої холодної маси вагонеток і нерегульованих підсосів холодного повітря через нещільності. Всі ці фактори приводять до порушення температурного режиму роботи, зниженню якості виробів, перевитратам палива. Від'ємним фактором в здійсненні технології точного нагріву також є ручне управління обладнанням і процесом.

Незважаючи на різні умови роботи цих печей для них характерні загальні методи досягнення високої рівномірності нагріву і значної економії палива, головними з яких є:

- якісне спалювання газу в обмеженому вільному об'ємі робочого простору;
- виключення прямого контакту полум'я з виробами і створення гріючого газового середовища з заданим температурним рівнем;
- створення гріючого газового середовища з високою рівномірністю температур в об'ємі робочого простору чи в окремих його зонах;
- інтенсивна циркуляція газів, що гріють, навколо садки і через неї;
- забезпечення щільності робочого простору печі и в усьому діапазоні змін теплової потужності і по всій довжині робочого каналу;
- зменшення теплової інерції футерівки печей і вагонеток;
- утилізація теплоти відхідних газів шляхом нагрівання повітря на горіння;
- автоматичне управління тепловою роботою печей.

Всі ці фактори тісно пов'язані між собою і кожен окремо в різній мірі впливає на точність нагріву і економію газу.

Наприклад, тепла інерція футерівки і утилізація тепла відхідних газів в більшій мірі впливають на витрати газу, ніж на рівномірність нагріву. В той же

час щільність печей и рівень автоматизації мають пряме відношення як до рівномірності нагріву, так і до економії газу.

Якісне спалювання газу в технології точного нагріву передбачає його повне згоряння в обмеженому вільному об'ємі робочого простору печі. Цим вимогам відповідають газові пальники з попереднім підготуванням суміші газу з повітрям і з підвищеною, до 100 м/с, швидкістю струменю продуктів згоряння, так звані «швидкісні» пальники. Швидкісні пальники забезпечують жорсткий малогабаритний факел, що зменшує ймовірність його прямого контакту з поверхнею виробів і, як наслідок, виключає їх місцеве перегрівання.

Відомим економічним способом вирівнювання температур в робочому просторі печей є інтенсивна внутрішня рециркуляція газів за рахунок використання кінетичної енергії струменів продуктів згоряння.

Використання швидкісних струменів продуктів згоряння дозволяє не тільки організувати інтенсивну рециркуляцію газів, але і максимально спростити конструкцію футерівки печі і, при необхідності, відмовитись від надлишкового повітря, що сприяє зменшенню витрати палива. Рециркуляція газів навколо виробів, що нагріваються, в цьому випадку здійснюється по контуру, геометрія якого визначається конструкцією і тепловою потужністю печі, температурним інтервалом її роботи, параметрами швидкісного пальника, технологічними вимогами відносно швидкості і рівномірності нагріву.

В Інституті газу Національної академії наук розроблені швидкісні пальники ГН-250 та серія пальників ГНБ потужністю від 80 до 1500кВт.

На базі швидкісних пальників ГН-250 автори застосували технологію точного нагріву на 4-х камерних печах з вконтним подом $6 \times 4 \text{ м}^2$ для термообробки металу, маса якого змінювалась від 25 т до 130 т в залежності від потреб.. Печі призначені для проведення багато ступеневих режимів термообробки різних марок сталей з тривалими, іноді до 72-х годин режимами витримки. При реконструкції печей швидкісні пальники були встановлені в два ряди по висоті печі: на рівні поду з однієї сторони і під склепінням – з другої. При досягненні на поверхні садки заданої температури нагріву і переході на режим витримки верхній ряд пальників відключався, а пальники нижнього ряду працювали в імпульсному режимі «включено-виключено». Після реконструкції печей значно поліпшені показники їх роботи: підвищилась рівномірність нагріву до $(5 \div 10) \text{ }^\circ\text{C}$ і ККД печі, рис. а.

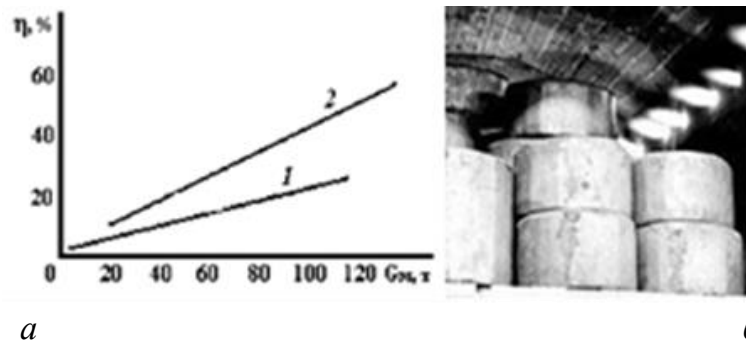


Рисунок – Камерна термічна піч $F_n = 4 \times 6 \text{ м}^2$ з рециркуляцією продуктів згорання:
 а – ККД печі: 1– до реконструкції; 2 – після реконструкції;
 б – робочий простір печі з садкою і з верхнім рядом швидкісних пальників на початку нагріву

Для здійснення технології точного нагріву на тунельній печі ЗАТ «Теплохімонтаж» (м. Старий Оскіл) застосовані пальники ГНБ-80. Піч призначена для випалу легковагових теплоізоляційних вогнетривких виробів загального призначення і складних фасонних вогнетривких виробів густиною для різних теплових агрегатів. Довжина робочого простору печі 24,2 м, ширина 928 мм, висота по боковій стіні до замка склепіння 928 мм. Вироби розміщують у вигляді єдиного пакету на вагонетках довжиною 1100 мм і шириною 850 мм. Піч опалюється природним газом. Температурний режим роботи печі змінний, бо визначається типом продукції, що випалюється.

До реконструкції в бокових стінах зони випалу було встановлено 20 двопровідних пальників 1ГТП-25-15-0,5, по 10 шт з кожного боку печі з кроком 550 мм. В конструкції пальника передбачено змінення положення газового сопла вздовж вісі пальника, що передбачає регулювання довжини і діаметру факелу. В умовах стисненого вільного простору між садкою і бічними стінами і в розривах між пакетами уникнути прямого попадання полум'я на поверхню виробів неможливо. Тому для захисту виробів від прямого контакту з факелом по периметру садки встановлювався муфель, товщина стінки якого становила 200 мм. Однак навіть за наявності муфеля організувати рівномірне нагрівання не вдавалося: різниця температур з боків садки становила від 5 до 20 °С, а нижні ряди садки не обпалювалися.

У зв'язку з необхідністю підвищення продуктивності печі було вирішено усунути муфель, за рахунок чого збільшити місткість вагонетки та замінити морально застаріле газове обладнання печі для того, щоб забезпечити рівномірне інтенсивне нагрівання садка і знизити питому витрату палива. Для досягнення високої рівномірності нагріву ($\pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$) було вирішено застосувати відомий спосіб вирівнювання температур в об'ємі гріючих газів за рахунок їх інтенсивної внутрішньої рециркуляції в просторі між пакетами садки при використанні швидкісних пальників. типу ГНБ У цьому випадку відбувається не тільки

інтенсивне перемішування та усереднення гріючого середовища, але й зростає конвективна складова в теплопередачі від газів до поверхні нагріву, за рахунок чого інтенсифікується та прискорюється нагрівання.

Пальники ГНБ-80 встановлені за дворівневою оппозитною схемою у розриві між пакетами садок сусідніх вагонеток. Ширина розриву між пакетами складає 300 мм. Крок між парами пальників 1100 мм замість колишнього кроку 550 мм. Крок між осями верхніх та нижніх пальників 390 мм. Усього на печі встановлено 10 пальників (5 пар) на п'яти позиціях зони випалу між пакетами садок. Перевірка виробів на якість після реконструкції печі показала, що низ садки обпалений, а верх і низ садки по усадці не відрізняються. Показники температури з боків печі однакові. Порівняльні показники роботи печі до (А) та після реконструкції (Б) представлені в таблиці.

Таблиця – Значення параметрів до (А) та після реконструкції (Б) печі

Параметр	Значення параметру	
	А	Б
Довжина, м: печі	24,2	24,2
зони випалу	4,95	4,4
Ємність вагонетки (варіант:цегла 230 × 114 × 65 мм), шт. на 1 вагонетку	120	150
Видатність печі , шт./добу:		
при 8 штовханнях вагонетки за добу	960	1200
при 12 штовханнях вагонетки за добу	-	1800
Число пальників	20	10
Тип пальника	1ГТП-25-15-0,5	ГНБ-80
Потужність пальника, кВт	100	80
Тиск, кПа: газу (номінальное)	12,0	22,5
Повітря	6,0	4,0
Вміст CO, %, не більше	0,05	0,0001
Вміст NO _x , мг/м ³ , не більше	124	124
Температура обжигу (макс), °С	1550	1550
Нерівномірність нагріву по бокових поверхнях садки, °С	5 - 20	відсутня
Кількість невипалених виробів по низу садки,%	до 10	0,0

Як видно з наведених даних, показники роботи печі після реконструкції повністю відповідають поставленим завданням: довжина зони випалу «під вогнем» скоротилася на 10 %, корисна місткість вагонеток збільшилася на 25 %, продуктивність печі - на 25-67 %. З'явилася можливість прискореного режиму проштовхування вагонеток. Питома витрата газу при цьому скоротилася на 15-

25%; усунуті перекося температури по поверхні садка і, як наслідок, покращено якість випалу.

Висновки. Технологія точного нагрівання матеріалів і виробів здійснена на базі вітчизняних швидкісних пальників дозволяє підвищити якість виробів, підвищити видатність і ККД агрегату, знизити витрати газу і може бути рекомендована до застосування на виробничих і ремонтних ділянках Укрзалізниці.

Л і т е р а т у р а

1. Пилипенко Р.А., Пилипенко А.В., Логвненко Д.М. Основные положения технологии точного нагрева в пламенных печах садового типа. *Энерготехнологии и ресурсосбережение*. 2013. № 5. С. 56-63. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ETRS_2013_5_9.

2. Пилипенко Р.А., Пилипенко А.В., Логвиненко Д.М. Опыт применения технологии точного нагрева при обжиге огнеупорных изделий. *Энерготехнологии и ресурсосбережение*. 2015. № 4. С. 46-51.

АНАЛІЗ ВОДНЕВОГО ПОТЯГУ SIEMENS MOBILITY AND NIEDERBARNIMER EISENBAHN THE MIREO PLUS H AND PLUS B

Романчук Б. О. – магістрант, romanchuk_bo@gsuite.duit.edu.ua

Заїка Д.О. – аспірант, zaika_do@gsuite.duit.edu.ua

*Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ*

ANALYSIS OF HYDROGEN PULL SIEMENS MOBILITY AND NIEDERBARNIMER EISENBAHN THE MIREO PLUS H AND PLUS B

Romanchuk B. O. – master's student, romanchuk_bo@gsuite.duit.edu.ua

Zaika D.O. – Postgraduate student, zaika_do@gsuite.duit.edu.ua

*Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv*

Abstract. *The new Mireo Plus H train does not release anything into the environment except water. It has a range of about 1,000 kilometers, can reach speeds of up to 160 kilometers per hour and can refuel quickly. Over a 30-year lifespan, one train will save up to 45,000 tonnes of CO2 emissions compared to traveling by car. Hydrogen belongs to the future of mobility.*

Keywords: *Rolling stock, Mireo Plus H, hydrogen, environment*

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю зменшення викидів в атмосферу CO₂ та впроваджені сучасних технологій на залізницях.

Метою роботи є огляд та аналіз рухомого складу нового покоління The Mireo Plus H and Plus B.

Водневі поїзди є особливо нешкідливою для клімату технологією приводу, оскільки вони працюють без шкідливих викидів на зеленому водні і виділяють лише водяну пару.

Новий поїзд (рисунок 1) Mireo Plus H [1] не виділяє нічого, окрім води. Він має запас ходу близько 1000 км, може розвивати швидкість до 160 км на годину і може швидко дозаправлятися. За термін служби у 30 років один поїзд заощадить до 45 000 тон викидів CO₂ порівняно з поїздом автомобілем. Водень належить майбутньому мобільності.



Рисунок 1 – Mireo Plus

На виробництво цього локомотива Федеральним міністерством цифрових технологій та транспорту Німеччини було витрачено 13,74 млн євро в рамках Національної інноваційної програми у галузі водневих технологій та технологій паливних елементів. Mireo Plus H, розроблений для проекту H₂goesRail, має запас ходу до 800 кілометрів, таку потужність, як і його електричний багатосекційний аналог, має тягову потужність 1,7 МВт, що забезпечує прискорення до 1,1 м/с², і максимальну швидкість 160 км/год. кілометрів за годину [2].

Одним із ключових факторів, необхідних для того, щоб зробити водневу технологію конкурентоспроможною з дизельним паливом у повсякденній експлуатації, є процес швидкої заправки. Для цього компанія DB розробила новий метод, який вперше дозволяє заправляти водневий поїзд так само швидко, як поїзд із дизельним двигуном. Це особливо важливо з огляду на точний розклад регіональних пасажирських перевезень DB. Водень для поїздів вироблятиметься [3] в Тюбінгені компанією DB Energy з екологічно чистою електроенергією, яка отримується безпосередньо від повітряної лінії електропередач. Наприклад, на

маршруті між Тюбінгеном та Пфорцхаймом перехід з дизельного палива на проектний поїзд H2goesRail дозволить скоротити викиди CO₂ приблизно на 330 тонн на рік. Загалом та залежно від маршруту Mireo Plus H може скоротити викиди на 520 тонн на рік (при загальному пробігу 200 000 кілометрів) [4].

Висновок. Оглянувши та проаналізувавши сучасні потяги нового покоління The Mireo Plus H and Plus B можна сказати, що перехід з дизельного палива на водень дозволить скоротити викиди в атмосферу CO₂ приблизно на 330 тонн на рік, а це дуже суттєвий показник для атмосфери.

Л і т е р а т у р а

1. Final design of Mireo Plus trains revealed by Siemens Mobility and Niederbarnimer Eisenbahn. Режим доступу: <https://www.globalrailwayreview.com/news/143742/siemens-mobility-niederbarnimer-eisenbahn-present-final-design-mireo-plus/>
2. Ver-Bruggen, S. (2022). Powering Progress. Режим доступу: <https://ehr.mydigitalpublication.co.uk/articles/powering-progress>
3. Ku, B. Y. (2022). September 2022 Land Transportation News [Transportation Systems]. IEEE Vehicular Technology Magazine, 17(3), 12-15.
4. Mueller, F., Guerster, M., Obrenović, N., & Bierlaire, M. (2020). Can regional railway become emission-free with recently announced vehicles?-A case study of Bavaria. European Journal of Transport and Infrastructure Research, 20(4), 286-305.

РОЗРОБКА ОРГАНІЗАЦІЙНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАХОДІВ ЩОДО ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ У ЛОКОМОТИВНОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Ступко О.І. – здобувач вищої освіти, stypko_oi@gsuite.duit.edu.ua
Горобченко О.М. – д.т.н., проф., gorobchenko_om@gsuite.duit.edu.ua
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

DEVELOPMENT OF ORGANIZATIONAL AND TECHNICAL MEASURES REGARDING ENERGY SAVING IN THE LOCOMOTIVE INDUSTRY

Stypko O.I. – student, stypko_oi@gsuite.duit.edu.ua
Gorobchenko O.M. – Doctor of Tech.l Sciences, Prof.,
gorobchenko_om@gsuite.duit.edu.ua
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *A significant effect in reducing the consumption of energy resources for train traction is provided by the correct use of locomotive power, high-quality organization of thermal engineering work, the use of technically justified fuel consumption norms, the introduction of automated diagnostic systems for reducing specific fuel consumption into the technology of diesel locomotive repair. It continues to be a serious problem of planning and rationing the consumption of fuel and energy resources in operation. Modern methods of estimating fuel and electricity consumption cannot be considered sufficiently accurate, as they do not fully take into account all the various factors affecting the economy of locomotives, and very rarely use high-precision measuring and control tools. As the analysis of consolidated data on the largest locomotive depots showed, a scientifically based and technically perfect system of rationing, accounting and control ensures a reduction in energy consumption by 8-10% compared to enterprises where insufficient attention is paid to these issues..*

Keywords: *locomotive, traction power, energy efficiency of locomotives, regulation of fuel consumption.*

Актуальність дослідження. Необхідність зниження експлуатаційних витрат у залізничній галузі стає дедалі актуальнішою. У локомотивному господарстві є резерви, які дають змогу економити дизельне паливо на тягу поїздів, зменшувати витрати на поточне утримання локомотивів. Необхідно прискорити впровадження ресурсозберігаючих технологій – як на стадії проектування та виготовлення, так і при заводському ремонті локомотивів.

Мета роботи полягає у визначенні шляхів підвищення енергозбереження при експлуатації локомотивів і іншої критичної інфраструктури залізниць [1].

Значний ефект у зниженні витрати енергетичних ресурсів на тягу поїздів дають правильне використання потужності локомотива, якісна організація

теплотехнічної роботи, застосування технічно обґрунтованих норм витрат палива, широким впровадженням удосконалених інтелектуальних систем керування [2, 3], застосуванням сучасної напівпровідникової техніки в керуванні тяговими двигунами.

Важливе значення має підвищення відповідальності всіх рівнях працівників служби перевезень, посилення контролю над виконанням якісних показників використання локомотивного парку.

Технологічний процес роботи транспорту, як і інших галузей виробничої діяльності, неможливий без використання енергії. У зв'язку з наявністю дефіциту енергетичних ресурсів у країні проблема енергозбереження на залізничному транспорті є однією з найгостріших і першочергових.

Виконуючи майже половину загального обсягу перевізної роботи, що виконується всіма видами транспорту, залізничний транспорт споживає приблизно 15% енергоресурсів, що використовуються загалом транспортом. А якщо розглядати витрати всіх енергоресурсів, то приблизно 5% електроенергії та понад 10% дизельного палива витрачається на виконання залізничних перевезень.

В цих умовах особливе значення набуває розробка теорії енергетичних процесів в тязі поїздів. Наряду з аналізом механіки і енергетики руху поїзда, врахуванням сукупності дії багатьох випадкових і об'єктивних факторів, супутніх перевезеному процесу, необхідно прагнути забезпечити роботу локомотива в режимі близькому до оптимального використання його потужності і сили тяги.

Застосування тиристорних перетворювачів дозволяє виконати безконтактне автоматичне регулювання гальмової сили по заданих обмеженнях при зниженні швидкості, забезпечити плавність процесу гальмування на спусках, простоту й зручність керування гальмом. Безконтактне регулювання може здійснюватися впливом на напругу й струм збудження тягових двигунів [4]. Найбільш широке застосування на сучасному магістральному е.р.с. одержали системи електричного гальмування з незалежним збудженням тягових двигунів при використанні тиристорних збудників.

Створення та впровадження програмних комплексів по розрахунку оптимальних режимів управління локомотивами та режимних карт, які забезпечують економію енергоресурсів за рахунок раціонального водіння поїздів, навчання машиністів прийомам економії ресурсів на тягу поїздів.

Роботи в цьому напрямку ведуться на залізницях багатьох країн. Департаментом локомотивного господарства розроблено спеціальні рекомендації, присвячені методиці розробки режимних карт ведення поїздів, що

забезпечують мінімальні витрати дизельного палива або електроенергії у пасажирському та вантажному русі.

Від використання енергооптимальних режимних карт водіння пасажирських поїздів [5], розроблених за допомогою програмного комплексу (АРМ), за 2018 рік тільки по локомотивному депо Київ - Пасажирський досягнуто зменшення витрат електроенергії на тягу поїздів у розмірі 2,4 млн.кВт, що складає 1,9% від загальних витрат.

Існує і продовжує залишатися актуальною серйозною проблемою планування і нормування витрат паливно-енергетичних ресурсів в експлуатації. Сучасні методи оцінки витрат палива і електроенергії не можуть бути визнані достатньо точними, оскільки в повній мірі не враховують всіх різноманітних факторів, що впливають на економічність локомотивів, дуже рідко використовують високоточні засоби вимірювання і контролю.

Вдосконалення нормування, тобто зменшення витрат палива на одиницю транспортної роботи, дозволяє, поряд із збільшенням обсягів перевезень при даних матеріальних ресурсах, інтенсифікувати процес розширеного відтворення.

Висновок. Як показав аналіз зведених даних щодо найбільших локомотивних депо, науково обґрунтована та технічно досконала система нормування, обліку та контролю забезпечує зниження енерговитрат на 8-10 % порівняно з підприємствами, де цим питанням приділяється недостатньо уваги. Особливу актуальність ці дії мають під час розгляду умов роботи тепловозного парку.

Подяка. Робота виконана за підтримки Національного фонду досліджень України в межах розробки проєкту 2022.01/0224 за темою «Розробка наукових засад комплексного підвищення безпеки, ефективності експлуатації та управління критичними об'єктами залізничного транспорту в умовах післявоєнного розвитку України».

Л і т е р а т у р а

1. Жалкін, С.Г. (2009). Підвищення енергетичної ефективності експлуатації тепловозів. зб. наук. праць. Харків: УкрДАЗТ, 131-143.
2. Gorobchenko, O., & Nevedrov, O. (2020). Development of the structure of an intelligent locomotive DSS and assessment of its effectiveness. *Archives of Transport*, 5
3. Butko, T., Babanin, A., & Gorobchenko, A. (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.
4. Черняк, Ю.В., Гатченко, В.О., & Гаюр, А.В. (2014). Аналіз існуючих і перспективних напрямів застосування рекуперативних систем на транспорті з метою підвищення його енергоефективності. Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту. Сер.: Транспортні системи і технології, (24), 134-139.

5. Барібін, М. А., Фалендиш, А. П., Гатченко, В. О., Клецька, О. В., & Кіріцева, О. В. (2020). Визначення раціональних режимів роботи локомотива та витрат ресурсів з врахуванням інформації з систем глобального позиціонування.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ СКРАПЛЕНОГО ПРИРОДНОГО ГАЗУ В ТЕПЛОВОЗАХ

Сумцов А.Л. – к.т.н., доц., andrijsumtsov@gmail.com

Чигирик Н.Д. – к.т.н., доц., natalia65@ukr.net

*Український державний університет залізничного транспорту
Україна, м. Харків*

PROSPECTS OF USING LIQUEFIED NATURAL GAS IN DIESEL LOCOMOTIVES

Sumtsov A.L. – PhD (Tech), Associate Professor, sal-hiit@i.ua

Chygyryk N.D. – PhD (Tech), Associate Professor, natalia65@ukr.net

*Ukrainian State University of Railway Transport
Ukraine, Kharkiv*

Abstract. *The paper explores the possibilities and advantages of using liquefied natural gas (LNG) as an alternative energy source for railway transportation. It is noted that to utilize natural gas, it needs to be compressed, liquefied, or adsorbed. The primary focus is on gas-diesel engines, which, according to research findings, can significantly reduce CO₂ and NO_x emissions compared to diesel engines.*

The information presented in the study emphasizes the perspective and importance of introducing gas turbine locomotives operating on liquefied natural gas into the modern railway system to achieve greater efficiency and reduce the impact on the environment by reducing fuel consumption and improving the quality of its combustion process.

Keywords: *diesel locomotives, alternative fuel, traction rolling stock, liquefied natural gas, energy efficiency of locomotives*

Актуальність дослідження зумовлена пошуком альтернативних видів палива для забезпечення ефективності використання тепловозів.

Мета дослідження полягає у вивченні можливостей та переваг використання зрідженого природного газу (СПГ) як альтернативного джерела енергії для залізничного транспорту з акцентом на газодизельних двигунах та їхньому впливі на ефективність та екологічну сталість.

Природний газ це ще одна альтернатива використанню дизельного палива. Оскільки енергетична цінність природного газу менша а ніж дизельного палива,

тому перед використанням газу як палива його потрібно стиснути (CNG), зрідити (LNG), або адсорбувати (ANG).

Ефективність технології дизельного двигуна, що працює на газовому паливі газодизельного двигуна, забезпечується використанням менш забруднюючого палива. Згідно з проаналізованими дослідженнями, використання даної технології може знизити кількість шкідливих викидів з відпрацьованими газами приблизно на 70% – NO_x і на 30% – CO_2 у порівнянні з роботою двигуна на дизельному паливі [1].

Зріджений або скраплений природний газ (СПГ) – це природний газ, переважно метан, CH_4 , який був охолоджений до -162°C для зменшення його об'єму приблизно в 600 разів і перетворений у рідку форму для полегшення зберігання та транспортування. Зберігається в охолоджених ізольованих циліндричних резервуарах для підтримки свого стану. Сам процес зрідження відбувається за межами на спеціалізованих газових підприємствах звідки має бути доставлено до локомотивів у цистернах, подібно до практики заправки дизельним паливом. СПГ не має запаху, кольору, нетоксичний і не викликає корозії. Процес зрідження передбачає видалення певних компонентів, таких як пил, кислотні гази, гелій, вода та важкі вуглеводні.

Використання СПГ як горючої речовини дуже схоже до використання дизельного палива (ДП), але має ряд переваг у вигляді значного зменшення викидів CO_2 і його нижчої вартості.

СПГ використовувався як паливо протягом десятиліть і сьогодні перспективним є його застосування на залізничному транспорті в якості заміника традиційного джерела енергії – дизельного палива.

Крім того, двигуни що працюють на природному газі є привабливою альтернативою через значну економію, адже ціни на дизельне паливо в Європі та світі залишаються значно вищими, ніж на природний. Вартість природного газу не залежить від коливань цін на сиру нафту, а відповідно є більш стабільним джерелом енергії.

Згідно з дослідженням, проведеним ЕІА (Управлінням енергетичної інформації), скраплений природний газ відіграватиме все більшу роль в якості палива для вантажних локомотивів у найближчі роки.

Використання природного газу значно зменшує викиди CO_2 та газів, шкідливих для здоров'я людини. У таблиці 1 наведено порівняння шкідливих викидів тепловоза що працює використовуючи СПГ як паливо, та двома аналогічними тепловозами які в якості палива використовують дизель. При цьому всі три тепловози працюють на одному маршруті та на одній і тій же лінії [2].

Таблиця 1 – Кількість шкідливих викидів тепловоза, що працює використовуючи СПГ як паливо, та тепловозами, які в якості палива використовують дизель

Тип локомотиву	Паливо	Шкідливі викиди			
		NO _x	CO	THC	PM
МК 1200 LNG	СПГ	1,40	2,20	3,30	0,09
Baseline Diesel	ДП	17,60	1,83	0,87	0,38
Tier 2 Diesel	ДП	7,30	1,83	0,52	0,21

У таблиці 2 приведені параметри вихідної потужності та кількості шкідливих викидів тепловозів що працюють з використанням СПГ як палива та традиційного дизельного палива [3].

Таблиця 2 – Параметри вихідної потужності та кількості шкідливих викидів тепловозів, що працюють з використанням СПГ як палива та традиційного дизельного палива

Вид палива	Потужність, к.с.	Продуктивність/ ефективність	Шкідливі викиди	
			NO _x (г/к.с.*год)	CH ⁶⁶ (г/к.с.*год)
СПГ	4,141	0,42	7,30	1,16
ДП	4,112	0,43	14,10	0,34

Враховуючи перспективи розширення інфраструктури зберігання, транспортування та розподілення СПГ супутні витрати на впровадження інфраструктури заправлення локомотивів. Особливо це актуально депо, що розташовані на невеликих відстанях від терміналів перевантаження СПГ. Ще однією потенційною можливістю впровадження є модернізація існуючих тепловозів для роботи на СПГ. Однак цей напрям потребує додаткового вивчення.

Висновок. Проведене дослідження підтверджує доцільність використання природнього газу в якості пального для живлення енергетичних установок тепловозів, що потенційно може зменшити експлуатаційні витрати та витрати протягом всього життєвого циклу, а також зробити залізничний транспорт в цілому більш екологічним та енергоефективним.

Л і т е р а т у р а

1. Technologies and potential developments for energy efficiency for energy efficiency and CO₂ reductions in rail systems: International Union of Railways (UIC). Paris, December 2016.
2. Couch, P. Demonstration of a Liquid Natural Gas Fuelled Switcher Locomotive at Pacific Harbor Line. California (USA). (2010).
3. An Evaluation of Natural Gas-fuelled Locomotives. Union Pacific Railroad Company et al. Los Angeles (USA). (2007).

ПОТЕНЦІЙНО ІНДУКОВАНА ДЕГРАДАЦІЯ В ФОТОВОЛЬТАЇЧНИХ МОДУЛЯХ

Трихлєб А.С. – аспірант, jiepontuq@gmail.com
Шведчикова І.О. – д.т.н., проф., shvedchykova.io@knutd.edu.ua
Київський національний університет технологій та дизайну
Україна, м. Київ

POTENTIAL INDUCED DEGRADATION IN PHOTOVOLTAIC MODULES

Trykhlieb A.S. – Postgraduate student, jiepontuq@gmail.com
Shvedchykova I.O. – Doctor of Technical Sciences, Professor,
shvedchykova.io@knutd.edu.ua
Kyiv National University of Technologies and Design
Ukraine, Kyiv

Abstract. *This work investigates PID in photovoltaic modules, its impact on the efficiency and lifespan of PV modules, the causes of PID occurrence, methods of mitigation, and recovery. An analysis of the influence of various factors contributing to PID, such as temperature and humidity, has been conducted. The importance of scientific research on PID is underscored in the context of global efforts to combat climate change. A review of the latest research and developments in the field of PID within PV modules, highlighting materials, designs, and strategies developed to address this issue.*

Keywords: *solar photovoltaics; potential-induced degradation; PV reliability; PV performance; PID.*

Актуальність дослідження зумовлена значним впливом явища потенційно індукованого погіршення (Potential Induced Degradation, PID) на продуктивність и строк служби фотоелектричних модулів.

Метою роботи є огляд останніх досліджень та розробок у сфері PID в фотоелектричних модулях, виокремлюючи матеріали, конструкції та стратегії, розроблені для вирішення цієї проблеми.

Технологія фотовольтаїки грає важливу роль у переході до системи енергії з низьким викидом вуглецю, проте явище потенційно індукованого погіршення PID може суттєво впливати на ефективність та термін служби модулів [1,5]. PID виникає при великій різниці потенціалів між модулем та землею, що спричиняє міграцію іонів та утворення провідних шляхів. Це призводить до зниження потужності та створює проблеми для системи [1-3].

Наукові дослідження та розробки спрямовані на використання нових матеріалів, конструкцій та стратегій пом'якшення для запобігання або пом'якшення PID. Такі розробки, як провідні полімери, антирефлексійні та спеціалізовані покриття, а також стратегії пом'якшення, такі як обхідні діоди та

перетворювачі постійного струму. Розуміння різних факторів, які сприяють PID, таких, як температура та вологість, є критично важливими для розробки ефективних підходів до запобігання та пом'якшення цієї проблеми [3-5].

Таким чином, огляд робіт [1-5] показав важливість наукових досліджень PID в контексті глобальних зусиль по боротьбі зі зміною клімату. Покращення продуктивності та надійності фотоелектричних систем дозволить збільшити їх внесок у перехід до системи енергії з низьким викидом вуглецю.

Висновок. PID становить важливу проблему у галузі сонячної фотовольтаїки. Його вплив на ефективність та надійність систем може бути суттєвим через зменшення потужності та виникнення проблем в роботі фотоелектричних модулів. Наукові дослідження та розробки нових матеріалів, конструкцій та стратегій пом'якшення PID виявляються важливими для подолання цієї проблеми. Розуміння факторів, що спричиняють PID, відкриває можливості для ефективних методів запобігання та подолання цього явища. Дослідження в цій галузі мають велике значення в контексті глобальних зусиль з впровадження низьковуглецевих технологій.

Л і т е р а т у р а

1. Hacke et al.: “Considerations for a Standardized Test for Potential induced Degradation of Crystalline Silicon PV Modules”, PVMRW (2012).
2. Pingel, S.; Frank, O.; Winkler, M.; Daryan, S.; Geipel, T.; Hoehne, H.; Berghold, J. Potential induced degradation of solar cells and panels. In Proceedings of the 2010 35th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, Honolulu, HI, USA, 20–25 June 2010; pp. 2817–2822.
3. Xu, L.; Liu, J.; Luo, W.; Wehbe, N.; Seitkhan, A.; Babics, M.; Kang, J.; De Bastiani, M.; Aydin, E.; Allen, T.G.; et al. Potential-induced degradation in perovskite/silicon tandem photovoltaic modules. *Cell Rep. Phys. Sci.* 2022, 3, 101026.
4. Oh, J.; Bowden, S.; TamizhMani, G. Potential-induced degradation (PID): Incomplete recovery of shunt resistance and quantum efficiency losses. *IEEE J. Photovolt.* 2015, 5, 1540–1548.
5. Dhimish, M.; Badran, G. Investigating defects and annual degradation in UK solar PV installations through thermographic and electroluminescent surveys. *NPJ Mater. Degrad.* 2023, 7, 14.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИЙ СПОСІБ РОЗМОРОЖУВАННЯ ЗМЕРЗЛИХ ВАНТАЖІВ

Троценко Л.М. – к.т.н., завідувач відділу, t-ln@ukr.net

Пікашов В.С. – к.т.н., пров. наук. співр., pikvs@ukr.net

Інститут газу НАН України

Україна, Київ

ENERGY-EFFICIENT METHOD OF DEFROSTING FROZEN CARGO

Trotsenko L.M. – Candidate of Technical Sciences, head of the department, t-ln@ukr.net

Pikashov V.S. – Candidate of Technical Sciences, leading researcher, pikvs@ukr.net

The Gas Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine

Ukraine, Kyiv

Abstract. *An analysis of the existing defrosting systems of loose materials in railway cars was carried out. A new efficient system of heating a heating plant with cargo in railway cars using directed beam-exchange heat exchange is described. The working circuit of the defrosting system is essentially a large-sized low-temperature radiator consisting of long radiating pipes with screens located along the side walls and the bottom of the cars. The results of industrial use and advantages of the system are given. Depending on the climatic conditions, initial humidity and the type of frozen goods, the process of defrosting them in the wagons before unloading through the lower openings in the wagons takes 3-4 hours.*

Keywords: *radiant heating, emitters, thawing of loose materials, railway cars.*

Одним із вузьких місць у роботі підприємств у зимовий час, пов'язаних з отриманням насипних вантажів залізничним транспортом, є їхнє розвантаження. Особливо сильно змерзають руди, рудні концентрати, пісок, вугілля, вапняк, які перетворюються на моноліт.

Застій вагонів через складність вивантаження змерзлих матеріалів ведуть до прямих втрат у вигляді штрафів, що відбивається на собівартості готової продукції. Простий виробничого обладнання через затримки в подачі сировини призводить до значного зниження ККД технологічного обладнання та погіршення економічних показників роботи підприємства в цілому.

Відновлення сипкості змерзлих вантажів і полегшення процесу їх розвантаження виконують двома методами: механічним дробленням і розігрівом вагонів в тепляках. Вивантаження з механічним дробленням трудомістка, малопродуктивна робота, не забезпечує повного очищення вагонів, адже до стінки кожного вагона примірає до 20 % матеріалу, і є однією з причин пошкодження і скорочення терміну служби вагонів.

З точки зору теплової ефективності найбільш ефективним є променисте інфрачервоне опалення. Особливістю інфрачервоного або променистого

опалення є прямий поверхонь, на які йде вплив інфрачервоних променів. За даними [1] економія енергії при променистому опаленні приміщень становить 20-25 % порівняно з іншими способами опалення. Це пояснюється наступним:

1. Звичайну (нормативну для конвективного опалення) температуру повітря в приміщенні можна знижувати на 1–3 °С. Наприклад, у виробничих приміщеннях хороше самопочуття працюючих людей забезпечується при температурі повітря приблизно 17 °С при променистому та приблизно 19 °С при конвективному опаленні;

2. При променистому опаленні немає необхідності прогрівати весь об'єм повітря у приміщенні;

3. Спрямоване нагрівання поверхонь при невисокій температурі залишкового простору значно скорочує теплові втрати з приміщення;

4. Витрати на акумуляцію тепла приміщенням відсутні.

Одним із способів опалення приміщень і розморожування вантажів є нагрівання високотемпературними випромінювачами. Ще в 1950–1960 роках в Інституті газу НАНУ українськими вченими Левіним А.М. і Гречухою Г.М. вперше в СРСР були розроблені безполум'яні пальники для променистого нагріву з перфорованою насадкою, на поверхні якої спалюється паливо, розжарюючи її до температур 800-1000 °С [2].

В свій час на Єнакіївському металургійному заводі було споруджено дослідно-промислому установку для розморожування залізної руди та концентрату у вагонах вантажопідйомністю 62 і 93 т. Зверху вагонів монтувалися безполум'яні панельні пальники ГБП-120, знизу під люками вагонів – пальники ЮГГ-120 ПівденНДГіпрогазу (Україна) та ГБП-120. Розігрів напіввагону зі змерзлим концентратом тривав 3, а з рудою – 2 години. Після цього на відкритому повітрі відбувалося розморожування середнього шару матеріалу протягом ще 2–3 год. Однак даних про подальше використання на підприємстві цієї дослідної установки немає. Крім того, обігрів деяких матеріалів (наприклад, вугілля) з точки зору пожежної безпеки такими пальниками не рекомендований.

Приклад застосування подібної системи інфрачервоного опалення в промисловому секторі є також опалення промислового підприємства «Дніпроспецмаш» в місті Дніпро. Для створення комфортної температури +18 °С на площі 676 м² встановили 13 потужних обігрівачів. Така система витримує температуру до -20 °С без коригування режиму опалення. При цьому вони не викликають хімічні реакції в речовинах, які можуть зберігатися в опалюваних приміщеннях. Дане обладнання пожежобезпечне і не шкодить здоров'ю людини, які теж можуть перебувати під прямими інфрачервоними променями. При використанні такого типу опалення приріст температури по висоті будівлі

складає близько 0,3 °С на метр при відсутності ефекту перегріву верхньої частини приміщень. Це, в свою чергу, веде до зниження витрат на опалення до 30-40%. Відмічені переваги променистого опалення мають великі можливості для регулювання і малу інерційність [3].

Іншим сучасним способом опалення промислових приміщень та нагріву об'єктів є опалення низькотемпературними випромінювачами з температурою поверхні 200–400 °С різних конструкцій. К.К.Д. таких випромінювачів вище, ніж високотемпературних в 2-2,5 рази, так як у низькотемпературних випромінювачів втрати тепла з відхідними газами менше, ніж у високотемпературних випромінювачів. До того ж такі випромінювачі можуть бути використані для безпечного нагріву поверхонь, наприклад, донної частини вагонів, виключаючи перегрів гальмівних пристроїв. Це є актуальним для підприємств, які не мають у своєму арсеналі вагоноперекидачів і сипкі матеріали вивантажуються через спеціальні люки у днищі вагонів.

Відомий досвід у відновленні сипкості змерзлого вугілля у залізничних вагонах для вивантаження через нижні люки фірми Heatstar [4]. Блоки газових радіаційних низькотемпературних випромінювачей встановлюються між залізничними рійками та вздовж обох боків від бокових стінок вагонів таким чином, щоб інфрачервоний потік теплової енергії був спрямований переважно на нижню частину вагонів. Однак даних по надійності роботи таких панелей, встановлених під вагонами, немає. А капітальні та експлуатаційні витрати при використанні великої кількості нагрівачів високі, так як кожен з нагрівачів має автономні системи газо-повітропостачання та автоматики. Крім того, при розморожуванні вагонів з вантажами за рахунок встановлення окремих випромінювачей під вагонами існують ризики засмічення панелей, що може викликати аварійну ситуацію.

Для розморожування змерзлих сипучих вантажів в Інституті газу НАН України розроблена та експлуатується на Побужському феронікелевому комбінаті система обігріву вагонів у тепляку розмірами 12×5,4×90 м (рис. 1) з одночасним розміщенням 12-ти вагонів вантажопідйомністю по 70 т (два ряди по шість вагонів). Робочий контур системи розморожування є по суті великогабаритним низькотемпературним випромінювачем, що складається з протяжних випромінюючих труб довжиною 90 м з екранами [5]. Теплоносієм у випромінюючих трубах є продукти спалювання від теплогенератора з температурою 200-400 °С.

Ця система має значну перевагу перед раніше відомими системами інфрачервоного нагріву – надійний та безпечний прогрів донної частини вагонів. Крім нагріву вантажів у вагонах за рахунок випромінювання, відбувається їх

нагрівання конвекцією, так як нагріте від труб і екранів повітря піднімається вгору за рахунок природної циркуляції і нагріває верхню частину вагонів і поверхню вантажу.



а



б

Рисунок – Тепляк Побузького феронікелевого комбінату: а - зовнішній вигляд гаража-розморожувача з боку приміщення для встановлення теплогенераторів та відповідного обладнання; б - внутрішні приміщення гаража-розморожувача з гріючими трубами і відбивають екранами.

Розміри труб та екранів робочого контуру, їх розташування, теплова потужність теплогенератора, режим роботи системи визначені з урахуванням оптимальної опроміненості та збереження корпусу вагонів та підшипників ковзання колісних пар від перегріву. Для вимірювання температури теплоносія встановлено термопари на вході і виході з робочого контуру. Контроль температури корпусу вагонів і колісних пар здійснюється радіаційними низькотемпературними пірометрами.

При однакових витратах на будівельні роботи приміщення тепляка капітальні та експлуатаційні витрати такої системи опалення значно менше, ніж при встановленні великої кількості окремих випромінювачів. Робочий контур такої системи складається зі звичайних сталевих труб, не вимагає розгалужених систем газопостачання та автоматики (в даному випадку один теплогенератор на склад із шести вагонів), може бути зібрана з вітчизняних комплектуючих та матеріалів.

Температура випромінюючих труб виключає виникнення аварійної чи пожежонебезпечної ситуації, а забруднення і запиленість труб легко усуваються. Крім того, низькотемпературні випромінюючі труби можуть бути максимально наближені до поверхонь, що нагріваються. Це забезпечує компактність будівлі тепляка. При цьому в компактному приміщенні роль природної конвекції для нагрівання вантажів збільшується.

Промислові випробування такої системи показали її надійність та ефективність для розморожування вантажів. Температура на зовнішній поверхні

бічних стін вагонів і на колісних парах за весь процес обігріву вагонів в гаражі-розморожувачі не досягала граничних значень: 90 ° С для стін вагонів і 65 ° С для підшипників ковзання, що забезпечувало цілісність рухомого складу. Залежно від кліматичних умов, вихідної вологості і виду змерзлих вантажів процес їх розморожування у вагонах перед розвантаженням через нижні люки вагонів не перевищував 3-4 години.

Шар змерзлих матеріалів, прилеглий до стін і днища вагонів, відтавав і відновлював свою сипкість відповідно до раніше проведених розрахунків [6]. Відзначено також, що після припинення подачі палива на теплогенератор і виключення системи рух тепла всередину вагонів від відтанутих і нагрітих пристінних шарів тривав за рахунок теплопровідності матеріалів, що дає можливість удосконалення режиму нагріву за рахунок імпульсної подачі палива.

Висновки. Система розморожування вантажів на основі загального контуру випромінюючих труб конструкції Інституту газу НАНУ може бути використана при різних способах розвантаження вагонів, відповідає технологічним умовам виробництва, забезпечує збереження рухомого складу, не викликає якісної зміни вантажів, пожежобезпечна. Вона економічна, оскільки передбачає мінімальні капітальні та експлуатаційні витрати, має ресурс економії палива за рахунок освоєння імпульсної подачі палива. Такі системи можуть бути адаптовані для опалення виробничих приміщень та використання різних видів палива.

Л і т е р а т у р а

1. Ратушняк Г.С. Шпіта Д. А. Енергоефективні системи опалення промислових будівель. Вінницький національний технічний університет, 2016 <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2016/paper/viewFile/1663/1367>
2. Левин А.М., Гречуха Г.М. Газовые горелки инфракрасного излучения. *Строительство и архитектура*. 1958. № 8. С. 28.
3. Промислове повітряне опалення. Режим доступу: <http://termoeng.com.ua/solutions/promishlennoe-otoplenie-i-vodosnabzhenie/vozdushnoe-otoplenie/promyshlennoe-vozdushnoeotoplenie/>
4. Rail car thawing. Режим доступу: <https://www.enerco.com/process/rail-car-thawing>
5. Деклараційний патент на корисну модель № 67932 від 12.03.2012 р. Пікашов В.С., Троценко Л.М., Великодний В.О., Виноградова Т.В., Зуй К.О. Система розморожування сипучих вантажів, що змерзлись, в залізничних вагонах.
6. Колесник В.В., Орлик В.М., Пікашов В.С., Троценко Л.М. та інші. Математичне моделювання та розрахунок процесу радіаційного нагріву змерзлих вантажів. *Екотехнології та ресурсозбереження*. № 1. 2006. С. 70-75.

ANALYSIS OF WAYS OF IMPROVING THE QUALITY OF ELECTRICAL ENERGY

Atef Saleh Almashakbeh – Doctor of Electrical Engineering Sciences, Professor,
dr.almashakbeh@gmail.com, atef@ttu.edu.jo
Electrical Power and Mechatronics Engineering Department,
Tafila Technical University
Tafila, Jordan

Abstract. *This work analyzes the quality of electrical energy. Indicators of the quality of electrical energy, the impact of a decrease in the quality of electrical energy on the operation of electrical equipment and measures to control and improve the quality characteristics of electrical energy are presented.*

Key words: *electrical energy, energy quality, energy characteristics.*

The purpose of the work is to analyze the current issue of energy quality, its impact, consequences and improvement measures to ensure the normal functioning of modern electrical equipment.

The development of society and industry is accompanied by the growing electrical energy consumption. The concept of quality (energy supply without distortions) of electricity and efficiency of electricity use (obtaining the maximum useful effect from its use) should be considered as one. For this reason, it is necessary to optimize both energy consumption and its transmission and use, which is a guarantor of the correct functioning of electrical equipment.

The quality of electric energy is a set of properties of electric energy in accordance with the established standards, which determine the degree of its suitability for use as intended.

The main quality indicators include:

- voltage deviation from its nominal value;
- voltage fluctuations from nominal;
- non-sinusoidal voltage;
- voltage asymmetry;
- frequency deviation from its nominal value;
- duration of voltage dip;
- voltage pulse;
- temporary overvoltage.

A decrease in the quality of electricity can lead to the following negative consequences:

Voltage deviations from the nominal value have a significant impact on the operation of electric motors. When the voltage at the motor terminals decreases, the magnetizing reactive power decreases, and at the same power consumption, the motor

current increases, which causes overheating of the insulation. Increased insulation wear leads to a reduction in motor life. With a significant decrease in voltage at the terminals of an asynchronous motor, an “emergency stop” is possible, a sharp drop in the torque on its shaft and a significant increase in the current in the stator windings, which can lead to fire. A decrease in voltage also worsens the conditions for starting the engine, since it reduces its starting torque. An increase in voltage at the motor terminals leads to an increase in the reactive power consumed by it, which must be compensated.

In the case of long-term operation of electric motors at reduced voltage, in particular at the level of 90% of the nominal value, the service life of the motor insulation is reduced by 18-20%, which significantly reduces the productivity of technological mechanisms that are driven by this electric motor. A 1% increase in the voltage at the terminals of a conventional asynchronous motor causes an increase in the no-load current and the reactive power consumed by the motor by approximately 3%. But at the same time, there is a transition to the non-linear part of the magnetization curve, which is the source of the generation of higher voltage harmonics. An increase in voltage leads to an increase in the margin of static stability of the load node.

According to the operating conditions of the network isolation, it is allowed to increase the voltage above the nominal value for the network:

- up to 35 kV no more than 20%;
- 35–220 kV no more than 15%;
- 330 kV no more than 10%;
- above 330 kV no more than 5%.

As you know, the balance of active power in the network determines the frequency level. With the help of control systems, the balance of active power at a frequency of 50 Hz is ensured. If the power balance is disturbed, the frequency in the network also changes. The reason for the imbalance can be the emergency shutdown of generators, any element of the electrical system, switching on and off of consumers. The distribution of power when changing the frequency differs from the optimal one, which causes an increase in power losses and a decrease in the equipment's service life due to overheating of the insulation.

Higher harmonics arising in networks as a result of the operation of non-linear loads: thyristor converters; equipment that uses an electric arc cause not only losses of power and energy, but also violations in the operation of relay protection, anti-emergency automation, and control devices, which leads to violations of technological processes.

The influence of harmonics on electrical equipment:

- An increase in the transported power and a decrease in the power factor of the network;
- Unauthorized activation of automatic switches;

- Overloading of conductors;
- Vibrations and overloading of various mechanisms;
- The emergence of instability in energy systems;
- Faulty operation of relay protection devices;
- A decrease in the reactive resistance of capacitors ($X_C = 1/\omega C$), which can cause an emergency situation in automatically regulated capacitor banks installed to increase the power factor, when the phenomenon of resonance occurs (that is, when the inductive and capacitive reactive resistances are equal $X_L = X_C$);
- Erroneous indicators of measuring equipment;
- Obstacles in control devices.

Sources of harmonics:

- Electromagnetic and electronic ballasts of lighting systems
- Electric welding equipment
- Single-phase electrical equipment
- Electromagnetic chokes for gas discharge lamps
- Soft start devices
- Adjustable electric drives.

Measures to improve the quality of electricity:

- organizational, which includes measures to improve operational maintenance of electrical networks and optimize their schemes and modes. These measures are practically inexpensive:
 - measures to limit starting and operating currents of asynchronous electric motors;
 - measures to reduce the reactive resistance of the main receivers with sharply variable shock loads, including welding equipment, induction furnaces, etc.;
 - measures for the selection and uniform distribution of loads of a similar nature;
 - measures to compensate reactive power by a combined method with the integration of compensating capacitors, installations, capacitor batteries as close as possible to the main load;
 - measures to block clogging of the network by higher-order harmonics with the help of passive and/or active harmonic filters, including within the framework of complete power factor correction installations.
- technical measures aimed at reconstruction, modernization and construction of networks;
- optimization of voltage regulation laws in power centers of open networks 36–150 kV;
- optimization of stable modes of closed networks in terms of reactive power and transformation coefficients;

- voltage level of power sources in the network;
- optimization of circuit breaker points of networks 110 kV and higher with several nominal voltages;
- optimization of 6–35 kV network disconnection locations with two-way power supply;
- optimal switching on of transformers at substations in the mode of light loads (turning off part of the transformers; economic modes of operation of transformers);
- installation of reactive power compensation devices on the cable line. The devices allow you to stabilize the power factor in a three-phase network;
- replacement of high-side transformers with modern installations with on-load tap-changer (on-load regulation) function;
- installation of compensators in the cable electrical network, synchronizing the amount of generated power in automatic mode;
- installation of capacitor banks in the network;
- leveling of the network load schedule;
- equalization of loads of phases of low-voltage networks.

Conclusions.

As the analysis carried out in the work showed, the quality of electrical energy is an important factor that significantly affects the operation of electrical equipment. In practice, there are many ways to assess power quality parameters. As a rule, these indicators are expressed in a sharp change in the amplitude of the sinusoid, which describes fluctuations in the alternating current network. Exceeding the nominal values by an amount not exceeding 5% is considered normal, and such parameters do not in any way affect the operational characteristics of the electrical network. When the deviations increase to 10%, the energy quality requires improvement, but is still within acceptable values. If these quality characteristics are exceeded, special measures must be taken to improve operational parameters.

First of all, at industrial enterprises it is necessary to control the quality indicators of electrical energy.

It is also important to take into account the mutual influence of the power system and consumers, as well as their impact on power quality indicators,

To properly take into account the mutual influence of enterprises and energy systems on the quality of electricity, it is necessary to develop special recommendations.

References

1. Popa, Gabriel. (2022). Electric Power Quality through Analysis and Experiment. *Energies*. 15. 7947. 10.3390/en15217947.

2. Tur, Mehmet Rıda. (2018). Solution Methods and Recommendations for Power Quality Analysis in Power Systems. 2. 1-9.
3. Janakrani Wadhawan, Updesh Pandey, Mala Yadav, Amit Kumar Kesarwani, 2020, A Review on Power Quality Problems and Improvement Techniques, INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING RESEARCH & TECHNOLOGY (IJERT) ENCADEMS – 2020 (Volume 8 – Issue 10).
4. Singh, M., Khadkikar, V., Chandra, A., & Varma, R. K. (2010). Grid interconnection of renewable energy sources at the distribution level with power-quality improvement features. *IEEE transactions on power delivery*, 26(1), 307-315.
5. Bakhteev, K., Fedotov, A., & Misbakhov, R. (2018, November). The Improving quality of power supply to industrial consumers using high-power energy storage. In *2018 IEEE 59th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON)* (pp. 1-5). IEEE.
6. S. Koshy, M. S. Ballai and H. M. Suryawanshi, "Power quality analysis and its effects on energy meter readings and life expectancy," *2014 International Conference on Circuits, Power and Computing Technologies [ICCPCT-2014]*, Nagercoil, India, 2014, pp. 674-679, doi: 10.1109/ICCPCT.2014.7055021.
7. Hernández-Mayoral, E.; Madrigal-Martínez, M.; Mina-Antonio, J.D.; Iracheta-Cortez, R.; Enríquez-Santiago, J.A.; Rodríguez-Rivera, O.; Martínez-Reyes, G.; Mendoza-Santos, E. A Comprehensive Review on Power-Quality Issues, Optimization Techniques, and Control Strategies of Microgrid Based on Renewable Energy Sources. *Sustainability*, 2023, 15, 9847. <https://doi.org/10.3390/su15129847>.
8. Manoj, V., Khampariya, P., & Pilla, R. (2022). A review on techniques for improving power quality: research gaps and emerging trends. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 11(6), 3099-3107.
9. Renato Kazuo Miyamoto, Alessandro Goedel, Marcelo Favoretto Castoldi, A proposal for the improvement of electrical energy quality by energy storage in flywheels applied to synchronized grid generator systems, *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Volume 118, 2020, 105797, ISSN 0142-0615, <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2019.105797>.
10. Granados-Lieberman, D., Romero-Troncoso, R. J., Osornio-Rios, R. A., Garcia-Perez, A., & Cabal-Yepez, E. (2011). Techniques and methodologies for power quality analysis and disturbances classification in power systems: a review. *IET Generation, Transmission & Distribution*, 5(4), 519-529.

DETERMINATION OF THERMAL INERTIA OF AIR IN THE CABIN OF A CITY BUS WITH AN AIR-CONDITIONING SYSTEM

Chuiko S.P. – PhD, expertauto@ukr.net

*Separated structural subdivision “Zhytomyr Automobile and Road Professional College of the National Transport University”,
Zhytomyr, Ukraine*

Gerlici J. – Dr. Ing, Prof., juraj.gerlici@fstroj.uniza.sk

*University of Zilina
Zilina, Slovakia*

Kravchenko O.P. – Dr.Tech.Sc., Prof., avtoap@ukr.net,

oleksandr.kravchenko@fstroj.uniza.sk

*University of Zilina
Zilina, Slovakia,*

*Zhytomyr Polytechnic State University,
Zhytomyr, Ukraine*

Abstract. *The decision to determine the thermal inertia of the air in the interior of a city bus was considered for the feasibility of reviewing the use of air conditioning as a factor in reducing energy consumption. The results of operational tests were obtained at an ambient temperature of +25 to 34°C. It has been established that solar energy absorption and thermal conductivity are the dominant factors in bus structures. The thermal inertia of air is an important parameter for reducing the load during heating and cooling.*

Keywords: *bus cabin, thermal inertia, temperature environment.*

Relevance of research. The most important factor in the transportation process by public transport is the microclimate in the cabin. The issue of regulation and management of air parameters in the bus cabin becomes more acute when modern monitoring of bus operation using GPS-navigation is introduced at the automotive companies.

The microclimate in the bus cabin depends on the peculiarities of the systems of heating, ventilation, conditioning, and also the range of the construction parameters of the bus itself (cabin tightness, engine location, its thermal insulation, thermal conductivity of lining and filling materials of the side walls, passenger presence, the degree and the type of windows glazing, conditioner management) [1].

Car air conditioners refer to the class of energy consumers which, in the presence of internal combustion engines, directly depends on fuel consumption. One of the key peculiarities of this approach lies in the fact that there are still not enough data in the technical description of the suppliers or main characteristics of the transport means, and it requires conducting additional experimental tests.

Reducing accumulation of the excess heat in the cabins of the transport means, and providing corresponding levels of the temperature environment may favour

increasing fuel saving, power reserve, reliability, durability, comfort of the passengers and the driver, and transportation safety [2]. Improvements in in-car temperature management remain key as new technologies drive consumer demand for excellence in the transportation process. In this regard, the interior area plays the main role in ensuring the overall thermal comfort of passengers and the driver. Thermal inertia in the interior of public transport, as a factor of heat input in the warm period of the year, is decisive for calculating the performance of the air conditioning system.

The Aim of the work lies in creating technological solutions to ensure energy efficiency when working with an air conditioner.

The analysis of approaches to the optimal microclimate management [3-7] shows that the contemporary tendency in this sphere is the development of management systems as to energy expenditures and comfort.

The mainstream thought that the temperature of the air inside the space (including the space inside the passenger transport cabin) practically always coincides with the temperature of the fencing constructions of this space. Under the conditions of the active air conditioning of the passenger cabin such a statement remains not always correct.

The temperature of the cabin walls and seats remains practically unchanged within this period. Therefore, while choosing the air conditioning system in the bus cabin, it is necessary to consider real heat inertiality of the cooled air in the conditioner coming through the cabin. The optimal energy consumption and the heat comfort in the cabin for the passengers can be calculated and modelled via the theory of the heat transfer, the heat balance method and the heat transfer coefficient [8].

The heat transfer is a complex exchange consisting of its separate kinds. Based on the theory of heat transfer there are three mechanisms of heat transfer: conductivity, convection, radiation. The heat transfer into the bus cabin in the warm season of the year is the dominating process due to the difficulty of the transport means construction (windows, sides of different layers, floor, roof and doors) as all the criteria of the heat transfer are present. The heat inertiality may be considered as the material property to accumulate the heat and retard its transfer into the outer environment, that is it is the level of slowness of reaching the temperature of the outer environment. Therefore, the heat inertiality is an important parameter of the heat comfort in the bus cabin and it favours loadings reduction while cooling the cabin with the conditioner in the warm season of the year within the certain time.

Full-scale experimental research of the thermal loading of the passenger bus MAZ-206 cabin were conducted while its motion on the route. The conditioner Revo 25 with the maximum volume of the air flow 4,640 m³/h and the two-channel conditioning system [9] was installed in the bus. It was determined the temperature

parameters of the outer air and the air inside of the cabin: temperature, motion speed, relative air humidity.

Control measurements of the air parameters were conducted in one minute before the stop and in one minute after the beginning of the bus motion from the stop. The measurement points were located in the zone of the sitting passenger head in the volumes. The research of the heat loading was conducted on the passenger bus cabin only, as the motor compartment provides heat insulation with the thermal and noise insulation material and padding by the perforated zinc-coated sheet, and the driver's stall is not adjacent with the present bus conditioning system and is not the subject to consider in this work.

Graphic interpretation of the temperature change in the bus MAZ-206 cabin per relevant time of the conditioner work on the route is presented in Figure 1.

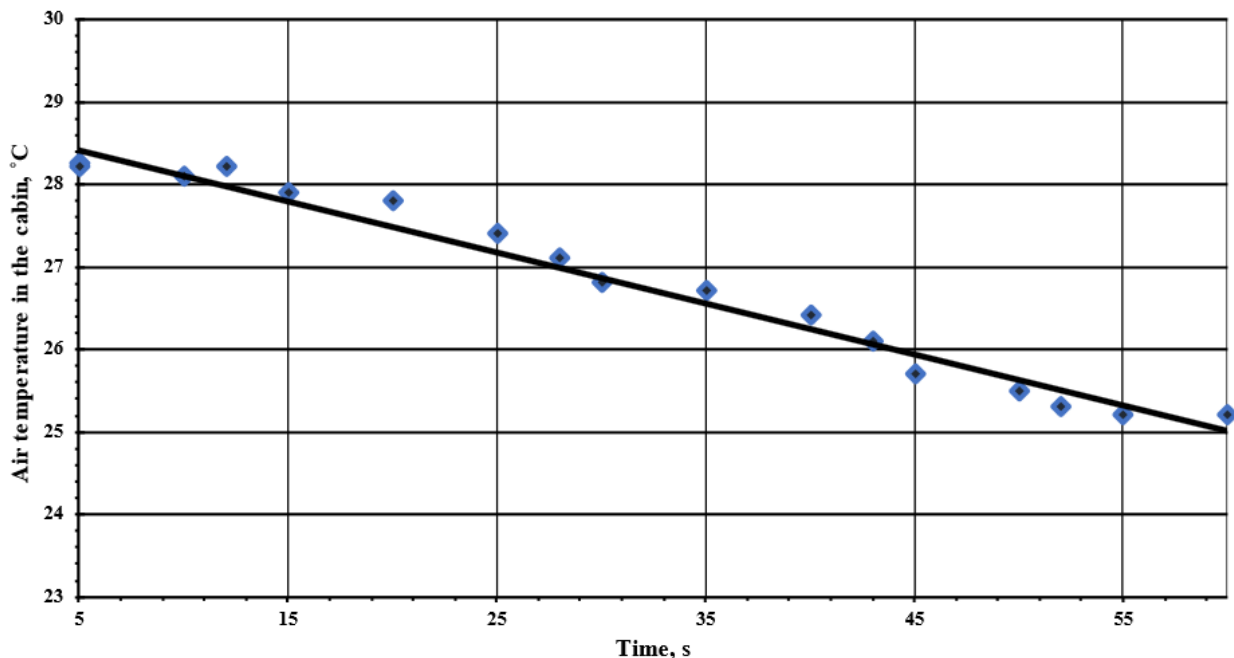


Figure 1 – Experimental confirmation of the dependence of the cooling rate of the bus interior at an external air temperature of +31°C

It may be seen from the graph of temperature decreasing in the bus to the optimal values (Figure 1) that it takes place by the linear dynamics of the climate stability reproduction and it explains inertia of the air in the cabin.

The research conducted prove calculations of the reproduction duration of the relevant temperature mode in the bus cabin, meanwhile air inertia does not exceed 2 minutes after closing the doors at the stop. It demonstrates that even at increasing heat inertiality of the air under certain conditions twice, thermal comfort will not influence the common microclimate in the bus cabin and it will decrease the loading on the conditioner.

Thus, it is practically possible to decrease thermal inertiality due to dramatic increase in the amount of air amount that is supplied to the cabin. It is possible via increasing the power of the ventilation or the conditioner that supplies already cooled air. Accordingly, in some short time there is no need in supplying such an additional portion of the air. The solution of the problem is seen in preliminary cooling in the bus cabin at the end stop before the route performance. It, in its turn, gives the opportunity to use the conditioner of the lower power as providing the proper microclimate is already possible taking into account short thermal inertiality that is experimentally proved.

Conclusion. The solution to the problem can be seen in the pre-cooling of the bus cabin at the final stop before the flight. This, in its turn gives the opportunity to use the conditioner of the lower power as providing the proper microclimate is already possible considering short thermal inertiality.

R e f e r e n c e s

1. Kravchenko O., Hrabar I., Gerlici J., Chuiko S., Kravchenko K. Forming comfortable microclimate in the bus compartment via determining the heat loss / Communications. Scientific Letters of the University of Zilina. 2021. Vol. 23 (2), P. B150-B157. <https://doi.org/10.26552/com.C.2021.2.B150-B157>.
2. Marshall, G.J.; Mahony, C.P.; Rhodes, M.J.; Daniewicz, S.R.; Tsolas, N.; Thompson, S.M. Thermal management of vehicle cabins, external surfaces, and onboard electronics: An overview / Engineering 2019, 5, 954-969. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2019.02.009>.
3. Pervez S., Nursyarizal N., Perumal N., Irraivan E., Taib I. A review on optimized control systems for building energy and comfort management of smart sustainable building / Renewable and Sustainable Energy Reviews. Vol. 34, 2014 pp. 409-429.
4. Жуковский С.С. Организованная естественная вентиляция салонов автобусов: Дис. ... канд. техн. наук 05.23.03 Львовский политехнический институт. Львов, 1984. 240 с.
5. Tosun E., Bilgili M., Tuccar G., Yasar F., Aydin K. Exergy analysis of an inter-city bus air-conditioning system. Int. J. Exergy, Vol. 20, № 4, 2016 pp. 445-464.
6. Xianghao S., Shumin F., Zhenning L. Analysis of bus passenger based on passenger load factor and in-vehicle time. Peoples Republic of China, 2016.
7. Norin F., Wyon D. Driver Vigilance. The Effects of Compartment Temperature. SAE 920168, 1992.
8. Sahraei, H. Interior Climate U-Value Calculation and Optimization for Electric Buses at Volvo Buses / Master's Thesis, Department of Mechanics and Maritime Sciences, Chalmers University of Technology Gothenburg, Gothenburg, Sweden, 2020. Available online: <https://odr.chalmers.se/bitstream>.
9. Кондиционеры для автомобильной техники [Электронный ресурс]. Режим доступа : http://falkat.com/images/services/ETL_MAZ_206_REVO_250.

СЕКЦІЯ 5: СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ПРОМИСЛОВОСТІ

SECTION 5: MODERN TECHNOLOGIES IN INDUSTRY

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ВИТРАТ ПАЛИВА

Бондаренко О.В. – магістрант, bondarenko_ov@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

ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF USING MODERN TECHNOLOGIES TO REDUCE FUEL COSTS

Bondarenko O.V. – master's student, bondarenko_ov@gsuite.duit.edu.ua

Malyuk S.V. – Art. Teacher, maliuk_sv@gsuite.duit.edu.ua

Kyiv Institute of Railway Transport

State University of Infrastructure and Technologies

Ukraine, Kyiv

Abstract. *The work shows the impact of using modern technologies in the design of diesel locomotives, which determines the degree of economy, reliability in specific operating conditions, allows to achieve optimal consumption of primary energy resources. Achieving optimal operational characteristics, along with saving energy resources, is achieved by improving the design of the diesel generator set, rational use of fuel and energy resources for train traction.*

Keywords: fuel, economy, modern technologies, consumption, energy resources.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю впровадження сучасних технологій на вітчизняних тепловозах для покращення техніко-економічних показників та економії дизельного палива.

Метою роботи є аналіз технологій підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів на рухомому складі залізниць. В результаті проведеного дослідження виявлено, що основними елементами економії енергетичних ресурсів під час експлуатації рухомого складу залізниць є використання сучасних технологій на тепловозах

Витрата палива є однією з основних проблем, з якими стикаються залізниці України. Тепловози, які використовуються для руху поїздів, споживають

величезні обсяги дизельного палива, що позначається як на економічній ефективності, так і на негативному впливі на довкілля.

Існує кілька основних факторів, які впливають на витрату палива тепловозів. До них відносяться вага поїзда та складу, швидкість руху, тертя колеса об рейки, ступінь опору повітря, рейкова геометрія та погодні умови. Всі ці фактори є складною системою взаємопов'язаних параметрів, які суттєво впливають на ефективність використання палива на тягу поїздів.

Існує низка способів оптимізації витрати палива у тепловозів. Один із них – удосконалення системи керування двигуном. Шляхом регулювання параметрів роботи двигуна можна досягти більш ефективного спалювання палива і, як наслідок, зниження його витрати. Також важливим способом оптимізації є зниження загальної ваги поїзда та поїзда. Зменшення ваги дозволяє зменшити необхідну потужність тепловоза та, як наслідок, споживання палива.

Оптимізація витрати палива є одним із ключових завдань у залізничній промисловості. Тепловози є основними засобами транспорту для перевезення вантажів залізницею, та ефективне використання палива має велике значення для економічної ефективності та екологічної стійкості даного сектора промисловості.

Зниження витрати палива призводить до значної економічної вигоди. Паливо є одним із основних витратних факторів в експлуатації тепловозів, тому його оптимізація може скоротити витрати на паливо та покращити фінансові показники залізничних компаній. Більш ефективне використання палива також може збільшити пропускну спроможність залізничних ліній, зменшити тимчасові витрати на навантаження та розвантаження, а також знизити витрати на обслуговування та ремонт обладнання.

Крім того, оптимізація витрати пального сприяє скороченню негативного впливу на довкілля. Тепловози є одними з найбільших джерел викидів парникових газів, у тому числі вуглекислого газу та діоксиду азоту. Зниження витрати палива дозволяє знизити викиди цих шкідливих речовин, що позитивно впливає на якість повітря, здоров'я населення та екологічну стійкість регіонів, якими проходять залізниці.

Існує кілька основних факторів, що впливають на витрату палива у тепловозів. Одним із них є швидкість руху. Вища швидкість вимагає більшої витрати палива через збільшені опори повітря та тертя у місці контакту колеса і рейки. Ефективне планування маршрутів дозволяє вибирати швидкість руху, що допомагає скоротити витрати палива. Також важливим фактором є вантажопідйомність тепловоза. Як правило, більш важкі поїзди споживають більше палива, тому оптимізація планування навантаження та балансування

навантаження між різними вагонами можуть сприяти скороченню витрати палива.

Загалом оптимізація витрати палива у тепловозів є важливим кроком у підвищенні ефективності та стійкості залізничної промисловості. Це дозволяє знизити експлуатаційні витрати, покращити фінансові показники тепловозів, а також охороняти довкілля та забезпечувати сталий розвиток регіонів.

Сучасні технології відіграють важливу роль в оптимізації витрати палива тепловозів. Використання нових розробок дозволяє значно покращити ефективність та економічність роботи поїздів.

1. Електронні системи керування.

З появою електронних систем керування тепловозами, можливості контролю та оптимізації витрати палива значно розширилися. Ці системи дозволяють здійснювати точне регулювання роботи двигуна, крім зайвої витрати палива при навантаженні або в режимі холостого ходу.

2. Використання високоефективних двигунів.

Нові тепловози оснащені високоефективними двигунами, які здатні забезпечити високу продуктивність та одночасно знизити витрату палива. Ці двигуни працюють на основі інноваційних технологій, таких як комп'ютерне управління паливною системою та системи рекуперації енергії.

3. Автоматичне регулювання швидкості.

Системи автоматичного регулювання швидкості дозволяють оптимізувати розподіл потужності та керувати навантаженням на двигун залежно від умов експлуатації. Це дозволяє знизити витрату палива під час роботи на різних ділянках маршруту та підтримувати оптимальний режим роботи.

4. Підвищена ефективність гальмування.

Сучасні тепловози оснащені системами регенеративного та динамічного гальмування, які дозволяють використовувати енергію, що виділяється при гальмуванні поїзда, для живлення інших пристроїв та систем на борту. Це суттєво знижує витрату палива та покращує енергоефективність тепловоза.

5. Використання легких матеріалів.

Застосування легких матеріалів, таких як алюміній та композити, у конструкції тепловозів дозволяє знизити їхню масу. Це, в свою чергу, дозволяє знизити необхідну потужність для руху поїзда і, як наслідок, витрату палива.

Висновок. Дана робота дозволить узагальнити відомості стосовно використання сучасних технологій на вітчизняних тепловозах з метою зменшення витрат дизельного палива, та покращення експлуатаційних показників вітчизняних тепловозів.

Л і т е р а т у р а

1. Прогнозування ресурсу локомотивів. Тартаковський Е.Д., Зайцев В.О., Бабанін О.Б., Дацун Ю.М. Зб. наук. праць. Харків: УкрДАЗТ, 2002. Вип. 49. С. 12-19.

2. Єріцян, Б. Х., Рябов, Є. С., & Аскарів, А. (2023). Застосування накопичувачів енергії на магістральних тепловозах. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXI міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2023, 17–20 травня 2023 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. Харків : НТУ «ХП».

3. Якунін, Д. І., Демидов, О. В., & Шералієв, Н. (2023). Підвищення енергоефективності магістральних тепловозів. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXI міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2023, 17–20 травня 2023 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. Харків : НТУ «ХП».

ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕТАЛЕЙ МАШИН ОБМІДНЕННЯМ БОРИДНИХ ПОКРИТТІВ

Гладков С.М. – магістрант, otvazhnuy2016@gmail.com

Омельченко Л.В. – старший викладач, lgvv@btu.kharkov.ua

Державний Біотехнологічний Університет

Україна, м. Харків

INCREASING THE PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF MACHINE PARTS BY COPPER-PLATING BODY COATINGS

Gladkov S.M. – master's student, otvazhnuy2016@gmail.com

Omelchenko L.V. – Senior Lecturer, lgvv@btu.kharkov.ua

State Biotechnological University

Ukraine, Kharkiv

Abstract. *This work highlights effective and promising technologies for improving the properties of parts' surfaces. One of such technologies is diffusion saturation of carbon steel surfaces with combined boride powder mixtures with Cu, V, Nb, Cr or Ti using chemical-thermal reactions. Conducted studies of the tribological properties of such mixtures under conditions of dry friction showed that the best results are achieved by boride coatings doped with copper. Compared to the B₄C coating itself, the wear resistance of boride coatings doped with copper is 3 times higher.*

Keywords: *boride coatings, copper alloying, wear resistance and durability, friction machine.*

Актуальність дослідження. Одним з важливих завдань у сучасному машинобудуванні є використання новітніх технологій, які дозволяють значно підвищити зносостійкість і довговічність вузлів та деталей машин. Покращення

характеристик є можливим за умови використання відповідних конструкційних матеріалів, які б оптимально поєднували високу твердість, пластичність, а відповідно і зносостійкість. Тому важливою задачею перед матеріалознавцями є підвищення триботехнічних характеристик існуючих матеріалів та покриттів або створення нових. Насичення поверхні металів одночасно двома і більше елементами дозволяє поєднувати в отриманому покритті властивості, що створюються окремими елементами, з особливими властивостями їх сполук.

Так одним з пріоритетних методів збільшення терміну служби деталей машин і інструменту є хіміко-термічне оброблення (ХТО), яке надає поверхні металів високу твердість, зносостійкість, опірність корозії та ерозії, підвищену жаростійкість й стійкість проти радіаційного опромінення [1]. Поміж згаданих процесів ХТО особливе місце посідає дифузійне борування металів із додаванням інших легувальних елементів Cu, Cr, Nb, V та Ti, що дозволяє змінити структуру і фазовий склад боридних шарів і, як наслідок, досягти більш високої твердості й зносостійкості поверхні порівняно з іншими видами поверхневого оброблення [2].

Проведені дослідження поведінки отриманих боридних покриттів та легованих боридних покриттів в умовах контактного зношення при сухому терті – ковзанні. Так поверхні леговані одночасно B та Cr, B та Cu, B та Nb, B та V, B та Ti мають слідуєчі результати: легування міддю Cu збільшує зносостійкість у 3 рази, при легуванні ніобієм зносостійкість зростає у 2,8 рази, з титаном – в 2,4 рази, хромом та ванадієм – у 1,5 рази. А в порівнянні з бронзою зносостійкість боридних шарів легованих міддю зростає в 30 разів. Використання таких технологій є актуальною задачею та викликає теоретичний і практичний інтерес.

Для дослідження використали зразки із сталей 20 та 45. Їх насичували у боромісткому порошку технічного B_4C з добавками фторопласту, як активатору, та в сумішах порошків бормісткого компонента з легуючими елементами: Cu, V, Nb, Cr, Ti.

Зносостійкість отриманих зразків випробували на машині тертя, принципом дії якої є зворотно-поступальні рухи. Закріплені зразки контактували з контртілом, зробленого з відпущеної сталі У8. Величину зносу оцінювали гравіметричним методом, шляхом зважування зразка до і після випробування на аналітичних терезах ВАЛ – 200Г. Термін зношування для кожного зразка склав 300 хв. при нарузці контртіла 49Н.

На всіх етапах дослідження найменша швидкість зношення виявлена в боридних шарах легованих міддю. Порівняння зношування боридних фаз з бронзами БР АМц 10 – 2 показало, що зносостійкість боридних фаз переважає над бронзами в 30 разів при легуванні міддю, а без легування - до 15 разів.

Вкраплення міді в структурі боридних шарів виконують роль твердого мастила. Такі властивості можуть бути використані в машинобудуванні, суднобудуванні, харчовій промисловості, інструментальному виробництві для зміцнення інструменту, оснащення деталей та вузлів, що працюють в умовах зносу.

Висновок. Проведено аналіз дослідження зразків в умовах контактного зношування боридних покриттів легованих Cu, Ti, Cr, V, Nb на сталі 20 та 45. Найкращими покриттями в умовах сухого тертя – зношування є боридні фази FeB та Fe₂B леговані міддю, які підвищують зносостійкість боридних шарів без легування в 3 рази. Зносостійкість боридних шарів легованих міддю в 30 разів вища за зносостійкість бронзи.

Л і т е р а т у р а

1. Федоренкова Л. И. Физико – химические процессы в прикатодном слое /Л.И. Федоренкова, И.М. Спиридонова. *Вісник Дніпропетр. ун-ту. Фізика. Радіоелектроніка*. 1999. №5. С. 34. Надійшла до редколегії 12.09.08 105.
2. Чернега С.М. Комплексное насыщение углеродистых сталей бором и хромом в активированной среде. *Изв. Вуз. Черная металлургия*. 1999. №1. 58с.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ У ВИРОБНИЦТВІ: ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ВИТРАТ ЕНЕРГІЇ ТА ЕКОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ

Данак О.Ю. – аспірант, danak_oya@gsuite.duit.edu.ua
Стасюк О.І. – к.т.н., доцент., ostasuk177@gmail.com
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

ENERGY EFFICIENCY IN PRODUCTION: UTILIZATION OF MODERN TECHNOLOGIES FOR REDUCING ENERGY CONSUMPTION AND ECOLOGICAL IMPACT

Danak O.Y. – Postgraduate student, danak_oya@gsuite.duit.edu.ua
Stasyuk O.I. – Associate Professor, ostasuk177@gmail.com
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. This research explores the critical theme of energy efficiency in industrial production, focusing on the utilization of modern technologies to reduce energy consumption

and minimize ecological impact. The study investigates advanced manufacturing technologies, intelligent energy management systems, and the integration of renewable energy sources and innovative materials to enhance energy efficiency. The examination extends to the role of artificial intelligence in optimizing energy consumption and the potential benefits of transitioning to renewable energy. The research also delves into the impact of innovative materials and nanotechnologies on creating more energy-efficient products. Integrated approaches, including intelligent supply chain management and collaborative strategies between industries, are analyzed for their contribution to overall energy efficiency. The study concludes with comprehensive insights, recommendations for practical implementation, and preparation for presentation at an international conference.

Keywords: *energy efficiency, industrial production, modern technologies, renewable energy sources, intelligent energy management, artificial intelligence, innovative materials, nanotechnologies, supply chain management, ecological impact, international conference presentation.*

Актуальність дослідження. Визначення енергоефективності в контексті промислового виробництва та значення теми для сучасного суспільства та екології.

Актуальність проблеми. Аналіз зростаючого споживання енергії у промислових галузях та визначення проблеми забруднення довкілля та несталого використання енергетичних ресурсів.

Мета та завдання. Формулювання основної мети дослідження зменшення витрат енергії та екологічного впливу у промисловості та визначення конкретних завдань, які слід вирішити. Сучасні виробничі процеси вимагають уваги до питань енергоефективності та екологічної стійкості. Проблема зростаючого споживання енергії в промисловості та впливу на довкілля стає важливим аспектом. Отже, метою цього дослідження є аналіз та визначення можливостей використання сучасних технологій для ефективного зменшення витрат енергії та мінімізації екологічного впливу виробництва.

Аналіз сучасних технологій в зменшенні витрат енергії. Огляд передових технологій, спрямованих на оптимізацію енергоспоживання виробничих процесів та приклади успішних реалізацій та впроваджень. Енергоефективні технології виробництва включають в себе використання автоматизованих систем, які дозволяють ефективніше управляти енергоспоживанням.

Інтелегентні системи управління енергією дозволяють в режимі реального часу моніторити та регулювати енергоспоживання на підприємстві.

Інтегровані системи управління енергією. Роль штучного інтелекту та аналітичних систем у визначенні ефективних стратегій управління енергією та переваги автоматизованого моніторингу та регулювання енергоспоживання. автоматизовані системи та моніторинг, інтелектуальні системи прогнозування,

ефективне управління виробничими процесами, управління енергетичною інфраструктурою, моніторинг та звітність для підприємств.

Відновлювальні джерела енергії. Дослідження можливостей використання сонячної та вітрової енергії у промисловості та економічні та екологічні переваги переходу до відновлюваних джерел. Дослідження використання відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна та вітрова енергія, в промисловому виробництві вказує на можливість переходу до більш сталого та екологічно чистого виробництва. Крім того, інноваційні матеріали та нанотехнології можуть допомогти створювати більш енергоефективні та екологічно безпечні продукти.

Інноваційні матеріали. Розгляд використання новітніх матеріалів та нанотехнологій для створення більш енергоефективних виробів та вплив інноваційних матеріалів на зменшення ваги та споживання енергії під час виробництва. Нанотехнології та їх вплив на енергоефективність. Вивчено застосування нанотехнологій для створення нових матеріалів з підвищеними властивостями. Досліджено сучасні сонячні матеріали, які використовуються для генерації електроенергії. Біоматеріали та екологічна стійкість. Енергоефективні полімери та Композити. Ефективне використання ресурсів та рециклінг

Інтегровані системи та управління ланцюгом постачання. Вивчення ефективних стратегій управління ланцюгом постачання для забезпечення енергоефективності та роль співпраці між підприємствами та їхнім взаємовпливом на загальний екологічний відбиток. Інтегровані системи управління ланцюгом постачання та співпраця між підприємствами визначають нові шляхи для досягнення високої ефективності в енергоспоживанні. Аналіз фінансових вигід та підрахунок економії підкреслюють економічну вигоду впровадження енергоефективних заходів.

Висновок. Ця тема присвячена вивченню енергоефективності в промисловому виробництві з використанням сучасних технологій для зменшення витрат енергії та мінімізації екологічного впливу. Аналізувалися передові технології, інтелегентні системи управління енергією, використання відновлюваних джерел та інноваційних матеріалів. З'ясовано, що впровадження енергоефективних технологій та інтегрованих стратегій управління може суттєво знизити витрати енергії виробництва. Результати дослідження вказують на важливість співпраці між промисловими підприємствами та використання штучного інтелекту для оптимізації процесів. Пропонуються рекомендації для практичного впровадження отриманих знань у сфері енергоефективності. Це дослідження може стати важливим внеском у розвиток сталого та ефективного виробництва.

Л і т е р а т у р а

1. Sioshansi, F. P. (2018). "Energy Efficiency: Towards the End of Demand Growth." Academic Press.
2. Ayres, R. U., & Ayres, L. W. (2010). "Industrial ecology: Towards closing the materials cycle." Edward Elgar Publishing.
3. Ashby, M. F., & Johnson, K. (2013). "Materials and Design: The Art and Science of Material Selection in Product Design." Butterworth-Heinemann.
4. Gibson, R. F. (2012). "Principles of Composite Material Mechanics." CRC Press. De Almeida, A. T., et al.

АНАЛІЗ СИСТЕМ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ SIEMENS AG

Замостян Ю.М. – магістрант, zamostyan_um@gsuite.duit.edu.ua

Заїка Д.О. – аспірант, zaika_do@gsuite.duit.edu.ua

Київський інститут залізничного транспорту

Державного університету інфраструктури та технологій

Україна, м. Київ

ANALYSIS OF RAILWAY AUTOMATION SYSTEMS SIEMENS AG

Zamostian Yu.M. – master's student, zamostyan_um@gsuite.duit.edu.ua

Zaika D.O. – Postgraduate student, zaika_do@gsuite.duit.edu.ua

Kyiv Institute of Railway Transport

State University of Infrastructure and Technologies

Ukraine, Kyiv

Abstract. *SIBAS (German: Siemens Bahn Automatisierungs System) comes from the abbreviation and translates as "SIEMENS Railway Automation System". It is designed to optimize the performance of individual microprocessor components in rail rolling stock and allows for digital control and monitoring in a unified communication environment, including control of traction motors in locomotives. The first of its kind was the SIBAS 16 system and was based on 16-bit microprocessors; the successor of this system was SIBAS 32 on 32-bit microprocessors. Currently used in more than 7,000 rolling stock units. After the introduction of the new concept of high-speed movement ICx, this system was no longer enough, after which the latest generation system SIBAS PN was released. This system is based on SIMATIC Step 7 components, widely used in industrial automation systems, SIEMENS stopped developing its own operating system SIBAS OS, replacing it to the commercially available hard real-time OS VxWorks, proven in the embedded systems market. The Intel 486 processor was replaced by PowerPC, although just two years later the developers returned to the x86 architecture. And recently, the system has already been equipped with multi-core Intel Atom processors of the Bay Trail series.*

Keywords: *Railway Automation System, rolling stock, SIBAS 32, PN, microprocessors.*

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю удосконалення існуючих систем залізничної автоматизації, можливості переходу з однієї мікропроцесорної системи на іншу без великих фінансових витрат та можливості реєстрації та моніторингу через Web-інтерфейс.

Метою роботи є аналіз існуючої системи залізничної автоматизації Siemens AG SIBAS 32 з новим поколінням систем SIBAS PN.

Назва продуктової лінійки та торгової марки SIBAS (нім. Siemens Bahn Automatisierungs System) походить від скорочення, яке розшифровується та перекладається як «Система залізничної автоматизації SIEMENS». Розроблено з метою оптимізації продуктивності окремих мікропроцесорних компонентів у рейковому рухомому складі. Система SIBAS була першою, що дозволила забезпечити цифрове керування та контроль в єдиному комунікаційному середовищі, у тому числі керування тяговими двигунами в локомотивах. Власне, вона стала родоначальницею поїзної шини.

Основа системи - промислова мережа реального часу, яка спочатку була власною розробкою концерну SIEMENS AG, а потім, у результаті спільної роботи з Bombardier у складі Міжнародного союзу залізниць (UIC), вилася в поїзду мережу комунікацій TCN (Train Communication Network). Остання була прийнята як міжнародний стандарт IEC 61375 [1].

TCN є комбінацією двох промислових мереж: MVB (Multifunction Vehicle Bus) [2,3] – бортова мережа одиниці рухомого складу (локомотив, вагон і т.д.), також зустрічається термін «вагонна мережа», і WTB (Wire Train Bus) – поїзна мережа, що об'єднує MVB-частини в єдину систему керування поїздом.

Система SIBAS 32 побудована на модульному принципі та поєднує всілякі пристрої, включені в загальну мережу TCN та задіяні у всіх сферах поїзної автоматизації. Як приклади можна навести такі пристрої, як центральний блок управління (у конструктивному виконанні 6U показаний на рис. 1), блоки управління тягою і перетворювачами, апаратура аналогового та цифрового вводу/виводу, що збирає інформацію з датчиків і контролює виконавчі механізми.

Обчислювальна база пристроїв заснована на 32-розрядних промислових процесорах Intel 386/486, що працюють під керуванням операційної системи SIBAS OS, та 16-бітових мікроконтролерів SIEMENS SAF 80C16x. Крім того, в систему інтегровані різні функції налагодження, діагностики та пусконалагодження, включаючи тестування шини TCN. Для розробки програмного забезпечення використовується інтегроване середовище SIBAS G, яке надає засоби для опису функцій у візуальному режимі.



Рисунок 1 – Центральний блок керування системи SIBAS 32

Нова концепція поїзда ICx передбачає можливість довільної конфігурації поїзда. довжина поїзда, кількість пасажирських місць та тягові характеристики можуть бути легко адаптовані відповідно до потреб перевізника. Це так звана концепція Powerscar, що виділяє два типи вагонів: причіпні та тягові. Комбінуючи їх, формують склад з потрібними характеристиками. Така гнучкість стала наріжним каменем у поїзній системі комунікації TCN, оскільки шина WTB вимагає повної переадресації щоразу, коли причіпляється або відчіплюється хоча б один вагон. До того ж, вона обмежує максимальну кількість вагонів у складі до 22. На зміну WTB приходять ETB (Ethernet Train Backbone) – мережа на основі технології Fast Ethernet. Всі зміни спонукали для створення нової ситеми.

Система останнього покоління SIBAS PN [4]. Зміни торкнулися багатьох куточків системи (рисунок 2).

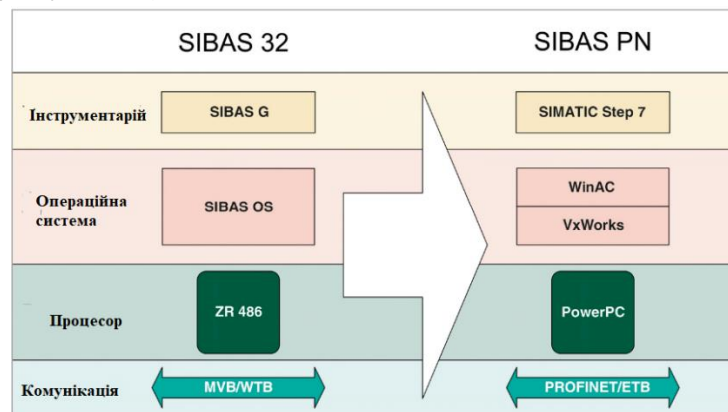


Рисунок 2 – Центральний блок керування системи SIBAS 32

Відкриті системи та COTS-технології – принципові відмінності у підході. Понад те що SIBAS PN почала ґрунтуватися на компонентах SIMATIC Step 7, що широко використовуються в системах промислової автоматизації, компанія SIEMENS припинила розробку власної операційної системи SIBAS OS, замінивши її на комерційно доступну ОС жорсткого реального часу VxWorks, перевірену на ринку систем, що вбудовуються. Процесор Intel 486 був замінений на PowerPC, хоча лише через два роки розробники знову повернулися до архітектури x86. Останнім часом система вже оснащується багатоядерними процесорами Intel Atom серії Bay Trail. Функціональність сумісних із S7 програмованих контролерів імітується за допомогою програмного забезпечення WinAC. Мережа PROFINET забезпечує швидкісну передачу даних з часом реакції менше 1 мс, що необхідне додатків у приводних системах.

SIBAS PN має такі властивості:

- модульність, масштабованість, здатність до інтеграції;
- відповідність промисловим стандартам (зокрема, EN 50128);
- спрощення заміни пристроїв (автоматична адресація) та оновлення ПЗ;
- незалежність ПЗ від апаратної платформи;
- реєстрація та моніторинг через Web-інтерфейс.

Пристрої кожної рухомої одиниці включені в єдину мережу PROFINET з кільцевою топологією, вихід з якої інші шини можливий через відповідні шлюзи. Так для зв'язку з іншими вагонами існує шлюз WTB/ETB. Шлюз MVB дає доступ до різних підсистем керування поїзда, наприклад, таких як автопілот. Між іншим, збереження шин WTB та MVB забезпечує повну зворотню сумісність із системою SIBAS 32, що дає можливість не лише підключувати до складу старі вагони, а й використовувати існуючі пристрої з інтерфейсом MVB у нових вагонах. Такий підхід, безперечно, згладжує перехід на пристрої нового покоління, продовжуючи життєвий цикл існуючих пристроїв, знижуючи ризики та здешевлюючи вартість системи загалом.

Шина TMC використовується для керування з однієї кабіни багатьма тяговими одиницями зі своїми органами керування. Це може бути кілька локомотивів, або човниковий поїзд з кабінами управління на кінцях поїзда. Для дизельних поїздів є шлюз у шину CAN для керування дизельними двигунами.

Далі, аналогове та цифрове розподілене введення/виведення з різних датчиків і виконавчих пристроїв здійснюється за допомогою модуля SP DP. Крім того, через комутатори SP SW або інтерфейсні модулі PN PC/104 забезпечується керування дверима, гальмуванням, перетворювачами потужності та електродвигунами (система SITRAC), а також підключення до обладнання Європейської системи керування рухом поїздів ETCS. Система має і мобільний зв'язок зі стаціонарними пунктами збору даних, що дозволяє проводити

віддалену діагностику та моніторинг. За це відповідає універсальний діагностичний пристрій SIBAS-RDA-RT.

Фізично пристрої є набором блоків висотою 160 мм кожен, що приєднуються задньою стороною до контактної колодки MVB. Максимальна кількість блоків в одному ряду дорівнює дванадцяти. Через колодку MVB розподіляються дві лінії живлення 24 В (основна та резервна), сигнал скидання та відключення, а також аналогові та цифрові лінії вводу/виводу, які збирає модуль SP DP. Багатоportові комутатори PROFINET інтегровані безпосередньо в самі блоки, тому немає необхідності підключення до зовнішнього комутатора. Блок керування системою SP CS відіграє важливу роль у координації множини підсистем, як у межах рухомої одиниці, так і всього поїзда.

Оскільки керування ведеться в режимі реального часу, блок знаходиться під керуванням спеціальної операційної системи VxWorks. До нього пред'являються спеціальні вимоги безпеки (рівень SIL 2 стандарту CENELEC EN 50128). Блок SP CS містить інструментарій SIMATIC S7 [5], що дозволяє виконувати програмування, конфігурування та діагностику. Функціональність сумісних із S7 контролерів імітується за допомогою програми WinAC. У кабіні машиніста розміщуються блок керування та індикації SP HMI, а також центральний сервер SP SR. На відміну від SP CS, блоки працюють під керуванням Wind River Linux, оскільки мають більш м'які вимоги до рівня безпеки. Сервер відповідає за координацію кількох кабін машиніста, керування індикацією та діагностику.

Висновок. Проаналізувавши дві існуючі системи системи залізничної автоматизації Siemens AG SIBAS 32 та SIBAS PN друга дає можливість за допомогою збереження шин WTB і MVB забезпечує повну зворотну сумісність із системою SIBAS 32, що дає можливість не лише підключувати до складу старі вагони, а й використовувати існуючі пристрої з інтерфейсом MVB у нових вагонах. Такий підхід, безперечно, згладжує перехід на пристрої нового покоління, продовжуючи життєвий цикл існуючих пристроїв, знижуючи ризики та здешевлюючи вартість системи в цілому.

Л і т е р а т у р а

1. Schifers, C., & Hans, G. (2000, May). IEC 61375-1 and UIC 556-international standards for train communication. In VTC2000-Spring. 2000 IEEE 51st Vehicular Technology Conference Proceedings (Cat. No. 00CH37026) (Vol. 2, pp. 1581-1585). IEEE.
2. Speedgoat real-time solutions to implement Multifunction Vehicle Bus (MVB) and Wire Train Bus (WTB) connectivity in a Train Communication Network (TCN) with MATLAB® and Simulink®. Режим доступу: <https://www.speedgoat.com/products-services/i-o-connectivity/protocols/mvb-wtb>
3. Bonsen, G. A. (1995). The multifunction vehicle bus (MVB). In Proceedings 1995 IEEE International Workshop on Factory Communication Systems. WFCS'95 (pp. 27-34). IEEE.

4. Erstmaliger Einsatz der neuen elektronischen Fahrzeugsteuerung SIBAS PN. Режим доступу: https://www.deutschebahn.com/de/fahrzeugsteuerung_sibas-6876808

5. Salkić, A., Muhović, H., & Jokić, D. (2022). Siemens S7-1200 PLC DC Motor control capabilities. IFAC-PapersOnLine, 55(4), 103-108.

ШЛЯХИ ОЧИЩЕННЯ МЕТАЛУ ВІД НЕМЕТАЛЕВИХ ВКЛЮЧЕНЬ ПРИ ЕЛЕКТРОШЛАКОВОМУ НАПЛАВЛЕННІ

Захаров А.В. – аспірант, zakharovandrey1997@gmail.com

Рибалко І.М. – д.т.н., доцент, irybalko.ua@gmail.com

Державний біотехнологічний університет.

Україна, м. Харків

WAYS TO CLEAN METAL FROM NON-METALLIC INCLUSIONS DURING ELECTROSLAG SURFACING

Zakharov A.V. – postgraduate student, zakharovandrey1997@gmail.com

Rybalko I.M. – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,

irybalko.ua@gmail.com

State University of Biotechnology.

Ukraine, Kharkiv

Abstract. *This paper explains the peculiarities of refining processes at the metal-slag interface and the mechanism of transformation of non-metallic inclusions during electroslag remelting of metal. It is concluded that the increase in metal purity, reduction and change in the composition of inclusions due to the reduction of oxygen in the flux and metal during the redox reaction in the liquid bath.*

Keywords: *electroslag surfacing, non-metallic inclusions, cleaning, methods.*

Актуальність дослідження. Процесу видалення неметалевих включень під час обробки металу шлаками присвячено велику кількість досліджень, у результаті яких визначено умови максимального видалення з металу шлакових включень. Однак механізм цього процесу, загалом, залишається нез'ясованим. Одні дослідники вважають, що включення видаляються завдяки спливанню їх у рідкій металевій ванні, інші - що їхнє видалення відбувається на конусі електрода, який плавиться, причому інтенсивність рафінування визначається швидкістю розчинення частинок, що виходять на поверхню розділу метал - шлак. Деякі дослідники вважають, що в процесі рафінування відіграють велику роль міжфазні явища на межі метал - шлак - включення. Інші автори роблять припущення, що видалення включень може залежати від усіх перерахованих вище факторів відповідно до умов процесу.

Метою роботи є проведення на базі літературних даних та експериментальних досліджень авторів, визначення особливостей рафінування металу при електрошлаковій наплавці (ЕШН). У багатьох роботах було показано, що в процесі ЕШН неметалеві включення значно трансформуються. У складі включень з'являються оксиди, присутні в шлаку. Так, під час наплавлення на флюсі АНФ-6 та АНФ-29, вміст глинозему в металі підвищується до певного рівня незалежно від складу включень у вихідному металі. За даними досліджень, включення в металі, переплавленому на шлаку, що відповідає системі $\text{CaF}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$, у переважній більшості складаються з корунду, хоча у вихідному металі таких включень не було.

Під час переплаву на флюсі системи $\text{CaF}_2\text{-SiO}_2$ у металі виявлено включення на основі кремнезему. За наявності в шлаках інших оксидів, наприклад, CaO , MgO , Cr_2O_3 вони неминуче виявляються в неметалевих включеннях. У результаті ЕШН змінюється не тільки форма і склад включень, а й їхні розміри. У разі зменшення загального вмісту включень у зливку кількість їх може перевищувати кількість включень в електроді та краплі, що проходить через шлак. Кількість оксидних включень у зливку значно більша, ніж у краплі та вихідному металі, хоча процентний вміст їх менший. Таке подібнення включень, як і зміна хімічного складу, не пояснюється жодною з існуючих гіпотез, що стосуються механізму видалення включень під час ЕШН [1-2].

Зміна форми і складу включень була неодноразово відзначена і під час обробки металу синтетичними шлаками. Зокрема, під час контакту з вапняно-глиноземистим шлаком підвищується вміст глинозему у включеннях, в разі добавок у шлак двоокису титану виявляються оксиди і нітриди титану. Перераховані факти можуть свідчити про те, що вміст оксидних включень у сталі, обробленій шлаком, визначається не стільки видаленням вихідних включень, скільки складною взаємодією металевого розплаву зі шлаком. Зникнення в злитках ЕШН включень вихідного металу може відбутися, або за рахунок їх повного видалення в шлак, або за рахунок розчинення їх у розплавленому металі.

Найімовірніше, відбуваються обидва процеси, в результаті яких у рідкій металевій ванні включення як такі не існують. Вони перебувають у розчиненому стані, дисоційовані на кисень і елемент - розкислювач. Деякі факти вказують на правомірність цього припущення. Вміст кисню в промисловому металі часто буває близьким до рівноважного. Як приклад розглянемо сталь 09Г2С. Вміст алюмінію, який визначає вміст у цій сталі кисню, зазвичай становить 0,021-0,052%. У промислових умовах вміст кисню в алюмінію становить близько 0,003-0,004%, що можна вважати порівняним із рівноважними значеннями, інакше кажучи, увесь кисень, наявний у металі, перебуває в рівноважному стані.

Під час дослідження розподілу включень у злитку сталі, розкисленої алюмінієм, виявили, що алюмінієві включення практично повністю розташовуються в міждендритних областях. Інакше кажучи, вони виділяються під час затвердіння останніх порцій металу, збагачених лікватами. Якби включення існували в рідкому металі, якась частина їх безумовно розташовувалася б в осях дендритів.

Подрібнення включень у результаті ЕШН добре пояснюється саме тим, що в рідкому металі вони не існують. Включення випадають під час охолодження і кристалізації злитка, а оскільки умови ці під час електрошлакової наплавки відрізняються від умов кристалізації звичайного злитка, то розміри включень різко відрізняються в тому та іншому випадку навіть за одного й того самого вмісту кисню і розкислювачів. У процесі ЕШН відбуваються окислювально-відновлювальні реакції, що призводять до окислення низки елементів металу і відновлення елементів шлаку. Особливість електрошлакового переплаву, за якого взаємодія відбувається в різних температурних полях, по-своєму впливає на ці реакції, заплутуючи загальну картину процесу. На поверхні розділу конус електрода, що витрачається, - шлак температура близька до температури плавлення металу, на поверхні розділу шлак - рідка металева ванна температура досягає 1820-1930°C. За підвищеної температури помітно розвиваються реакції відновлення таких елементів зі шлаку, як алюміній, кальцій, магній тощо [3].

Відновлення алюмінію кремнієм зі шлаку типу АНФ-6 за температури 1820°C майже в 3,2 рази вище, ніж за температури 1620°C. Необхідно зазначити, що збільшення вмісту алюмінію, або інших елементів з підвищеною спорідненістю до кисню не знижує концентрації останнього, оскільки вона визначається тими самими елементами, які відновлюють алюміній. У міру наплавлення злитка метал охолоджується і за рахунок температурних ефектів відбувається асоціація оксидів. При цьому елементи з великою спорідненістю до кисню, що мають більший температурний коефіцієнт реакції розкислення, з'єднуються насамперед з киснем [4].

У випадку наплавлення металу, розкисленого кремнієм на флюсі АНФ-6, випадають оксиди алюмінію. Випадання з розчину неметалевих включень може істотно гальмуватися поверхневими явищами, зокрема, високим міжфазним натягом на межі розділу метал - глинозем. Тому включення глинозему повинні найбільш інтенсивно виділятися, або в комплексі з іншими включеннями (СаО, MgO, SiO₂), або під час кристалізації металу, тобто в умовах, коли є якісь підкладки для виділення глинозему. Аналогічним чином може йти взаємодія металу зі шлаками іншого складу, наприклад зі шлаком типу АНФ-7, АНФ-9 тощо. У цьому випадку в складі включень і з'являються оксиди кальцію, або магнію. Протікання окислювально-відновних реакцій призводить до зміни складу шлаку, в ньому з'являються оксиди елементів вихідного металу,

наприклад, під час переплаву металу, розкисленого кремнієм, на флюсі АНФ-6 відбувається відновлення оксидів алюмінію зі шлаку.

На початку наплавлення цей процес інтенсифікується малою активністю кремнезему шлаку. Змінюється певна рівновага між елементом розкислювачем, киснем і активністю оксиду, що утворюється під час розкислення. При подальшій обробці металу шлаком, наприклад, під час ЕШН на межі розділу шлак - метал реакція розкислення отримає подальший розвиток, що визначається складом шлаку. Звідси і зменшення рафінування металу під час ЕШН у разі застосування шлаків з оксидами, ідентичними оксидам неметалевих включень у вихідному металі, наприклад, якщо метал, розкислений алюмінієм, переплавляється на флюсі АНФ 6, ступінь рафінування його буде меншим, ніж під час переплаву на іншому флюсі. Природно, якщо використовувати шлаки з мінімальним вмістом Me_xO_y , або шлаки, що різко знижують концентрацію Me_xO_y , наприклад, основні шлаки під час переплавлення металу, розкисленого кремнієм, то реакція зрушуватиметься в бік зниження кисню в металі [5-6].

Таким чином, включення, що виявляються в електрошлаковому металі, виділяються з розплаву в процесі охолодження і кристалізації рідкої металевої ванни. Забрудненість металу неметалевими включеннями визначається вмістом кисню в металі, який, у свою чергу, залежить від процесів взаємодії металу і шлаку. Склад неметалевих включень в електрошлаковому металі визначається складом оксидних складових шлаку, використовуваного для переплаву. складу шлаку відображається на складі неметалевих включень. У них з'являються оксиди кремнію. Появу в металі оксидів шлаку в загальному вигляді можна виразити законом розподілу, відповідно до якого "відношення концентрації компонента в двох рівноважних рідких фазах є величиною постійною за різних його концентрацій". Речовина, що розподіляється, внаслідок асоціації, або дисоціації може мати в різних розчинниках неоднаковий розмір частинок.

На підставі співвідношень, у всіх випадках концентрація розчиненого елемента в одній рідині визначається його концентрацією в іншій. Це може знаходити відображення під час оцінки вмісту одних і тих самих компонентів, розчинених у шлаку і металі. Оскільки оксиди, розчиняючись у металі, дисоціюють на розкислювач і кисень, то константу реакції розкислення заліза, або його сплавів розкислювачем металу. У переважній більшості випадків з підвищенням температури в металі збільшується вміст розчиненого оксиду Me_xO_y і відповідно підвищується вміст кисню. При зниженні температури відбувається зворотне явище - розчинений у металі оксид випадає у вигляді неметалевих включень. Крім температурного чинника, розчинність оксиду може визначатися розчинністю його металевої складової, наприклад, обмежена розчинність кальцію в сплавах на залізній основі є причиною дуже низького

коефіцієнта розподілу i , отже, призводить до низького вмісту кисню за рахунок перерозподілу його між металом і шлаком, якщо в останньому немає інших оксидів.

Висновок. Підсумовуючи наявні думки і факти, що стосуються очищення металу від неметалевих включень у процесі обробки його шлаком, доходимо висновку, що рафінування розплаву здійснюється за рахунок зниження в металі кисню. Вміст кисню в металі визначатиметься активністю компонентів, що беруть участь у реакціях розкислення. При розкисленні вихідного металу у ванні електродугової, або мартенівської печі встановлюється певна рівновага між елементом розкислювачем, киснем і активністю оксиду, що утворюється під час розкислення. При подальшій обробці металу шлаком, наприклад, під час ЕШН на межі розділу шлак - метал реакція розкислення отримає подальший розвиток, що визначається складом шлаку. Звідси і зменшення рафінування металу під час ЕШН у разі застосування шлаків з оксидами, ідентичними оксидам неметалевих включень у вихідному металі, наприклад, якщо метал, розкислений алюмінієм, перепплавляється на флюсі АНФ 6, ступінь рафінування його буде меншим, ніж під час перепплаву на іншому флюсі.

Якщо використовувати шлаки з мінімальним вмістом Me_xO_y , або шлаки, що різко знижують концентрацію Me_xO_y , наприклад, основні шлаки під час перепплавлення металу, розкисленого кремнієм, то реакція зрушуватиметься в бік зниження кисню в металі. Таким чином, включення, що виявляються в електрошлаковому металі, виділяються з розплаву в процесі охолодження і кристалізації рідкої металевої ванни. Забрудненість металу неметалевими включеннями визначається вмістом кисню в металі, який, у свою чергу, залежить від процесів взаємодії металу і шлаку. Склад неметалевих включень в електрошлаковому металі визначається складом оксидних складових шлаку, використовуваного для наплавлення.

Л і т е р а т у р а

1. Кусков Ю.М. та ін. Електрошлакова наплавка. Під ред. А.Ф. Піменова. «Наука та технології». 2001. 180 с.
2. Афтанділянц Є.Г. Матеріалознавство: Підручник. / Афтанділянц Є.Г., Зазимко О.В., Лопатько К.Г. К.: Вища освіта, 2012. 548 с.
3. Кусков Ю.М. Электрошлаковая наплавка в токоподводящем кристаллизаторе – эффективный способ изготовления и восстановления деталей / Ю.М. Кусков, И.А. Рябцев // Сварщик. 2006. №3. С. 18-20.
4. Електрошлакова наплавка рідким присадним металом / Б.І. Медовар, А.В. Чернець, В. Є. Шевченко та ін. // Проблеми спеціальної електromеталургії. 1995. № 1. С. 6-11.

5. Andrii V. Zakharov. (2023). Вплив складу флюсу, роду і полярності струму на ефективність електрохімічних процесів в електрошлаковій системі. Actual Issues of Modern Science. European Scientific e-Journal, 1(24), 1-9.

6. Захаров, А. В., Рибалко, І. М., & Сайчук, О. В. (2023). Металургійні процеси плавлення і перенесення електродного та присадного матеріалів у шлаковій ванні при електрошлаковому наплавленні. Вісник ЛТЕУ. Технічні науки, (33), 12-18.

АНАЛІЗ МАТЕРІАЛЬНИХ ОБОРОТНИХ ЗАСОБІВ

Кучміїова Т.С. – к. е. н., доцент кафедри, pisochenko@mnaui.edu.ua

Дяченко А.Р. – бакалавр, nastadacenko130204@gmail.com

Миколаївський національний аграрний університет

Україна, м. Миколаїв

ANALYSIS OF MATERIAL TURNOVER ASSETS

Kuchmiiova T.S. – PhD in Economics, Associate Professor of The Department,

pisochenko@mnaui.edu.ua

Dyachenko A.R. – bachelor, nastadacenko130204@gmail.com

Mykolaiv National Agrarian University

Ukraine, Mykolaiv

Abstract: *This scientific work is dedicated to the analysis of material current assets and their significance for the financial stability of enterprises. The author explores the issues of optimal regulation of current assets and the impact of their deficiency or excess on the financial condition of the enterprise. The research identifies key aspects of the relationship between current assets and turnover funds and their impact on the efficiency of current asset management. A balanced approach to this matter is crucial for achieving financial success and ensuring the competitiveness of the enterprise.*

Keywords: *material current assets, financial stability, regulation, current funds, turnover funds, current asset management, financial condition, competitiveness.*

Актуальність дослідження полягає в необхідності аналізу матеріальних оборотних засобів та їх впливу на фінансову стійкість підприємств у сучасних умовах. Зростання конкуренції та зміни в економічному середовищі ставлять підприємства перед завданням оптимізації оборотних засобів для досягнення фінансового успіху та збереження конкурентоспроможності.

Метою роботи є проведення докладного аналізу матеріальних оборотних засобів, визначення їхнього впливу на фінансовий стан підприємств та визначення оптимальних стратегій управління цими засобами.

Основний текст. Оборотні засоби підприємства представляють собою ресурси, які задіяні у виробничому процесі лише один раз, і в процесі одного

виробничого циклу повністю компенсують свою вартість, входячи до собівартості виготовленої продукції. Оборотні засоби складаються з двох головних категорій: оборотних фондів і фондів обертання [3].

Оборотні фонди підприємства активно використовуються в сфері виробництва, в той час як фонди обертання використовуються для операцій обігу, таких як закупівля сировини та матеріалів, а також реалізація готової продукції. Розмір оборотних фондів зазвичай залежить від тривалості виробничого процесу, у той час як розмір фондів обертання пов'язаний з тривалістю процесу реалізації продукції та взаєморозрахунків з контрагентами.

Виробничі запаси, в свою чергу, представляють собою ресурси, які на даний момент не використовуються в виробництві і знаходяться на складах підприємства у формі матеріальних запасів, таких як сировина, матеріали, паливо, комплектуючі, напівфабрикати, запасні частини, тара та інше [4].

Незавершене виробництво, у науковому контексті, реферується як категорія, що означає певні продукти або предмети праці, які знаходяться на стадіях виробництва та не пройшли всі необхідні обробки для завершення виробничого циклу. Це може включати в себе сировину, напівфабрикати, деталі, агрегати, або інші компоненти, які знаходяться на різних етапах виготовлення та складання.

Витрати майбутніх періодів, в контексті підприємницької діяльності, розглядаються як витрати, що виникають у поточному звітному періоді, але їхнє фінансування та погашення відбудуться в майбутньому. Ці витрати можуть бути пов'язані з підготовкою та освоєнням нової продукції та, як правило, мають нематеріальний характер.

Структура оборотних засобів підприємства визначається співвідношенням між окремими компонентами у їх сукупності. Ця структура може різнитися в залежності від галузі підприємства, але загальну картину можна описати так: приблизно дві третини оборотних коштів призначаються для оборотних фондів, тоді як інша третина виділяється для фондів обертання [2].

Оборотні засоби на підприємстві розподіляються відповідно до їх джерел формування на власні та позикові. Власні оборотні засоби утворюються підприємством при його створенні за рахунок частини статутного капіталу. Протягом операційної діяльності підприємства ці оборотні засоби поповнюються за рахунок прибутку, що залишається в розпорядженні підприємства, а також за рахунок залучення стійких пасивів (наприклад, заборгованостей за зарплатою, внесків на соціальне страхування та резервів на майбутні платежі), а також за рахунок спеціального фінансування та прибуткових надходжень [5]. Позикові оборотні засоби, у свою чергу, представляють собою кредити, які надають банки і які використовуються для

покриття недостатньої кількості власних оборотних засобів. Зазвичай, для цього виду фінансування використовуються короткострокові кредити з строком погашення до одного року.

Оборотні кошти перетинають кілька етапів в процесі обігу. Починаючи з першого етапу, оборотні засоби перетворюються з грошової форми в товарну. Це включає придбання предметів праці (таких як виробничі запаси) на ринку промислових товарів та найм робочої сили на ринку праці. На другому етапі, виробничі запаси перетворюються в незавершену виробництвом продукцію, а з часом – в готову продукцію. На третьому етапі підприємство реалізує готову продукцію, і оборотні кошти знову перетворюються в грошову форму, завершуючи цикл обігу [3]. Перша та третя стадії цього процесу відбуваються у сфері обігу, водночас як друга стадія є процесом виробництва.

Ефективне управління оборотними засобами полягає в забезпеченні оптимального використання цих коштів під час виробництва та реалізації продукції з мінімальними витратами на оборотні засоби.

Недостача оборотних засобів на підприємстві може призвести до неможливості вчасно розраховуватися з постачальниками, працівниками та службовцями, а також з бюджетними та позабюджетними фондами щодо різних платежів і відрахувань. Навпаки, надмірна кількість оборотних засобів, особливо в контексті поточного обсягу виробництва, також не є корисною. Надлишок оборотних засобів може призвести до залізничення виробничого процесу, оскільки понаднормативні запаси можуть залишитися на складі та не бути використаними виробничим процесом. Цей явище називають "омертвінням" засобів. Особливо у сучасних умовах, коли підприємства опираються на власні фінансові ресурси, належне визначення потреби в оборотних коштах стає критично важливим [1].

Тому раціональне обґрунтування обсягу оборотних засобів, зокрема виробничих запасів і матеріальних цінностей, є важливим завданням як для окремих підприємств, так і для галузей в цілому. Процес визначення оптимальних оборотних засобів відомий як нормування.

Аналіз матеріальних оборотних засобів, включає такі ключові аспекти:

1. Впливає, що оборотні засоби грають важливу роль у функціонуванні підприємства. Вони впливають на здатність підприємства вчасно розраховуватися з постачальниками, працівниками та іншими фінансовими зобов'язаннями. Також оборотні засоби впливають на продуктивність виробничого процесу і можуть визначати рентабельність підприємства [5].

2. Важливим аспектом аналізу є питання нормування оборотних засобів. Вказуючи на необхідність раціонального обґрунтування їхнього обсягу для забезпечення оптимального функціонування підприємства. Це може бути

важливим завданням для керівництва підприємства та фінансових аналітиків.

Також, на наявність двох складових оборотних засобів - оборотних фондів і фондів обертання. Аналіз цього відношення може допомогти зрозуміти, як різні складові впливають на фінансовий стан підприємства та його здатність виробляти та реалізовувати продукцію [6].

Підкреслюючи, що як недостача, так і надмір оборотних засобів можуть мати негативний вплив на підприємство. Недостача може призвести до фінансових проблем, а надмір може спричинити «омертвіння» засобів. Аналіз цих аспектів може допомогти знайти баланс в управлінні оборотними засобами [3].

Аналіз матеріальних оборотних засобів є важливою частиною фінансового управління підприємством та визначає його фінансову стабільність і ефективність виробничого процесу.

Висновок. Отже, аналіз матеріальних оборотних засобів має вирішальне значення для фінансової стійкості підприємства. Недостача чи надмір оборотних засобів може призвести до фінансових труднощів. Оптимальне нормування оборотних засобів, особливо виробничих запасів, є ключовим завданням. Аналіз взаємозв'язку оборотних фондів і фондів обертання визначає вплив складових на фінансовий стан підприємства. Збалансований підхід до управління оборотними засобами сприяє фінансовому успіху та конкурентним перевагам.

Л і т е р а т у р а

1. Лугова О. І., Пісоченко Т. С. Інтегрована звітність як інформаційна основа забезпечення сталого розвитку // Сучасні тенденції стійкого фінансово-економічного розвитку та механізми їх реалізації в глобальному вимірі: монографія / за заг. ред. Т.М. Болгар. Дніпро: Університет імені Альфреда Нобеля, 2020. С. 115-125.

2. Козаченко Л. А., Пісоченко Т. С. Вдосконалення методичних підходів до облікового відображення товарів у підприємствах торгівлі // Обліково-аналітичне забезпечення інноваційної трансформації економіки України : матеріали XII Всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Одеса, 31 травня – 1 червня 2018 р. Одеса : Бондаренко М.О., 2018. С. 40-43.

3. Лугова О. І., Сирцева С. В., Пісоченко Т. С. Міжнародні стандарти фінансової звітності як основа формування міжнародної системи бухгалтерського обліку // Обліково-аналітичне забезпечення системи менеджменту підприємства : матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції, м. Львів, 24-26 жовтня 2019 р. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2019. С. 129-130.

4. Сирцева С. В., Лугова О. І., Пісоченко Т. С. Роль облікової політики у забезпеченні управління корпораціями // Бухгалтерський облік, оподаткування та контроль в умовах міжнародної економічної інтеграції : збірник тез доповідей всеукр. наук.- практи. конф., м. Київ, 10 жовтня 2019 р. / за ред. Є. В. Калюга. Київ : НУБіП України, 2019. С. 158-160.

5. Пісоченко Т. С., Лугова О. І. Управлінське консультування на вітчизняних підприємствах // Розвиток системи обліку, аналізу та аудиту в Україні: теорія,

методологія, організація : збірник тез доповідей учасників ХІХ Всеукраїнської наукової конференції. Київ : ТОВ “Август Трейд”, 2021. С. 72-73.

б. Пісоченко Т. Вплив міжнародної системи фінансової звітності на організацію облікового процесу в Україні / Т. Пісоченко, О. Дяченко // Розвиток економічних відносин суб'єктів господарювання у посткризовий період: прогнози та перспективи : матеріали міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 20-21 квітня 2012 р. К., 2012. С. 87-89.

УДОСКОНАЛЕННЯ УПРАВЛІННЯ ГІБРИДНОЮ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЮ СИСТЕМОЮ ДЛЯ ВІДДАЛЕНИХ ОБ'ЄКТІВ ІНФРАСТРУКТУРИ

Мащенко С.А. – бакалаврант, ceregamashchenko2003@gmail.com

Марченко Р.М. – аспірант, r.marchenko@ukr.net

Шавьолкін О.О. – д.т.н., проф., shavolkin@gmail.com

Київський національний університет технологій та дизайну

Україна, м. Київ

IMPROVING CONTROL OF HYBRID PHOTOVOLTAIC SYSTEM FOR REMOTE INFRASTRUCTURE OBJECTS

Mashchenko S.A. – bachelor's student, ceregamashchenko2003@gmail.com

Marchenko R.M. – Postgraduate student, r.marchenko@ukr.net

Shavolkin O.O. – Doctor of Technical Science, Professor, shavolkin@gmail.com

Kyiv National University of Technology and Design

Ukraine, Kyiv

Abstract. *The possibility of improving the control of a hybrid photovoltaic system to add object power above the consumption limit is analyzed, taking into account deviations in the forecast of photovoltaic battery generation and load power relative to the calculated one. It is proposed to form a battery state of charge (SoC) by regulating the power that is consumed from the grid according to the deviation of the SoC value relative to a given schedule. This makes it possible to limit the depth of discharge (DOD) and increase the use of PV energy on demand while reducing the consumption from the grid. A forecast deviation of up to 20% was considered with the possibility of increasing the load by 10%.*

Keywords: *remote object, photovoltaic battery, add power, schedule SoC, power consumption from the grid, regulation by deviation.*

Актуальність дослідження зумовлена потребою забезпечення управління фотоелектричною системою (ФЕС) з акумулятором (АКБ) для об'єкту інфраструктури [1] за використанням прогнозу генерації фотоелектричної батареї (ФБ) в реальних умовах за відхиленням генерації ФБ від прогнозу та навантаження відносно розрахованого значення.

Метою роботи є удосконалення управління з завданням значення потужності P_g , що споживається з мережі, шляхом формування графіку $SoC(t)$ АКБ, що має забезпечити обмеження глибини розряду акумулятору (DOD) та зменшити споживання енергії з мережі.

Розглянуто гібридну ФЕС з АКБ, що використовується для віддаленого об'єкту інфраструктури з обмеженням споживання енергії з мережі [1]. За цього передбачено підвищення потужності об'єкту вище ліміту і завдання потужності $P_{gR}(t)$ визначається за прогнозом генерації ФБ $P_{PV}(t)$ з веб-ресурсу [2] відповідно до графіку навантаження $P_L(t)$. Визначення P_{gR} здійснюється за умови забезпечення контрольних значень SoC на інтервалах графіка навантаження. Значення фактичної генерації ФБ $P_{PV}(t)$ може відрізнятись від прогнозу до 20% [3], а навантаження від розрахункового графіку. Це призводить до зайвого споживання енергії з мережі або підвищення значення DOD до 100%, що є неприйнятним.

Формування графіку $SoC(t)$ можна забезпечити, якщо регулювати значення P_g за відхиленням вимірюного SoC_M і заданого значення SoC_R з дискретністю в часі Δt . За цього

$$P_g = P_{gR} + \Delta P_g,$$

де $\Delta P_g = K(SoC_R - SoC_M) = K \cdot \Delta SoC$, K – коефіцієнт, що визначається згідно ємності АКБ і прийнятому значенню відхилення ΔSoC (4%) за обмеженням $\Delta P_g \leq 0.5 P_{LIM}$.

Графік $SoC_R(t)$ має східчасту форму з кроком Δt . Початкове значення дорівнює вимірюваному на початок дня (8:00), наступні визначаються згідно розрахованим значенням енергії, що споживається навантаженням ΔW_{Li} , енергії генерації ФБ ΔW_{PVi} і споживається з мережі ΔW_{gRi} на поточному інтервалі Δt_i . Вимірювання SoC_M здійснюється на початку інтервалу.

Використання регулювання передбачає попередній розрахунок $P_{gR}(t)$.

Висновки. Запропоноване рішення щодо регулювання заданого значення потужності P_g за відхиленням значення SoC відносно заданого графіка $SoC(t)$ забезпечує можливість підтримання заданого значення DOD в разі відхилення прогнозу генерації ФБ до 20% та збільшення навантаження до 10%. Значення дискретності регулювання 0.5 години. Якщо генерація ФБ є вищою за прогноз або навантаження менше розрахункового маємо зменшення енергії, що споживається з мережі.

Л і т е р а т у р а

1. Shavolkin, O.; Shvedchykova, I.; Gerlici, J.; Kravchenko, K.; Pribilinec, F. Use of Hybrid Photovoltaic Systems with a Storage Battery for the Remote Objects of Railway Transport Infrastructure. *Energies* 2022, 15, 4883. <https://doi.org/10.3390/en15134883>.

2. Iyengar S., Sharma N., Irwin D., Shenoy P., Ramamritham K. SolarCast – an open web service for predicting solar power generation in smart homes, Proceedings of the 1st ACM Conference on Embedded Systems for Energy-Efficient Buildings. (2014), November, 174–175. doi: <https://doi.org/10.1145/2674061.2675020>

3. Srinivasan Iyengar, Navin Sharma, David Irwin, Prashant Shenoy, Kritni Ramamritham/ A Cloud-based Black Box Solar Predictor for Smart Homes. Indian Institute of Technology Bombay, India. ACM Reference Format: ACM Trans. Cyber-Phys. Syst. 000, 000, Article 00 (2016), 25 pages. DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/3004056>

ПРОБЛЕМИ ТЕПЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ ТА МЕРЕЖ

Пічкур Т.В. – к.і.н., доц., pt1993@ukr.net

Висоцька Т.І. – к.х.н., доц., yusocka_ti@gsuite.duit.edu.ua

Київський інститут залізничного транспорту

Державного університету інфраструктури та технологій

Україна, м. Київ

PROBLEMS OF THERMAL EQUIPMENT AND NETWORKS

Pichkur T.V. – Candidate of Historical Sciences, Associate Professor, pt1993@ukr.net

Висоцька Т.І. – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor,

yusocka_ti@gsuite.duit.edu.ua

Kyiv Institute of Railway Transport

State University of Infrastructure and Technologies

Ukraine, Kyiv

Abstract: *in almost the entire territory of Ukraine, the exceedance of the MPC of pollutants in the atmosphere is recorded. The most significant polluter of atmospheric air in today's conditions (not taking into account the pollution of the atmosphere from the military operations) is energy generation. During the formation and further development of the country's newest heat energy market, it is extremely important to implement the most modern energy-saving technologies and equipment in a timely manner for the rapid recovery of Ukraine in the post-war period and the use of an environmental protection strategy for energy development.*

Keywords: *energy, heating units, greening of energy saving, energy consumption, emissions*

Актуальність дослідження визначається сучасним станом енергетики країни та необхідністю створенням економічних умов для впровадження заходів екологізації в енергозбереження країни з одночасною зміною галузевої і технологічної структури виробництва, що сприятиме зменшенню енерговитрат одночасно із зменшенням викидів в оточуюче середовище.

Метою роботи є аналіз технологічних процесів та виробничого устаткування енерговиробництва для зменшення негативного впливу на оточуюче середовище.

У промисловій, муніципальній та сільській енергетиці України до початку повномасштабного вторгнення російських військ 24 лютого 2022 року налічувалось понад 250 тисяч котелень, які були оснащені приблизно 800 тисячами котлоагрегатів. З урахуванням ситуації, що склалася в Україні очевидно, що зниження витрати палива при роботі цих об'єктів є однією з реальних можливостей поліпшення екологічної ситуації в державі [1].

Аналіз енерговитрат, що включає весь енергетичний цикл, а саме: витрати на видобуток та транспортування палива, витрати енергії на власні потреби, втрати при спалюванні палива, втрати в мережах і у споживачів, показав, що виробництво теплової енергії відбувається вкрай неефективно при спалюванні твердого палива та з дуже низькою ефективністю при спалюванні природного газу (18 - 20 %).

Підвищення ефективності може бути здійснено насамперед за рахунок скорочення втрат у циклі виробництва палива, його транспортуванні та підготовці. Зменшення втрат забезпечить економію енергії майже на 15 % і, таким чином, викиди в атмосферу теж стануть меншими на 15%.

Модернізація пальників, топок та використання утилізаторів додатково забезпечить повернення у цикл спалювання ще майже 20 % енергії. Найбільша частина втрат енергії, приблизно 50 %, припадає на теплові мережі та споживачів. Щоб уникнути цих втрат необхідно суттєво збільшити використання капітальних вкладень на модернізацію обладнання але проблема полягає у тому, що зниження викидів у довкілля не пов'язано пропорційно із використанням коштів, тобто значні капіталовкладення суттєво та швидко не зменшать викиди в атмосферу [2].

Перехід до децентралізованих систем теплопостачання (дахові, вбудовані котельні, перебудова і теплоізоляція систем, встановлення систем поквартирного обліку витрат тепла, підвищення теплостійкості будівель), мабуть, доцільно застосовувати для будівництва нового житлового фонду, а для переважної більшості існуючих об'єктів в Україні такі заходи є фінансово незабезпеченими.

Невідкладного розв'язання вимагають проблеми застосування нового обладнання щодо контролю забруднень атмосфери. У всіх розвинених країнах постійний автоматизований контроль здійснюється, починаючи з 70-80-х років ХХ ст.

Для України найбільш актуальним є контроль за зменшенням викидів наступних речовин:

- золи, пилу, сажі – в газах, що викидаються в атмосферу від котлів і промислових печей, від обладнання хімічної, металургійної, коксохімічної та гірничодобувної промисловості, харчової та нафтопереробної промисловості, промисловості будівельних матеріалів та автотранспорту;

- газоподібних викидів окисів нітрогену, сірки, карбону, бензопірена – з котлоагрегатів, промислових печей, двигунів автомобілів, обладнання нафтопереробної, металургійної та коксохімічної промисловості.

Слід зазначити, що необхідна номенклатура автоматичних приладів контролю викидів в Україні відсутня, незадовільна і їх якість. Автоматичний газоаналізатор на канцерогенну речовину бензопірен у країні не виробляється. Автоматичні стаціонарні газоаналізatori на NO_x та NO_2 (потребують стаціонарного підключення до водопостачання та каналізації), мають вагу понад 200 кг та нетранспортабельні і дуже ненадійні у роботі. Ті самі недоліки притаманні і стаціонарним аналізаторам на вміст окисів SO_2 і CO . Зауважимо, що виробництво навіть таких пристроїв практично зупинено. Для визначення окису карбону (CO) використовується переносний хроматограф типу «Газохром 3101», який поступається закордонним аналогам. Виробництво таких приладів теж незадовільне. Таким чином контроль викидів в атмосферу, у тому числі і «Екологічна паспортизація» значної кількості підприємств, на даний час здійснюється аналітичними хімічними методами з використанням для цього приладів, розроблених у середині ХХ ст.

Висновок. Для поліпшення ситуації щодо застосування сучасного енергоефективного обладнання для розвитку енергетичних ресурсів країни необхідні значні інвестиції в екологію енерговиробництва. Це забезпечить відчутне зниження токсичного впливу на оточуюче середовище при виробництві енергії, дасть поштовх для розвитку комбінованих методів і технологій, які забезпечать зниження витрат енергоресурсів з одночасним зменшенням викидів у навколишнє середовище.

Л і т е р а т у р а

1. А. І. Шевцов, М. Г. Земляний, В. В. Вербинський. Муніципальна енергетика: шляхи підвищення ефективності. Режим доступу:

<http://www.db.niss.gov.ua/monitor/comments.php?id=342&catid=6>

2. Я. Семиколєнова. Модернізація системи централізованого тепlopостачання в Україні: облік тепла та впровадження платежів на основі його фактичного споживання //Sustainable Development Departmen Europe and Central Asia Region , [Електронний ресурс]. Режим доступу:

<http://siteresources.worldbank.org/UKRAINEINUKRAINIANEXTN/Resources/455>

ПОКРАЩЕННЯ МЕТОДІВ ДІАГНОСТИКИ БУКС РУХОМОГО СКЛАДУ

Погребняк Д.Ю. – магістрант, pogrebnyak_dyu@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

IMPROVEMENT OF DIAGNOSTIC METHODS OF LOCOMOTIVE BUCKS

Pogrebnyak D.Yu. – master's student, pogrebnyak_dyu@gsuite.duit.edu.ua
Malyuk S.V. – Art. 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 methods of diagnosing bogies of locomotives, which are currently used in the conditions of a locomotive depot, and suggests the use of modern means of diagnosing bogies by introducing modern indicators of bearing life. The towing unit is a rather important element of the crew part of the rolling stock, the technical condition of which directly affects the safety of movement. Therefore, the improvement of diagnostics of bucks is a very important issue, which will make it possible to increase the reliability indicators of the rolling stock and improve the safety of traffic on the railway.*

Keywords: *axle assembly, diagnostics, indicator, rolling stock.*

Актуальність дослідження зумовлена недостатньою якістю огляду та діагностикою буксових вузлів, зокрема підшипників, а також покращення їхньої ревізії за допомогою використання сучасних індикаторів ресурсу підшипників.

Метою роботи є проведення аналізу діагностичних методів буксових вузлів, що використовуються на теперішній час та запровадження нових методів.

Буксові вузли електровозів за час служби з метою оцінки їх придатності до подальшої експлуатації і вилучення виникаючих дефектів підлягають ревізії першого та другого об'ємів. При необхідності проведення ревізії однієї букси аналогічну ревізію необхідно проводити і для іншої букси цієї ж колісної пари.

При ревізіях повинні виконуватися наступні роботи: розбирання буксових вузлів, промивка та очищення, огляд та вимірювання підшипників і суміжних з ними деталей, при необхідності заміна, а також закладка свіжої змазки і їх складання.

Ревізія першого об'єму виконується:

- при поточному ремонті ПР – 3;

- при виявленні стороннього шуму (стуку) в підшипниках при прослуховуванні буксового вузла;
- у випадках виявлення дефектів, які неможливо ліквідувати без розбирання вузла, необхідно провести ревізію, та у випадках які вказані вище.

При проведенні ревізії першого об'єму букси розбираються із залишенням на шийках осей внутрішніх обойм підшипників. У підшипників вимірюють посадочні радіальні зазори і осьовий розбіг букси. Всі демонтовані деталі передають на промивку і огляд, після чого комплектують окремо для кожної букси. При необхідності заміни підшипника або зняття його внутрішньої обойми провести підбір по натягу і зазорах, встановленим у відповідності з вимогами для ревізії другого об'єму. При заміні одного буксового підшипника знімати з шийки внутрішню обойму другого підшипника цієї букси. Лабіринтне кільце, яке стоїть за підшипниками, дозволяється не знімати.

Ревізія буксових вузлів другого об'єму проводиться:

- при повному огляді колісних пар;
- у всіх випадках виявлення дефектів, які не можливо усунути при ревізії першого об'єму.

При ревізії другого об'єму, окрім робіт, передбачених для ревізії першого об'єму, розбирають буксові вузли повністю зі зняттям з шийок внутрішніх об'єм підшипників, лабіринтних кілець і кришок корпусів. Всі деталі промиваються, оглядаються, вимірюються, при необхідності ремонтуються або замінюються новими. Вимірюються підшипники, шийки осей, посадочні місця лабіринтних і упорних кілець і посадочні місця корпусів під підшипники.

Для покращення процесу дефектації буксових підшипників, із використанням сучасної техніки та технологій необхідно запровадити в умовах депо використання сучасних індикаторів ресурсу підшипників.

Індикатор ресурсу підшипників (далі – прилад) призначений для визначення технічного стану підшипників кочення на працюючому обладнанні з метою виявлення:

- міри зносу, в тому числі наявність дефектів, не допустимих для подальшої експлуатації по галузевим нормам зношення підшипників кочення по встановленому зносу, механічному витиранню і іншим видам зносу;
- стану змазки в підшипникових вузлах;
- правильності збірки підшипникових вузлів при виготовленні і ремонті;
- вхідного контролю нового і відремонтованого обладнання.

Загальна будова таких приладів містить п'єзокерамічний датчик, з'єднувальний кабель зі штекером, вимірювальний блок.

На рисунку показана принципова структурна схема індикатору ресурсу підшипників



Рисунок – Структурна схема індикатору ресурсу підшипників

Схема приладу відсікає частоти звукового діапазону і забезпечує обробку ультразвукових сигналів від дефектів усіх частин підшипника і оцінку їх сукупного значення у вигляді загального критерію ступеня зношення підшипника у бальній формі. Критерій ступеня зносу визначається шляхом порівняння показників дисплею при перевірці технічного стану підшипника з показниками «Технології діагностики підшипників» на конкретне обладнання користувача.

Визначення технічного стану підшипника.

Підшипники кочення при роботі генерують тепло, вібрацію в широкій полосі частот, акустико-емісійні сигнали в звуковому і ультразвуковому діапазоні частот і засновують елементи зносу від доріжок кочення і тіл кочення, елементи деструкції і коксування масел, при цьому швидкість деструкції масел значно зростає в зонах місцевого нагріву доріжок, тіл кочення і у випадках загального перегріву підшипникового вузла.

Основним створювачем формування акустико-емісійного сигналу в ультразвуковому діапазоні частот підшипникового вузла являються:

- хвилі від нормальних і доторкувальних пятен контакту в приповерхневих шарах тіл і доріжок кочення при обертанні від діючих навантажень і числа оборотів;
- мікроудари внаслідок шороховатості тіл і доріжок кочення, яке посилюється в наслідок коксування мастила і наявності елементів зношення;

- гідродинамічні ефекти від змазки в зоні контактних напруг тіл кочення з доріжками кочення;
- імпульсний сигнал від появи тріщин в металі тіл кочення;
- мікроудари і удари від перекатування дефектних поверхонь (шолушіння, розвитку тріщини, сколи, раковини);
- мікропереміщення зовнішнього кільця у гнізді корпусу;
- зношення посадкових поверхонь підшипника, що супроводжуються переміщенням поверхні кілець відносно посадочних місць;
- мікропроковзування тіл обертання по доріжках кочення.

Підшипниковий вузол генерує акустико-емісійний сигнал у широкій полосі частот – до декількох мегагерц з різними амплітудами, які зростають по мірі руйнування підшипника, порушення умов змащування, зношення посадочних місць, дефектів монтажу.

Найбільш інформативним діапазоном частот для цілей діагностики підшипників є частоти 30 – 300 кГц. На цих частотах вплив шумів від працюючих вузлів мінімальний, що дозволяє здійснювати діагностику з надійністю більше 0,9.

Амплітуди в амплітудно-частотних характеристиках сигналу зростають зі зростанням навантажень і числа обертів.

Вплив незакокованої змазки на амплітудно-частотних характеристик подвійний:

- відсутність змазки збільшує амплітуду;
- підбивка консистентної змазки або поновлення режиму рідкісної змазки зменшує амплітуду.

Висновок. В кінці проведеної роботи слід зазначити, що використання сучасних методів діагностики, шляхом застосування індикаторів ресурсу підшипників, можуть значно покращити безпекові при експлуатації рухомого складу.

Л і т е р а т у р а

1. Борзилов І.Д. Удосконалення технології технічного обслуговування та ремонту вагонів засобами технічної діагностики: Навч. посібник. Харків: УкрДАЗТ, 2003. Ч. 1. 91 с.
2. Білокур І.П. Дефектологія та неруйнівний контроль. Київ: Вища шк. 1990. 207 с.
3. Равлюк В.Г. Напрям досліджень з вібродіагностування ходової частини рухомого складу. Зб. наук. праць. Харків: НТУ "ХПІ", 2008. Вип. 46. С. 112-117;
4. С. Ytuarte. Railway Age. 2002, No. 1. Pp. 37-39.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЛАЗЕРНОГО КОНТРОЛЮ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РАМИ ВІЗКА ТЕПЛОВОЗА ЧМЕЗ

Сільвестр В.О. – магістрант, silvestr_vo@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

PROSPECTS FOR USING LASER CONTROL OF GEOMETRIC PARAMETERS OF THE FRAME OF THE CHMEZ LOCOMOTIVE BOGIE

Sylvester V.O. – master's student, silvestr_vo@gsuite.duit.edu.ua
Malyuk S.V. – Art. Teacher, maliuk_sv@gsuite.duit.edu.ua
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *This work presents the results of a study of the technical condition of the frames of locomotives of the ЧМЕЗ series that have worked for 40 years since the date of construction. On the basis of studies of the technical condition of trolley frames and strength calculations, the locations of trolley frames that should be subject to non-destructive testing were determined and an analysis of the technical condition control maps was carried out. Methods of non-destructive testing, suitable for use during the control of the technical condition of the bogies of ChMEZ diesel locomotives at various stages of further operation, were investigated.*
Keywords: *transport technologies, laser control, locomotive bogie.*

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю покращення технічної діагностики рам візків тепловозів під час експлуатації та ремонту.

Мета роботи полягає у узагальненні відомостей стосовно лазерної системи контролю геометричних параметрів візків тепловозів.

Контроль та забезпечення сталості геометричних параметрів великогабаритних виробів машинобудування при їх виробництві та ремонті, особливо у просторовій системі координат, до сьогодні є трудомістким та дорогим завданням. Традиційними способами є вимірювання за допомогою шаблонів, лінійок, за допомогою натягнутої струни, а також оптико-механічним методом. Таким вимірам властиві велика трудомісткість та значний суб'єктивний фактор. При цьому відновлення зношених поверхонь – виключно ручні операції. Використання лазерних технологій під час вирішення цієї проблеми – дуже перспективний напрямок.

При експлуатації локомотивів до контролю та збереження геометричних параметрів рухомого складу пред'являються досить високі вимоги. Незначні

відхилення від номінальних значень ведуть до зниження ходових і динамічних характеристик локомотивів, а також безпеки в експлуатації. Перекоси осей колісних пар у рамах візків можуть призвести до аварійних ситуацій. Забезпечення геометричних параметрів рам візків при виробництві та ремонті пов'язане з великими витратами.

Лазерна вимірювальна система рам візків дозволяє виявити незначні зміни геометрії рам візків у процесі їх експлуатації. Система формує тривимірну систему координат. Контроль розмірів рам візків здійснюється за допомогою видимих лазерних пучків паралельним переміщенням їх уздовж опорних лінійок з одночасним відліком координат, що заносяться до бази даних комп'ютера. Спеціально розроблене програмне забезпечення дозволяє обробляти та документувати результати вимірювань та проводити на їх основі ремонт.

Лазерна система контролю призначена для вимірювання геометричних параметрів візків тепловозів за трьома координатами методом прямих вимірювань у прямокутній системі координат, утвореної з лазерних пучків:

- поздовжні та поперечні параметри рами вимірюються у вимірювальному просторі, утвореному вимірювальними лазерними пучками від двох базових взаємно перпендикулярних пучків;

- вертикальні параметри вимірюються по штангенрейці від базової горизонтальної площини, заданої лазерним пучком нівеліру з лазерним візиром. Перелік основних контрольованих геометричних параметрів наведено у Правилах поточного та капітального ремонтів, а також капітального ремонту з продовженням терміну служби (ТР, КР, КРП) та техобслуговування тепловозів та електровозів.

Система здійснює вимірювання:

- вертикального та горизонтального прогинів балок;
- різниць висот повідкових кронштейнів;
- відхилення клинових пазів повідкових кронштейнів від співвісного розташування;
- різниць розмірів між осями клинових пазів у буксових отворах та між буксовими отворами;
- відхилення від площини внутрішніх поверхонь повідкових кронштейнів.

Система може бути застосована як для оцінки геометричних параметрів, так і в процесі ремонту: при контролі правильності постановки повідкового кронштейна на раму; при зварювальних роботах з відновлення кронштейнів важільної передачі та інших елементів рам візків. Це дозволить забезпечити якість виробництва ремонту згідно з правилами ремонту, збільшити термін експлуатації візків загалом та підвищити безпеку руху.

Висновок. Лазерна система контролю геометричних параметрів рами візка дозволить проводити вимірювання з підвищеною точністю і на підставі цих вимірювань якісніше проводити ремонт рами візка, що призведе до збільшення міжремонтних пробігів, поліпшення ходових та динамічних характеристик тепловоза.

Л і т е р а т у р а

1. Положення про планово-попереджувальну систему ремонту і технічного обслуговування тягового та моторвагонного рухомого складу (електровозів, тепловозів, електро- та дизельпоїздів) [Текст]: № 429-Ц/ОД: затв. Наказом Укрзалізниці від 15.10.2015. К.: Укрзалізняця, 2015. 45 с.

2. Крашенінін О.С. Визначення граничних термінів довговічності тягового рухомого складу [текст]/О.С. Крашенінін, О.М. Обозний// *Зб. наук. праць. УкрДАЗТ*, Харків, 2011. Вип.122. с.134-140.

3. Y. J. Rao, "Recent progress in applications of in-fibre Bragg grating sensors," *Optics and Lasers in Engineering*, vol. 31, no.4, pp. 297-324, 2015.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНЕВОГО ПАЛИВА НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Сорочинська О.Л. – к.і.н., доц., ellena06.84@ukr.net
Борздов С.В. – бакалаврант, borzdov_sv@gsuite.duit.edu.ua
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

PROSPECTS FOR THE USE OF HYDROGEN FUEL IN RAILWAY TRANSPORT

Sorochynska O.L. – Ph.D., Associate Professor, sorochynska_ol@gsuite.duit.edu.ua
Borzdov S.V. – bachelor's student, borzdov_sv@gsuite.duit.edu.ua
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. Rail transport is a significant source of greenhouse gas emissions, so finding sustainable and low-carbon alternative fuels is critical to reducing its environmental impact. Hydrogen is becoming a promising type of fuel for railway transport due to its high energy density, zero emissions and the possibility of production from renewable sources. However, the use of hydrogen as a fuel requires significant infrastructure development and technological progress in the production, storage and transportation of hydrogen. In addition, the cost and availability of hydrogen fuel remain the main barriers to its widespread

adoption. Despite these challenges, the potential benefits of using hydrogen as a sustainable fuel for the rail industry make it an area of growing interest and investment.

Keywords: *alternative fuels, environmental safety, railway transport, hydrogen production.*

Актуальність дослідження зумовлена тим, що на даний час світ в пошуках альтернативного виду палива, яке дасть змогу зменшити викиди в атмосферу. Водневе паливо може розглядатися альтернативою традиційному викопному паливу. Це чисте і поновлюване джерело енергії, яке виробляє лише водяну пару як побічний продукт, що робить його бажаним рішенням для скорочення викидів парникових газів і пом'якшення наслідків зміни клімату.

Метою роботи є проведення оглядового аналізу концепції та перспективи використання водневого палива на залізничному транспорті.

Водень є екологічно чистим і може замінити бензин, дизельне паливо та мазут у всіх типах теплових двигунів. Європа вже розпочала інтегрування водню у свою «зелену» стратегію, спрямовану на безвуглецеве майбутнє континенту. Україна також повинна зосередитися на цьому новітньому виді палива. Наразі для виробництва водню використовується 6% світового природного газу та 2% вугілля. Водень можна використовувати як паливо з нульовим рівнем викидів, але сам видобуток газу не є низьковуглецевим процесом, якщо для його виробництва використовується викопне паливо. Тим не менш, експерти вважають, що водень може стати паливним рішенням для транспортної інфраструктури, зокрема досягти мети - скорочення викидів за рахунок використання невикопних видів палива.

Перехід до зеленої водневої економіки закріплений у Європейській водневій стратегії, яка є частиною Європейського зеленого курсу (ЄЗК), прийнятого Європейським парламентом у 2020 році. Загальна мета ЄЗК - зробити Європу кліматично нейтральною, захистити біорізноманіття та озеленити її економіку до 2050 року. Синхронізуючи свою політику з політикою ЄС, Україна має намір досягти кліматичної нейтральності до 2060 року [1]. Для підтримки розвитку водневої галузі та реалізації затвердженої водневої стратегії Європейська Комісія в липні 2020 року створила Європейський альянс чистого водню.

В Україні воднева стратегія все ще розробляється, але Національна транспортна стратегія, Стратегія розвитку енергетики та Дорожня карта розвитку водневої енергетики в Україні забезпечують надійну стратегічну основу для політики, спрямованої на збільшення частки відновлюваних джерел енергії на транспорті на основі біопалива, електроенергії та водню [2, 3, 4].

Очікується, що до 2050 року відновлювана електроенергія декарбонізує значну частину енергетичного балансу ЄС, зокрема завдяки широкому

використанню водневої енергії. Важливо пам'ятати, що різні види водню виробляються різними способами і відповідно мають різний вплив на навколишнє середовище.

Сірий водень виробляється з викопного палива та вугілля і становить близько 95% водню, що виробляється сьогодні у світі. На жаль, у процесі його виробництва утворюються парникові гази. Два найбільш перспективні види водню – це блакитний і зелений. Синій водень виробляється з викопного палива, але при цьому відновлюється вуглець. Зелений водень виробляється відновлюваних джерел енергії шляхом електролізу води на два атоми водню і один атом кисню. Зелений водень, який називають «чистим воднем» - є найбільш перспективним з точки зору декарбонізації різних секторів, включаючи транспорт. Ще є жовтий водень, який також виробляється за допомогою ядерної енергетики. Прихильники ядерної енергетики стверджують, що жовтий водень є таким же екологічно чистим, як і зелений.

Наразі в Європейському Союзі працює 300 електролізерів, але вони виробляють менше 4% від загальної кількості водню, але Європа планує до 2050 року збільшити частку водневої енергії в енергетичному балансі до 13%. Досягнення цієї мети пов'язане з кількома викликами.

По-перше, потрібен простір. Сонячна та вітрова енергія, яка виробляє водень, є більш «децентралізованою», ніж енергія викопного палива, і для її виготовлення потрібно більше площі. Нові вітрові та сонячні електростанції і високовольтні лінії електропередач часто стають причиною конфліктів через їхній вплив на ландшафт, біорізноманіття та здоров'я місцевого населення. Крім того, коли вітрові електростанції розміщуються на відкритому морі, вони викликають протести з боку представників рибної промисловості.

По-друге, є потреба в матеріалах. Інфраструктура відновлюваної енергетики, так як і вітрові турбіни, сонячні панелі та лінії електропередач, потребує матеріалів, особливо металів. Поширення відновлюваної енергетики збільшує попит на залізо, алюміній, мідь, цинк, хром і марганець. Однак світові запаси деяких руд, особливо міді, вже виснажуються. Настане час, коли видобуток міді потребуватиме більше електроенергії, води, матеріалів і землі, а шкода навколишньому середовищу стане неприйнятною.

Окрім металів, для виробництва «зеленого» водню потрібна опріснена прісна вода: для виробництва 1 кг водню потрібно 9 літрів води. Прісна вода часто є дефіцитом у сонячних регіонах, придатних для виробництва водню. Цей дефіцит посилюватиметься під впливом зміни клімату. За цих обставин екологічно чистим виробникам водню було б добре розміститися там, де є морська вода, при цьому відповідально поводитись з відходами опріснення.

Використання водню має також перспективи і в залізничній галузі, особливо на її неелектрифікованих ділянках. Приблизно 20% залізничних ліній в Європі досі обслуговуються тепловозами, а в Україні цей відсоток ще більший.

Поступово країни ЄС розпочинають впроваджувати водневий тяговий рухомий склад. Так з 2013 року Alstom розробляє технологію локомотивів на водневих паливних елементах: два потяги на водневих паливних елементах увійшли в експлуатацію в Німеччині наприкінці 2018 року, і було оголошено про введення в експлуатацію 14 таких поїздів у 2021 році [5]. У 2019 році перші водневі поїзди Hydro Flex також пройшли випробування у Великобританії. Уряд країни вирішив повністю відмовитися від дизельних локомотивів до 2040 року, а на зміну їм можуть прийти поїзди на водневих паливних елементах.

Розвиток водневого транспорту в Україні потребуватиме часу. За прогнозами, водень і синтетичне паливо, отримане з водню, становитиме 2% від загального попиту на енергію в транспортному секторі у 2030 році, 13% у 2040 році і 25% у 2050 році. На жаль, темпи зростання виробництва «зеленого» водню обмежені. Це паливо буде в дефіциті протягом тривалого часу, і політика «зеленої» промисловості повинна враховувати це. Поки зелений водень не стане комерційно доступним, можна сподіватися, що розвиток у цій галузі буде підтримуватися на європейському та національному рівнях. За оцінками експертів, Україна має великий потенціал для виробництва енергії з відновлюваних джерел та виробництва водню. Середньорічне виробництво «зеленого» водню в Україні становить близько 505 мільярдів кубометрів. Згідно з прогнозами, за сприятливої державної політики Україна може виробляти 1 мільярд кубометрів відновлюваного водню до 2030 року, а до 2040 року цей показник може зрости до 5 мільярдів кубометрів.

Територія України може стати майданчиком для виробництва водню не лише для власних потреб у чистій енергії, а й для експорту на ринок Європейського Союзу. Перш за все, розвиток водневої паливної галузі в Україні потребує державної підтримки у вигляді гармонізації законодавства з європейськими стандартами та прозорих правил отримання необхідних дозволів.

В Україні держава вже зробила різні кроки для розвитку системи транспортування та зберігання водню. Зокрема, оператори газотранспортної системи розглядають головний газопровід України, як перспективний варіант для транспортування суміші водню та природного газу. Нафтогаз та Укртрансгаз вже беруть участь в ініціативі H2EU+Store. Вона передбачає виробництво «зеленого» водню з відновлюваних джерел енергії на заході України та його зберігання в українських газосховищах.

Висновок. Водневе паливо може відігравати важливу роль у скороченні викидів парникових газів від транспортних підприємств, але його впровадження

не позбавлене певних труднощів. Хоча технологія все ще перебуває на ранніх стадіях розвитку, поточні ініціативи та проекти прокладають шлях до більш чистого та сталого майбутнього залізничного транспорту.

Л і т е р а т у р а

1. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 30.07.2021 № 868, щодо необхідності досягнення кліматичної нейтральності не пізніше 2060 року.

2. Національна економічна стратегія на період до 2030 року, затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 03.03.2021 № 179.

3. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року, затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 30.05.2018 № 430-р.

4. Концепція дорожньої карти розвитку водневої енергетики України на період до 2035 року / С.О. Кудря, О.О. Рєпкін, Л.В. Яценко, Л.Я. Шинкаренко, М.А. Ткаленко // Відновлювана енергетика. 2019. № 4. С. 22-28.

5. Deutsche Welle. Режим доступу: <http://surl.li/ngjpm>

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ПРОГРІВУ ДИЗЕЛІВ ТЕПЛОВОЗІВ

Чмих В.О. – магістрант, chmuh_vo@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

ANALYSIS OF THE EXISTING DIESEL WARMING SYSTEMS OF THERMAL TRUCKS

Chmykh V.O. – master's student, chmuh_vo@gsuite.duit.edu.ua

Malyuk S.V. – Art. Teacher, maliuk_sv@gsuite.duit.edu.ua

Kyiv Institute of Railway Transport

State University of Infrastructure and Technologies

Ukraine, Kyiv

Abstract. *In the work, the analysis of the existing heating systems of diesel locomotives and diesel trains on the railways of Ukraine was performed, the classification of the heating systems of diesel locomotives was carried out. The idea of reducing the operating time of a diesel engine at non-nominal modes due to the introduction of a warm-up system prompted the development of various warm-up systems. A detailed analysis of the developed systems can show which systems are most suitable for operation in the conditions of diesel rolling stock. The heating technology should be understood as a set of technological influences on the power plant to maintain the temperature of its coolants at the required level.*

Keywords: *warm-up, diesel locomotive, system, analysis, cooling system*

Актуальність дослідження пов'язана з тим, що суттєвий вплив на паливну економічність тепловозної тяги здійснюють параметри зовнішнього середовища. При зниженні температури повітря витрати палива підвищуються. Однією з основних причин цього є необхідність підтримувати тепловозну енергетичну установку в «гарячому резерві». В теперішній час існує значна кількість розробок для прогріву тепловозів. Тому виникає необхідність у проведенні аналізу існуючих систем та визначенні їхньої ефективності.

Метою роботи є проведення аналізу існуючих систем прогріву тепловозних дизелів для забезпечення більш ефективного використання палива на тепловозах.

Значним резервом економії дизельного палива у зимовий період є зниження його витрати під час прогріву тепловозів. Відомо, що для забезпечення необхідного теплового стану дизельних двигунів при так званому самопрогріві необхідно близько 6% сумарного споживання палива на тягу поїздів. У зимових умовах, як свідчить практика експлуатації, втрати зростають на 8-12 %.

Відразу після зупинки дизеля та водяних насосів у системі охолодження тепловоза виникають зони нерівномірного зниження температури, у яких створюється небезпека місцевого замерзання. Найчастіше це ділянки відведення води від калорифера в кабіні машиніста та нижні патрубки секцій холодильника, незважаючи на те, що у зоні блоку дизельного двигуна температура залишається відносно високою. Так, при температурі зовнішнього повітря -21°C за 3 години простою тепловоза з заглушеним двигуном температура води у калорифера в кабіні машиніста знижується до 3 градусів, хоча термометри на виході з самого двигуна показують 42°C .

Усі існуючі та перспективні системи прогріву можна поділити на бортові (або від зовнішнього рухомого джерела) та стаціонарні. Проведемо аналіз цих систем:

Самопрогрів та бортові системи прогріву.

Перевагою бортових систем прогріву є їх незалежність та мобільність. Самопрогрів може бути організований будь-де стоянки локомотива. Недоліком є необхідність встановлення додаткового обладнання, яке потребує місця у стиснених умовах машинного відділення, при цьому в теплий час не використовується.

Використання котлів-підігрівачів.

Система прогріву тепловозів при гарячому простої за допомогою котлів-підігрівачів застосовувалася на вітчизняних тепловозах, проте через недостатню конструктивне опрацювання саме для транспортних умов, відсутність

автоматизованих пристроїв управління та захисту, встановлення котлів-підігрівачів.

Робота дизеля без навантаження.

Прогрів без навантаження виконують протягом часу, достатнього підвищення температури теплоносія до рівня, що має місце під час роботи дизеля під навантаженням. Після зупинки дизеля необхідний контроль темпу охолодження теплоносія.

Як відомо, для досягнення значної економії палива широко використовується примусове відключення частини циліндрів двигуна. Регулювання способом відключення циліндрів найбільше ефективно при великому діапазоні потужності роботи двигуна. Тому сучасні потужні тепловозні двигуни обладнані пристроями відключення циліндрів. При них збільшення циклової подачі у працюючих циліндрах забезпечує значне поліпшення процесів паливо-подачі, інтенсифікує робочий процес, підвищує середню циклову температуру.

Електропрогрів із живленням від тягового генератора.

При цьому способі використовується енергія, що виробляється тяговим генератором тепловоза. Дизель запускається при зниженні температури теплоносіїв - води та мастила до певного значення. Відразу після пуску дизеля тяговий генератор приєднується через контактори до електронагрівальних елементів, які нагрівають воду, що знаходиться у водонагрівачі. Підігріту воду прокачують крізь водяну систему. На відміну від неекономічного самопрогрівання за рахунок роботи дизеля без навантаження при електропрогріві використовується малий режим навантаження дизеля, що прискорює прогрів і зменшує витрату палива.

Використання теплових акумуляторів.

Важливим напрямом у вирішенні проблеми прогрівання системи охолодження локомотива є використання вторинного енергоносія – теплового акумулятора. Завдання фактично зводиться до створення системи охолодження дизеля з ширшим діапазоном регулювання її продуктивності, а конкретніше - до розширення її функцій від рівня високопродуктивного холодильника рівня ефективного акумулятора теплоти і обігрівача.

Система осушення радіаторних секцій.

Осушення системи охолодження виконується стисненим повітрям із пневматичної системи тепловоза із попереднім зменшенням його тиску до 1-4 кгс/см². Загальний час осушення відраховувався від моменту відкриття вентиля підведення стисненого повітря до моменту його виходу із зливного трубопроводу системи охолодження. Крім того, фіксувався час осушення тільки радіаторних секцій, що відраховується за часом приходу рівня води у

встановленому паралельно секції радіатора водомірному склі в нижню точку, що відповідає повному спорожненню. Після закінчення процесу осушення секції продували протягом 5 хв. Наприкінці кожного осушення проводився контроль якості осушення радіаторів і вода, що залишалася в нижній точці системи, зливалася через кран у мірну ємність. Потім водяна система знову заповнювалася водою із фіксацією часу повного заповнення.

Сезонні модулі системи охолодження.

У зв'язку із значними амплітудами коливань температури зовнішнього повітря необхідно враховувати сезонні умови експлуатації тепловозів. У цих умовах можливе використання модульного принципу влаштування холодильника: один із модулів — літнього типу, інший — зимового. Якщо літній модуль практично не відрізнятиметься за конструкцією від холодильників, що нині використовуються на тепловозах, то зимовий повинен бути розрахований з урахуванням збільшеної теплопередачі від води в навколишнє середовище.

До його основних відмінностей відноситимуться застосування лише одного вентилятора та укорочених трубок більшого діаметру в секціях радіатора, а також повна відсутність зовнішнього утеплення секцій. У звільненому внаслідок укорочення трубок нижньому просторі шахти доцільно встановити тепловий акумулятор, що забезпечує зберігання води при тривалому холодному простої тепловоза з осушеними секціями холодильника. Замість двоконтурної системи, що складається з гарячого та холодного контурів, можливе застосування одноконтурної зі зміною послідовності прокачування охолоджувальної води через дизель, охолоджувачі олії та надувного повітря. Застосування одного контуру дозволить помітно збільшити температуру підігріву надувного повітря двигуна.

Питання щодо подорожчання локомотива з подвійним комплектом модулів системи охолодження, проблеми зберігання та заміни таких модулів слід розглядати порівняно з отриманими вигодами від економії палива та зручності обслуговування. Найпростіший шлях їх вирішення – проектування нових локомотивів із вже закладеними принципами сезонності експлуатації.

Стаціонарні системи прогріву.

Стаціонарні системи прогріву локомотивів на коліях депо найефективніші, оскільки дозволяють підвищити сумарний ККД всього процесу прогріву. Доцільно при цьому забезпечити можливість паралельного прогріву кількох тепловозів, зокрема різних серій. На практиці найчастіше для цього використовують деповські котельні або електричні підстанції.

Стаціонарне прогрівання забезпечує оперативність підключення та відключення систем охолодження двигунів тепловозів, циркуляцію води через усі контури систем. У разі наявності в інвентарному парку як тепловозів, так і

електровозів для підігріву теплоносіїв тепловозів економічно доцільно використовувати електроенергію. Застосування стороннього джерела електроенергії дає можливість проводити підігрів води, мастила, палива та кабіни машиніста, знизити витрату палива в експлуатаційних умовах на 1-2%, мастила – на 5-6% та підвищити моторесурс на 8-10%.

І найголовніше, стаціонарні джерела енергії, теплової чи електричної, практично не мають обмежень за кількістю та потужністю споживачів, що дозволяє в холодну пору року тримати в гарячому резерві весь наявний оборотний парк тепловозів.

Висновок. Проведений аналіз дозволить узагальнити відомості по можливим системам прогріву тепловозних дизелів, а також покаже їхню ефективність. Також наведено класифікацію і економічну оцінку застосування різних способів прогріву тепловозів.

Л і т е р а т у р а

1. Грищенко С.Г., Дацун Ю.М. Теоретичні основи розробки автоматизованих систем прогріву тепловозних дизелів // Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: техніка, технологія, економіка і управління: Тези доп. другої наук.-практ. конф. К.: КУЕТТ, 2004. С. 28.

2. Каграманян, А. О. Підвищення паливної економічності та поліпшення економічних показників тепловозних дизелів при роботі на холостому ході [Текст] / А. О. Каграманян, А. В. Онищенко // Зб. наук. пр. – Донецьк: ДонІЗТ, 2008. Вип. 13. С. 112-118.

3. Характеристика різних способів прогріву тепловозів та їх економічна оцінка за вартістю одиниці витраченої теплоти [Текст] / С. А. Єрощенков та ін. // Теплоенергетичні установки та екологія на залізничному транспорті : зб. наук. пр. 2005. № 68. Х.: УкрДАЗТ, 2005. С. 15-23.

NUMERICAL MODELING OF POLLUTANT PROPAGATION IN AQUATIC ENVIRONMENTS

Sobieski W. – Doctor of Technical Sciences, Professor UWM,
wojciech.sobieski@uwm.edu.pl
University of Warmia and Mazury in Olsztyn
Poland, Olsztyn

Abstract. *The article presents a description of a test numerical simulation of the propagation of contaminants of unspecified nature in the aquatic environment. For the purposes of the tests, a sample watercourse geometry was prepared, and a numerical mesh consisting of 5.73 million cells was generated. It was assumed that in the inflow, the shape of the free water surface should be tracked (described by the Volume of Fluid model), and the liquid phase would consist of two components (utilizing the Species Model): so-called clean water flowing in the main stream and so-called dirty water introduced into the watercourse through a side channel. It was also assumed that there is a vegetated zone in the flow (defined using the Porous Media Model), and time-varying boundary conditions exist at the inlets. The simulations were conducted using ANSYS Fluent v. 2022R2 software. The conducted tests showed that simulations of this kind are indeed feasible but are also very time-consuming: analyzing 1 minute of flow required approximately 2 weeks of computation time when using relatively typical computer hardware. The most challenging aspect of configuring the model was estimating the parameters of the Porous Media Model.*

Relevance of the work. Studying the impact of pollution on the natural environment, and especially mitigating that impact, is an important aspect of modern science and engineering. Two main trends of research on environmental pollution can be distinguished [1,2]: predictive research and design research. The first group includes studies on the propagation of pollutants in the environment, the effects of these pollutants on the environment, and the duration of harmful factors' influence. Predictive models often rely on historical data and are more accurate the more comprehensive that data is. In the second group, we can mention the search for solutions to eliminate or limit pollution sources, control the spread of pollutants, and various environmental remediation methods. Research may involve continuous interactions, as exemplified by issues related to municipal or industrial wastewater, or singular events resulting from various disasters and accidents. In the context of modeling, statistical models and conservative models can be distinguished. Statistical models consider population density, industrialization levels, agricultural intensity, geological and hydrological conditions, among other factors. Conservative models are based on the physics of phenomena and processes, such as convection, diffusion, dispersion, and others. Conservative models can be analytical or numerical, with the complexity of the model and the number of spatial dimensions varying greatly. The spatial extent of the analyzed area plays a crucial role in this [3].

Research Purpose. The aim of the article is to gather and present information that is helpful in creating conservative models for the propagation of contaminants in the aquatic environment. The focus is on determining how to prepare simulation models in this field, what mathematical models to use, and what the major challenges are in configuring a simulation model or conducting computations.

Introduction. In the field of Computational Fluid Dynamics (CFD), there are two main groups of models dedicated to multiphase flows: homogeneous and heterogeneous models. It is essential to note that these models generally cannot be used together, and one typically needs to choose between them. In both homogeneous and heterogeneous models, interactions between the components of the mixture are defined using additional closure sets, often related to source terms in the balance equations. It is good practice to formulate the problem in such a way that the number of mixtures and components within them is kept as low as possible. An extreme example of this approach is the so-called single-fluid models. In the work, the Finite Volume Method was utilized, and the main system of mass, momentum, and energy balance equations takes the form [4]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \vec{v}) = 0 \\ \frac{\partial(\rho \vec{v})}{\partial t} + \text{div}(\rho \vec{v} \vec{v} + p \vec{I}) = \text{div}(\vec{\tau}^l + \vec{\tau}^t) + \rho s_b \\ \frac{\partial(\rho e)}{\partial t} + \text{div}(\rho e \vec{v} + p \vec{I} \vec{v}) = \text{div}[(\vec{\tau}^l + \vec{\tau}^t) \vec{v} + \vec{q}^l + \vec{q}^t] + \rho s_e, \end{array} \right. \quad (1)$$

where: ρ – density [kg/m³], \vec{v} – velocity [m/s], p – static pressure [Pa], \vec{I} – unit tensor [-], $\vec{\tau}^l$ – viscous stress tensor [Pa], $\vec{\tau}^t$ – turbulent stress tensor [Pa], s_b – source of forces [N/m³], e – sum of kinetic and internal energy, \vec{q}^l – laminar heat flux [J/(m²·s)], \vec{q}^t – turbulent heat flux [J/(m²·s)], s_e – sources of heat [J/(m³·s)].

The single-fluid approach can be used in two ways. In the first option, the system of equations (1) is solved, and based on the obtained data, the possibility of a particular phenomenon occurring can be estimated. An example of this could be assessing the locations where cavitation might occur based on the pressure field obtained from the simulation. In the second option, the system of equations (1) is supplemented with appropriate closure terms for source contributions. Examples of this can be the Porous Media Model (PMM) or the Porous Jump Model (PJM), in which an additional resistance term is introduced into the momentum equation through a source term, simulating the presence of a porous medium.

The homogeneous approach involves solving the system of equations (1) with the assumption that variables such as density, pressure, or velocity in the system pertain to the mixture as a whole. Mass or volume fractions of individual components are

determined using additional balance equations with the same structure as equations (1). In some variations of the homogeneous approach, such as the Mixture Model (MM) or the Species Model (SM), it is assumed that mixing of components occurs at the molecular level. In the Volume of Fluid (VoF) model, this kind of mixing doesn't take place, and during the calculations, the interface between the components is tracked. The VoF model is used for modeling flows of free surfaces or flows of two immiscible fluids.

The nonhomogeneous approach involves each phase having its own set of conservation equations, leading to the acquisition of individual distributions of scalar and vector fields. Similar to before, interactions between phases are defined by appropriate closures, such as interphase mass, momentum, or energy exchange coefficients. It's important to note that there are two variants of nonhomogeneous models: Euler-Euler and Euler-Lagrangian. In Euler-Euler models, the dispersed phases are not treated as individual entities. During the simulation, only the volume or mass fractions of the different components in the mixture are tracked. In Euler-Lagrangian models, the background phase is modeled according to the Euler description, while the dispersed phases are described using Lagrangian approach. This approach allows for observing the locations, trajectories, and behavior of individual entities during the simulation, such as solid particles in a fluid, liquid droplets in a gas or another immiscible liquid, or gas bubbles in a liquid.

Numerical model. Fig. 1 depicts a model watercourse, which serves as the subject of the research described in the article. The model was designed to include the following elements: a clearly defined, narrow riverbed area; a floodplain area containing a water plant-covered zone; technical infrastructure elements (in this case, bridge supports and the outlet of a side channel); other bottom features (in this case, stones or other unspecified objects lying on the bottom). The length of the watercourse is 85 meters, and its width varies from approximately 14 to 30 meters. The height of the computational domain is 2 meters, and the initial water depth is 0.9 meters. For the test, it was assumed that the shape of the free water surface should be tracked in the inflow, and the liquid phase consists of two components: so-called clean water flowing in the main stream and so-called dirty water introduced into the watercourse through a side channel. Due to the general nature of the test, the type of contaminants present in the water is not specified. Based on the described geometry, a numerical mesh consisting of 5,725,705 cells was generated. The min. orthogonality coefficient was 0.1, and the max. skewness was 0.9.

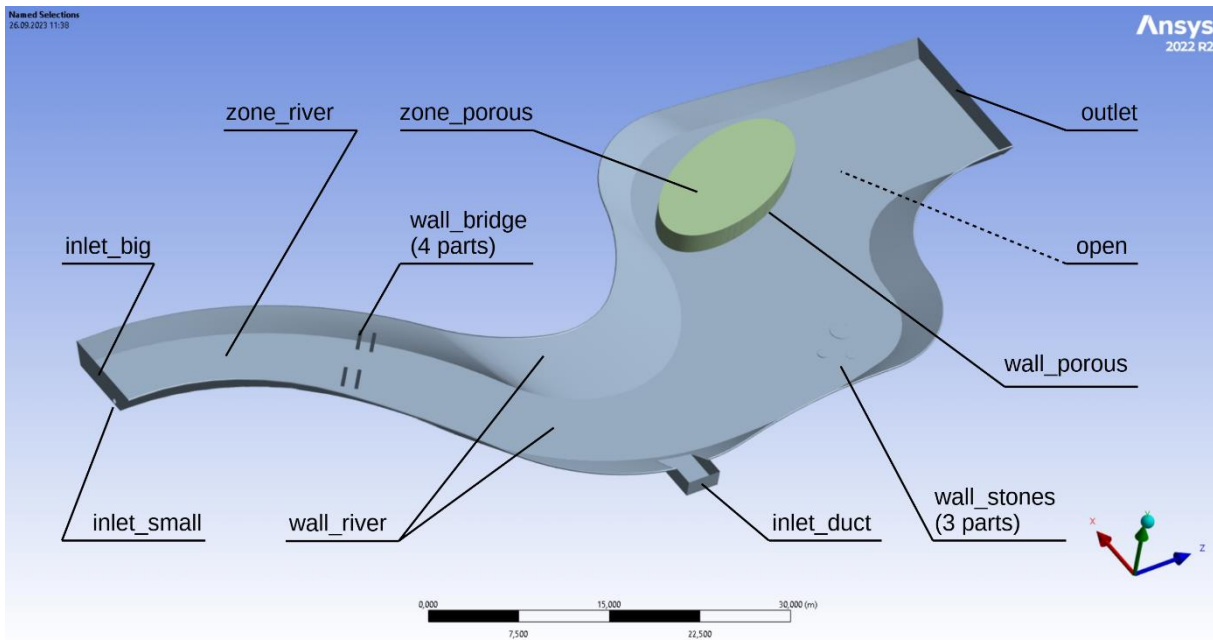


Fig. 1 – Geometry of the computational domain with boundary names

In the research, a transient analysis approach was employed, taking into account gravity. The mixture was described using two homogeneous models. The VoF model was used to describe the flow of water and air with a free surface between them, while the SM was used to define the liquid phase as a mixture of clean and dirty water. Special boundary conditions known as "Open Channel" were used in the study, designed for modeling open channel flows. The vegetated area was modeled as a porous zone using the PMM. The velocity of clean water at the main inlet was set to 3 m/s, and the velocity of dirty water at the side inlet was set to 5 m/s. Due to the test nature of the model, the specific numerical parameter values are not very significant and are not discussed in detail here.

Discussion. In Fig. 2, an example of the spatial distribution of the mass fraction of dirty water is presented, colored according to velocity. The computations were performed on a computer equipped with an AMD Epyc 7662 processor with 64 cores and 128 GB of RAM. Due to licensing constraints, only 16 processor cores were utilized. The tests showed that simulating 1 second of flow took approximately 6 hours of real-time. In the test, observation of 1 minute of flow took around 2 weeks. This outcome suggests that analyzing the dynamics or thermal aspects of flows in domains on the order of tens of meters is indeed possible using the described tools and methods. In several subsequent tests, the possibility of imposing variable flow conditions was examined, such as a gradual decrease in the water level in the river and variable velocities of dirty water inflow from the side channel. Configuring a larger number of components or varying their participation in the inlets over time was not tested, but it does not seem to be a problematic task. The research also included testing the

configuration of a mass source of dirty water, simulating the decay or deactivation of contaminants (specific details of this process were not specified; only the technical aspects were checked).

The conducted research indicates that modeling long-duration chemical or biological processes is currently not very realistic, at least with the use of typical, widely available hardware. This limitation can be partially circumvented by employing time scaling of processes, but additional research is needed to determine the effectiveness of such an approach.

The main difficulty encountered during the configuration of the simulation model was the lack of appropriate literature regarding the treatment of aquatic vegetation as a porous medium with a specific permeability. The permeability coefficient is essential for configuring the PMM assuming the applicability of Darcy's law. In the test, estimated values were used, selected based on the author's previous research on water flow through filtration columns filled with glass beads. The impact of PMM can be clearly observed in Fig. 2.

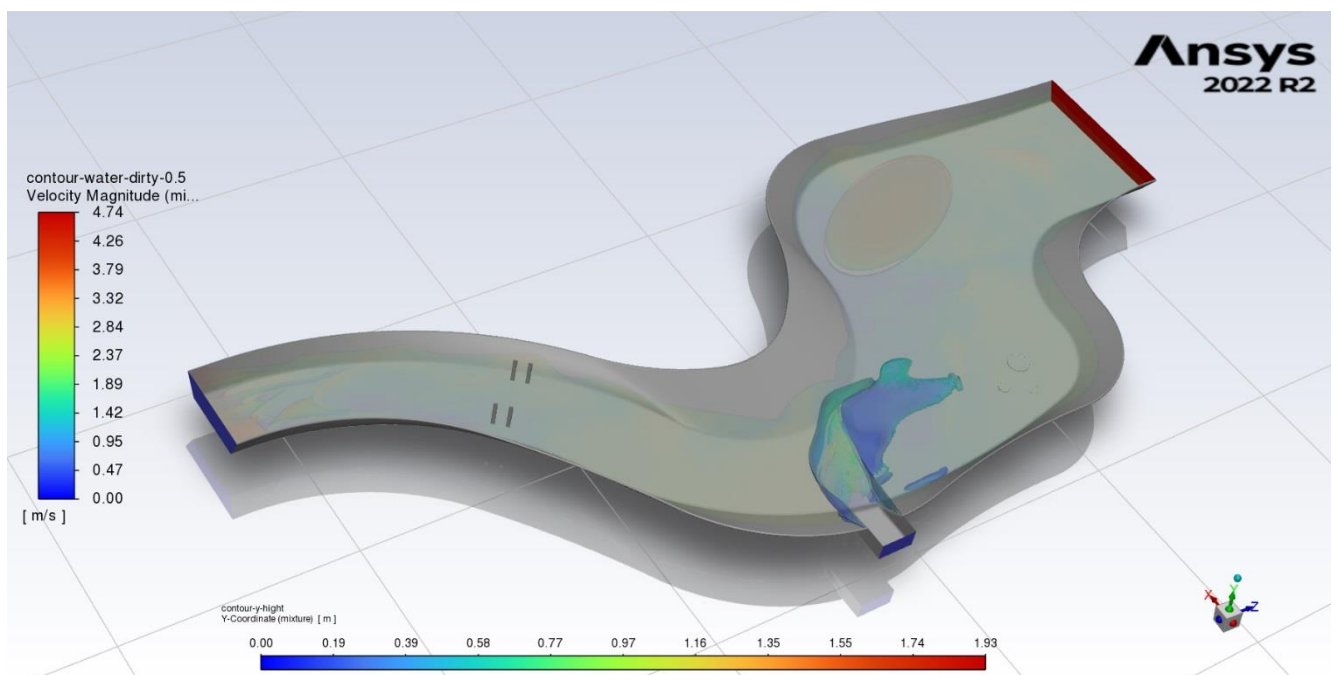


Fig. 2 – An example distribution of pollutants in the watercourse

Conclusions. The following conclusions can be drawn from the results of the present study:

- a) Modeling the propagation of pollutants in open channel flows with free surfaces on the order of tens of meters is possible using relatively typical computer hardware. However, computation time is long, which significantly limits the ability to analyze processes that extend over days, weeks, or even longer periods.

- b) Configuring the numerical model does not pose significant challenges apart from estimating the permeability coefficient for the vegetated zone treated as a porous medium. It appears that the state of research in this area is insufficient.
- c) A key aspect of numerical modeling of pollutant propagation processes is the precise determination of the number of components present in the mixed flow and their nature. This aspect determines the choice of the global approach (homogeneous or nonhomogeneous model) and computational variants. The study demonstrated that combining the Volume of Fluid model in the Open Channel variant with the Species Model, the Porous Media Model, and time-varying boundary conditions and source terms in a domain consisting of 5.73 million cells is indeed feasible. In the broader field of computational fluid dynamics, similar combinations are not uncommon, but the author deemed that their application requires independent testing, and the test results can be useful in the future as a basis for more refined simulations.

R e f e r e n c e s

1. Agranat, V., Romanenko, S., Perminov, V. (2021), Mathematical Modelling of River Pollution as a Result of Pipeline Damage. *Chemical Engineering Transactions* 88.
2. Zima, P. (2019). Simulation of the impact of pollution discharged by surface waters from agricultural areas on the water quality of Puck Bay, Baltic Sea. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration* 4(16).
3. Ziemińska-Stolarska, A., Skrzypski, J. (2012). Review of mathematical models of water quality. *Ecological Chemistry and Engineering*, 19(2).
4. Moukalled, F., Mangani, F., Darwish, M. (2016). *The Finite Volume Method in Computational Fluid Dynamics*, Springer.

**СЕКЦІЯ 6: АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ
ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ**

**SECTION 6: AUTOMATION AND INTELLIGENT DESIGN OF
TECHNICAL SYSTEMS**

**РУХОМІ ТА СТАЦІОНАРНІ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ
ТЕХНІЧНОГО СТАНУ РУХОМОГО СКЛАДУ ПІД ЧАС РУХУ**

Бележинський О.Ю. – аспірант, belezhynskii_oyu@gsuite.duit.edu.ua

Київський інститут залізничного транспорту

Державного університету інфраструктури та технологій

Україна, м. Київ

**MOBILE AND STATIONARY SYSTEMS FOR MONITORING THE
TECHNICAL CONDITION OF ROLLING STOCK DURING MOVEMENT**

Belezhynskii O.Yu. – Postgraduate student, belezhynskii_oyu@gsuite.duit.edu.ua

Kyiv Institute of Railway Transport

State University of Infrastructure and Technologies

Ukraine, Kyiv

Abstract. *The article analyzes the existing systems of control and diagnostics of the technical condition of rolling stock of railways of Ukraine. During the operation of rolling stock, its gradual wear occurs, while overloading or malfunctions that are not detected in advance worsen the safety of movement and increase the rate of wear. Traffic safety and reliability depend on the quality of maintenance and repair. In the conditions of the need to increase the speed of movement and load and increase the intervals between repairs, the existing systems cannot fully provide continuous control and diagnostics in real time. It is necessary to implement complex systems that will work directly on rolling stock and interact with control objects. Mobile diagnostic systems can improve repair quality indicators by reducing the impact of the human factor on detecting malfunctions of rolling stock during operation. The advantage of such systems is: work in real time, systematization of received data, forecasting of failures in the future.*

Keywords: *control, technical condition, rolling stock, diagnostics, repair*

Залізничний транспорт має особливе значення для України, він є зв'язуючою ланкою економічної системи та надійним транспортом для мільйонів пасажирів.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю модернізації рухомого складу, впровадження сучасних систем та технологій для підвищення

економічної ефективності, безпеки та надійності роботи залізниць. При цьому необхідно вирішувати задачі зменшення вартості обслуговування рухомого складу та збільшення міжремонтних пробігів.

В процесі експлуатації важливу роль відіграє контроль технічного стану оскільки він дозволяє своєчасно виявляти недоліки та несправності і усувати їх в найкоротший строк не призводячи до негативних наслідків. Встановлено, що важливим напрямом покращення систем технічного обслуговування є більш широке впровадження об'єктивних та автоматизованих методів діагностики та ремонту, оскільки під час зупинок поїздів на станціях, технічне обслуговування носить суб'єктивний характер і залежить від людського фактору, пори доби та погодних умов.

Засоби контролю технічного стану можна розділити на групи за напрямками:

- 1) Стаціонарні комплекси які працюють під час штатної експлуатації;
- 2) Стаціонарні та мобільні комплекси і засоби які виконують контроль стану під час планових ремонтів при вилученні рухомого складу з експлуатації;
- 3) Мобільні (рухомі) засоби які контролюють технічний стан та режими роботи під час експлуатації.

Засоби першої групи переважно встановлені на перегонах і можуть контролювати такі параметри:

- температура буксових вузлів;
- геометричні параметри та коліс та поверхня кочення;
- наявність деталей або вантажу, що волочаться;
- нерівномірність завантаження;
- контроль зовнішнього габариту;
- акустичний контроль.

Засоби другої групи можуть бути стаціонарні та мобільні і знаходяться в депо, ПТО та цехах поточного ремонту забезпечують контроль при виконанні ремонту вузлів та деталей з більшою якістю ніж попередні, серед них можна виділити наступні засоби:

- ультразвукові дефектоскопи;
- стенди перевірки та діагностики геометричних параметрів візків;
- комплекси контролю зовнішніх параметрів коліс;
- верстати для відновлення геометрії поверхні кочення;
- струмові машини перевірки електричних апаратів ;
- комплекси перевірки пневматичного обладнання та гальм;
- інші комплекси неруйнівного контролю.

Комплекси першої та другої групи мають спільний недолік – вони не забезпечують безперервний контроль і не дають можливості визначати

технічний стан в реальному часі під час експлуатації. Мобільні або рухомі засоби позбавлені цього недоліку знаходяться безпосередньо на рухомому складі і взаємодіють з об'єктами контролю [1,2,3]. Недоліками систем, у яких первинні перетворювачі діагностичних параметрів розташовані безпосередньо на кожному об'єкті контролю, є громіздкість конструкції, середня надійність і особливості при проведенні ТО і ПР. Існують системи акустичної діагностики [4] в складі яких є досить обмежена кількість датчиків (мікрофонів) але експлуатація таких систем наприклад в метрополітені неможлива через значну концентрацію шуму яка вимагає дороговартісні звукові перетворювачі.

Найбільш виправданою для локомотивів та моторвагонного рухомого складу є комбінована система моніторингу технічного стану яка включає в себе контроль:

- температури буксових вузлів;
- величина вібрації;
- швидкість обертання кожної осі колісної пари;
- ваги навантаження (для вагонів);
- параметри тягових перетворювачів;
- стан гальмівної системи;
- стан допоміжних систем.

Висновки.

1. Стационарні системи не забезпечують безперервний контроль технічного стану.
2. Своєчасно не виявлені несправності та недоліки загрожують безпеці руху, призводять до збільшення зносу.
3. Комбіновані системи моніторингу технічного стану працюють у режимі реального часу і можуть своєчасно виявляти позаштатні режими роботи та несправності рухомого складу.

Л і т е р а т у р а

1. Горбунов М.І., Ноженко О.С., Могила В.І., Ноженко В.С. Системи діагностування рухомого складу: навч. Посібник. Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2018. 232 с.
2. С. Ytuarte. Railway Age. 2002. №1. Р. 37-39.
3. Т. Judge. Railway Age. 2001. №4. Р. 45-46.
4. Спосіб дистанційного акустичного контролю рейкового рухомого складу під час руху: пат. 95863 Україна МПК В61К 9/08 (2006.01), G01S 5/14(2006.01) / Бондаренко В.В., Візник Р.І., Скуріхін Д.І.; заявник та патентовласник Українська державна академія залізничного транспорту. № а201005510; заявл. 05.05.2010; опубл. 12.09.2011, Бюл. № 17/2011. 5 с.

РОЗРОБКА ІМІТАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ЗАЛІЗНИЧНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ З МЕТОЮ ЇХ ОПТИМІЗАЦІЇ

Білецька А.В. – бакалаврант, bilezyka_av@gsuite.duit.edu.ua
Воронко І.О. – к.т.н, старший викладач, voronko_io@gsuite.duit.edu.ua
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

DEVELOPMENT OF SIMULATION MODELS OF RAILWAY TRANSPORT SYSTEMS WITH THE PURPOSE OF THEIR OPTIMIZATION

Biletska A.V. – bachelor's student, bilezyka_av@gsuite.duit.edu.ua
Voronko I.O. – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer,
voronko_io@gsuite.duit.edu.ua
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The paper analyzes the use of simulation models for railway transport systems optimization. To improve railway efficiency, the task of improving transportation is essential, which can only be achieved through the use of modern information technologies, transportation modeling, and forecasting. In this study we will demonstrate a model of distribution of freight traffic on railway networks, analyze the flow of cargo and determine the optimal number of tracks and inspector groups. Prove that simulation modeling is a powerful tool that can provide valuable insights into the functioning of railway transport systems, allowing transport operators to test different scenarios, optimize train schedules, and identify areas for improvement.*

Keywords: *simulation modeling, optimization, railway systems, productivity, risks and hazards.*

Актуальність дослідження полягає в тому, що сучасна глобальна економіка неможлива без постійного удосконалення транспортних технологій та покращення взаємодії між різними видами транспорту в ланцюгах постачання. Для підвищення ефективності та оптимізації функціонування залізничного транспорту важливо впроваджувати передові інтелектуальні технології. Це досягається завдяки розробці та використанню імітаційних моделей, які дозволяють більш точно моделювати та передбачати перевезення вантажів. Застосування імітаційних моделей у залізничному транспорті вирішує проблеми підвищення ефективності, зменшення витрат, та покращення управління ресурсами. Ці моделі дають можливість аналізувати різні сценарії перевезень, враховувати змінні умови, та вдосконалювати стратегії управління транспортною системою. Таким чином, розробка імітаційних моделей для оптимізації залізничних транспортних систем є актуальною та важливою

завданням, оскільки вона сприяє підвищенню продуктивності та конкурентоспроможності цього виду транспорту в сучасному світі.

Метою роботи є розробка імітаційних моделей для залізничних транспортних систем з метою проведення аналізу їх функціонування та виявлення способів оптимізації їх продуктивності та безпеки руху. Для досягнення цієї мети, необхідно впроваджувати передові інтелектуальні технології в галузі залізничного транспорту [1], а також розглядати різні аспекти функціонування залізничних транспортних систем, включаючи розклад руху поїздів, взаємодію різних видів транспорту, загальну пропускну здатність системи, стан технічного обладнання та інші фактори [2].

Моделювання [3] – це відтворення процесів, які відбуваються у реальному об'єкті або системі шляхом їхньої штучної імітації. В свою чергу під час імітаційного моделювання досліджуються математичні моделі у вигляді алгоритмів комп'ютерних програм, які відтворюють функціонування досліджуваної системи шляхом послідовного виконання великої кількості елементарних операцій [2, 3].

За допомогою імітаційного моделювання можна оцінити ефективність та безпеку руху поїздів, зробити прогнози та прийняти рішення з метою покращення розкладу руху поїздів, що дозволить зменшити час затримок [2]. Завдяки впровадженню імітаційного моделювання можна уникнути основних ризиків та нещасних випадків на залізничному транспорті. Тому важливими критеріями є побудова моделі з дотриманою точністю вхідних даних та її адекватністю, адже це може вплинути на достовірність результатів моделювання.

Основною перевагою при імітаційному моделюванні транспортних систем є можливість експериментування з моделлю, що дає змогу безпечного вивчення та отримання більшого обсягу корисної інформації, ніж могли би дізнатися, маніпулюючи з реальною системою. Також вартість пов'язана з пошкодженням обладнання залізничної інфраструктури та можливим втратам людських життів або серйозними травмами робить комбінацію лабораторних експериментів та моделей реального часу набагато більш прийнятним підходом [2].

Для побудови та дослідження імітаційних моделей варто використати програмне забезпечення AnyLogic [4-6]. За допомогою AnyLogic можна створити велику кількість різних моделей, включаючи моделі залізничного маршруту, прогнозування потоків руху, визначення загального середнього часу очікування, взаємодії локомотивів та поїздів та збільшення пропускну здатності.

В даному дослідженні спроектована модель (рис.) розподілу вантажопотоків на залізничних мережах. В рамках дослідження проведено аналіз потоку вантажів, визначено оптимальну кількість колій та груп оглядачів.

Модель була побудована за допомогою блоків Source, Queue, Delay, Service, ResourcePool, Sink, restrictedAreaStart, restrictedAreaEnd [4-6], вказані блоки імітують роботу залізничної мережі та забезпечують взаємодію між компонентами моделі. Слід зауважити, що варто також додати агентів, що будуть визначати добовий потік поїздів, середній час обробки поїздів, кількість приймально-відправних колій, кількість груп оглядачів.

Для аналізу потоку вантажів виконано симуляцію моделі та отримано статистику за певний період часу (рис. 1), за умови, що ця система не є ідеальною та має затримки.

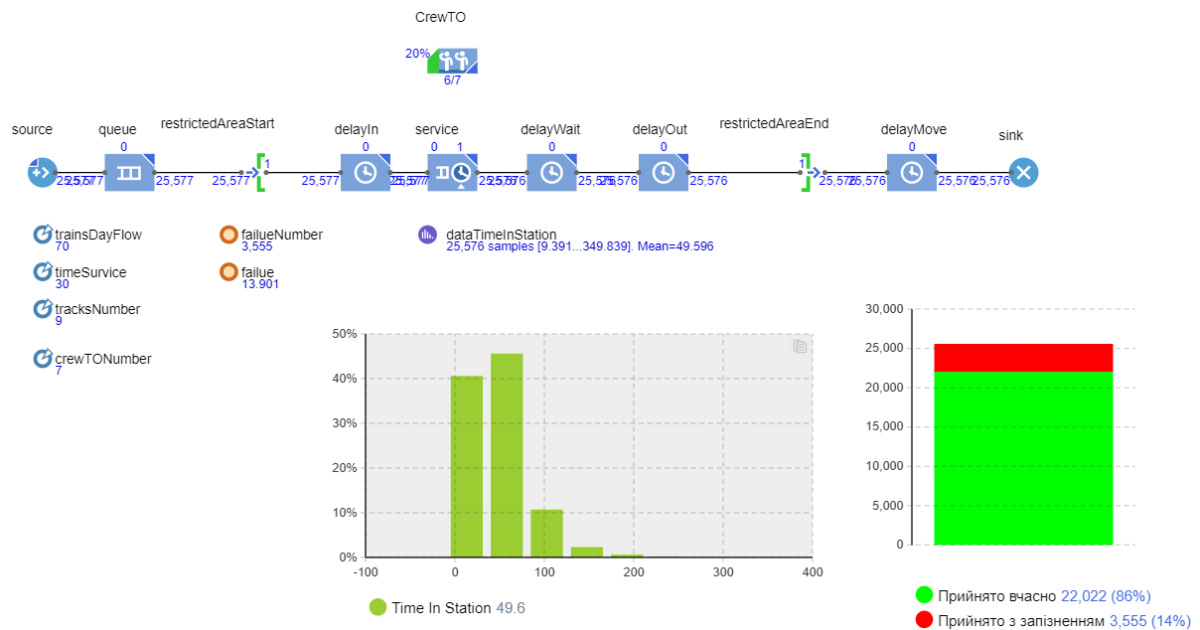


Рисунок – Імітаційна модель розподілу вантажопотоку

Після проведення симуляції отримано кількість прийнятих вчасно поїздів за заданими параметрами затримок та заданою кількістю колій. А також у вигляді графіка отримано середню кількість часу проведеного поїздом на станції.

Слід зазначити, що під час симуляції можна побачити як кожна заявка проходить через кожний блок моделі та скільки поїздів проходить через приймально-відправні колії протягом заданого часу.

За допомогою побудованої імітаційної моделі можна встановити граничний рівень навантаження на залізничну транспортну систему, проаналізувати наскільки результати моделювання чутливі до змін параметрів моделі та за допомогою отриманих даних оптимізувати модель, змінивши кількість колій або кількість працівників. Отримані з імітаційної моделі знання та досвід можуть бути використані при впровадженні модернізацій та оновлень на реальних системах залізничного транспорту з метою підвищення їх ефективності [7].

Висновок. В роботі розглянуто необхідність покращення перевезень з метою підвищення ефективності експлуатації залізниць і вказано, що імітаційне

моделювання є потужним інструментом, який дозволяє проводити дослідження, оптимізувати розклади поїздів та ідентифікувати області для покращення в роботі системи. Адже використання імітаційного моделювання для транспортного планування є важливим для розуміння наслідків змін в сучасному середовищі в комплексних системах. Моделі імітації спроможні допомогти в оцінці безпеки і ефективності руху поїздів і зниженні часу затримок. Важливими критеріями успішної імітаційної моделі є точність вхідних даних і її адекватність. Розроблені моделі можуть бути корисними для аналізу та оптимізації залізничних систем, сприяючи покращенню їх ефективності. Пропонована модель може допомогти приймати рішення, щодо покращення ефективності залізничних транспортних систем та забезпечити безпечний рух поїздів.

Л і т е р а т у р а

1. Воронко І.О. Впровадження перспективних інтелектуальних технологій на залізничному транспорті / Прогресивні технології засобів транспорту: перша міжнародно науково-технічна конференція, мат. доп. конф. Харків: УкрДУЗТ, 2021. Вип. 1. С. 44-46.
2. Design and Simulation of Rail Vehicles / Maksym et al. Boca Raton: CRC Press, 2014. 311 p.
3. Larry B. Rainey, Andreas Tolk. Modeling and Simulation Support for System of Systems Engineering Applications / Wiley, 2015. 640 p.
4. Мірошніченко В.М. Інформаційна технологія імітаційного моделювання систем залізничного транспорту в середовищі Anylogic / В.М. Мірошніченко, Є.В. Недзельський // Проблеми економіки та управління на залізничному транспорті : Зб.мат. міжнадр.наук.-практ.конф. Київ: ДЕТУТ, 2014. С.258-261.
5. Володарець М. В. Особливості застосування anylogic для вирішення задач транспортного моделювання//Міжн. науково-методична Інтернет-конференція «Проблеми вищої математичної освіти: виклики сучасності».Вінниця: ВНТУ, 2018. URL:<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/pmovc/pmovc/paper/viewFile/4849/4073> (дата звернення 25.10.2023).
6. AnyLogic – офіційний сайт / URL: <https://www.anylogic.com> (дата звернення 25.10.2023).
7. John A. Sokolowski, Catherine M. Banks. Principles of Modeling and Simulation:A Multidisciplinary Approach. New Jersey:John Wiley & Sons,2009.274 p.

ПРОБЛЕМИ ПОБУДОВИ ТА КЕРУВАННЯ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

Білецька А.В. – бакалаврант, bilezyka_av@gsuite.duit.edu.ua
Кульбовський І.І. – к.т.н., доцент, kulbovskyi_ii@gsuite.duit.edu.ua
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

PROBLEMS OF CONSTRUCTION AND MANAGEMENT OF COMPLEX SYSTEMS

Biletska A.V. – bachelor's student, bilezyka_av@gsuite.duit.edu.ua
Kulbovskyi I.I. – Ph.D., Associate Professor, kulbovskyi_ii@gsuite.duit.edu.ua
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The paper analyzes the challenges associated with the construction and management of complex systems. The study explores the hurdles faced in ensuring the seamless functionality and sustainability of complex systems. By examining these challenges, the paper aims to contribute valuable insights to the field, fostering a deeper understanding of the complexities inherent in the construction and management of such systems. In addition to outlining these challenges, the paper proposes potential solutions and recommendations, providing a comprehensive perspective on addressing the intricacies associated with complex systems.*

Keywords: *complex systems, system modeling, management challenges, construction issues.*

Актуальність дослідження полягає в тому, що в сучасному світі велика кількість організацій та компаній стикається з різноманітними викликами та проблемами, пов'язаними із побудовою та управлінням складними системами. Дослідження розкриває найголовніші проблеми та пропонує можливі стратегії для подолання цих проблем.

Метою роботи є дослідження основних проблем побудови та керування складними системами та визначення способів їх усунення.

Для того щоб проаналізувати проблеми при побудові складних систем спочатку варто визначити, що розуміється під поняттям "складні системи". Отже, складні системи – це системи, що мають значну кількість елементів. Елементи складних систем є взаємозв'язаними та взаємодіючими між собою. Саме через неоднорідність та численність таких зв'язків виникають основні проблеми при моделюванні складних систем. Для того щоб показати всі зв'язки та елементи треба врахувати що не всі з них можуть бути відомі та точно виміряні. Більш того, складні системи можуть бути динамічними та можуть

змінюватись з часом, що ускладнює їхнє моделювання та прогнозування поведінки [1].

Через складність прогнозування виникають проблеми з управлінням складними системами, тому що важко задати шлях переходу до бажаного стану, а отже й оптимізувати систему. Проблема управління складними системами полягає в дослідженні впливу стимулів на поведінку системи та кінцевий результат, а також у застосуванні цих стимулів для досягнення бажаної ефективності функціонування системи [2].

Додатковою проблемою є варіативність вимог та взаємодій між елементами складних систем. Зі збільшенням кількості елементів та міжзалежностей між ними з'являється значна кількість варіантів можливої взаємодії. Через надмірну кількість варіантів керування в результаті складні системи можуть стати ризикованими та мати низьку стресостійкість. Що призводить, до іншої проблеми, коли система, не може повернутись до стану рівноваги, і відбувається її відмова, після якої система вже ніколи не повернеться до свого початкового стану, а перетвориться на щось абсолютно відмінне порівняно з її початковою версією. Причиною тотального перетворення є те що зміна будь-якої змінної може вплинути на якийсь, здавалося б, непов'язаний компонент [3].

Для усунення проблем з побудовою та керуванням складними системами можна застосувати системний підхід. Завдяки системному підходу можна пояснити ціле шляхом пояснення його частин. Декомпозиція допомагає подрібнити складну систему на менші компоненти, що дозволяє аналізувати їх окремо та краще розуміти взаємодію елементів системи. Фундаментальною проблемою є рівень деталізації та складності, що необхідний для розуміння структури, функції складної системи. Бо через збільшення деталізації виникає знову ж таки складність в управлінні та прогнозуванні її поведінки. Цього можна уникнути шляхом раціоналізації та спрощення рівня деталізації, забезпечуючи ефективне управління та зрозумілість системи [4].

В свою чергу є важливим постійно відстежувати стан і вносити корективи завчасно і часто для досягнення бажаних результатів. Для цього варто використовувати програми, що можуть керувати даними, що генеруються у великих обсягах. Важливо, щоб ці програми забезпечували швидкий доступ до інформації, враховували стабільність та надійність, і мали можливість для автоматизації обробки.

Також, важливо враховувати адаптивність системи до змін у зовнішньому середовищі. Сучасні умови неперервно змінюються, і системи повинні бути готові до адаптації для забезпечення ефективного функціонування в різних умовах. Обираючи кілька мікростратегій можна створити узгоджену структуру, що сприяє оптимізації та адаптації складних систем.

При моделюванні систем транспортної галузі важливо дотримуватись стабільності, гнучкості та адаптивності системи. Транспортна галузь є великою та різноманітною системою, що містить в собі численні складові та взаємодії між ними, що сильно ускладнює управління нею. Побудована система повинна бути здатною не лише збирати інформацію, але й аналізувати її в реальному часі для прийняття швидких та точних рішень. Також, враховуючи постійні зміни у транспортному середовищі, необхідно розвивати стратегії, які дозволяють системі ефективно адаптуватися до нових умов та вимог. Побудова та керування складними системами у транспортній галузі також потребують розробки інтегрованих підходів для розв'язання проблем. Враховуючи різноманіття компонентів та їх взаємодію, важливо забезпечити не лише технічну сумісність, але й координацію дій для досягнення загальних цілей ефективності та стійкості системи. В свою чергу стійкість систем транспортної галузі визначається як ключовий елемент забезпечення безпеки та ефективності цієї системи. А безпека є найголовнішим критерієм будь-яких транспортних перевезень. Забезпечення безпеки стає викликом, оскільки потрібно враховувати багато елементів та взаємозв'язків для запобігання нещасним випадкам.

Висновок. Основні проблеми в побудові та керуванні складними системами включають їхню велику кількість елементів, неоднорідність взаємозв'язків, динамічність, складність у прогнозуванні. Варіативність вимог і взаємодій, разом із можливістю тотального перетворення систем, ускладнює їхню стійкість. Системний підхід та адаптивні стратегії можуть служити розв'язком цих проблем для досягнення ефективності та управлінської стійкості.

Л і т е р а т у р а

1. Горбань О.М., Бахрушин В.Є. Основи теорії систем і системного аналізу: навч. посіб. Запоріжжя: ГУ "ЗІДМУ", 2004. 204 с.

2. О.Д.Шарапов, В.Д.Дербенцев, Д.Є.Семьонов. Економічна кібернетика: навч. посіб. Київ.: КНЕУ, 2004. 231 с.

3. Cooper A. Fixing a complex system. Medium. URL: <https://mralancooper.medium.com/fixing-a-complex-system-5d13e88a8e07> (date of access: 05.11.2023).

4. Дивак М.П. Системний аналіз: метод. посіб. Економічна думка, 2004. 136с.

ПЕРСПЕКТИВИ ЦИФРОВОГО РОЗВИТКУ МОРСЬКИХ ПОРТІВ

Войченко Т.О. – к.е.н., доц., larino101266@gmail.com
Дунайський інститут водного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Ізмаїл

PROSPECTS FOR DIGITAL DEVELOPMENT OF SEA PORTS

Voichenko T.O. – Doctor of Economics, Associate Professor, larino101266@gmail.com
Danube Institute of Water Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Izmail

Abstract. *The article talks about digital transformation in shipping. One of the major challenges facing shipping today is the need to adapt to the digital age. Currently, all shipping companies are striving to make their ships more efficient and better adapted to today's realities, but too little attention is paid to the efficiency of ports. The introduction of smart devices capable of sharing data in real time has changed various business models and management of supply chain operations. However, ports often do not provide all the information necessary for efficient ship operations. On the other hand, ports often do not have the information they require to serve effectively; when the ship arrives, whether it is delayed or when it does not arrive at the port at all. The solution to these problems is new digital stages in the development of this industry.*

Keywords: *sea port, digitization, digital technologies, logistics operations, development, automation*

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю адаптації до цифрової ери. Використання інтелектуальних пристроїв, здатних обмінюватися даними в режимі реального часу, змінило різні бізнес-моделі та управління операціями ланцюжка поставок. Очевидно, що є величезні резерви підвищення ефективності роботи морських портів шляхом цифрової трансформації в судноплаванні.

Метою роботи є проведення опису технологій та перспектив цифрового етапу розвитку морських та «сухих» портів.

Судноплавання та порти – це індустрія, яка ніколи не зупиняється. Існує постійна потреба в адаптації, щоб вижити, оскільки основні параметри постійно змінюються. Ті, кому вдається швидко адаптуватися, це ті, хто має конкурентну перевагу. У наступні роки необхідність адаптації буде ще наполегливішою, і вона визначатиме глобальну конкурентоспроможність. Насправді перша велика проблема, з якою доводиться стикатися судноплаванню, пов'язана з необхідністю адаптації до цифрової епохи. Цифрова або інтелектуальна доставка вже тут, і вона змінить модель управління цим бізнесом. Розумна доставка це не те, що ми обговорюємо на майбутнє, це те, що відбувається зараз. Такі технології, як IoT,

генерують величезні обсяги даних (великі дані), які збираються з суден, і, звичайно, існує безліч інших зовнішніх джерел, які можуть створювати ще більш збагачений набір даних (дані про погоду, AIS, ERP, PMS тощо) [1, с. 248]. Єдиний спосіб ефективно керувати цими даними та перетворювати необроблені сигнали та розсіяну інформацію на цінні та дієві знання - це використовувати можливості штучного інтелекту та машинного навчання. Останнє також передбачає виключення людини з операцій судноводіння, причалювання, навантаження та розвантаження.

В даний час всі судноплавні компанії прагнуть зробити свої судна більш ефективними та більш пристосованими до реалій сьогодення. Хоча всі намагаються поліпшити ефективність судна, надто мало уваги приділяється ефективності заходу в порт, де подальша ефективність і може бути досягнута. Використання інтелектуального пристрою, здатного обмінюватися даними в режимі реального часу, змінило різні бізнес-моделі та управління операціями ланцюжка поставок. Причини цього називаються оцифруванням та автоматизацією, що призводить до підвищення продуктивності. Ці два фактори змінили концепцію логістичного переходу одного сектора від фізичного до цифрового [2]. Дематеріалізація даних усунула ланцюжок дорогих фізичних документів, а автоматизація підвищила рівень безпеки та ефективності.

У сьогоdnішньому прогнозі основні логістичні вузли, представлені морськими портами та «сухими портами», змінюють свої бізнес-правила та моделі, переходячи від «промислових чи логістичних центрів» до розвиненої концепції «інтелектуальних цифрових портів», заснованої на цифровій платформі та IoT, яка розробляє можливості для збирання та обміну даними в режимі реального часу. Основні характеристики вдосконаленого інтелектуального цифрового порту представлені в наступних аспектах [3]:

- поєднання технології та широко поширених загальних процесів збору/розповсюдження даних та інформації для управління операціями всередині, всередині та зовні порту;

- процеси повинні спільно використовуватися не тільки операторами, а й усім співтовариством, усіма зацікавленими сторонами, державними та приватними;

- інтеграція з навколишньою Смарт-територією (місто, регіон, країна) та інтелектуальною транспортною інфраструктурою (дороги, залізниці, річки).

Основними перевагами такого підходу є [3]:

- прискорюється час відгуку на запити та переміщення товарів через портові операції;

- знижуються витрати на обробку товарів;

- прискорюється час відгуку зацікавлених сторін на своїх клієнтів;

- зменшується використання паперового потоку, розподіляючи інформацію в електронному вигляді;

- покращується як загальне відстеження та відстеження ефективності;

- відбувається підвищення ефективності, скорочення часу транзиту, підвищення ступеня інтеграції із третіми сторонами (наприклад, митниця, залізниця).

Використання інтелектуального датчика (пристрою IoT) дозволило отримувати та зберігати величезну кількість даних (великі дані), керованих хмарною чи іншою цифровою базою даних. Дані надходять з різних областей портів, таких як: причали, вантажні термінали, ворота або IT-системи, такі як система спільноти портів, операційна система терміналу та цифрова платформа зацікавлених сторін. Результатом є чітке розуміння основного бізнес-процесу, що підкреслює неефективність та створює прогнозну модель, здатну прогнозувати ринок та розробляти конкретні КРІ [4].

Роль автоматизації в системі логістики, очевидно, полягає у спрощенні та прискоренні доступу до терміналу за допомогою операцій входу та виходу, внаслідок чого підвищується рівень безпеки, облік вантажних автомобілів та аналіз форми. Це збільшує ємність порту за тих же фізичних параметрах на десятки відсотків, що має безпосередній та швидкий економічний ефект [5]. Також для державних організацій, таких як митниця, підвищений рівень автоматизації та оцифрування є важливим активом для покращення управління ризиками, а при пошуку контейнерів для розслідування дозволяє обмінюватися інформацією між митницями, що передбачає наскрізну транспортну перспективу розвитку.

Насамперед реальним питанням залишається те, що саме порт хоче досягти, ставши розумним, іншими словами, що є стратегічним імперативом. Ця стратегічна мета повинна виходити за рамки простого підвищення ефективності та зосередитися на цілісній довгостроковій стратегії, в якій доходи витягуються з розумних програм, які дозволяють перейти до компаній-споживачів послуг, орієнтованих на розуміння цифрових технологій. Ця проблема ускладнюється великою різноманітністю, яка існує між портами, наприклад, досить порівняти оптовий з контейнерним портом [6].

З моменту появи контейнеризації механізація стала постійним процесом для вантажних терміналів, оскільки постійно розроблялося більш ефективно інтермодальне устаткування. Тим не менш, все обладнання мало експлуатуватися кваліфікованим персоналом, таким як кранівники та водії. З 90-х спостерігається стрімке зростання автоматизації за умов зростання світової торгівлі. У поєднанні зі зростаючими розмірами суден, це стимулювало порти

підвищувати свою продуктивність, а саме їхню пропускну спроможність і час обороту суден, що стало на 30% більше, ніж у стандартних терміналів.

Іншим важливим чинником стало широке поширення інформаційних технологій, що дозволяють інтегрувати інформаційні та фізичні системи, поступово переходячи до принципів фізичного інтернету. Як портові, так і інтермодальні залізничні термінали можуть бути автоматизовані відповідно до аналогічних принципів і технологій, оскільки автоматизація обертається навколо обробки контейнерів, стандартної одиниці навантаження. Таким чином, контейнер стає одиницею, навколо якої будуються та організуються фізичні та інформаційні системи обробки.

Автоматизація може бути всеосяжною, коли задіяно кілька етапів термінальних операцій, або специфічною, коли одночасно задіяний лише один етап. Для нових терміналів (нові проекти) комплексна автоматизація стає стандартом, тоді як існуючі термінали вибирають вибіркочну автоматизацію частини своїх операцій, оскільки комплексна автоматизація може бути дуже руйнівною та дорогою. Автоматизація включає три основні виміри: в межах терміналу, його інтерфейсу та на передньому краї відносин із зовнішнім світом (foreland) та у внутрішніх районах терміналу (hinterland) [5]. Усередині вантажного терміналу можна автоматизувати декілька процесів.

Управління контейнерними майданчиками було автоматизовано протягом десятиліть завдяки використанню інформаційних систем для управління укладанням вхідних та вихідних контейнерів. Горизонтальна автоматизація руху включає використання автоматичних керованих транспортних засобів (AGV), таких як двомісні транспортери або човники. Ці транспортні засоби доставляють контейнери назад і вперед від автоматизованих кранів-штабелерів (ASC), які є встановленими на рейках, порталними кранами, що управляють штабелями контейнерів, які зазвичай вирівняні перпендикулярно до пірса. Сторона пірса штабеля використовується для завантаження і вивантаження контейнерів, що йдуть з пірса, в той час як сторона воріт штабеля використовується для збирання або доставки контейнерів або від воріт терміналу. Такі рухи зазвичай виконуються на вантажівках та шасі. Для автоматизації терміналу потрібні системи позиціонування контейнера, які дозволяють в будь-який час автоматично визначати за допомогою датчиків розташування всіх контейнерів в терміналі. Це забезпечує їхнє ефективне управління, а саме робить їх доступними для швидкого вилучення для навантаження на судно або отримання для внутрішнього розподілу [5].

Висновок. В результаті проведеного дослідження відзначено необхідність зміни підходів до розвитку сучасних морських портів. Жорстка конкуренція, яка панує сьогодні на ринку, сучасні виклики, що впливають на функціонування

морських портів, вимагають зміни існуючих підходів до їх розвитку. Доведено, що трендом світового транспортного ринку є цифровізація та інтелектуалізація, від яких залежить операційна ефективність портів з огляду на те, що близько 90% світової торгівлі залежить від морських перевезень.

Л і т е р а т у р а

1. Мурад'ян А.О., Демидюков О.В. Особливості розвитку морських портів в умовах цифрових трансформацій: закордонний досвід. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2022. Том 33 (72) № 6. С.247-252. URL: https://tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2022/6_2022/40.pdf (дата звернення: 27.10.2023).

2. Global ports survey on the implementation of electronic data exchange to conform with the IMO Convention on Facilitation of International Maritime Traffic. IAPH, 2021. URL: <https://sustainableworldports.org/wp-content/uploads/IAPH-FAL-Survey-Report-Jan-2021.pdf> (дата звернення 27.10.2023).

3. The evolution of port system, from industrial to a smart digital area. <https://www.onthemosway.eu/the-evolution-of-port-system-from-industrial-to-a-smart-digital-area/> (дата звернення 27.10.2023).

4. Мірило успіху: навіщо потрібні КРІ та як їх розрахувати URL: <https://happymonday.ua/navishho-potribni-kpi-ta-yak-yih-rozrahuvaty> (дата звернення 27.10.2023).

5. Theo Notteboom, Athanasios Pallis and Jean-Paul Rodrigue (2020) Port Economics, Management and Policy, New York: Routledge. URL: <https://porteconomicsmanagement.org/>(дата звернення: 21.10.2023).

6. Driving the change in shipping & logistics: the EU funding opportunities in the programming period 2021-2027/ 30th september 2021 La Spezia Naval Base/ Conference+ Expo+ B2B Meeting. URL: <https://www.onthemosway.eu/the-evolution-ofport-system-from-industrial-to-a-smart-digital-area/?cn-reloaded=1> (дата звернення: 27.10.2023).

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ КОНТЕЙНЕРИЗАЦІЇ ДЛЯ РОЗРОБКИ ТА РОЗГОРТАННЯ ПРОГРАМ

Гавижа Д.Л. – магістрант, rondan@ukr.net
Воронко І.О. – к.т.н, старший викладач, voronko_io@gsuite.duit.edu.ua
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

RESEARCH CONTAINERIZATION TECHNOLOGY FOR DEVELOP AND DEPLOY

Havyzha D.L. – master's student, rondan@ukr.net
Vorokno I.O. – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer,
voronko_io@gsuite.duit.edu.ua
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *This research explores the influence of Docker and Kubernetes on software development and deployment practices. As information technology advances, developers seek innovative solutions to optimize processes. Containerization technologies like Docker and Kubernetes have emerged as key players, offering speed, efficiency, and reduced resource consumption. Docker packages applications in lightweight, portable containers, while Kubernetes orchestrates their deployment and management. Together, they enhance developer productivity, ensure application stability, and provide effective monitoring across diverse environments. The combination of Docker and Kubernetes facilitates rapid development, testing, and deployment of applications, marking a paradigm shift in modern software engineering.*

Keywords: *containerization, Docker, Kubernetes, development, optimization, host, environment*

Актуальність дослідження зумовлена тим, що розвиток інформаційних технологій супроводжується зростанням складності програмного забезпечення, у зв'язку з цим, розробники постійно шукають ефективні та інноваційні методи для полегшення процесів розробки та розгортання програм. Технології контейнеризації, такі як [1]: Docker, Kubernetes або Podman - виходять на передній план у забезпеченні швидкості, легкості та меншого споживання ресурсів у розробці та розгортанні. Ця тема актуальна не лише в контексті підвищення продуктивності розробників, а й у забезпеченні стабільності та ефективності роботи програм у різних середовищах.

Метою даного дослідження є вивчення та оцінка можливостей технології контейнеризації у контексті розробки та розгортання програмного забезпечення. Дослідження спрямоване на з'ясування переваг та обмежень використання

контейнерів для забезпечення ефективного та надійного процесу розробки програм, а також шляхів оптимізації розгортання програм у різних середовищах.

Контейнер [2] - це програмний продукт, який віртуально упакує та ізолює додатки для забезпечення більшої масштабованості та доступності в різних обчислювальних середовищах. На відміну від віртуальних машин, контейнер включає лише «систему виконання» і покладається на операційну систему хоста [2]. Це дозволяє значно зменшити обсяг пам'яті, навантаження на центральний процесор (ЦП) та місця для зберігання, необхідного для контейнера, що робить можливим підтримку багатьох контейнерів на тій же інфраструктурі. Ефективність контейнеризації, також відомої як віртуалізація на рівні операційних систем (ОС), робить її популярним методом для забезпечення швидкої адаптації додатків між середовищами, наприклад, починаючи від розробки до тестування, від стадії створення до виробництва, або від фізичного сервера до віртуальної машини в хмарному сервісі.

Контейнер може запускатися майже миттєво, набагато швидше, ніж віртуальна машина, і так само його можна швидко вимкнути, наприклад, для звільнення ресурсів хоста [2].

Основні контейнерні технології на даний момент це Docker та Kubernetes [1]. Docker - це платформа та виконавче середовище для контейнеризації, що використовує архітектуру клієнт-сервер з простими командами та автоматизацією через єдиний API, а Kubernetes - платформа для запуску та управління контейнерами з різних виконавчих середовищ, включаючи Docker.

Kubernetes наразі є найпопулярнішою платформою для керування контейнерами із декількох причин [3]:

1. Масштабованість: Kubernetes розроблений для масштабних проєктів і здатний ефективно управляти тисячами контейнерів.
2. Портативність: Контейнери, які оркеструються за допомогою Kubernetes, можуть запускатися практично в будь-якому середовищі, будь то власний дата-центр, хмара або гібридне середовище.
3. Комплексні можливості моніторингу та логів: Kubernetes надає засоби для моніторингу стану додатків та збору журналів, що полегшує відстеження та вирішення проблем.
4. Широкий спектр функцій: Kubernetes надає розширений набір функцій, таких як автоматичне відновлення, розподілена мережа, обслуговування та інші, що робить його привабливим для розгортання навіть складних додатків.
5. Активна спільнота: Kubernetes має велику та активну спільноту розробників, яка постійно вносить внески у розвиток та підтримку платформи.

В роботі досліджено, що спільне застосування Docker і Kubernetes дозволяє розробникам створювати, тестувати та розгортати додатки швидше та

ефективніше. Так як Docker [4] забезпечує ізоляцію додатків, а Kubernetes [5] - автоматизоване управління контейнерами на великій масштабованій інфраструктурі. Комбінація Docker та Kubernetes стала каталізатором змін у розробці програм, забезпечуючи швидкість адаптації додатків між різними середовищами, включаючи розробку, тестування та виробництво.

Docker надає ряд вбудованих засобів для забезпечення безпеки контейнерів [4]. Використання контейнерів ізолює додатки один від одного та від операційної системи хоста, що робить надзвичайно складним вторгнення або пошкодження інших контейнерів або системи в цілому. Тобто Docker є каталізатором змін у розробці програм, дозволяючи упаковувати додатки та їхні залежності в легкі та переносні контейнери. Це значно спрощує розгортання та забезпечує поєднання середовищ від розробки до продукції. Велика кількість готових образів у Docker Hub робить процес розробки ще ефективнішим.

Kubernetes, в свою чергу, додає ще більше можливостей для безпеки. Він забезпечує керування доступом, ролеві моделі та можливість використання сіткових політик для контролю комунікації між контейнерами. Також, при розгортанні та моніторингу Kubernetes на борту є зручні засоби для відстеження та моніторингу, які дозволяють виявляти та вирішити проблеми продуктивності та невідповідності в конфігураціях [5].

Висновок. У ході проведеного дослідження виявлено, що технології контейнеризації, зокрема Docker та Kubernetes, мають значний вплив на процеси розробки та розгортання програмного забезпечення. Шляхом упаковки додатків у легкі та переносні контейнери за допомогою Docker та їх оркестрації та управління через Kubernetes, розробники отримують швидкість, ефективність та зменшення споживання ресурсів. Таким чином використання Docker та Kubernetes у сфері розробки та розгортання програм дозволяє не тільки підвищити продуктивність та швидкість розробки, але і гарантує високий рівень безпеки та забезпечує ефективний моніторинг додатків на великих масштабах.

Дослідження дозволило виявити переваги та обмеження використання контейнерів для забезпечення ефективного та надійного процесу розробки програм. Отже, використання технологій контейнеризації представляє собою важливий крок у розвитку сучасної інженерії програмного забезпечення, сприяючи прискоренню процесів розробки та забезпечуючи надійність та ефективність програм в різних обчислювальних середовищах.

Л і т е р а т у р а

1. Smith, J. Containerization in Software Development: A Comprehensive Guide / Tech Trends Journal, 10(2), 2022, pp 1-2.
2. What are Containers and Containerization / URL: <https://www.a10networks.com/glossary/what-are-containers-and-containerization> (дата звернення 25.10.2023).

3. Campbell J. Kubernetes vs. Docker / URL: <https://www.atlassian.com/microservices/microservices-architecture/kubernetes-vs-docker> (дата звернення 2.11.2023).
4. Docker Engine / URL: <https://docs.docker.com/engine/> (дата звернення 10.11.2023).
5. Kubernetes Documentation / URL: <https://kubernetes.io/docs/home/> (дата звернення 12.11.2023).

РОЛЬ WI-FI ТА ETHERNET У СИСТЕМАХ РОЗУМНОГО ДОМУ

Гайденко О.С. – к.т.н., викладач, haidenko121@gmail.com

Хоренко Ю.Є. – к.т.н., доцент, horenko-yurii@ukr.net

Федик К.К. – бакалаврант, keeril2000@gmail.com

Київський електромеханічний фаховий коледж

Україна м. Київ

THE ROLE OF WI-FI AND ETHERNET IN SMART HOME SYSTEMS

Haidenko O.S. – Ph.D., lecturer, haidenko121@gmail.com

Khorenko Yu. Ye. – Ph.D., Docent, horenko-yurii@ukr.net

Fedyk K.K. – bachelor's student, keeril2000@gmail.com

Kyiv Electromechanical Professional Pre-Higher College

Ukraine, Kyiv

Abstract. *Wi-Fi and Ethernet are technologies used to connect smart devices in homes, but these technologies were developed for other tasks. Therefore, the primary goal of this study is to determine the relevance of these network protocols for their application in the concept of the Internet of Things at the present time. This paper delves into the distinct advantages and disadvantages of applications Wi-Fi and Ethernet in Smart Home environments, exploring their complementary roles in shaping the future of home automation.*

Keywords: *Wi-Fi, Ethernet, Smart Home, Internet of Things, target wait time*

Актуальність дослідження зумовлена стрімким розвитком як Wi-Fi, так і альтернативних технологій бездротового з'єднання, що забезпечують транспортні функції в системі інтернету речей (Internet of Things (IoT)).

Метою роботи є визначення актуальності Wi-Fi та Ethernet мереж для зв'язку розумних пристроїв розумного дому та аналіз переваг й недоліків Wi-Fi у концепції IoT.

Wi-Fi – це найпопулярніший протокол зв'язку IoT, що використовує стандарт IEEE 802.11 на частотах 2,4 ГГц і 5 ГГц, пропонуючи швидку передачу даних і маючи можливість обробляти великі обсяги даних. Він відрізняється гнучкою топологією, простотою розгортання та встановлення, а також функціональною сумісністю, що дозволяє безпечно з'єднувати рішення IoT [1].

Wi-Fi підтримується кожним центром керування системою розумного будинку (шлюз, хаб, сервер) для з'єднання з мережею Інтернет.

В останні роки з'явилися на ринку хаби з підтримкою підключення до мережі через Ethernet як альтернативного способу з'єднання. У таких випадках очевидно, що перевагу слід надати більш надійному дротовому способу з'єднання, що також розвантажить ефір. Проте, серед пристроїв, призначених для систем Smart Home розповсюдженість Ethernet протоколу дуже незначна, так як більшість з них націлені на зручний бездротовий спосіб підключення.

Ситуація з Wi-Fi трохи схожа – його підтримка в переважній більшості пристроїв передбачена пристроями, що живляться від електромережі, так як технологія Wi-Fi енергозатратна. До таких пристроїв відносяться розумні світильники, IP-камери, побутова техніка інтернету речей (телевізори, кондиціонери, чайники, холодильники, пральні та сушарні машини, витяжки, мультиварки та інші пристрої, що підтримують віддалене керування й можуть брати участь у сценаріях домашньої автоматизації) тощо.

Часто розумні пристрої, що працюють через Wi-Fi є також шлюзами для підключення інших пристроїв через інші технології безпроводного зв'язку. Наприклад, розумні світильники Yeelight підключаються в систему автоматизації через Wi-Fi й у той же час є Bluetooth-шлюзами для підключення інших пристроїв (рис. 1).



Рисунок 1 – Топологія зв'язку Bluetooth та Wi-Fi пристроїв у системі розумного дому

Як видно з рисунку 1, Bluetooth-пристрої «зіркою» підключаються до світильників (можуть бути й інші Bluetooth-шлюзи), які в свою чергу «зіркою» підключені до маршрутизатора, або кількох маршрутизаторів, якщо використовується технологія Mesh Wi-Fi. Через маршрутизатор відбувається зв'язок із сервером. У якості сервера може бути спеціально організований локальний сервер, хмарний сервер системи автоматизації, або, в деяких випадках, хаб з підтримкою локальних обчислень.

Топологія «зірка» є одним із недоліків застосування Wi-Fi в IoT, який в найближчому майбутньому нікуди не зникне.

Загалом ситуація на ринку домашньої автоматизації така, що більшість пристроїв, розроблених раніше працює на частотах Wi-Fi 2,4 ГГц, й лише в останні роки почали активніше з'являтися пристрої, що працюють на частотах 5 ГГц. Разом із тим певні перспективи розвитку Wi-Fi для IoT приніс стандарт 802.11ah, що застосовується в нових пристроях.

Пристрої інтернету речей вимагають низької затримки та/або низького енергоспоживання. З впровадженням Wi-Fi 6, заснованого на стандарті IEEE 802.11ah, існуючі режими енергозбереження були доповнені новими механізмами. З'явилася технологія цільового часу пробудження (target wait time (TWT)), розроблена ще у протоколі 802.11ah, яка добре підходить для пристроїв IoT, адже поліпшує їх енергоспоживання. TWT – це механізм, який дозволяє планувати обмін трафіком між точкою доступу та клієнтським пристроєм. Планування дозволяє енергозберігаючим клієнтським пристроям зменшити енергоспоживання за рахунок чіткого визначення часу, коли вони повинні бути активними [2, 3].

TWT дозволяє клієнтським пристроям з підтримкою Wi-Fi 6 переходити в режим сну та «прокидатися» за розкладом. Маршрутизатор може вказувати клієнту, коли «спати», а коли «прокинутися», що дозволяє заощадити заряд акумулятора, збільшити термін служби акумулятора в режимі очікування та зменшити перевантаження мережі [3].

Так завдяки Wi-Fi 6 з'явилися бездротові пристрої IoT, які використовують Wi-Fi як спосіб з'єднання.

Чітко можна виділити наступні переваги Wi-Fi для IoT:

- Wi-Fi забезпечує високошвидкісний зв'язок і дозволяє передавати великі обсяги даних – включаючи відеопотоки високої роздільної здатності, що робить його для деяких пристроїв IoT безальтернативним способом бездротового з'єднання;

- широке поширення Wi-Fi – складно знайти будинок, в якому не було б Wi-Fi маршрутизатора, що дає можливість використовувати пристрої з цим інтерфейсом відразу з коробки, без придбання шлюза / хаба за умови використання хмарного сервера для обробки даних алгоритмів автоматизації.

Недоліки використання WiFi:

- низька енергоефективність, через що пристрої потребують стаціонарного живлення;

- всі пристрої підключаються до одного маршрутизатора безпосередньо (базова схема підключення – зірка), через що при активному використанні каналів (передачі або завантаженні великих обсягів даних) ресурсів

маршрутизатора може не вистачати для забезпечення стабільної роботи пристроїв ІОТ;

- більшість побутових маршрутизаторів розраховані на 15-20 підключень, а пристроїв розумного дому може бути в рази більше.

Проблему можна вирішувати купівлею більш дорогих і потужних маршрутизаторів, але логічніше використовувати інші інтерфейси, спеціально призначені для використання в розумному будинку.

Висновок. Проведений аналіз показав, що технологія Wi-Fi, яка від початку не була призначена для ІоТ, поступається альтернативним технологіям бездротового з'єднання (Bluetooth, Zigbee, Thread) в організації топології мережі, енергоефективності та має проблеми з засміченістю ефіру та перевантаженням маршрутизатора, проте залишається актуальною в концепції ІоТ для пристроїв, що живляться від електромережі та є безальтернативною для пристроїв, що потребують передачі великих обсягів даних із високою швидкістю. Протокол Ethernet підтримується мінімальною кількістю пристроїв, як правило лише деякими центрами керування систем Smart Home, проте має більший пріоритет застосування в місцях, де передбачено кабельну мережу. Таким чином обидва мережеві протоколи мають свою нішу в концепції інтернету речей поряд із більш спеціалізованими.

Л і т е р а т у р а

1. Tabaki, M. X. (2023). Internet of Things and artificial intelligence-Technological, legal and ethical issues [Greek].
2. Wi-Fi 6: High performance, next generation Wi-Fi. October 2018. Wi-Fi Alliance. 9 p.
3. Базові положення стандарту Wi-Fi 6 (IEEE 802.11ax) для мереж Wi-Fi [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. Режим доступу: <https://help.keenetic.com/hc/uk/articles/360010536300-Базові-положення-стандарту-Wi-Fi-6-IEEE-802-11ax-для-мереж-Wi-Fi-> (дата звернення: 22.11.2023).

МОДЕЛЮВАННЯ МЕТОДІВ ПОКРАЩЕННЯ ВІЗУАЛЬНОЇ ЯКОСТІ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Герцій О.А. – к.т.н., доцент, agertsy@gmail.com
Гладіш В.В. – аспірант, gladish_vv@gsuite.duit.edu.ua
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м.Київ

MODELING METHODS FOR IMPROVING THE VISUAL QUALITY OF DIGITAL IMAGES

Gertsy O.A. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, agertsy@gmail.com
Gladish V.V. – Postgraduate student, gladish_vv@gsuite.duit.edu.ua
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The paper analyzes methods of digital image processing in the spatial domain (spatial methods), which allow to improve the quality of images in order to facilitate their visual analysis. Gradational transformation methods for image enhancement, such as linear transformation, image to negative, and logarithmic transformation, are considered. Are considered and modeled such processing methods in the spatial domain, as the gradation conversion (linear and logarithmic transformation), histogram modification (equalization) and image enhancement by using of the Laplace operator. Listings of modeling these methods in Matlab are also presented. The simulation results are presented in the form of images and histograms.*

Keywords: *digital image processing, spatial methods, logarithmic transformation, linear spatial filtering, Matlab.*

Актуальність дослідження. Сьогодні в техніці немає майже ні одної області, яку в тій чи іншій мірі не зачіпала б цифрова обробка зображень. В процесі роботи з графічними зображеннями, чи це буде медицина чи то буде астрономія, досить часто виникає така проблема як погана якість зображення.

Високий рівень шуму, низька контрастність, розмитість контурів ускладнюють процес візуального аналізу, що в свою чергу може призвести, наприклад, до некоректного діагнозу лікаря в ході діагностики рентген-зображення.

Отже над даним питанням в області цифрової обробки зображень працюють фахівці усіх країн світу, зокрема, методи покращення візуальної якості зображень [1, 2] широко застосовуються при аналізі зображень в сфері медицини, астрономії та інших галузях.

Мета роботи полягає у застосуванні просторових методів покращення візуальної якості цифрових зображень для їхнього візуального аналізу та виявлення погано помітних деталей або підкреслення відповідних характеристик.

Просторові методи покращення якості цифрових зображень. Просторові методи – це методи, які засновані на прямому маніпулюванні пікселями зображення.

У загальному випадку просторову обробку зображень можна описати рівнянням [1]:

$$g(x, y) = T[f(x, y)] \quad (1)$$

де $g(x, y)$ – зображення на виході системи обробки; $f(x, y)$ – вхідне зображення, а T – оператор над f , визначений в деякому околі точки (x, y) .

Розглянемо деякі просторові методи покращення зображень.

Градаційні перетворення. До першої групи методів поліпшення зображень відносяться такі перетворення як лінійні, наприклад, перетворення зображення в негатив, логарифмічне перетворення та ін.

При лінійному перетворенні переверот рівнів яскравості зображення створює еквівалент фотографічного негативу. Даний вид перетворення з яскравостями в діапазоні $(0, L-1)$ визначається виразом:

$$s = L-1-r, \quad (2)$$

де s і r – пікселі зображення до і після обробки відповідно.

За допомогою програмного середовища Matlab проведемо моделювання даного перетворення [3]. Для початку в середовище Matlab, за допомогою команди `imread`, завантажимо зображення місцевості Z , зняте за допомогою квадрокоптера та перетворимо його із кольорового в півтонове $Z1$, застосувавши функцію `rgb2gray`. Далі, використовуючи функцію `imadjust` перетворюємо зображення $Z1$ в негатив.

Логарифмічне перетворення. Логарифмічні перетворення застосовуються для розтягування діапазону значень темних пікселів на зображенні з одночасним стисненням діапазону значень яскравих пікселів [2]. Дані перетворення описуються виразом:

$$s = c \log(1+r), \quad (3)$$

де c – константа і $r \geq 0$.

В середовищі Matlab для проведення такого моделювання використовується наступний вираз: $g = c \log(1 + \text{double}(f))$.

Видозмінення гістограми. До другої групи методів покращення зображень в просторовій області відносяться такі перетворення як еквалізація гістограми [4].

Еквалізацією (лінеаризацією) гістограми називається перетворення виду:

$$s_k = T(r_k) = \sum_{i=0}^k p_r(r_i) = \sum_{i=0}^k \frac{n_i}{n}; \quad k = \overline{0, L-1}, \quad (4)$$

де n – загальне число пікселів на зображенні, n_i – кількість точок яскравості r_i , а L – число рівнів яскравості.

Для моделювання процесу еквалізації гістограми відобразимо гістограму півтонового зображення Z1 (рисунок).

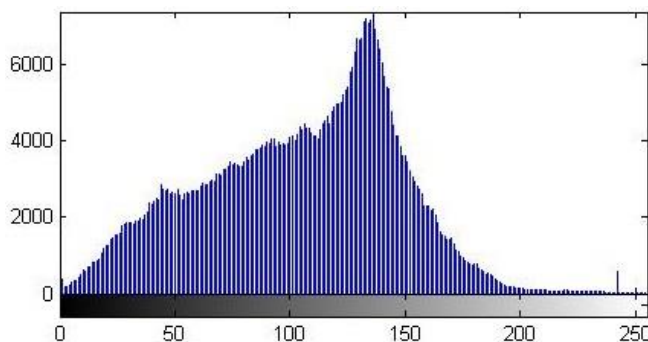


Рисунок – Гістограма еквалізації півтонового зображення Z1

Покращення зображення за допомогою оператора Лапласа. Даний тип поліпшення відноситься до методів лінійної просторової фільтрації та дозволяє візуально покращити зображення, шляхом підвищення різкості за наступною формулою:

$$g(x, y) = f(x, y) + c \nabla^2 f(x, y), \quad (5)$$

де $f(x, y)$ – вихідне зображення, $g(x, y)$ – покращене зображення, а параметр c дорівнює 1, якщо центральний коефіцієнт маски позитивний, і $c = -1$, якщо навпаки.

Висновок. Із проведеного моделювання просторових методів покращення візуальної якості цифрових зображень можна зробити висновок, що найкращим методом у даному випадку можна вважати покращення зображення за допомогою оператора Лапласа, оскільки даний метод робить зображення більш різкішим, контури елементів стали більш чіткішими, що в свою чергу підкреслює деталі зображення. Інші просторові методи можуть бути використані і показати кращі результати в інших умовах представлення зображень (освітлення, масштаб, 3D орієнтація об'єктів).

Л і т е р а т у р а

1. Russ, J.C. (2016). The Image Processing Handbook. CRC Press, 7th edition. 1053.
2. Gonzalez, R.C., & Woods, R.E. (2017). Digital Image Processing. Pearson, New York, 4 editions. 1192.

3. Герцій О.А., Ботвін М.М. Аналіз просторових методів покращення візуальної якості цифрових зображень. Збірник наукових праць ДЕТУТ: Серія «Транспортні системи і технології». Київ: ДЕТУТ, 2017. Вип. 30. с. 191-196.

4. Hochbaum, D.S., Lyu, C., & Bertelli, E. (2013). Evaluating performance of image segmentation criteria and techniques. EURO Journal on Computational Optimization, Vol. 1, 155-180. <https://doi.org/10.1007/s13675-012-0002-8>.

ВИВЧЕННЯ МЕТОДІВ РОБОТИ З БІНАРНИМИ ДАНИМИ У СКРИПТОВИХ МОВАХ ПРОГРАМУВАННЯ

Демченко М.Є. – магістрантка, sintyurova_me@gsuite.duit.edu.ua

Кульбовський І.І. – к.т.н., доцент, kulbovskiy_ii@gsuite.duit.edu.ua

Київський інститут залізничного транспорту

Державного університету інфраструктури та технологій

Україна, м. Київ

STUDY OF METHODS OF WORKING WITH BINARY DATA IN VIOLIN PROGRAMMING LANGUAGES

Demchenko M. – master's student, sintyurova_me@gsuite.duit.edu.ua

Kulbovskiy I. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,

kulbovskiy_ii@gsuite.duit.edu.ua

Kyiv Institute of Railway Transport

State University of Infrastructure and Technology

Ukraine, Kyiv

Abstract. *This article provides an overview of research on methods of working with binary data in scripting programming languages. In today's information world, there is an increasing need for efficient processing of binary data, and scripting languages play an important role in solving this task. The article considers the main approaches to work with binary data in scripting programming languages, such as the use of bit operations, bit fields and structures, specialized libraries and frameworks. Various methods are offered for reading, writing, processing and converting binary data within the framework of a scripting language.*

Keyword: *binary data, scripting languages, methods and approaches, performance, optimization methods*

Актуальність дослідження. У сучасному світі обсяг бінарних даних, таких як зображення, відео, аудіо та інші мультимедійні файли значно зріс. Програмістам і розробникам стало дуже важливо ефективно обробляти та зберігати цю інформацію, щоб забезпечити оптимальну продуктивність та високоякісну роботу додатків. Проте робота з бінарними даними у скриптових мовах програмування представляє свої особливості та викликає певні складнощі.

Скриптові мови, на відміну від компілюваних мов, мають більш високий рівень абстракції і зазвичай не забезпечують низькорівневу маніпуляцію з бінарними даними. У зв'язку з цим розробники часто стикаються з проблемами при читанні, запису та обробці таких даних.

Мета роботи полягає у визначенні найбільш ефективних та зручних методів роботи з бінарними даними у різних скриптових мовах програмування. Після проведення аналізу будуть виділені кращі практики та рекомендації, які дозволять професіоналам у галузі програмування більш ефективно працювати з бінарними даними, покращити якість своїх проєктів та підвищити продуктивність свого коду [1].

Бінарні дані відіграють ключову роль у різних галузях програмування, включаючи мережну комунікацію, роботу з файлами та операції з апаратним забезпеченням. Використання скриптових мов програмування для роботи з бінарними даними є актуальним завданням, оскільки вони забезпечують гнучкість та простоту у розробці [2]. Однак, перш ніж ми почнемо використовувати скриптові мови програмування для роботи з цим типом даних, необхідно ретельно дослідити методи та підходи, які можна застосувати для ефективної обробки бінарних даних у скриптових мовах.

Першим кроком у роботі з бінарними даними є визначення найбільш сприятливого способу їх подання у скриптових мовах програмування. Це може включати використання рядків байтів, чисел з фіксованою точністю, масивів бітів та інших структур, придатних для певних випадків використання.

Для ефективної роботи з бінарними даними необхідно розробити методи читання та запису, які дозволять нам отримувати доступ до різних елементів та полів даних. Це може включати створення функцій і методів для читання і запису, а також обробку помилок і перевірку цілісності даних.

Часто потрібне перетворення бінарних даних у різні формати та структури даних, щоб забезпечити зручність роботи з ними. Дослідження методів перетворення та форматування даних допоможе нам розробити алгоритми та функції для виконання таких операцій.

Обробка великих обсягів бінарних даних може стати складним завданням через обмеження пам'яті та продуктивність [3]. У цій частині дослідження ми будемо досліджувати методи, що дозволяють ефективно та економно обробляти та зберігати великі обсяги бінарних даних.

Для забезпечення найвищої продуктивності роботи з бінарними даними буде потрібна оптимізація коду та алгоритмів. У цій частині дослідження ми вивчатимемо методи оптимізації та розробку ефективних алгоритмів для роботи з бінарними даними у скриптових мовах.

Висновок. Робота з бінарними даними в скриптових мовах програмування є важливим завданням, що вимагає ретельного дослідження та проектування методів роботи з цим типом даних. Це дослідження пропонує огляд різних аспектів роботи з бінарними даними у скриптових мовах, включаючи представлення даних, читання та запис, перетворення та форматування, роботу з великими обсягами даних, а також оптимізацію роботи. Воно ставить перед нами завдання розробки ефективних методів роботи з бінарними даними у скриптових мовах та дозволяє краще зрозуміти потенціал та обмеження даних методів.

Л і т е р а т у р а

1. Сокорчук І.П. Комп'ютерна програма «Вимірально-обчислювальний комплекс автоматизованої системи обліку енергоресурсів Promenergy/E7», свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 21713 від 15.08.2007 р.
2. Програмування числових методів мовою Python: навч. посіб./ А. Ю. Дорошенко, С. Д. Погорілий, Я. Ю. Дорогий, Є. В. Глушко ; за ред. А. В. Анісімова. – К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2013. 463 с.
3. Руденко В., Жугастров О. Інформатика. Основи алгоритмізації та програмування мовою Python. Хрків: Ранок, 2019. 192 с.

ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ПРОГРАМ ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ МЕХАНІЗМІВ

Кирієнко І.С. – бакалаврант, kurinenko_is@gsuite.duit.edu.ua
Ковальчук В.В. – к.ф.-м.н., доцент, kovaltchukvv@ukr.net
*Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ*

USE OF COMPUTER PROGRAMS FOR DESIGNING MECHANISMS

Kiriyenko I.S. – bachelor's student, kurinenko_is@gsuite.duit.edu.ua
Kovalchuk V.V. – Ph.D., Associate Professor, kovaltchukvv@ukr.net
*Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv*

Abstract. In this work the main advantages of using application programs and computer automated design systems (CAD systems) for the research and development of modern mechanisms are analyzed. To effectively solve scientific and technical problems, a specialist must now take into account the specifics of engineering problems and know the tools and

means of computer modeling. At the current stage, 2D and 3D modeling has become a standard for the development of design and demonstration materials in the fields of mechanical engineering. This study highlights the features of using some popular computer programs for the analysis and synthesis of mechanisms. The possibilities of using CAD for the generation and modification of complex graphic objects are also shown.

Keywords: *computer programs, design, mechanism, CAD systems, modeling, mechanical engineering.*

Актуальність дослідження зумовлена широким використанням для проектування механізмів сучасних комп'ютерних програм, які дозволяють зменшити кількість помилок і час, витрачений на проектування. Таке автоматизоване проектування (CAD – Computer-Aided Design) забезпечує підвищення продуктивності інженера, покращення якості проекту і створення бази даних для виробництва.

Метою роботи є проведення порівняльного аналізу і висвітлення основних переваг використання програмного забезпечення, що дозволяє інженерам створювати проекти механізмів з точними та детальними технічними кресленнями і специфікаціями для проектування та виробництва.

Новітні прикладні комп'ютерні технології дозволяють практично реалізовувати системні підходи до проектування машин і механізмів, визначати кінематичні та динамічні характеристики механізмів за допомогою сучасних аналітичних і графоаналітичних методів, визначати оптимальні параметри механізмів за заданими умовами роботи [1]. Розробка і впровадження спеціалізованих комп'ютерних програм розширюють можливості візуалізації складних механізмів і спрощують розрахунково-графічну частину при проведенні аналізу і синтезу механізмів і машин.

Технології автоматизованого проектування (CAD) та автоматизованого виробництва (CAM – Computer-Aided Manufacturing) широко використовуються, оскільки дозволяють дизайнеру та інженеру-конструктору втілити задум в електронному вигляді та отримати повний комплект традиційної проектної документації [2]. Сучасні комп'ютерні системи надають засоби та інструменти, які стимулюють нові методи проектування, побудови 3D моделей деталей та вузлів механізмів і машин. Також вона дозволяють вивчати взаємодію між продуктами виробництва в процесі моделювання умов їхньої експлуатації. Результатом проектування є інтегральний набір описаних моделей, властивостей або характеристик у формі, придатній для реалізації.

Програмне забезпечення механічного автоматизованого проектування (MCAD) використовують у різних галузях, включаючи автомобілебудування, будівництво, електроніку, архітектуру тощо. При проектуванні окремих механізмів MCAD дозволяє інженерам створювати двовимірні (2D) і тривимірні

(3D) моделі з високою точністю, генерувати віртуальне 3D-представлення. Це допомагає користувачам розглядати об'єкт під різними кутами, а також тестувати і моделювати його перед створенням прототипу [3].

Для сучасного інженера важливо не тільки мати ґрунтовні знання про структуру, кінематику і динаміку механізмів, а також орієнтуватися і в особливостях програмних продуктів, розроблених для проектування і створення проектної документації. Фахівці у різних галузях обирають ті програми, що відповідають вимогам поставленої перед ними задачі. Розглянемо деякі з популярних нині продуктів для автоматизованого проектування.

Onshape – це єдине хмарне рішення для розробки продуктів, яке об'єднує CAD, керування даними та аналітику на одній платформі. Сьогодні Onshape є стрімко зростаючою платформою CAD/PDM у світі, яка розвивається в 7 разів швидше, ніж галузь CAD загалом.

Autodesk Inventor – дає можливості інженерам і фахівцям займатися проектуванням, інтегрувати 2D- та 3D-дані в єдине середовище, створюючи віртуальне уявлення кінцевого продукту. Це дозволяє перевірити форму, придатність і функції виробу ще до того, як він буде створений.

Siemens NX – гнучке і потужне інтегроване програмне забезпечення, яке допомагає якнайшвидше та ефективніше виводити на ринок нові вироби. NX підтримує всі стадії розробки виробів: від створення концепту і проектування до виготовлення.

Зазначимо, що окрім переваг комп'ютерні програми MCAD мають певні обмеження:

- 1) *вартість програмного забезпечення* (програми можуть бути дорогими, і тому доступ до них може бути обмеженим);
- 2) *потужність обчислювальної техніки* (великі та складні проекти можуть вимагати потужних комп'ютерів, для ефективної роботи з програмами);
- 3) *необхідність навчання і напрацювання навичок* (інженери повинні вміти використовувати програмне забезпечення для виконання поставлених задач);
- 4) *великий обсяг даних* (проектування складних механізмів може вимагати великої кількості даних і обчислень, а обробка і зберігання таких об'ємів інформації може бути складним рішенням).

Незважаючи на указані обмеження, фахівці та корпорації для розробки сучасних механізмів і машин ефективно використовують комп'ютерні системи автоматизованого проектування, які дозволяють створювати і модифікувати різноманітні вироби, враховувати умови їхнього функціонування та вартість розроблених моделей. Наприклад, корпорація *Caterpillar Inc.* (також відома просто як CAT) – американський виробник будівельного та іншого інженерного

обладнання використовує MCAD для проектування важкої промислової техніки (бульдозерів, екскаваторів та ін.).

Ferrit s.r.o. – чеський виробник гірничовидобувного обладнання використовує CAD для розробки нового покоління ефективних логістичних рішень для гірничовидобувної промисловості з низьким енергоспоживанням.

Ще одним прикладом є *The Boeing Company* – американська аерокосмічна корпорація і провідний виробник комерційних реактивних літаків, оборонних, космічних систем і систем безпеки. Boeing використовує для своїх літаків такі програми автоматизованого проектування як CATIA, Siemens NX, SolidWorks і Pro/ENGINEER [4]. Для механічного проектування та аналізу, а також для моделювання та візуалізації компанія Boeing використовує PRO/ENGINEER.

Висновки. Для аналізу сучасних механізмів і машин, а також для розробки нових моделей широкого використання набувають системи комп'ютерних програм автоматизованого проектування (САПР) та автоматизованого виробництва. Існує багато різних типів програмного забезпечення САПР, і кожен має власний набір функцій і можливостей. Переваги найновіших інструментів і технологій комп'ютерного моделювання дають можливість розробляти більш точні та ефективні проекти. Використання сучасних комп'ютерних засобів і САД-систем дозволяє інженерам і технічним дизайнерам суттєво розширити горизонти проектування, покращити якість проекту і підвищити продуктивність праці.

Л і т е р а т у р а

1. Похильчук І., Сасюк З. (2018). Дослідження програмних засобів вивчення дисципліни «Теорія механізмів і машин». *Нова педагогічна думка*, (4), С. 63-66.
2. Narayan, K. L., Rao, K. M., & Sarcar, M. M. M. (2008). *Computer Aided Design and Manufacturing*. New Delhi, India: PHI Learning Pvt. Ltd. URL: <https://cutt.ly/vwUmUimx> (дата звернення 14.11.2023).
3. Best Mechanical Computer-aided Design (MCAD) Software. URL: <https://cutt.ly/ZwUmKH5R> (дата звернення 18.11.2023).
4. What CAD Software Does Boeing Use for Aircraft Design? Mechanitec Design resource. URL: <https://cutt.ly/qwUQq7y7> (дата звернення 18.11.2023).

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВІВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ НА МІКРОКОНТРОЛЕРНІ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА КОНТРОЛЮ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Лісовенко І.С. – магістрант, lisovento_is@gsuite.duit.edu.ua

Голуб Г.М. – к.т.н., доц., golub_gm@gsuite.duit.edu.ua

*Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ*

RESEARCH OF THE EFFECTS OF ELECTROMAGNETIC FIELD ON MICROCONTROLLER-BASED MONITORING AND CONTROL SYSTEMS OF POWER SUPPLY SYSTEMS

Lisovento I.S. – master's student, lisovento_is@gsuite.duit.edu.ua

Holub H.M. – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor,
golub_gm@gsuite.duit.edu.ua

*Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv*

Abstract. *This research delves into the exploration of electromagnetic field impacts on microcontroller-based monitoring and control systems for electrical power supply. In the contemporary context of power systems, ensuring the stability, safety, and efficiency of these microcontroller systems is paramount. The study adopts a comprehensive approach, incorporating both experimental and theoretical methodologies, to assess the stability of system functionalities and investigate effective preventive measures against electromagnetic influences. The research analyzes imperfect conditions, such as uncertified devices and faulty filters, and emphasizes shielding effectiveness and proper grounding. Mitigating electromagnetic field influences on microprocessors requires a comprehensive, phased approach.*

Keywords: *electromagnetic field, electromagnetic influences, microcontroller systems*

Актуальність дослідження зумовлена тим, що дослідження впливів електромагнітного поля на мікроконтролерні системи моніторингу та контролю систем електропостачання є важливим для забезпечення стійкості, безпеки та ефективності сучасних енергетичних систем.

Метою роботи є проведення комплексного аналізу, який охоплює як експериментальний, так і теоретичний підходи, для визначення стабільності функціонування систем та вивчення ефективних методів запобігання впливам. Основними завданнями роботи є локалізація та виявлення наслідків зовнішніх впливів на системи.

Останні роки розвитку цифрових та інформаційних технологій мікроконтролерні та мікропроцесорні інструменти стали потужними засобами

для модернізації різних об'єктів залізничного транспорту, від переходу до впровадження автоматизації та цифрових технологій у традиційні галузі до розвитку передових спеціалізованих систем з мікроконтролерними архітектурами та використанням штучного інтелекту.

Однак проблемою модернізації є неврахування особливостей використання мікроконтролерної техніки при проєктуванні. Виявлення основних ризиків у мікроконтролерній архітектурі обумовлене несумісністю окремих блоків, вузлів і зв'язків, а також присутністю уразливостей та непротектованих областей, які можуть бути піддані впливу електромагнітних полів. Особливий наголос робиться на впливі електромагнітних полів, які можуть виникати внаслідок використання різних типів навантажень та частот полів.

Електромагнітні перешкоди виявляються у всьому спектрі електромагнітних коливань, включаючи мінімальні частоти. Це включає в себе електростатичний і магнітостатичний вплив поля на мікроконтролери, датчики та лінії їх підключення. Вплив фону змінного струму частотою 50 Гц, лінії електропередачі, трансформатори, низькочастотні комунікаційні системи, радіо- і телевізійні передавачі, радіолокаційна техніка, мікрохвильові печі та космічні джерела.

Сертифікаційні випробування надають чітке та повне уявлення про якість електромагнітної сумісності. Однак під час цих випробувань не враховуються (та й не можуть бути враховані) потенційні комбінації компонентів пристроїв на робочих місцях відповідно до конкретних завдань, а також можливі впливи взаємного розташування цих компонентів та їх взаємних кабельних з'єднань на створювані поля.

Дослідження включає в себе аналіз неідеальних умов, таких як використання несертифікованих побутових приладів з ШІМ перетворювачами, які можуть створювати реактивні сигнали та резонансні частоти. Також розглядається проблема використання пристроїв із несправними мережевими фільтрами, що може призводити до значних завад. Окремо розглядається ефективність екранування та правильна побудова заземлюючого контура для запобігання наводок у випадку створення земляної петлі.

Оскільки загрози від впливу електромагнітних полів у мікропроцесорних трактах систем часто мають складний та комплексний характер, то і проведення заходів для їх запобігання є етапним процесом. Рішення, спрямовані на захист обчислювального процесу та алгоритмів роботи мікропрограм контролера керування, також повинні мати комплексний підхід.

Висновок. Дослідження поширеності мікроконтролерів у сучасному світі підтверджує їх велику популярність та суттєвий внесок у сферу використання. На сьогодні важко уявити функціонування електронних пристроїв без

застосування мікроконтролерів. Розуміння впливу електромагнітних полів стабільність роботи мікроконтролерів має важливе значення для розвитку та застосування технологій у сучасному світі.

Л і т е р а т у р а

1. Пілінський В.В. Електромагнітна сумісність радіоелектронних засобів. Курс лекцій. Автор і укладач В.В. Пілінський. К. НТУУ „КПІ”, 2008. 343 с. Електронна версія 2023.

2. Мілих В. І. Електромагнітні поля, параметри та процеси в електротехнічних пристроях : підручник. В. І. Мілих. Харків : ФОП Панов А. М., 2020. 396 с.

3. Електричні системи і мережі. Частина 1 : навчальний посібник /Ю. В. Малогулко, О. Б. Бурикін, Т. Л. Кацадзе, В.В. Нетребський; за ред. П.Д. Лежнюка. Вінниця : ВНТУ, 2020. 200 с.

4. Бондаренко І.М., Бородін О.В., Карнаушенко В.П. Мікропроцесорні системи контролю та керування: Навч. посібник для студентів ЗВО. Харків: ХНУРЕЮ, 2020. 244 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ САПР В ПРОЄКТУВАННІ ЛІНІЙНИХ ОБ'ЄКТІВ ІНФРАСТРУКТУРИ В УКРАЇНІ

Лужицький О.Ф. – старший викладач кафедри «Транспортна інфраструктура»,
oleg.luzhickii@gmail.com

Стасенко С.С. – аспірант, stasenkoserhii@gmail.com
Український державний університет науки і технологій
Україна, м. Дніпро

RESEARCH ON THE APPLICATION OF CAD IN THE DESIGN OF LINEAR INFRASTRUCTURE OBJECTS IN UKRAINE

Luzhitskiy O.F. – Senior Lecturer of the Department «Transport Infrastructure»,
oleg.luzhickii@gmail.com

Stasenko S.S. – Postgraduate student student, stasenkoserhii@gmail.com
Ukrainian State University of Science and Technologies
Ukraine, Dnipro

Abstract. *In Ukraine, there is currently no universally accepted software for designing infrastructure objects, particularly for roads and railways. Most design organizations lack a stable strategy for the development of CAD programs within the enterprise and typically limit themselves to simply purchasing software without proper training in its use. After the onset of the full-scale invasion by Russia, Ukrainian designers faced the challenge that there is no domestic Computer-Aided Design (CAD) software in Ukraine that is independent of the mentioned circumstances. Working with other CAD systems adopted in the European Union*

and the United States results in increased project design time, specifically in adapting project solutions developed in these systems to the documentation system accepted in Ukraine

Keywords: CAD, road, rail, designing, restoration, infrastructure

Актуальність дослідження зумовлена проблематикою швидкого виконання проектів відновлення інфраструктури України, зруйнованої внаслідок збройної агресії росії.

Метою роботи є проведення оглядового аналізу перспектив впровадження ефективних BIM-технологій в Україні на тлі відновлення інфраструктури внаслідок збройної агресії росії проти України.

В Україні при проектуванні інфраструктурних об'єктів, а саме автомобільних доріг та залізниць, не має одностайно прийнятого програмного забезпечення для створення таких об'єктів. Більшість проектних організацій не мають стійкої стратегії розвитку САД-програм на підприємстві і обмежується, як правило, просто купівлею програми без належного навчання роботи з ними.

Авторами [1] проведено аналіз основних систем автоматизованого проектування, які застосовуються в Україні. Згідно висновків в роботі [1] пропонується для початку ознайомлення з системами автоматизованого проектування застосувати AutoCAD. Також відмічено, що в Україні існує велика кількість різних САПР, які за своїм функціоналом є і більш простіші, так і складніші.

Також дуже важливим є використання інженерної графіки в проектуванні при створенні та удосконаленні інноваційного продукту [2]. Адже візуалізація створеного проекту є важливою частиною процесу проектування, при якому мінімізуються помилки, спричинені людським фактором.

Застосування різних модулів програми AutoCAD Civil 3D в ув'язці з іншими програмами дозволяє вирішувати складні задачі моделювання руху транспорту та розробки споруд та схем транспортного вузла. Така методологія дістала назву 7D BIM [3], що складається з геометричних, навколишніх, мікромоделювальних підходів для реалізації аналізу вигод і витрат, корисного для спеціалістів, які приймають рішення. Результати показали, що найкращий сценарій передбачає створення нових естакад і підземних переходів, щоб усунути конфліктні точки перетину, зменшити злиття потоків руху транспорту та розбіжності та безпосередньо з'єднати найбільш завантажені коридори.

В Україні свого часу в проектуванні автомобільних доріг, та частково залізниць, отримав поширення програмний комплекс CREDO ДОРОГИ. Цей комплекс розроблявся білоруською компанією за участі вчених росії, білорусі та України. Порівнюючи можливості CREDO ДОРОГИ (Кредо-Діалог, Білорусь), Autocad Civil 3D (Autodesk, США), MXROAD (Bentley Systems, США), Plateia

(CGS plus d.o.o., Словенія) та ін., визначено, що всі програми мають як переваги, так і недоліки. Всі вони створюють проектні креслення та проектну документацію, які необхідні для створення якісного проекту автомобільної дороги. Нажаль, не всі програмні комплекси адаптовані під стандарти України, що зводить їх використання до мінімуму [4]. Досить широке поширення в Україні CREDO ДОРОГИ призвело до ризиків, які загострились після початку збройної агресії росії ще після 2014 року. Але з того часу цей програмний комплекс ще ширше впроваджувався при розробці проектів автомобільних доріг, оскільки він найбільше був адаптований до української системи проектної документації. Сьогодні виявлені ризики стали доволі критичними, тому що впровадження інших систем автоматизованого проектування є складним, як сказано в [4], через не адаптованість до українських норм та вимог.

Зважаючи на вищенаведене, основними шляхами вирішення проблеми проектування за допомогою BIM-технологій в Україні можуть бути:

- створення власного українського САПР, адаптованого до норм українського законодавства;
- створення модуля САПР в середовищі AutoCAD, адаптованого до норм українського законодавства;
- гармонізувати норми та вимоги українського законодавства до норм Європейського Союзу.

Кожен з варіантів має свої переваги та недоліки, але в сучасних умовах великої ваги має швидкість впровадження САПР. Для створення власного САПР необхідні великі капіталовкладення та досить тривалий час впровадження, який буде затрачений на наукове обґрунтування моделі САПР, розробки алгоритмів, створення інтерфейсу та бази даних, проходження кількох етапів адаптації, процес впровадження в експлуатацію та створення навчальної бази для роботи з новою САПР. Сьогодні такий варіант є малоімовірним, але є достатньо перспективним. При цьому буде отримано власний інструмент для роботи з розробкою проектної документації.

Гармонізація український державних будівельних норм до норм Європейського союзу є важливою складовою української інтеграції. Такий процес вже триває останні 10 років і до сих пір ще дуже велика частина нормативних актів не гармонізована з українськими. Також необхідна навчальна база для виведення на ринок праці спеціалістів нової генерації. Це все тривалий процес терміном ще близько десяти років.

Створення української САПР на базі AutoCAD в даних умовах є найбільш перспективним варіантом, оскільки не потребує як значних капіталовкладень, так і тривалого часу розробки програми та навчання, оскільки вся розробка

зводитиметься до використання інструментів середовища AutoCAD, яке вже знайоме більшості проєктувальників.

Висновок. Українські проєктувальники, після початку повномасштабного вторгнення росії, зіткнулись з тим, що в Україні немає власних САПР, яке б не залежало від згаданих обставин. Робота з іншими САПР, прийнятими в Євросоюзі та США, призводить до збільшення часу проєктування, а саме адаптації проєктних рішень, розроблених в цих системах, до системи проєктної документації, прийнятої в Україні. Створення модуля САПР в середовищі AutoCAD є найбільш перспективним напрямком розвитку, адже це простіше і швидше, ніж інші варіанти. Важливим фактором, який сприятиме розвитку таких систем, є державна підтримка з чіткою стратегією.

Л і т е р а т у р а

1. Троянчук, Б., & Федік, Л. (2021). Використання САПР у проєктуванні систем автоматизації. Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво, (45), 39-43. <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2021-45-06>
2. Boitumelo Ramatsetse, Plesanmi Daniyan, Khumbulani Mporfu, Olasumbo Makinde, State of the art applications of engineering graphics and design to enhance innovative product design: a systematic review, Procedia CIRP, Volume 119, 2023, Pages 699-709, ISSN 2212-8271, <https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.05.006>.
3. Giuseppe Cantisani, Juan David Correa Panesso, Giulia Del Serrone, Paola Di Mascio, Guido Gentile, Giuseppe Loprencipe, Laura Moretti, Re-design of a road node with 7D BIM: Geometrical, environmental and microsimulation approaches to implement a benefit-cost analysis between alternatives, Automation in Construction, Volume 135, 2022, 104133, ISSN 0926-5805, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104133>.
4. Арсеньєва, Н. О., & Крухмальова, О. В. (2018). Аналіз програмних комплексів автоматизованого проєктування автомобільних доріг. Комунальне господарство міст, (140), 25–29. вилучено із <https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/5138>

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ЗАЛІЗНИЦІ

Ломотько Д.В. – д.т.н., проф., den@kart.edu.ua

Назаренко Д.А. – магістрант, danyl.nazarenko2000@gmail.com

Український державний університет залізничного транспорту

Україна, м. Харків

RESEARCH ON THE USE OF INFORMATION TECHNOLOGIES ON THE RAILWAY

Lomotko D.V. – Doctor of Technical Sciences, Professor, den@kart.edu.ua

Nazarenko D.A. – master's student, danyl.nazarenko2000@gmail.com

Ukrainian State University of Railway Transport

Ukraine, Kharkiv

Abstract. *The article analyzes the fact that in the modern world, information technology plays a key role in the development of various industries, including railway transport. The study of the impact of information technology on the railway industry. Consideration of the main areas of information technology use that contribute to improving efficiency, safety and comfort in the railway sector.*

Keywords: *optimization, IT integration, management, safety.*

Актуальність дослідження зумовлена важливістю використання інформаційних технологій (далі - ІТ) у сучасному залізничному транспорті. В сучасному світі ІТ стали невід'ємною частиною розвитку різних сфер господарства, зокрема галузі залізничного транспорту, де вони мають великий потенціал для покращення ефективності, безпеки та комфорту для пасажирів і вантажів.

Метою роботи є дослідження впливу ІТ на залізничний транспорт з метою покращення його ефективності, безпеки та комфорту для пасажирів і вантажів. Акцент роботи робиться на визначенні основних напрямків використання ІТ у залізничній галузі та їх впливу на сучасну індустрію. Питанням використання ІТ на залізниці присвячені праці таких вітчизняних дослідників, як О. Іванова, В. Петренко, І. Сидоренко, Н. Хрущ та інші [1-3].

Статистичні дані показують, що значна частина вантажних перевезень транспортною системою країни здійснюється залізничним транспортом. Одним з головних завдань постає тенденція до розвитку транспортної системи в бік зростання показників надійності функціонування при забезпеченні високої ефективності управління контейнерних. Ефективну діяльність вітчизняного залізничного транспорту неможливо представити без сучасних інформаційних систем й технологій, зокрема підтримки прийняття рішень персоналом, який безпосередньо бере участь у технологічних процесах перевезень [4]. Для цього

необхідно створити єдине інформаційне середовище, яке повинно бути сформовано на базі сучасних методології та підходів.

Перш за все, інформаційні технології впливають на автоматизацію та керування залізничним рухом. Сучасні системи керування поїздами, засновані на інтеграції ІТ, забезпечують точність та ефективність перевезень.

Можна виокремити основні напрямки використання ІТ на залізниці та їх вплив на сучасну індустрію.

1. Автоматизація та Керування. Впровадження сучасних систем керування поїздами дозволяє забезпечити точність та швидкість перевезень, а також підвищити безпеку руху.

2. Інтернет Речей (IoT) в Залізничній Інфраструктурі. Сенсори, розташовані на рейках, станціях та вагонах, забезпечують постійний потік даних про стан обладнання. Це дозволяє операторам здійснювати превентивний ремонт, уникати аварій та підвищувати тривалість служби обладнання.

3. Електронні квитки та системи керування пасажирським потоком. Вони роблять поїздки більш зручними та ефективними. Пасажири можуть придбати квитки онлайн, використовувати мобільні додатки для відстеження розкладу, а також отримувати повідомлення про зміни у русі поїздів.

4. Безпека інформаційних систем та захист від кіберзагроз. Однак, разом із впровадженням ІТ на залізниці, виникає потреба в посиленні безпеки інформаційних систем. Захист від кіберзагроз та кібератак стає пріоритетом для забезпечення стабільності та безпеки залізничної інфраструктури.

Світовим транспортним співтовариством впроваджуються інноваційні інформаційно-управляючі технології, побудовані на моделюванні інтегрованих транспортних систем. Інтегровані транспортні системи, у порівнянні зі звичайними, надають послуги з регулювання транспортними потоками на більш високому рівні взаємодії учасників процесу, з вищим рівнем безпеки та передачі повної інформації про стан та положення у просторі об'єктів в режимі реального часу. Вказані системи набули назви «інтелектуальні» (Intelligent Transport System (ITS)), й їхнє впровадження стало невід'ємною частиною TEN-T політики країн Європейського Союзу, а також Японії, Китаю, США, та інших країн. [1]

Висновок. В результаті проведеного аналізу, досліджень у галузі використання інформаційних технологій на залізниці виокремлюються ключові напрямки, що визначають сучасні тенденції та перспективи розвитку цього сектора. Зокрема, виявлено, що автоматизація та керування, як важливий аспект використання інформаційних технологій, сприяє підвищенню точності та швидкості перевезень, а також забезпечує підвищення рівня безпеки руху поїздів. Також визначено важливість впровадження електронних квитків та систем керування пасажирським потоком, що спрощує та робить поїздки більш

зручними та ефективними для пасажирів. Онлайн-продаж квитків, мобільні додатки для відстеження розкладу та отримання повідомлень про зміни у русі поїздів стають важливими чинниками для покращення пасажирського сервісу. Загалом, результати аналізу свідчать про перспективний характер використання інформаційних технологій на залізниці для підвищення ефективності, безпеки та комфорту, а також підтверджують необхідність подальших досліджень та інновацій у цьому напрямку.

Л і т е р а т у р а

1. Іванова О.М. Залізничний Транспорт у Сучасному Світі: Використання Інформаційних Технологій. К: Транспортна Наука, 2021.
2. Петренко В.С Інноваційні Технології в Залізничному Транспорті: Тенденції та Перспективи. К: Транспортна Наука, 2020.
3. Сидоренко І.П ІТ-Рішення для Оптимізації Роботи Залізничної Інфраструктури. Інформаційні Технології в Транспорті, №3, 2019. С. 22-28.
4. Ломотько Д.В., Сморгісь І.В. Формування залізничних логістичних ланцюгів постачання контейнерних вантажів на базі когнітивних технологій. Залізничний транспорт України №2, 2018. С.4-12.

ФОРМУЛЮВАННЯ УНІВЕРСАЛЬНОГО ПІДХОДУ ДО КРИТЕРІЇВ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМОЮ

Миронов О.Г. – аспірант, myronov.aleksey@gmail.com
Герцій О.А. – к.т.н., доцент, agertsiy@gmail.com
*Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м.Київ*

THE FORMULATION OF UNIVERSAL USING OF THE CRITERIA FOR THE EFFECTIVENESS OF THE SYSTEM CONTROL

Myronov O.G. – Postgraduate student, myronov.aleksey@gmail.com
Gertsiy O.A. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, agertsiy@gmail.com
*Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv*

Abstract. *The work proposes a universal formulation of the use of criteria for the effectiveness of the system. The current use of methods for evaluating effectiveness is characterized by the presence of many methods, the ambiguity and variety of the parameters used, the instability of their values over time, the poor compatibility of these methods and the parameters of effectiveness assessment. The use of such a mathematical parameter as a probability will*

eliminate these problems. Expansion of a single criterion to two values - efficiency with a given supply of system stability allows you to reach a qualitatively new level of control of the system.

Keywords: *universal efficiency criteria, system control, probability as criteria.*

Актуальність дослідження. Сучасний рівень розвитку автоматизації підприємств та систем управління якістю, здавалося б, повинен назавжди залишати розмови в минулому щодо недосконалості критеріїв ефективності та якості. Однак практика показує, що в контексті надзвичайно високої динаміки місцевих та глобальних економічних змін, багато компаній, підприємств та різних видів економічних асоціацій не лише припинялися в розвитку, але навіть збанкрутували.

У великих системах, таких як холдинг, промислове підприємство, наявність великої інфраструктури передбачає існування та взаємодію абсолютно різних об'єктів обліку, процесів та законів управління. Крім того, ця система може мати неоднозначну структуру внутрішнього та зовнішнього підпорядкування (ієрархія). Це стає причиною створення спеціалізованих систем управління, які мають жорсткій зв'язок із поточною структурою об'єкта, процесами і часто мають недостатньо прозору та всебічну схему оцінки результатів управління в цілому. Тому тема формулювання критеріїв ефективності управління системою залишається актуальною.

Метою роботи є формулювання універсального підходу до визначення критеріїв ефективності функціонування та управління автоматизованими системами.

Під час управління великою системою до критеріїв ефективності роботи системи в цілому та всіх її підсистем (зверху до нижньої частини ієрархії) накладаються наступні вимоги.

- Кожна підсистема будь-якого рівня системи повинна мати власний критерій ефективності роботи.
- Критерії ефективності роботи підсистем та процесів повинні:
 - бути сумісними по вертикалі та горизонталі ієрархії системи,
 - мати можливість обчислити ефективність як одної вибраної, так і будь-якої групи підсистем,
- Закон управління повинен покладатися на обраний критерій ефективності підсистеми/процесу.
- Для обчислення ефективності роботи системи в цілому, необхідно використовувати прозорі та зрозумілі принципи для обчислення значень критеріїв ефективності для всіх взаємодіючих підсистем та процесів.

Слід зазначити, що для сучасних систем управління переважають критерії ефективності, що включають такий показник, як вартість [1,2]. У той же час, як

правило, параметри, які жодним чином не пов'язані з грошовими витратами, використовуються як показники нижчого рівня. Особливо це стосується технологічних систем. Це може бути коефіцієнт зчеплення колеса з дорогою, кутова швидкість обертання механізму, кількість збоїв роботи блоку за певний проміжок часу, тощо. Більше того, при переміщенні зверху вниз по ієрархії системи взаємозв'язок показників продуктивності з метою існуючої системи/підсистеми відповідного рівня поступово втрачається, і на нижчих рівнях він часто вирівнює до нуля. Наприклад, для холдингу чи компанії, мета найчастіше формулюється як максимізація прибутку підприємства, але зазвичай неможливо з'ясувати, як конкретна активність або відпочинок співробітника або якогось блока живлення агрегату впливає на цей прибуток.

В даний час такий параметр, як «ефективність/вартість», є досить поширеним, і є співвідношенням ефективності та повної вартості системи. Слід зазначити, що він, однак, має ряд очевидних недоліків.

По-перше, він слабо відповідає вимозі стабільності у часу, оскільки концепція «вартості» є нестабільною в часі через нестабільність навіть найбільш «твердих» валют. Тобто, \$1 від 2000 року не дорівнює \$1 від 2020 року.

По-друге, це може мати складності при зв'язуванні критеріїв ефективності систем у ієрархії та міжсистемних зв'язках. Тобто використовуються різні параметри, які неможливо використати у єдиному алгоритмі, оскільки вони мають різні математичні значення.

По-третє, існує досить багато життєвих ситуацій, в яких для системи надзвичайно важко визначити підхід до «вартості». До недавнього часу було проголошено надзвичайно високий рівень критерію «ефективності/витрат» для генерації енергії на атомних електростанціях. Але, як виявилось, якщо врахувати повний життєвий цикл цієї системи, зокрема розрахувати стадії утилізації, переробки та поховання радіоактивних відходів, то цей показник стає неоднозначним, оскільки він переходить у площину оцінки «етично» або «неетично» залишати радіоактивну спадщину наступним поколінням. Іншим прикладом сумнівного застосування критерію «вартості/ефективності» є спроба використовувати його для усунення екологічних катастроф. Як, наприклад, обчислити кількість витрат на «синтез» будь-якого типу флори чи фауни, які зникли внаслідок катастрофи, якщо ми навіть не уявляємо, як це синтезувати? Іншими словами, іноді складно або неможливо застосувати «вартість» як критерій ефективності для системи чи процесу, і в цьому випадку використовується певна якісна оцінка: «етична/неетична», «приємно/неприємно» та інше.

Існує ще один дуже важливий недолік критеріїв ефективності, які використовуються сучасними системами. Ефективність системи завжди входить

у діалектичну суперечність з її стабільністю. Але, як відомо, діалектичний підхід вимагає визнання в будь-якому явищі, процесі, предметі наявності двох принципів – «активного» та «пасивного». Надмірне підвищення ефективності системи як активного принципу загрожує порушенням діалектичної рівноваги з пасивним – її стабільності, а отже, загрожує цілісності як самої системи. Наприклад, можна тимчасово так максимізувати прибуток компанії, що через два роки стати банкрутом. А оскільки пасивний принцип відповідає за цілісність комплексу, протистоячи спроби активного порушити рівновагу, необхідно вибрати концепцію стабільності як другого аспекту критерію, що стосується безпеки або живучості системи. Тоді мету процесу управління слід відображати певним критерієм, який чітко включає обидва плечі цих діалектичних ваг.

Ми формулюємо концепцію «стабільності/безпеки» системи наступним чином.

Безпека (стабільність) системи - це її здатність постійно виконувати необхідні функції на заданому етапі існування системи, тобто підтримувати функціональність/здатність/характеристики, необхідні для визначеного етапу.

Очевидно, незважаючи на певну складність його розрахунку, така математична концепція, як ймовірність, є ідеальним кандидатом для кожного з плечей ефективності/безпеки критерію, оскільки:

- ймовірність - це безрозмірне значення, яке дозволяє нам оптимально вирішити проблему виміру критеріїв для різних підсистем, подій, станів;
- діапазон змін ймовірності відомий та остаточний (0 ... 1);
- ймовірність повністю відповідає вимозі стабільності значення з часом (значення, обчислене в момент часу, не змінюється з часом, на відміну, наприклад, від вартості);
- Розрахунок значень для ієрархії підсистем та послідовності подій та станів може базуватися на основних формулах теорії ймовірності.

Тоді критерій «ефективність/стійкість», що відображає якість контролю для будь-якого вузла ієрархії системи, може бути сформульовано як ймовірність виконання мети/завдання у разі ймовірності перебування системи в необхідному функціональному стані на вказаному етапі життя системи. Очевидно, що в цьому випадку завдання управління буде зводиться до максимізації обох протилежностей. Але, як зазначено, рано чи пізно підвищення ефективності призводить до зниження безпеки системи, тому формулювання прийме наступний від.

Оптимальний контроль системи здійснюється шляхом досягнення максимальної ефективності системи при рівні її стабільності не менш визначеної. У той же час, утримання показника стабільності комплексу в стані, не нижчий, ніж заданий, є однією з ключових вимог до підсистеми управління.

Використання математичного апарату ймовірнісних обчислювань надає наступні можливості при рахуванні значень зазначених критеріїв.

- Будувати паралельні гілки незалежних критеріїв ефективності в межах однієї ієрархії.
- Застосовувати правило обчислення ймовірності для будь-якої комбінації незалежних критеріїв.
- Застосовувати одне і те ж правило обчислення для кожного плеча критеріїв: ефективність та стабільність.
- Застосовувати правило для вузлів, що належать до довільної кількості незалежних паралельних ієрархій (випадок належності об'єкта одразу декільком незалежним ієрархіям).

Висновок. Використання результатів дослідження дозволяє сформуванню єдиного підходу до використання критерію ефективності життя системи та математичного апарату обчислювання його значення та покращити якість управління системою взагалі.

Л і т е р а т у р а

1. Митрофанова А.С., Решетняк Н.Б. Особливості системи управління корпоративними правами держави в Україні. Бізнес Інформ. 2019. №3. С. 63-68.
<https://doi.org/10.32983/2222-4459-2019-3-63-68>
2. Семенова В. Г. Система показників оцінювання ефективності управління інтелектуальною власністю підприємств. Проблеми економіки. 2015. № 2. С. 179-185. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pecon_2015_2_27. (дата звернення 16.11.2023)
3. Холод С. Б., Войт С. М. Критерії ефективності управління у складних саморегулюючих соціально-економічних системах мезорівня // Вісник економічної науки України. 2015, № 2. с. 120-128. Режим доступу: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/108150/24-holod.pdf?sequence=1>. (дата звернення 16.11.2023)

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СИГНАЛІЗАЦІЇ ТА ЗВ'ЯЗКУ НА ЗАЛІЗНИЦІ: ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ, ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ТА СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Панков Є.С. – бакалаврант, pankov_es@gsuite.duit.edu.ua
Воронко І.О. – к.т.н, старший викладач, voronko_io@gsuite.duit.edu.ua
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

AUTOMATION OF RAILWAY SIGNALING AND COMMUNICATION ENGINEERING DESIGN: INTELLIGENTALIZATION, ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND MODERN TECHNOLOGIES

Pankov E.S. – bachelor's student, pankov_es@gsuite.duit.edu.ua
Voronko I.O. – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, voronko_io@gsuite.duit.edu.ua
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *Railway transport is a key link in the transport infrastructure of Ukraine and has important economic and strategic importance. Its main function is to ensure the specified volumes of cargo transportation and passenger transportation by railway. The automation system for monitoring the technical condition of signaling and communication devices as a structural element of the railway is aimed at ensuring the quality of service and safety on the railway.*

Keywords: *intellectualization, artificial intelligence, automation, modern devices, design of technical systems, improvement of the railway road.*

Актуальність дослідження полягає в необхідності впровадження інтелектуальних технологій та автоматизованих систем для моніторингу технічного стану сигналізації та зв'язку на залізницях України. Умови роботи сучасних приладів, які використовуються в системах залізничного транспорту, стають все більш складними, вимагаючи вдосконалення технічних систем та методів проектування. Розвиток інтегрованих систем штучного інтелекту в сучасних галузях промисловості відкриває нові перспективи для підвищення ефективності та безпеки залізничного транспорту. А застосування інтелектуалізованих методів у проектуванні технічних систем дозволяє швидше впроваджувати нові розробки, скорочувати терміни виготовлення та знижувати собівартість приладів. В контексті зростаючих вимог до якості обслуговування та безпеки на залізничному транспорті, автоматизоване проектування та інтелектуалізація систем моніторингу стають стратегічно важливими завданнями.

Метою роботи є дослідження актуальності впровадженні системи автоматизованого проектування для моніторингу технічного стану сигналізаційних та зв'язкових пристроїв на залізничному транспорті. Основний акцент роботи спрямований на використання інтегрованих систем штучного інтелекту та автоматизованих проектних розробок для оптимізації технологічного проектування, зменшення термінів виготовлення нових розробок та підвищення ефективності залізничного транспорту. У той же час розв'язання цієї задачі пов'язано з великими труднощами. Це обумовлено як особливостями технологічного проектування, що традиційно вважається творчим процесом, так і зростаючими вимогами сучасного виробництва до автоматизованих систем проектування.

За останні роки використання сучасних комп'ютерних технологій у проектуванні стало ключовою тенденцією для різних галузей промислового виробництва [1, 2]. Наукові досягнення у розвитку систем штучного інтелекту дозволяють виконувати широкий спектр завдань, таких як автоматизація технічних комплексів, гнучких виробничих систем, оптимізація технологічних параметрів, підвищення якості продукції та розвиток інтелектуалізованих систем для проектування технологічних процесів. Це відкриває можливості для звільнення людини від рутинних завдань та стимулює розвиток її творчого потенціалу [1-3]. Інтелектуалізація ґрунтується на використанні баз знань та інтелектуальній підтримці процесів прийняття рішень, уніфікації та формалізації процедур обробки знань, розробці та застосуванні інтелектуальних моделей, а також на організації безперервного накопичення знань. Це допомагає виконувати завдання в області приладобудування з вищою точністю, швидкістю та підвищеною якістю [1].

Сучасні дослідження охоплюють методи використання штучного інтелекту в системах автоматизованого проектування технологічних процесів та відповідні інструменти. Ці дослідження включають інформаційне забезпечення у вигляді баз даних та знань, а також математичне, програмне та лінгвістичне забезпечення [4-6].

Вчені, які керують розвитком методології проектування комп'ютерних технологій, провели дослідження методів моделювання, автоматизації та оптимізації проектування технологічних процесів. Саме вони створили фундамент математичного та інформаційного моделювання виробів. Серед таких вчених – Н.Г. Бруєвича, А.П. Гавриш, Н.М. Капустіна та інші.

Залізничний транспорт в Україні відіграє ключову роль у транспортній системі країни та має велике економічне й стратегічне значення. Однією з його основних функцій є забезпечення потрібних обсягів перевезень вантажів та пасажирів по залізниці. Система автоматизованого контролю технічного стану

пристроїв сигналізації та зв'язку, яка є складовою частиною залізничної інфраструктури, спрямована на підвищення якості обслуговування та забезпечення безпеки на залізниці.

Сучасні пристрої представляють собою складні багатофункціональні системи, що розробляються та виготовляються з використанням передових матеріалознавчих досягнень, новітніх принципів побудови автоматизованих систем, сучасних інформаційних технологій та іншого. Особливістю цих пристроїв є збільшення функціональних можливостей і зростання числа їх компонентів, складність у схемотехнічній конструкції та функціональних взаємозв'язках між окремими компонентами [4].

Спеціальні прилади, що використовуються на залізничних дорогах, можуть бути спроектовані з урахуванням роботи при високих або низьких температурах, в підвищеному або зниженому тиску, а також в умовах високої вологості.

Створення автоматизованої системи проектування для механоскладальних робіт базується на синтезі технологічних процесів, які вимагають знаходження загальних закономірностей у процесах складання приладів. Це вимагає побудови методології технології складання, що неможливо без створення інформаційного простору для виробу та процесів механоскладальних робіт загалом.

З автоматизацією проектування пов'язані основні можливості створення найскладніших технічних об'єктів як у промисловому, так і цивільному будівництві. Автоматизоване проектування дозволяє: істотно скоротити терміни проектування і передачі конструкторської документації у будівництво; значно підвищити якість конструкторської та кошторисної документації; підвищити точність розрахунків; прийняти найкращі варіанти для реалізації на основі математичного аналізу варіантів проекту з оцінюванням технічних, технологічних і економічних характеристик виробництва і експлуатації об'єкта проектування; значно зменшити суб'єктивізм при ухваленні проектних рішень [5, 6].

Висновок. Дослідження, присвячене автоматизації проектування технічного стану сигналізації та зв'язку на залізниці, виявляє важливість впровадження інтелектуальних технологій та автоматизованих систем у сучасній залізничній інфраструктурі України. Зростання складності технічних пристроїв та високі вимоги до їхнього функціоналу вимагають вдосконалення методів проектування та контролю їхнього технічного стану. Актуальність дослідження визначається необхідністю вдосконалення технічних систем та методів проектування в умовах сучасних викликів залізничного транспорту. Впровадження інтегрованих систем штучного інтелекту визначає нові перспективи для ефективного моніторингу та підтримки роботи сигналізаційних та зв'язкових пристроїв, що сприяє підвищенню безпеки та якості

обслуговування на залізниці. Застосування сучасних комп'ютерних технологій у проектуванні та використання штучного інтелекту визначають новий напрямок для розвитку залізничного транспорту. Це відкриває широкі можливості для автоматизації та інтелектуалізації систем моніторингу, сприяючи підвищенню ефективності та безпеки перевезень.

Отже, впровадження систем автоматизованого проектування та використання інтелектуальних технологій є кроком у майбутнє для залізничного транспорту, що сприятиме покращенню технічного стану сигналізаційних та зв'язкових пристроїв, забезпечуючи високий рівень обслуговування та безпеки на залізниці.

Л і т е р а т у р а

1. Ярмошенко О.В. Інтелектуалізація прийняття рішень при проектування технологічних процесів з використанням експертних систем // Матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій». Тернопіль, 2016р. С.358-359. URL: https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/123456789/18869/2/ConfATMT_2016vI_Yarmoshenko_O_V-Applying_intelligence_358-359.pdf (дата звернення: 2.11.2023).

2. Воронко І.О. Впровадження перспективних інтелектуальних технологій на залізничному транспорті /І. О. Воронко// Прогресивні технології засобів транспорту: перша міжнародно науково-технічна конференція, мат. доп. конф. Харків: УкрДУЗТ, 2021(1). С. 44-46.

3. Румбешта В.О., Андрусенко О.О. Методика аналізу якості приладів на етапах вихідного контролю та випробувань. Вісник: НТУУ «КПІ», Київ, 2005 р. С 105-109. URL:<https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/11637/1/8.1.Pdf> (дата звернення: 27.10.2023).

4. Вислоух С.П. Інформаційні технології в задачах технологічної підготовки приладо- та машинобудівного виробництва: моногр. / С.П. Вислоух. К.: НТУУ “КПІ”, 2011. 488 с.

5. Пушкар М.С. Проектування систем автоматизації: навч. посібник /М.С. Пушкар, С. М. Проценко. Д.: Національний гірничий університет, 2013. 268 с.

6. Нестеренко О. В., Ковтунець О. В., Фаловський О. О. Інтелектуальні системи і технології. Ввідний курс: навч. посібник. К.: Національна академія управління, 2017. 90с.

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ДВОЗОННОГО РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ДЛЯ МЕХАНІЗМІВ З РІВНОПРИСКОРЕНИМ РУХОМ

Пасічник А.М. – д.ф.-м.н., проф., panukr977@gmail.com

Дерець О.Л. – к.т.н., доц., ald_dstu@i.ua

Дерець Г.О. – магістрантка, hanna.derets@gmail.com

Дніпровський державний технічний університет

Україна, м. Кам'янське

STUDY OF A DUAL-ZONE VELOCITY CONTROL SYSTEM FOR AN ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE FOR MECHANISMS WITH UNIFORMLY ACCELERATED MOTION

Pasichnyk A.M. – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, panukr977@gmail.com

Derets O.L. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, ald_dstu@i.ua

Derets H.O. – master's student, hanna.derets@gmail.com

Dnipro State Technical University

Ukraine, Kyiv

Abstract. *The relevance of the work lies in the need to adapt the optimization methods to the possibilities of modern technical implementation of control systems. The purpose of the study is to bring the transients of relay control systems into compliance with the operation conditions for precision electric drives using the modern control theory. The combination of the principles of dual-zone velocity control, vector control of an alternating current machine, operation in sliding modes, optimization by speed and the use of a derivative observer provide the control system with exceptionally high functionality. The prospect of practical application of the results is the integration into systems of optimal control of positional electric drives.*

Keywords: *sliding mode, acceleration observer, vector control.*

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю адаптації методів оптимізації систем управління [1] до можливостей сучасної технічної реалізації асинхронних електроприводів (ЕП) з розширеним діапазоном регулювання, призначених для роботи у складі швидкісних систем транспортування. Поєднання принципів двозонного регулювання швидкості, векторного управління, ковзних режимів, оптимізації за швидкодією та застосування спостерігача похідної для отримання зворотного зв'язку за прискоренням є передумовою створення систем високої функціональності.

Метою роботи є математичне моделювання, параметричний та структурний синтез релейної системи управління асинхронним ЕП з двозонним регулюванням швидкості та порівняльне дослідження перехідних процесів при різних варіантах зворотних зв'язків з метою визначення найбільш ефективного структурного рішення.

Основний зміст роботи. Основою для синтезу системи векторного управління є диференціальні рівняння роботи асинхронного двигуна (АД) в системі координат, що обертається зі швидкістю поля [2]. Вісь u такої системи орієнтована за напрямком вектора потокозчеплення ротора, тому $|\Psi_r| = \Psi_r = \Psi_{rv}$, а вісь v випереджає її на 90° . Ці рівняння мають вигляд:

$$\left. \begin{aligned} p\Psi_r &= -\frac{R_r}{L_r}\Psi_r + \frac{R_r L_m}{L_r} I_{su} \\ pI_{su} &= \frac{L_m R_r}{L_r^2 L'_s}\Psi_r - \frac{R_s L_r^2 + R_r L_m^2}{L_r^2 L'_s} I_{su} + \frac{1}{L'_s} U_{su} + I_{sv} \omega_k \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} p\omega &= \frac{3z_p L_m}{2J L_r} I_{sv} \Psi_r - \frac{M_c}{J} \\ pI_{sv} &= -\frac{L_m}{L_r L'_s} \Psi_r \omega - \frac{R_s L_r^2 + R_r L_m^2}{L_r^2 L'_s} I_{sv} + \frac{1}{L'_s} U_{sv} - I_{su} \omega_k \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

де z_p – число пар полюсів, Ψ_r – потокозчеплення ротора, I_s – струм статора, U_s – напруга статора, $p = d/dt$, L_m – взаємна індуктивність, R_s, R_r та L_s, L_r – активні опори та індуктивності статора й ротора, J – момент інерції, M_c – момент опору, L'_s – перехідна індуктивність статора, ω – кутова швидкість ротора, $\omega_k = \frac{R_r L_m}{L_r \Psi_r} I_{sv} + \omega$ – швидкість системи координат.

У випадку оптимізації систем розривного управління система рівнянь роботи асинхронного двигуна піддається декомпозиції на дві підсистеми рівнянь [2], що описують динаміку підсистем регулювання частоти обертання й магнітного поля. При цьому, ці підсистеми розглядаються як незалежні, по-перше, завдяки тому, що частина перехресних зв'язків вважається повністю компенсованою релейними регуляторами в ковзних режимах, а саме, доданок $+ I_{sv} \omega_k$ в (1) і доданок $- I_{su} \omega_k$ в (2), і по-друге, величина модуля вектора потокозчеплення ротора Ψ_r , вважається сталою. Останнє припущення є обґрунтованим для систем зі стабілізацією поля, а в системах з ослабленням поля його застосування можливе за рахунок повільної динаміки цього процесу.

Для реалізації принципу підтримки сталості електрорушійної сили (ЕРС) обертання до складу релейної системи оптимального управління АД введений функціональний перетворювач, що формує завдання на потокозчеплення

машини Ψ_r^* за умови стабілізації ЕРС на номінальному рівні $|\Psi_r \cdot \omega| = \Psi_{r\,nom} \cdot \omega_{nom} = const$:

$$\Psi_r^* = \frac{\Psi_{r\,nom} \cdot \omega_{nom}}{|\omega|}, \quad \Psi_r^* \leq \Psi_{r\,nom}. \quad (3)$$

Алгоритмічний синтез системи регулювання поточозчеплення і системи регулювання швидкості із гнучкими зворотними зв'язками, побудованих за принципом каскадно-підпорядкованого з'єднання регуляторів основної й проміжної координат, здійснимо із застосуванням методу N-і перемикачів [1, 3]. Алгоритми оптимального управління потоком і швидкістю при жорстких зворотних зв'язках за проміжними координатами мають вигляд [2]:

$$\left. \begin{aligned} u_{R\psi} = I_{su}^* = I_{max} \operatorname{sign}(\Psi_r^* - \Psi_r - K_{\psi i} I_{su}) \\ u_{Rir} = U_{su}^* = U_{max} \operatorname{sign}(I_{su}^* - I_{su}) \end{aligned} \right\}, \quad (4)$$

$$\left. \begin{aligned} u_{R\omega} = I_{sv}^* = I_{max} \operatorname{sign}(\omega^* - \omega - K_{\omega i} I_{sv}) \\ u_{Ria} = U_{sv}^* = U_{max} \operatorname{sign}(I_{sv}^* - I_{sv}) \end{aligned} \right\}, \quad (5)$$

де $u_{R\psi}, u_{R\omega}$ – сигнали регуляторів поточозчеплення й швидкості, які мають зміст заданих значень реактивного і активного струмів, u_{Rir}, u_{Ria} – вихідні напруги регуляторів реактивного й активного струмів, які задають відповідні складові напруги статора асинхронної машини, $K_{\psi i}, K_{\omega i}$ – коефіцієнти зворотних зв'язків регуляторів потоку й швидкості за струмом; символом «*» позначено задані величини, а індексом «max» – рівні обмежень координат.

Часові діаграми перехідних процесів системи двозонного управління швидкістю асинхронного ЕП із регуляторами (4), (5) та формувачем заданого потоку (3), отримані на основі дослідження моделі, наведені на рис.1. Зауважимо, що реалізація такої системи вимагає застосування ідентифікатора координат асинхронної машини, векторного аналізатора та перетворювачів координат, будова і функції яких є загальновідомими [2].

Діаграми сигналів регуляторів свідчать про існування ковзних режимів у підсистемах управління, а відповідна структура забезпечує ослаблення поля обернено пропорційне частоті обертання. Це дозволяє здійснити розгін до $2\omega_{nom}$ без перевищення допустимої напруги статорних обмоток.

Разом з тим, отриманий вигляд діаграм моменту та швидкості є несприятливими для побудови систем, що вимагають рівноприскореного руху, зокрема, позиційних електроприводів [3]. За таких умов темп розгону не залишається сталим в другій зоні регулювання (рис.1) через зменшення електромагнітного моменту, зумовлене ослабленням поля. Це робить актуальним застосування замість (5) системи регулювання швидкості зі зворотним зв'язком за прискоренням [1–3]:

$$\left. \begin{aligned} u_{R\omega} &= \varepsilon^* = \varepsilon_{max} \operatorname{sign}(\omega^* - \omega - K_{\omega\varepsilon} \hat{\varepsilon}) \\ u_{R\varepsilon} &= U_{sv}^* = U_{max} \operatorname{sign}(\varepsilon^* - \hat{\varepsilon}) \end{aligned} \right\}, \quad (6)$$

де $\hat{\varepsilon}$ – визначене кутове прискорення.

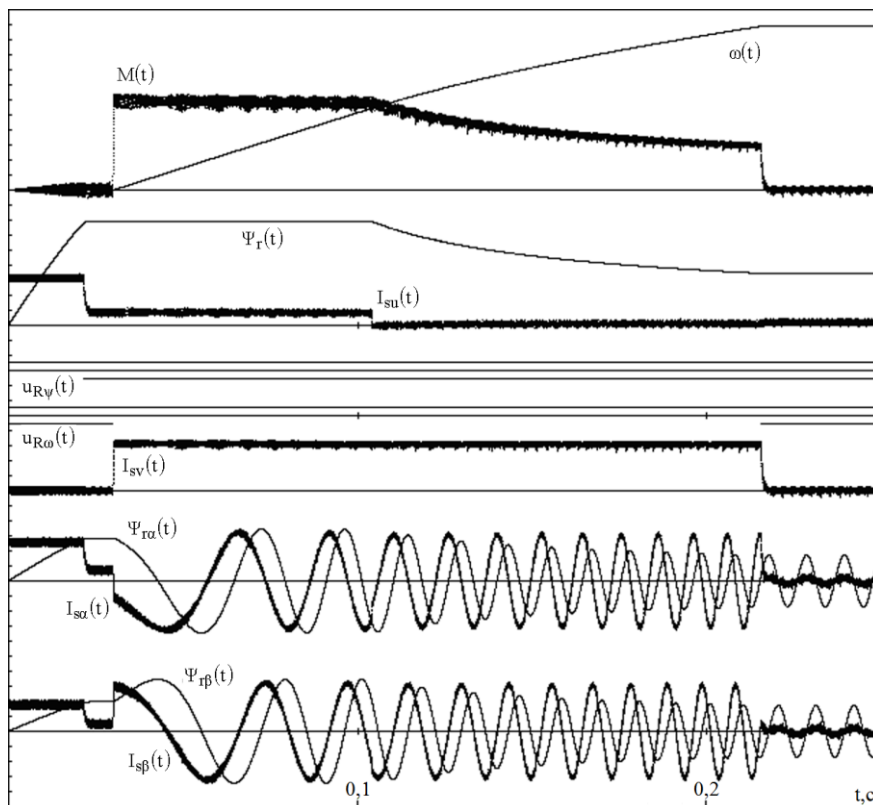


Рисунок 1 – Діаграма перехідних процесів АД з обмеженням активного струму

У рівняннях (6) і далі позначка «^» вказує на приналежність величин і параметрів до спостерігача. Алгоритм управління (6) у поєднанні з умовами (3), (4) забезпечить електроприводу астатизм та інваріантність до моменту опору, стабілізацію прискорення й прогнозовану тривалість динамічних режимів.

Релейна система управління спостерігача [2] відстежує значення величини $\omega(t)$, вона утворена одним контуром регулювання і описується рівняннями:

$$p\hat{\omega} = \hat{\varepsilon}, p\hat{\varepsilon} = \hat{a}, u_{\hat{R}} = \hat{a}^* = a_{max} \text{sign}(\omega - \hat{\omega} - \hat{K}_{\omega\varepsilon}(c \cdot I_{sv} - \hat{\varepsilon})), \quad (7)$$

де c – параметричний коефіцієнт при активному струмі,

$$c = \Psi_r^* 3z_p L_m / (2JL_r).$$

Часові діаграми перехідних процесів для режимів попереднього намагнічування та розгону до швидкості $\omega = 2\omega_{nom}$ при ослабленні поля АД системою управління з алгоритмами (6), (4), (3) наведені на рис. 2. У другій зоні спостерігається характерне зростання струму, необхідне для стабілізації динамічного моменту і розгону двигуна зі сталим темпом.

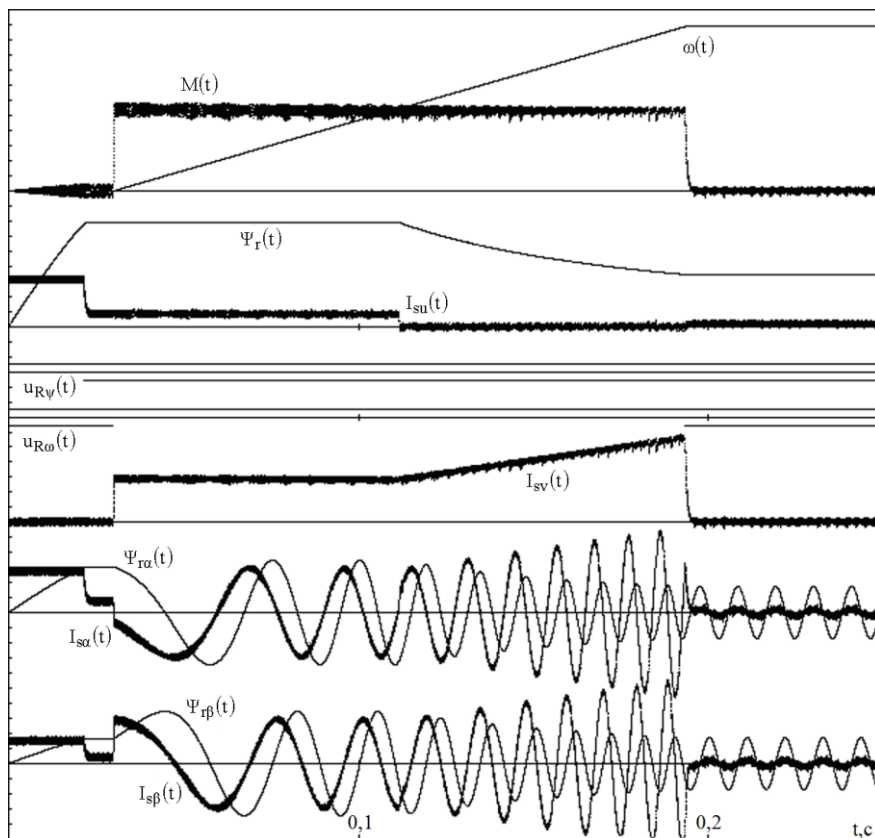


Рисунок 2 – Діаграма перехідних процесів АД з регулятором прискорення

Висновок. Результати досліджень типових динамічних режимів, проведених на моделях двозонних систем векторного полеорієнтованого управління швидкістю, підтверджують високу ефективність методу параметричного синтезу та структурних рішень, використаних для побудови системи розривного управління як асинхронним електроприводом в цілому, так і спостерігачем прискорення, який входить до його складу. Отримана якість перехідних процесів свідчить про обґрунтованість запропонованої структурної реалізації системи управління, яку можна вважати перспективною для новітніх електроприводів, що працюватимуть у складі транспортуючих систем.

Л і т е р а т у р а

1. Дерещ О. Л. Метод N–і перемикань у задачах оптимізації за швидкодією: монографія / О. Л. Дерещ, О. В. Садовой. Кам'янське: ДДТУ, 2021. 252 с.
2. Садовой О. В. Спеціальні питання математичного опису і моделювання динаміки складних систем: навчальний посібник / О. В. Садовой, О. Л. Дерещ. Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2014. 206 с.
3. Derets, O., Derets, H. Adaptive Algorithm for optimization in Speed of Third Order Sliding Mode Control Systems. 2020 IEEE International Conference on Problems of Automated Electric Drive. Theory and Practice (PAEP), Kremenchuk, Ukraine, 2020. P.1-4.

ДО ПИТАННЯ ПОБУДОВИ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ІНФРАСТРУКТУРИ СИСТЕМИ ЕКСТРЕНОГО ОПОВІЩЕННЯ НАСЕЛЕННЯ

Пасічник А.М. – д.ф.-м.н., проф., panukr977@gmail.com

Ріпа М.Ю. – аспірант, ripami25@gmail.com

Дніпровський державний технічний університет

Україна, м. Кам'янське

CONCERNING THE CONSTRUCTION AND OPTIMIZATION OF THE INFRASTRUCTURE OF THE EMERGENCY PUBLIC NOTIFICATION SYSTEM

Pasichnyk A.M. – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, panukr977@gmail.com

Ripa M.Y. – Postgraduate student, ripami25@gmail.com

Dnipro State Technical University

Ukraine, Kamianske

Abstract. *The paper presents the results of an analysis of methods for constructing emergency warning systems for the population about emergency situations. To build effective warning systems, it is proposed to use a comprehensive infrastructure using the media (television, radio broadcasting, Internet, mobile communications) and an optimized network of sound signal sources. It is shown that the use of sound signals as sources of emergency warning is one of the key elements of the system. The relevance of the development and improvement of algorithms for optimizing the territorial distribution of sound signal sources has been substantiated.*

Keywords: *optimization of discrete systems, placement of sound signal sources.*

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю удосконалення інфраструктури систем екстреного оповіщення населення з урахуванням територіальних особливостей. Застосування звукових сигналів в якості джерел екстреного оповіщення є одним із ключових елементів системи попередження

населення у разі надзвичайних ситуацій. Тому розробка та удосконалення алгоритмів побудови та оптимізації інфраструктури та територіального розміщення таких систем має достатньо актуальне значення для інформування населення про появу небезпеки у разі виникнення надзвичайних ситуацій.

Метою роботи є аналіз існуючих методів побудови територіальних систем екстреного оповіщення населення, виявлення їх особливостей та визначення напрямків подальших досліджень для оптимізації розподілу джерел звукових сигналів. Визначення можливих напрямків побудови моделей та алгоритмів для ефективного розміщення джерел та побудови системи оповіщення населення в умовах надзвичайних ситуацій.

Аналіз інфраструктури системи екстреного оповіщення населення показує на можливість застосування досить широкого спектру сучасних технологій для їх побудови. При цьому одним із основних недоліків існуючої системи екстреного оповіщення є невідповідність потужності джерел звукових сигналів умовам їх використання, та неефективність їх розміщення на відповідній території покриття. Так, занадто велика концентрація таких засобів оповіщення у одному місці може негативно впливати на стан здоров'я населення. Тому в ряді досліджень пропонується в якості джерел екстреного оповіщення використовувати засоби масової інформації: телебачення, радіомовлення, Інтернет, мобільний зв'язок і т. ін. [1, 2]. Зазначимо, що для забезпечення функціонування вказаних засобів важливе значення має наявність енергетичного забезпечення [3].

Результати проведених досліджень ефективності функціонування систем оповіщення в залежності від їх інфраструктури вказують на те, що бездротовий метод оповіщення не може повністю замінити звукові сигнали та інші їх аналоги [4]. Також зазначається важливість застосування методів прогнозування та оптимізації місць розміщення джерел звукових сигналів для забезпечення повноти покриття території попередження.

Важливим фактором ефективності системи екстреного оповіщення відіграє наявність взаємозв'язку її функціонування з реакцією населення. Ключові аспекти взаємодії населення і систем оповіщення та наявність дієвих заходів направлених на збереження життя людей розглядаються в роботі [5]. Підкреслено важливість оптимізації технічних характеристик системи для збереження здоров'я та забезпечення безпеки людей.

Таким чином, удосконалення алгоритмів побудови та оптимізації систем екстреного оповіщення в умовах надзвичайних ситуацій, а також приєднання до них автоматичних пристроїв прогнозування відіграє надзвичайно важливе значення для підвищення їх ефективності.

При оптимізації розміщення джерел звукових сигналів для максимального покриття необхідно врахувати цілий ряд факторів таких як територіальні особливості, щільність забудови, населеність території, час реакції, доступність транспортної інфраструктури та інші важливі параметри. На основі адитивного методу побудови цільової функції, модель розміщення джерел звукових сигналів подається у вигляді суми критеріїв із ваговими коефіцієнтами:

$$K_i = (k_{i_1}q_{i_1} + k_{i_2}q_{i_2} + \dots + k_{i_j}q_{i_j} + \dots + k_{i_m}q_{i_m}) / m, \quad (1)$$

де K_i – функція ефективності покриття для i -ого населеного пункту; q_{ij} – значення параметра оповіщення для i -ого населеного пункту;

j – кількість параметрів, що розглядаються; $j = 1, 2, \dots, m$; $q_{ij} = 1$ при наявності відповідного параметра; $q_{ij} = 0$ при відсутності параметра;

k_{ij} – ваговий коефіцієнт впливу j -ого параметра на оцінку ефективності; $0 < k_{ij} \leq 1$; для розглянутого випадку приймається рівним 1;

k_{ij} в реальних умовах дозволяє більш точно врахувати вплив параметра на значення комплексного коефіцієнта.

Для оптимізації ефективності інфраструктури системи оповіщення (1) пропонується застосовувати модифікований генетичний алгоритм.

На першому етапі застосування генетичного алгоритму створюється вихідна множина (популяція) можливих варіантів розміщення джерел звукових сигналів (особин) системи оповіщення. В подальшому за допомогою застосування оператора кросовера і мутації із вихідної популяції формується система с новою топологією. Зазначимо, що розмірність вихідної множини є змінним параметром алгоритму.

На другому етапі реалізується вибір батьківської пари. По скільки створені особини дочірньої популяції повинні мати кращу пристосованість, то вони її отримують від батьківських особин. Для вибору батьківської пари обираються дві особини з максимальним значенням пристосованості (максимальним значенням цільової функції).

На третьому етапі для отримання дочірніх особин із батьківської пари застосовується оператор кросовера:

1-й крок – визначення позиції кросовера як випадкового числа із інтервалу $[k + 1; N - 1]$, де k – кількість генераторів в системі, N – розмірність системи.

2-й крок – застосування оператора кросовера: перестановка елементів в матриці, тобто для двох матриць (батьківських хромосом) елементи з індексами, які по вертикалі і по горизонталі більші або рівні позиції кросовера, міняються місцями:

На четвертому етапі застосовується оператор успадкування, що забезпечує заповнення для деяких елементів відсутніх вхідних потоків за рахунок включення цих елементів із батьківської пари. Зазначимо, що цей оператор є додатковим оператором генетичного алгоритму.

На п'ятому етапі може проводитися виключення елементів із відсутніми вхідними потоками за рахунок застосування додаткового оператора покращення генотипу. Розмірність системи в результаті застосування цього оператора буде меншою порівняно із застосуванням оператора успадкування. Зазначимо, що застосування двох додаткових операторів є взаємовиключним.

На шостому етапі проводиться відбір кращих особин для включення в популяцію із застосуванням оператору селекції. У даному випадку дочірні особини включаються в репродукційну групу, із якої обирається N "кращих" (з найбільшою пристосованістю, або з максимальним значенням цільової функції) особин для створення нової популяції.

Критерієм завершення роботи алгоритму є забезпечення наперед заданої точності наближення значень цільової функції на сусідніх ітераціях.

Перевірка ефективності та достовірності алгоритму проводиться на реальних даних, із забезпеченням можливості його коригування та вдосконалення.

Висновок. Для побудови ефективних систем екстреного оповіщення населення пропонується використовувати комплексну інфраструктуру з використанням засобів масової інформації (телебачення, радіомовлення, Інтернет, мобільний зв'язок) та оптимізовану мережу джерел звукових сигналів. В якості критерія оптимізації пропонується використовувати максимум територіального покриття за умови рівномірного розподілу та мінімально можливої потужності джерел звукових сигналів. Для побудови оптимального розв'язку використовується модифікований генетичний алгоритм, що дозволяє визначити оптимальну структуру системи оповіщення із найбільш ефективним розміщенням джерел звукових сигналів.

Л і т е р а т у р а

1. Bean H., N. Grevstad, A. Meyer, & A. Koutsoukos. (2022). Exploring whether wireless emergency alerts can help impede the spread of Covid-19. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, (2), 155-202.
2. Sutton J., Spiro E., S. Johnson B., Fitzhugh S., Gibson B., & Butts C. T. (2014). Warning tweets: Serial transmission of messages during the warning phase of a disaster event. *Information, Communication & Society*, (6), 760-786.
3. Abukhalaf A. H. I. & J. Von Meding. (2020). Communication challenges in campus emergency planning: The case of hurricane dorian in Florida. *Natural Hazards*, (2), 1534-1563.

4. Carr R., H. Montz, B. Maxfield, K. Hoekstra, S. Semmens K. & Goldman, E. (2016). Effectively communicating risk and uncertainty to the public: Assessing the National Weather Service's flood forecast and warning tools. *Bulletin of the American Meteorological Society*, (9), 1644-1661.

5. Kim G., A. Martel, D. Eisenman, M. Prelip, A. Arevian, K. L. Johnson & D. Glik. (2019). Wireless Emergency Alert messages: Influences on protective action behaviour. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, (4), 372-385.

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ НАПРЯМКІВ РОЗВИТКУ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

Пасічник А.М. – д.ф.-м.н., проф., panukr977@gmail.com

Сидоренко В.О. – магістр, Vakrava@gmail.com

Дніпровський державний технічний університет

Україна, м. Кам'янське

MODELING AND DETERMINATION OF PROSPECTIVE DIRECTIONS OF THE DEVELOPMENT OF THE INDUSTRIAL ENTERPRISE

Pasichnyk A.M. – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor,

panukr977@gmail.com

Sydorenko V.O. – master, Vakrava@gmail.com

Dnipro State Technical University

Ukraine, Kamianske

Abstract. *This work deals with the topic of developing a mathematical model for determining promising directions for the development of an industrial enterprise. Significant changes in the modern economic environment require industrial enterprises to adapt to constantly changing conditions and ensure their competitiveness. To achieve this goal, it is necessary not only to identify current problems, but also to predict possible directions of development based on the analysis of available data. In this context, mathematical models can become an effective tool for assessing and forecasting promising directions of industrial enterprise development. The study showed that the application of mathematical methods and models allows for an effective analysis of the current state of the enterprise, forecasting possible directions of development, as well as optimizing the strategy of its further development.*

Keywords: *industrial enterprise, promising directions of development, methods of forecasting, economic and mathematical modeling.*

Актуальність теми. В умовах нестабільності економічного середовища та загострення конкуренції, проблема визначення перспективних напрямків розвитку промислових підприємств стає особливо актуальною. На сьогоднішній день успішна діяльність промислового підприємства залежить не лише від наявних у його розпорядженні ресурсів, а й від ефективного розпорядження

ними на основі застосування ефективних новітніх важелів управління. Здатність промислового підприємства реалізовувати інноваційну діяльність забезпечує максимальне використання наявних можливостей для отримання економічного результату.

Використання математичних моделей дозволяє ефективно аналізувати та передбачати потенційні тенденції розвитку, що допомагає підприємствам приймати обґрунтовані управлінські рішення та забезпечувати стійкий розвиток у майбутньому. Стабілізація функціонування промислового виробництва та створення сприятливих умов для інтеграції української економіки в європейську систему економічних відносин не можливі без потужного підвищення ефективності виробничих процесів у різних галузях економічної діяльності. Тому проблема удосконалення та розробки методів прогнозування і визначення перспективних напрямків виробничої діяльності підприємств є досить актуальною.

Одним із основних етапів здійснення прогнозування є вибір найбільш прийняттого методу. Акцентуючи увагу на прогнозуванні напрямів інноваційної діяльності промислових підприємств, необхідно підкреслити, що сам об'єкт є комплексним, і тому потребує всебічного дослідження та розробки методичного інструментарію. Питанням розробки моделей інноваційного розвитку на промислових підприємствах, специфіки використання даних моделей, формування стратегій проаналізовані в роботах багатьох науковців. Бушуєва Л.І., Василенко В.О., Гайворонська Т.Г., Грабовецький Б.Є., Дикань Н.В., Єріна А. М., Завгородня Т.П., Олексієв, А. М., Пашута М. Т. та багато інших науковців у своїх працях розглядають питання методики прогнозування. В результаті проведеного аналізу наукових джерел можна відзначити, що вчені здійснили вагомий внесок у сферу побудови економіко-математичних моделей інноваційного розвитку підприємств, адже існуючі підходи враховують специфіку визначеної галузі виробництва, його виробничу та збутову діяльність, дозволяють визначити основні напрями подальшого функціонування, але вони мають переважно теоретичну сторону використання.

Метою роботи є вивчення та розробка математичної моделі, яка дозволить систематизувати та аналізувати наявні дані промислового підприємства з метою визначення оптимальних стратегій розвитку, забезпечення його стійкого функціонування та підвищення конкурентоспроможності на ринку. Об'єктом дослідження є процес визначення перспективних напрямків розвитку промислового підприємства на основі аналізу економічних, технічних та організаційних показників. Дослідження базується на поєднанні методів аналізу економічних та фінансових показників, математичного моделювання та

статистичних методів для обґрунтованої оцінки ефективності та придатності розроблених стратегій розвитку.

В даній роботі запропоновані нові підходи до моделювання та прогнозування і визначення перспективних напрямків виробничої діяльності українських підприємств гірничо-видобувної галузі.

Напруженість виробничої діяльності підприємства визначається обсягами виробленої продукції кожного виду визначеної номенклатури.

При цьому обсяги виробництва визначаються у грошовому еквіваленті їх сумарної вартості

$$E_s = S_t + S_{tr} + S_p, \quad (1)$$

де S_t – вартість виробленої продукції;

$$S_t = (S_{t1} \cdot V_1 + S_{t2} \cdot V_2 + \dots + S_{ti} \cdot V_i + \dots + S_{tk} \cdot V_k);$$

S_{ti} – вартість продукції i -го виду; V_i – обсяг виробленої продукції i -го виду; k – кількість видів продукції за номенклатурою;

S_{tr} – вартість виробництва супутніх товарів; $S_{tr} = (S_{tr1} \cdot W_1 + S_{tr2} \cdot W_2 + \dots + S_{trj} \cdot W_j + \dots + S_{cn} \cdot W_n)$; S_{trj} – вартість виробництва супутніх товарів j -го виду; W_j – обсяг вироблених супутніх товарів j -го виду; n – чисельність супутніх товарів, що виробляються підприємством;

S_p – вартість послуг наданих підприємством; $S_p = (S_{c1} \cdot F_1 + S_{c2} \cdot F_2 + \dots + S_{cq} \cdot F_q + \dots + S_{cm} \cdot F_m)$; S_{cq} – вартість послуги q -го виду; F_q – обсяг наданих послуг q -го виду; m – кількість наданих послуг.

Ефективність процесу виробництва визначається відповідною величиною отриманих доходів

Ефективність процесу виробництва визначається відповідною величиною отриманих доходів

$$E_d = E_{dt} + E_{dtr} + E_{dp}, \quad (2)$$

де E_{dt} , E_{dtr} , E_{dp} – обсяги доходів отримані від реалізації виробленої продукції, товарів та наданих послуг.

Рівень ефективності процесу виробництва та надання послуг визначається відповідним коефіцієнтом дохідності

$$I_t = E_{td} / S_t \cdot 100\% \quad (3)$$

$$I_{tr} = E_{trd} / S_{tr} \cdot 100\% \quad (4)$$

$$I_p = E_{pd} / S_p \cdot 100\% \quad (5)$$

За експертними оцінками порогове значення коефіцієнта дохідності вважається допустимим на рівні 25-30%. Значення інтегрального коефіцієнта дохідності та ефективності процесу виробництва визначається як середнє значення відповідних величин для всіх складових.

Оснащеність виробничих потужностей підприємства складається із капітальних вкладень в його розбудову та поточних витрат на його утримання

$$E_{oc} = E_k + E_{on}, \quad (6)$$

Індикатор рівня перспективності розширення виробничих потужностей підприємства визначається на основі розрахунків відношення оснащеності до ефективності виробничого процесу

$$I_{prt} = E_t / E_{oct} \cdot 100\% \quad (7)$$

$$I_{prtr} = E_{tr} / E_{octr} \cdot 100\% \quad (8)$$

$$I_{prp} = E_p / E_{ocp} \cdot 100\% \quad (9)$$

Максимальне значення індикатора рівня перспективності визначає найбільш ефективний напрямок подальшого розвитку та розширення виробничих потужностей підприємства, що потребує нових капітальних вкладень.

З використанням цих формул можна виконати необхідні розрахунки для оцінки ефективності та перспектив розвитку промислового підприємства [2].

Таблиця 1 – Формалізація взаємозв'язків між параметрами

Параметр	Вплив на перспективні напрямки розвитку	Взаємозв'язок з іншими параметрами
Обсяг виробництва	Прямий	Залежить від обсягу замовлень, кількості робочої сили, обсягу ресурсів
Витрати на виробництво	Зворотний	Впливає на загальні витрати підприємства, конкурентоспроможність, цінову політику
Інноваційні технології	Прямий	Підвищує конкурентоспроможність, впливає на якість продукції, можливості входження на нові ринки
Економія ресурсів	Прямий	Зменшує загальні витрати, підвищує прибутковість, сприяє сталому розвитку
Ринкові умови	Зворотний	Впливають на попит на продукцію, цінову політику, можливості розвитку нових напрямків
Управління персоналом	Прямий	Впливає на ефективність виробництва, мотивацію працівників, якість продукції
Фінансовий стан підприємства	Прямий	Визначає можливості інвестицій у розвиток, конкурентоспроможність, спроможність залучення нових ресурсів
Параметр	Вплив на перспективні напрямки розвитку	Взаємозв'язок з іншими параметрами

Ця таблиця допоможе визначити ключові параметри та їх взаємозв'язки, які варто враховувати при розробці математичної моделі для визначення перспективних напрямків розвитку промислового підприємства (Таблиця 1).

Аналіз взаємозв'язків між різними параметрами вказує на необхідність удосконалення та оптимізації діяльності підприємств, особливо в галузі гірничо-видобувної промисловості.

Розробка алгоритму оцінки ефективності потенційних напрямків розвитку для промислового підприємства може бути складним процесом, який вимагає аналізу багатьох факторів. Визначення критеріїв оцінки. Спочатку потрібно визначити критерії, за якими ви будете оцінювати ефективність потенційних напрямків розвитку. [3]. Це можуть бути фінансові показники, такі як валовий прибуток, рентабельність і витрати, а також нефінансові показники, такі як інноваційність, конкурентоспроможність і соціальна відповідальність.

Вагові коефіцієнти. Потім вам потрібно призначити вагові коефіцієнти для кожного з критеріїв, щоб відобразити їх відносну важливість для підприємства. Ці вагові коефіцієнти можуть встановлюватися на основі стратегічних цілей підприємства.

Збір даних. Потім зібрати необхідні дані для оцінки кожного напрямку розвитку. Це може включати фінансові звіти, ринкові дослідження, аналіз конкурентів та інші відповідні дані. [4].

Розрахунок показників. Застосуйте вагові коефіцієнти до зібраних даних для розрахунку показників ефективності для кожного напрямку розвитку. Це дозволить вам порівняти їх у рамках визначених критеріїв. [3].

Вибір оптимального напрямку. На основі результатів оцінки виберіть оптимальний напрямок розвитку, який найкраще відповідає стратегічним цілям підприємства і має найвищий показник ефективності. Для розробки математичної моделі для цього алгоритму можна використовувати методи аналізу даних, математичного моделювання, теорії прийняття рішень тощо. Крім того, необхідно враховувати конкретні особливості вашого промислового підприємства для створення адаптованої моделі, що відображає його потреби і цілі.

Також можна виокремити важливе питання забезпечення виробничих процесів необхідним інженерно-технічним та технологічним обладнанням, а також сучасними технологіями.

Основними напрямками реконструкції та модернізації виробничих процесів мають стати:

- впровадження новітніх технологій, спрямованих на підвищення ефективності процесів виробництва;
- визначення джерел фінансування заходів, спрямованих на облаштування та реконструкцію підприємства;
- залучення зовнішніх і внутрішніх інвестицій, а також визначення пріоритетних напрямів використання фінансової та технічної допомоги для

відновлення виробничої інфраструктури і підвищення рівня технічного забезпечення підприємств.

Застосування запропонованого підходу дозволить оптимізувати функціонування та оснащення перспективних напрямків діяльності промислових підприємств.

Висновки. В результаті проведеного аналізу, досліджень була розглянута тема розробки математичної моделі для визначення перспективних напрямків розвитку промислового підприємства. Дослідження показало, що застосування математичних методів та моделей дозволяє здійснювати ефективний аналіз поточного стану підприємства, прогнозувати можливі напрямки розвитку, а також оптимізувати стратегію його подальшого розвитку. Ця модель враховує обсяг виробництва, технологічний розвиток, фінансовий стан, ринкові умови та потенціал людських ресурсів, що дозволяє зробити обґрунтовані стратегічні рішення.

Застосування математичної моделі для визначення перспективних напрямків розвитку промислового підприємства є актуальним і перспективним напрямком досліджень, який сприяє підвищенню конкурентоспроможності підприємства на ринку, забезпечуючи його стійке й ефективне функціонування в умовах сучасної економіки.

Л і т е р а т у р а

1. Олексієв, А. М. Математичні методи в економіці: підручник. Київ: Видавництво "Київський університет", 2014.

2. Пашута М. Т. Прогнозування та програмування економічного і соціального розвитку : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закладів / М. Т. Пашута. Київ : Центр навчальної літератури, 2005. 407 с

3. Дмитрієв, В. П. Математичні методи в економіці: навчальний посібник. К.: Центр учбової літератури, 2014.

4. Голубков, Є. П. Математичні методи в економіці: навчальний посібник. Київ: Видавництво "Українська книга", 2014

5. Смірнов, С. В. Математичні моделі в економіці: навчальний посібник. К.: КНЕУ, 2010.

6. Єріна А. М. Статистичне моделювання та прогнозування: навч. посіб. /А. М. Єріна. Київ : КНЕУ, 2001. 170 с.

РОЗРОБКА ЗАСОБІВ УЩІЛЬНЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ АЛГОРИТМІВ ФОРМУВАННЯ ВЕКТОРІВ ТА ЛОГІЧНОЇ КОРЕКЦІЇ

Підкамінна В.С. – магістрант, pidkaminna_vs@gsuite.duit.edu.ua

Тимченко Л.І. – д.т.н., проф., tumchenko_li@gsuite.duit.edu.ua

Київський інститут залізничного транспорту

Державного університету інфраструктури та технологій

Україна, м. Київ

DEVELOPMENT OF IMAGE COMPRESSION TOOLS BASED ON VECTOR FORMATION AND LOGICAL CORRECTION ALGORITHMS

Podkaminna V.S. – master's student, pidkaminna_vs@gsuite.duit.edu.ua

Timchenko L.I. – Dr. of Engineering, Professor, tumchenko_li@gsuite.duit.edu.ua

Kyiv Institute of Railway Transport

State University of Infrastructure and Technologies

Ukraine, Kyiv

Abstract. *One of the most important areas of application of problems of analysis and conversion of graphic images is the construction and display of various drawing documentation, the solution of which is directly connected with the solution of the problem of effective conversion of compressed images. The work is devoted to the problem of developing image compression tools based on algorithms of vector formation and logical correction.*

Keywords: *video information, image coding, image compressio, logical filtering, thinning method.*

Актуальність дослідження зумовлена тим, що представленням і аналізом зображень на ПК займається в даний час величезна армія дослідників практично у всіх країнах світу. Одержали своє рішення багато задач реставрації і корекції зображень, розроблені різні методи кодування і стиснення відео даних, працюють системи і пристрої відображення графічної і півтонової інформації. Однак, дослідження в галузі створення ефективних методів кодування зображень є актуальними і донині, тому що дана проблема є однією з основних при створенні засобів для цифрової передачі зображень; відео телефонного зв'язку, збільшення чіткості зображень, корекції перекручених повідомлень, формування і поліпшення якості зображень і т.п. Отже задача розробки методу стиснення зображень, що передбачає можливість швидкого перетворення стиснутих зображень є актуальною.

Метою роботи є розробка засобів ущільнення зображень на основі алгоритмів формування векторів та логічної корекції

Основні матеріали дослідження. Існують декілька шляхів досягнення високих точних характеристик. По-перше, удосконалення старих і розробка якісно нових підходів до вирішення проблем декодування і збереження креслень у цифровому вигляді в пам'яті. По-друге, поліпшення програмної бази, застосування нових методів кодування. Однак даний напрямок вимагає високорозвиненої технологічної бази і пов'язаний з фундаментальними труднощами в процесі написання програми. При розробці даної дипломної роботи необхідно вирішити наступні завдання: розробити метод стиснутого представлення інформації, закладеної в зображеннях; забезпечити ступінь стиснення не менше 200 разів; передбачити можливість швидкого перетворення стиснутих зображень; забезпечити можливість поліпшення якості. В якості аналога візьмемо канадський векторний графічний редактор CorelDRAW. В 1987 році, найняті Corel інженери Мішель Буйон і Пэт Веіне розробили векторні ілюстрації на основі програми для комплексу з використанням настільних видавничих систем.

Програма CorelDRAW була вперше опублікована в 1989 році. Програма була добре прийнята, і Corel скоріше зосередилася на програмному забезпеченні. Недоліком аналога у порівнянні з розробляємою системою є те що CorelDRAW розрахована на різні види зображень і використовує загальні методи до всіх типів зображень. А розробляема система розрахована спеціально для креслень, конструкторської документації і т.п. У наш час існує потреба зменшення обсягів відеоінформації а саме зображень. Тому можна стверджувати, що для підвищення ефективності праці, зниження тривалості часу на обробку інформації, збільшення вільного місця на жорстких носіях, актуальною є розробка системи стиснення інформації. Розроблена система є ефективною, оскільки коефіцієнт стиснення досягає 40 разів. До того ж, ціна даного програмного продукту є низькою порівняно із вартістю програм-аналогів, що робить його конкурентоспроможним.

У більшості випадків в оброблюваних зображеннях міститься іноді навіть менше корисної інформації, чим некорисної. Кількісне збільшення інформації одержується по наступних причинах: неідеальність друку, перешкоди при зчитуванні, неоднорідність паперу або барвної стрічки [1]. Практично будь-яке бінарне зображення може бути подане у вигляді сукупності прямолінійних відрізків одиначної товщини певної орієнтації (вертикальні, горизонтальні, ліво- і праводіагональні). Такий спосіб представлення має меншу надмірність, тому що інформація про товщину ліній, не потрібна при багатьох алгоритмах обробки зображень, не фіксується.

З огляду на вищесказане, першим етапом стиснення відеоінформації є стоншення ліній, тобто таке перетворення, при якому: не порушується топологія

зображення, тобто лініям і вузлам вихідного зображення відповідають лінії і вузли в перетвореному зображенні; не порушуються основні розміри зображення; після перетворення всі лінії мають товщину в один елемент. Другий етап полягає в заміні виділених прямолінійних відрізків одиничної товщини векторами. При цьому растрове уявлення зображення перетворюється у векторне, що характеризується тим, що зберігаються не всі точки растра, а тільки координати кінців виділених відрізків.

Перевагою такого перетворення є збільшення швидкості відображення зображень і зручність виконання деяких операцій над ними (масштабування, перенос, зсув, поворот і т.п.) [2, 3]. Випадкові перешкоди призводять до значного збільшення кількості виділяємих прямолінійних відрізків, що несуть у собі непотрібну інформацію. Результатом їхньої дії є незначні виступи і западини по довжині ліній - так називана "бахрома". Тому таким етапом ущільнення є логічна фільтрація векторного представлення зображення, що дозволяє замінити ламану лінію, що складається з множини векторів, однією. Запропонований метод стоншення володіє тією перевагою, що він орієнтований на пострічкове опрацювання растра, що збільшує швидкодію.

Запропонований алгоритм стоншення реалізує метод, відомий як метод "степової пожежі". Основна ідея методу стоншення полягає в тому, щоб відшукати на зображенні крайні зверху, знизу, справа і зліва елементи, а потім винести рішення про можливість їхнього видалення. Особливістю запропонованого алгоритму є те, що за один перегляд усього растра необхідно аналізувати крайові точки тільки одного виду. Наслідком цього є те, що для повного аналізу одного шару крайових точок необхідно чотири перегляди всього растра.

Цю особливість можна віднести до недоліків розробленого алгоритму. Наступним етапом є одержання векторного представлення стоншеного зображення. Для цього організовується порядкове сканування, метою якого є пошук першої одиничної точки. Коли така точка знайдена, формується номер вектора N і запам'ятовуються координати початку цього вектора ($V[N,1]:= j$ і $V[N,2]:= i$) і координати повернення $i1, j1$. Використовувана процедура сканування призводить до того, що продовження лінії зі знайденої одиничної точки можливо тільки вниз по вертикалі, по діагоналі вліво і вправо, тобто тільки за умови наявності одиничних точок $A[i1+1, j1-1] = 1, A[i1+1, j1] = 1$ або $A[i1+1, j1+1] = 1$. Якщо таких точок не виявлено, то одинична точка $A[i, j]$ витирається. У протилежному випадку ця точка є початком ще одного вектора і її знищувати не слід. Далі здійснюється послідовний перегляд і аналіз відрізків вправо, вниз вниз по діагоналі вліво і вниз по діагоналі праворуч.

Висновок. У роботі був вироблений аналітичний огляд технічної літератури з питань стиснення зображень, в результаті якого виявлені недоліки існуючих методів і поставлені задачі на подальше дослідження. Відповідно до поставлених задач і на основі прийнятих методів їх рішення, були розроблені алгоритми: потоншення ліній бінарного зображення; формування векторів; логічної корекції векторного представлення бінарного зображення.

Л і т е р а т у р а

1. Бурачок Р. Телекомунікаційні системи передавання інформації. Методи кодування [Текст]: навч. посіб. / Р. Бурачок, М. Климаш, Б. Коваль; МОН України, НУ «Львівська політехніка». Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2015. 476 с.

2. Алгоритми стиснення [Електроний ресурс]. Режим доступу: http://mf.grsu.by/UchProc/livak/en/po/comprsite/theory_contents.html.

3. Нейроподібні методи ущільнення зображень / В. П. Майданюк, К. В. Кожем'яко, І. Р. Арсенюк // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. 2009. № 1. С. 37-41. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/oeiet_2009_1_8

ВПЛИВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА РОЗВИТОК КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ

Попов А.А. – бакалаврант, popov_aa@gsuite.duit.edu.ua

Дівонько А.І. – асистент кафедри, divonko_ai@gsuite.duit.edu.ua

Київський інститут залізничного транспорту

Державного університету інфраструктури та технологій

Україна, м. Київ

THE INFLUENCE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON THE DEVELOPMENT OF COMPUTER GRAPHICS

Popov A.A. – bachelor's student, popov_aa@gsuite.duit.edu.ua

Divonko A.I. – Department Assistant, divonko_ai@gsuite.duit.edu.ua

Kyiv Institute of Railway Transport

State University of Infrastructure and Technologies

Ukraine, Kyiv

Abstract. *This work deals with the impact of artificial intelligence on computer graphics. Today's challenges require a fresh look at the essence of human cognition of the surrounding activity. Artificial intelligence plays an important role in this process. The ability to simulate and reproduce the dynamics of our world in virtual space is essential. Artificial intelligence allows creating new interactive three-dimensional virtual spaces for the automotive industry, as well as for projects in virtual reality. This paper analyzes how artificial intelligence affects the development of computer graphics.*

Keywords: *artificial intelligence, computer graphics, optimization, design, applied research, CAD-systems.*

Актуальність дослідження зумовлена важливістю сучасних тенденцій розвитку комп'ютерної графіки для формування і розвитку графічних компетентностей майбутніх інженерів і фахівців транспортної галузі.

Метою роботи є висвітлення основних переваг і можливостей використання штучного інтелекту, а також аналіз його впливу на розвиток комп'ютерної графіки і розробку новітніх комп'ютерних програм.

Штучний інтелект як галузь знань настільки швидко розвивається і широко використовується в сучасному світі, що термін «штучний інтелект» на думку авторів словника Collins Dictionary може мати звання «слово року» [1]. За даними видавництва, використання цього терміну у 2023 році збільшилось у чотири рази. Collins пояснює термін «artificial intelligence» («штучний інтелект») так: «AI – це відтворення психічної діяльності людини з використанням комп'ютерних програм». Обґрунтовуючи таке визначення, представники британського словника пояснюють, що саме така дефініція достатньо чітко передає серйозність виклику, що стоїть перед людством [1].

Штучний інтелект (ШІ) використовують у різних галузях. Наприклад, користувачами ШІ є медицина (діагностика захворювань, пропозиції методів лікування, розробки ліків, аналіз медичних даних), виробництво (контроль якості продукції, оптимізація виробничої лінії, виявлення дефектів продукції), фінанси (програми для виявлення шахрайства, управління ризиками та підтримки клієнтів), технологія автономного водіння (допомога водіям автомобілів, запобігання дорожньо-транспортних пригод, зменшення заторів), обробка природної мови (розпізнавання мови, переклад, чат-боти).

Штучний інтелект впливає і на розвиток комп'ютерної графіки. Зокрема, він допомагає створювати креатив: від нових шрифтів до текстів і картинок. На це звернули увагу працівники дизайнерської індустрії і використовують ШІ в роботі. При підготовці графічної інформації комп'ютер виступає в ролі партнера, який допомагає з конкретним завданням. Цей «штучний» партнер може виконувати необхідні рутинні завдання.

ШІ дуже залежить від якості даних, на яких він навчений, та від того, наскільки цікаві завдання перед ним поставлені. Нейромережі можуть дізнаватися більше і вдосконалюватися за рахунок обсягу даних, що збільшується з часом, і більшого використання. Цим вони відрізняється від генеративного дизайну, який створили шляхом програмного кодингу.

У контексті штучного інтелекту термін «генеративний» використовується для алгоритмів, які можна використовувати для створення нового контенту.

Наприклад, найпопулярнішою формою генеративного штучного інтелекту в наші дні є ChatGPT – це чат-бот, який дозволяє користувачам створювати письмовий контент. ChatGPT та його еквіваленти, такі як Microsoft Bing та Google Bard, революціонізують виробництво тексту та інших типів контенту. Застосування таких чат-ботів, заснованих на великих мовних моделях, може здатися практично необмеженим.

Наприклад, чат-боти можуть створювати програмний код, тоді як програми перетворення тексту в зображення та перетворення тексту у відео здатні створювати фотореалістичні зображення уявних ситуацій.

Попереду зовсім інше майбутнє, ніж те, яке можна було передбачити рік тому. Незліченна кількість способів життя та галузей промисловості будуть змушені адаптуватися. Від введення даних до творчого художнього самовираження. Здається, більшість видів діяльності будуть під загрозою, оптимізовані або іншим чином змінені.

Поширення штучного інтелекту у багатьох технологічних галузях зумовлює зміни і в інженерній графіці. Інструменти ШІ можна використовувати в технічних кресленнях для оптимізації та прискорення процесу проектування. Проаналізуємо деякі з можливих застосувань інструментів ШІ у цій галузі.

1. Інструменти ШІ можна використовувати для підвищення ефективності та точності креслення. Одним із прикладів є використання інструментів ШІ для автоматичного створення 3D-моделей із 2D-креслень.

2. Штучний інтелект може допомогти покращити якість графічного зображення, автоматично виявляючи та виправляючи помилки.

3. В інженерній і дизайнерській графіці штучний інтелект можна використовувати для автоматичної оптимізації та коригування проектів, щоб вони відповідали поставленим вимогам.

4. Для оптимізації дизайну і розробленого проекту інструменти ШІ можна використовувати при виборі форми або конструкційних матеріалів, які покращують дизайн.

Слід зазначити, що при використанні інструментів штучного інтелекту в інженерній графіці також виникають і певні проблеми. Однією з них є те, що досягнення високої точності моделі потребує попереднього навчання штучного інтелекту на великих обсягах даних, бо інструменти ШІ не завжди можуть інтерпретувати або створювати складні технічні креслення. Інша проблема полягає в тому, що моделі ШІ часто важко інтерпретувати, і це ускладнює розуміння їхніх рішень. Інструменти штучного інтелекту іноді можуть давати несподівані результати, які не були передбачені розробником.

На сучасному етапі вже є приклади програм, що використовують штучний інтелект для створення технічних креслень.

Хорошим прикладом є Solidworks – популярне програмне забезпечення САПР, яке використовують у виробництві та при проектуванні. Solidworks використовує штучний інтелект і машинне навчання для оптимізації технічних креслень шляхом автоматизації повторюваних завдань, таких як визначення розмірів. Дизайнерські рішення нового покоління в Solidworks Cloud використовують інструменти дизайну на основі штучного інтелекту за допомогою асистента дизайну [2].

Іншим прикладом є Fusion 360 від Autodesk – це програма для спільної роботи і обробки даних, яка включає функцію генеративного дизайну.

Також в Autodesk є великі успіхи в дослідженні штучного інтелекту. Компанія Autodesk у 2018 році заснувала лабораторію Autodesk AI Lab в рамках Autodesk Research, що проводить фундаментальні та прикладні дослідження в галузі штучного інтелекту і машинного навчання, співпрацює з відомими організаціями та публікує передові дослідження в галузі штучного інтелекту [3].

Прикладом може слугувати дослідження Point2Cyl – реверс-інжиніринг моделей САПР на основі необробленої геометрії, що є давньою дослідницькою проблемою. Point2Cyl спільними зусиллями зі Стенфордським університетом і KAIST підійшов до цієї проблеми, розклавши хмари точок на екструзійні циліндри, які повністю редагуються в САД. Оскільки майже будь-який графічний об'єкт можна відсканувати та перевести в хмару точок, то цей метод є досить універсальним.

Перспективними є також дослідження CAPRI-Net, де розв'язали задачу зворотного інжинірингу у співпраці з Університетом Саймона Фрейзера, запропонувавши машині взяти 3D-об'єкт як вхідні дані, розкласти його на примітивні форми, а потім вивести модель САД. Це дозволяє машині вивчати компактне та інтерпретоване неявне представлення моделі САПР без нагляду.

Чудовим прикладом співпраці між людьми та роботами зі штучним інтелектом є проект Nive. Це була співпраця між Autodesk та Інститутом обчислювального дизайну (ICD) при Штутгартському університеті. Мета полягала в тому, щоб побудувати спеціалізовану тривимірну поверхню, використовуючи бамбук і мотузку [4]. Машини та роботи, що використовують штучний інтелект, були найняті як керівники будівництва високого рівня, точні машиністи та техніки зі складання струн. На противагу цьому, люди вибирали і маніпулювали дуже неправильними шматочками бамбука. Разом була створена структура, яку неможливо було б побудувати без співпраці людини та штучного інтелекту.

Висновки. Наукова дослідницька робота в галузях інженерної графіки розширює коло задач з урахуванням новітніх технологій. І з часом це призведе до появи нових програмних продуктів, що значно спростять роботу з графікою,

покращуючи ефективність, точність і якість зображень та сприяючи співпраці між інженерами та дизайнерами.

Інструменти ШІ пропонують численні можливості для використання в процесі проектування. Використовуючи ШІ, можна заощадити час і досягти кращих результатів при створенні зображень засобами комп'ютерної графіки. Однак важливо, щоб користувач мав ґрунтовні знання щодо проектних технологій і розумно їх використовував. Це єдиний спосіб повною мірою використовувати переваги ШІ в процесі проектування. Важливим кроком є вибір правильних інструментів ШІ для кожного етапу процесу проектування, щоб зробити роботу ефективнішою та досягти бажаних результатів.

Л і т е р а т у р а

1. The acceleration of AI and other 2023 trends. Collins Dictionary Language Blog. URL: <https://blog.collinsdictionary.com/language-lovers/the-acceleration-of-ai-and-other-2023-trends/> (дата звернення: 17.11.2023).

2. Evolve Your Design Workflows with AI. Solidworks. URL: <https://www.solidworks.com/lp/evolve-your-design-workflows-ai/> (дата звернення: 11.11.2023).

3. Autodesk AI Lab Unlocks a New Era of AI-powered Design Tools. Autodesk. URL: <https://adsknews.autodesk.com/en/views/ai-lab-cvpr-2022/> (дата звернення: 11.11.2023).

4. AI: The Other Designer In The Room. Autodesk. URL: <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/blog/ai-the-other-designer-in-the-room/> (дата звернення: 11.11.2023).

ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В УНІВЕРСИТЕТСЬКОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Роговий О.В. – аспірант, rogovyi_ov@gsuite.duit.edu.ua
Самсонкін В.М. – д.т.н., проф., samsonkin1520mm@gmail.com
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE UNIVERSITY ENVIRONMENT

Rohovyi O. – Postgraduate student, rogovyi_ov@gsuite.duit.edu.ua
Samsonkin V. – Doctor of Technical Sciences, Professor, samsonkin1520mm@gmail.com
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The article analyzes the impact of digital technologies on higher education. It is noted that the use of electronic educational platforms, distance learning and immersive technologies transform university education, making it more accessible and effective. The use of big data and analytics for curriculum adaptation, the role of electronic libraries and communication tools, as well as the application of blockchain technologies in education are also discussed. The importance of interactive technologies and the use of artificial intelligence is emphasized. It is noted that digital technologies contribute not only to the improvement of teaching and administration, but also stimulate innovation and change the paradigm of higher education. It points out certain disadvantages, such as unequal access, high cost of technology and technological dependence, and proposes strategies for solving them.*

Keywords: *digitalization; didactics of higher education; "digital natives"; educator's digital competence; technological evolution.*

Актуальність дослідження зумовлена тим, що цифрові технології в університетському середовищі відіграють значущу роль у поліпшенні навчання, досліджень, адміністрування та інших аспектів університетського життя.

Метою роботи є проведення аналізу впливу цифрових технологій на навчальний процес.

Зміни в провідних технологіях в наш час відбуваються в швидкому темпі особливо в інформаційно-комунікаційних технологіях, що стають джерелом розвитку людини та впроваджуються в усі сфери діяльності, а першочергово і в освітні процеси. Зміни в галузі освіти та університетському середовищі неможливі без цифрової трансформації освітнього процесу, де передбачено використання потенціалу наявних цифрових технологій.

Цифровізація на 2023 рік є одним із головних пріоритетів МОН [1] і вже працюють ново-створені проекти цифрової трансформації, а саме: інноваційний освітній цифровий проект «Мрія» [2]; всеукраїнська школа онлайн [3]; єдина державна електронна база з питань освіти [4]; національна електронна науково-інформаційна система (URIS) [5]; SELFIE [6]; «Е» документи в Дії [7], тощо. Це вказує на те що відбувається інтенсивний розвиток цифрових технологій в країні та її освітніх закладах.

Нижче визначені деякі з основних аспектів використання цифрових технологій в університетах України, в тому числі Державному університету інфраструктури та технологій (ДУІТ):

Електронні навчальні платформи: університети використовують електронні системи управління навчання, де студенти можуть отримати доступ до лекцій, завдань, тестів та інших матеріалів. Популярні платформи включають Moodle, Google Classroom, Blackboard, Canvas та інші.

Дистанційне навчання: з розвитком інтернет-технологій університети стали пропонувати курси онлайн, що дає можливість студентам навчатися в будь-якому місці світу. Це особливо актуально в сучасних умовах, коли мобільність стала ключовою в умовах пандемії та війни.

Використання віртуальної та доповненої реальності: у навчальних програмах використовують віртуальні та доповнені реальності для створення імерсивних навчальних середовищ. Це може бути корисним для навчання в області транспортних технологій, інженерії, медицини, архітектури та інших предметів.

Біг-дата та аналітика: університети використовують аналітику для вивчення даних щодо академічної успішності студентів, щоб вдосконалити навчальні програми та забезпечити більш ефективну підтримку студентів, в тому числі розроблені спеціальні дисципліни.

Електронні бібліотеки та джерела: університети переходять від традиційних бібліотек до електронних ресурсів. Студенти можуть отримати доступ до електронних книг, наукових журналів та баз даних.

Комунікаційні та спільнотворчі інструменти: використання електронної пошти, чатів, форумів та інших інтерактивних інструментів полегшує комунікацію між студентами та викладачами.

Технології блокчейну в освіті: блокчейн може бути використаний для забезпечення безпеки даних студентів, достовірності видачі дипломів, а також для створення систем аутентифікації та авторизації.

Технології штучного інтелекту: використання алгоритмів машинного навчання для адаптації навчальних матеріалів до індивідуальних потреб студентів, а також для автоматизації адміністративних процесів. Такі технології

сприяють модернізації університетського навчання, роблять його більш доступним та ефективним для студентів і сприяють розвитку інновацій в освіті, широко розповсюджені в Європейських країнах [7].

Проте якщо підсумувати в цілому ці аспекти з використання цифрових технологій, то можна виділити ряд недоліків з яким стикається університетське середовище, а саме:

Нерівномірний доступ: не всі студенти мають рівний доступ до сучасних технологій. У деяких регіонах чи соціальних груп може виникати нерівність у використанні цифрових ресурсів. Це можна вирішити шляхом введення програм підтримки, що надавали б студентам можливість отримати доступ до необхідної технічної інфраструктури та пристроїв. Що може включати в себе знижки на комп'ютери, безкоштовний доступ до програмного забезпечення та інші підтримуючі заходи. Або ж розробка цифрових центрів на кампусі для забезпечення доступу до комп'ютерів, інтернету та інших технічних ресурсів для всіх студентів.

Висока вартість технологій: впровадження та підтримка цифрових технологій може бути високою вартістю для університетів. Це може створювати проблеми для закладів із обмеженим бюджетом. Для вирішення такої проблеми університети можуть вживати ряд стратегій, такі як: гранти та фінансування; партнерства з промисловістю. Або є створення ресурсних центрів для спільного використання технічних засобів та експертизи, щоб університети могли об'єднувати зусилля та спільно використовувати ресурси.

Виклики з реалізацією інновацій: впровадження нових технологій може зустрічати опір серед викладачів і студентів, що може ускладнювати процес інновацій. Використання гнучкого та поступового підходу до впровадження технологій та починання з пілотних проєктів чи обмеженого впровадження може дати можливість оцінити ефективність та внести корективи. Залучення викладачів та студентів до процесу розробки та вибору нових технологій може підвищити власну відповідальність та зацікавленість учасників.

Технологічна залежність: залежність від цифрових технологій може стати проблемою у випадку технічних збоїв або відсутності доступу до мережі. Резервне забезпечення та аварійне відновлення, використання локальних систем зберігання даних та резервне копіювання, зможе забезпечити доступ до важливої інформації навіть при тимчасовому відсутності з'єднання з мережею.

При використанні електронних систем управління навчання, заклади часто використовують змішані форми, де процеси відбуваються наприклад на платформах як Moodle так і Google Classroom, що є дуже незручно, оскільки це розпорошує увагу учасників освітнього процесу. Це можна вирішити шляхом переорганізації самого освітнього процесу або ж створенням своєї унікальної

платформи із залученням та підтримкою серверу Університету. Так само використання у навчальних програмах віртуальної та доповненої реальності дозволяє доповнити університетське середовище інформацією, що полегшує розуміння складних концепцій та понять.

Державний університет інфраструктури та технологій (м.Київ) також забезпечує впровадження у своїх навчальних програмах різні програмні забезпечення, наприклад, для моделювання та аналізу динамічних систем, що дозволяє створювати різноманітні моделі, включаючи моделі виробничих процесів, логістичних ланцюгів, транспортних систем, тощо, які можна інтегрувати з інструментами та платформами, що спеціалізуються на розробці віртуальної та доповненої реальності.

Більшість подібних проєктів вже активно впроваджуються в університети країни, проте загалом знань та навичок з використання таких не достатньо. Це можна вирішити шляхом організації міжнародних форумів, конференцій, тощо задля професійного спілкування з колегами та обміну кращими практиками у групах спеціальних інтересів.

Висновок. Проведено аналіз цифрових технологій в університетському середовищі, встановлено основні аспекти використання цифрових технологій в університетах України, визначено недоліки та запропоновано певні рішення щодо їх усунення.

Л і т е р а т у р а

1. “Education. Strategy of Ukraine 2030”. URL: <https://www.slideshare.net/UIFuture/2030-148758034> (дата звернення: 14.11.2023).
2. Інноваційний освітній цифровий проєкт «Мрія». URL: <https://www.president.gov.ua/news/u-den-znan-prezident-prezentuvav-innovacijnij-osvitnij-zasto-85313> (дата звернення: 14.11.2023).
3. Всеукраїнська школа онлайн. URL: <https://mon.gov.ua/ua/tag/-vseukrayinska-shkola-onlajn> (дата звернення: 14.11.2023).
4. Єдина державна електронна база з питань освіти. URL: <https://info.edbo.gov.ua/> (дата звернення: 14.11.2023).
5. Національна електронна науково-інформаційна система (URIS) URL: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/cifrova-osvita/elektronna-naukovo-informacijna-sistema> (дата звернення: 14.11.2023).
6. «Е» документи в Дії. URL: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/cifrova-osvita/e-dokumenty-v-diui> (дата звернення: 14.11.2023).
7. “Digital agenda for Europe”. URL: <https://eurlex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52010DC0245&from=en> (accessed 2020) (in English) (дата звернення: 14.11.2023).

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ НЕЧІТКОЇ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ НА ОСНОВІ МЕРЕЖІ КОХОНЕНА ТА ЙОГО ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ

Рудницька Д.І. – магістрант, rudnytska_di@gsuite.duit.edu.ua
Кокряцька Н.І. – к.т.н., доцент, kokryatska_ni@gsuite.duit.edu.ua
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

DEVELOPMENT OF THE ALGORITHM FOR FUZZY CLUSTERING OF OBJECTS BASED ON THE KOHONEN NETWORK AND ITS SOFTWARE IMPLEMENTATION

Rudnytska D.I. – master's student, rudnytska_di@gsuite.duit.edu.ua
Kokryatska N.I. – Ph.D., Associate Professor, kokryatska_ni@gsuite.duit.edu.ua
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *In this paper, an analysis of object clustering methods was carried out, their advantages and disadvantages were considered, and a program for modeling object clustering using neural network algorithms based on the Kohonen neural network was developed. The simulation program is capable of clustering the objects on which the neural network was trained. Testing of the system showed reliable implementation of the object clustering process.*

Keywords: *cluster analysis, Kohonen neural network, modeling program, protection systems, the algorithm of the neural network system.*

Актуальність дослідження зумовлена тим, що з кожним днем техніка прогресує у розвитку, тому є актуальним застосування нейронних мереж для розв'язання складних задач. Є багато можливостей застосування штучних нейронних мереж таких як: перетворення тексту у фонетичне подання, яке за допомогою вже інших методів перетворюється в мову; розпізнавання рукописних літер; конструювання систем стиснення зображень.

У всіх мережах використовують мережу зворотного поширення. Зворотне поширення є систематичним методом для навчання багатошарових мереж, і тим самим переборює обмеження. Також проводиться кластерний аналіз. Алгоритми кластерного аналізу відрізняються більшою різноманітністю. Це можуть бути, алгоритми, що реалізують повний перебір сполучень об'єктів або здійснюючі випадкові розбивки множин об'єктів. Різноманітні процедури кластерного аналізу входять до складу практично всіх сучасних пакетів прикладних програм для статистичної обробки багатомірних даних. Задачі даної роботи полягають у: здійсненні розробки програмних засобів кластеризації

об'єктів; вибору аналогу до програмного забезпечення кластеризації об'єктів; вибору методу кластеризації об'єктів; розробці алгоритму роботи нейромережевої системи. Отже задача розробки алгоритму нечіткої кластеризації об'єктів на основі мережі Кохонена та його програмна реалізація є актуальною.

Метою роботи є розробка програми моделювання кластеризації об'єктів за алгоритмом Кохонена

Основні матеріали дослідження. Задачі кластеризації об'єктів в даний час є актуальними задачами інформаційних технологій. Основна проблема полягає в тому, що часто неможливо адекватно визначити ознаки, на основі яких слід здійснювати кластеризацію. Для задач, для яких такі ознаки вдається виділити, штучні системи кластеризації набули значного поширення та широко використовуються. Методи кластеризації об'єктів та технічні системи, що реалізують ці методи, широко використовуються на практиці. Реалізація методів кластеризації необхідна в автоматизованих системах, призначених для використання в різних сферах, зокрема в системах залізничної автоматики. Такі застосування теорії кластеризації, як кластерний аналіз (таксономія), виявлення закономірностей у множині експериментальних даних, прогнозування різних процесів, явищ широко застосовуються також в наукових дослідженнях.

Алгоритми кластерного аналізу відрізняються більшою різноманітністю. Це можуть бути, алгоритми, що реалізують повний перебір сполучень об'єктів або здійснюючі випадкові розбивки безлічі об'єктів. Різноманітні процедури кластерного аналізу входять до складу практично всіх сучасних пакетів прикладних програм для статистичної обробки багатомірних даних [1, 2]. Отже, суть технічної проблеми, яка виникла на сучасному етапі розвитку науки полягає в тому, що відсутнє таке програмне забезпечення, яке б дозволяло швидко та якісно кластеризувати об'єкти.

На основі кластерного аналізу можна розробляти типологію, здійснювати класифікацію; проводити дослідження доцільності і правомірності групування об'єктів; формувати гіпотези; здійснювати їхню перевірку, досліджувати чи справедливими будуть припущення про наявність груп або їхніх типів у досліджуваних даних. В якості аналогу візьмемо програмний комплекс “Neural Network Toolbox”, який використовується для кластеризації об'єктів. Область застосування аналогу – системи захисту з використанням власного цифрового підпису, системи розпізнавання об'єктів та віднесення їх до певного кластеру. Головним недоліком системи аналогу є невелика точність розпізнавання (80%).

Ще одним недоліком даного програмного комплексу є його порівняно велика вартість, що робить його недоступним для більшості користувачів. Кластеризація належить до проблеми сегментації, за цим підходом розподіляють записи до різних груп або сегментів. Кластеризація відрізняється від

класифікації тим, що для проведення аналізу не потрібно мати виділену цільову змінну. Розв'язання задачі кластеризації допомагає краще зрозуміти дані. Окрім того, групуванням однорідних елементів зменшують їхню кількість і тим полегшують аналіз. Різноманітні процедури кластерного аналізу входять до складу практично всіх сучасних пакетів прикладних програм для статистичної обробки багатомірних даних. Розробку програмного комплексу можна розбити на такі підзадачі:

- розробка методу нейронної мережі Кохонена;
- розробка алгоритму візуалізації системи (інтерфейсу).

Мережа Кохонена складається з двох шарів - вхідного та вихідного.

Елементи самоорганізованої карти (інша назва мережі) розташовуються в двовимірному просторі. Навчання мережа Кохонена здійснюється методом послідовних наближень.

Алгоритм Кохонена – ітераційний. На кожному кроці здійснюється обробка вхідних даних, для яких визначають синаптичні ваги, за якими відбувається їхня кластеризація.

Після пред'явлення достатнього числа вхідних векторів, синаптичні ваги мережі визначають кластери. Ваги організовуються так, що топологічно близькі вузли чутливі до схожих вхідних сигналів. На рисунку 1 показані зони топологічного сусідства нейронів на карті ознак. $NE_j(t)$ - множина нейронів, які вважаються сусідами нейрона j у момент часу t . Зони сусідства зменшуються з часом [3, 4].

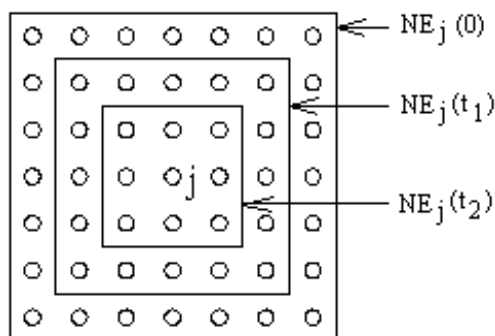


Рисунок 1 – Зони топологічного сусідства на карті ознак у різні моменти часу

Пакет NeuroImage MFC Application складається з інтерпретатора – модельного середовища, що має термінальний інтерфейс, ядра (набору найпростіших стандартних операцій, функцій і процедур для обчислень).

Для того, щоб побудувати об'єкт в пакеті NeuroImage MFC Application, потрібно ввести вхідні дані, а потім зробити відповідні дії щодо його навчання.

Алгоритм навчання мережі:

1) всім вагам синапсів мережі присвоюються значення випадковим чином із діапазону $[-0.5,+0.5]$;

2) на вхід мережі подається навчальний вектор і обчислюється вихід кожного нейрона як алгебраїчна сума його зважених входів;

3) у моделі використаний метод навчання нейронної мережі Кохонена, де використовується безперервний сигнал, для обчислення помилки кожного нейрона, тобто віднімається вихідний сигнал, як алгебраїчна сума його зважених входів, з необхідного виходу;

4) корегуються ваги мережі так, щоб мінімізувати помилку (величина допустимої помилки мережі рівна 0.001);

5) повторюються кроки із другого по четвертий доти, поки загальна помилка мережі не стане менше припустимої, заданої в даній моделі. Величина припустимої помилки змінюється з метою експерименту.

Висновок. Розроблений алгоритм має декілька рівнів обробки вхідного повідомлення. При проходженні кожного рівня електронне повідомлення отримує певний коефіцієнт, який змінюється з проходженням всіх рівнів фільтрації. В залежності від його величини, повідомлення потрапляє або у папку вхідні повідомлення або спам. Розробка такого алгоритму є новим рівнем фільтрації спаму і не використовується в жодній з існуючих програм.

Л і т е р а т у р а

1. С.О. Субботін, Нейронні мережі: теорія та практика: навч. посіб. Житомир: Вид. О.О. Євенок, 2020, 184 с.
2. R. Xu Clustering / R. Xu, D. Wunsch –Wiley, 2009. 358 p.
3. B. Everitt Cluster Analysis / B. Everitt, S. Landau, M. Leese, D. Stahl –Wiley, 2010. 346 p.
4. Kohonen T. Self-Organizing Maps / Teuvo Kohonen., 2001. 501 p.

АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ СТРУКТУР ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ НА ТРАНСПОРТІ

Саченок Д.С. – аспірант, sanutar1996@gmail.com
Голуб Г.М. – к.т.н., доцент, golub_gm@gsuite.duit.edu.ua
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

ASPECTS OF THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO INCREASE THE RELIABILITY OF STRUCTURES OF INFORMATION AND CONTROL SYSTEMS IN TRANSPORT

Sachenok D.S. – Postgraduate student, sanutar1996@gmail.com
Holub H.M. – Ph.D., Associate Professor, golub_gm@gsuite.duit.edu.ua
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract: *In these theses consider important aspects using of artificial intelligence (AI) in order to increase the reliability and efficiency of information and control systems in transport. Modern transport infrastructure faces increasing demands for safety and traffic optimization. AI is becoming a key tool for solving these tasks in the future. This publication examines the issues of forecasting and management of technical equipment, optimization of routes and schedules, monitoring of safety, development of autonomous vehicles and processing of large volumes of data, as well as their impact on improving the reliability and safety of transportation systems. This publication highlights the importance of using AI to achieve the goal of creating reliable and efficient transportation systems in light of today's requirements and the challenges of our future.*

Keywords: *Artificial Intelligence, transport management, information and management systems, structures of information, security, reliability, optimization.*

Актуальність дослідження зумовлена зростанням транспортного потоку, складністю сучасних транспортних систем, забезпеченням безпеки на дорозі, потреб в ефективному використанні ресурсів на транспорті для підвищення надійності інформаційно-керуючих систем на транспорті.

Метою роботи є проведення оглядового аналізу у вигляді деяких перспектив використання штучного інтелекту в інформаційно-керуючих системах на транспорті для підвищення їх надійності.

Постановка проблеми: У сучасному суспільстві транспорт відіграє ключову роль у розвитку і впливає на якість нашого життя. Разом з цим, зростає вимога до надійності та ефективності інформаційно-керуючих систем у сфері транспорту. Однак, ці системи стикаються із численними викликами та

проблемами. Основною серед них є забезпечення надійності та безпеки руху, а також потреба в постійній оптимізації функціонування транспортних систем у змінних умовах, де враховуються трафік, погодні умови, технічні неполадки та інші фактори. У цьому контексті, ключовим аспектом є можливість використання штучного інтелекту (ШІ) для вирішення цих викликів.

Зокрема, традиційні методи управління та моніторингу можуть виявитися неефективними при такій різноманітності та обсязі інформації. Тому сьогодні виникає необхідність в застосуванні передових технологій, зокрема штучного інтелекту, як інструменту, який може покращити надійність та продуктивність інформаційно-керуючих систем на транспорті. Таким чином, основна проблема полягає в знаходженні способів використання штучного інтелекту для досягнення цих цілей, з урахуванням усіх вимог і викликів, що стоять перед сучасними транспортними системами.

Основні матеріали дослідження. Штучний інтелект (ШІ) в майбутньому стане необхідною складовою сучасних інформаційно-керуючих систем на транспорті. Використання ШІ в цьому контексті може значно підвищити надійність і ефективність таких систем. Тому є актуальним розгляд деяких аспектів використання штучного інтелекту для підвищення надійності структур інформаційно-керуючих систем на транспорті.

Використання ШІ на транспорті допоможе в майбутньому для:

1. Прогнозування і управління технічним обладнанням

ШІ може бути використаний для прогнозування можливих поломок та збоїв в різних складових транспортних систем, таких як локомотиви, автобуси, літаки тощо. За допомогою аналізу даних, ШІ може передбачити потенційні проблеми та допомогти вжити заходів перед тим, як вони спричинять серйозні негативні наслідки. Більше того, ШІ може автоматизувати процес управління технічним обладнанням, що дозволяє вчасно реагувати на потенційні проблеми та запобігати їх розвитку.

2. Оптимізації маршрутів та розкладів

На транспорті надійність і ефективність руху грають важливу роль. ШІ може бути використаний для оптимізації маршрутів та розкладів транспортних засобів. Алгоритми машинного навчання можуть аналізувати величезну кількість даних, включаючи інформацію про трафік, погодні умови та інші фактори, що впливають на рух. Це дозволяє планувати маршрути та розклади таким чином, щоб забезпечити максимальну надійність і зручність для пасажирів.

3. Моніторингу безпеки

ШІ може бути використаний для моніторингу безпеки транспортних систем. Системи відеоспостереження та обробки зображень можуть автоматично

виявляти порушення правил дорожнього руху, а також надзорити за пасажирськими потоками на станціях та в аеропортах. ШІ також може виявляти підозрілу активність та сприяти попередженню та виявленню терористичних загроз.

4. Керування автономними транспортними засобами

Використання ШІ в розробці автономних транспортних засобів (автономних автомобілів, дронів тощо) є ще одним способом підвищення надійності транспортних систем. Системи ШІ дозволяють автономним транспортним засобам приймати рішення на основі реального часу та реагувати на змінні умови на дорозі. Це допомагає уникнути дорожніх пригод та підвищує загальний рівень безпеки.

5. Обробки великих обсягів даних

Транспортні системи накопичують величезні обсяги даних щоденно. ШІ може бути використаний для обробки цих даних і виділення цінної інформації. Аналіз даних може допомогти виявити тенденції, покращити виробничі процеси і забезпечити більш точне управління системами.

Основними напрямками дослідження є:

1. Проведення аналізу впливових факторів на функціонування інформаційно-керуючих систем у сфері транспорту та створення методів їх ефективного керування.

2. Розробка системи моніторингу та сенсорів для забезпечення надійності функціонування інформаційно-керуючих систем на транспорті.

3. Використання штучного інтелекту та методів машинного навчання для створення моделей прогнозування та аналізу великих обсягів даних.

4. Розробка алгоритмів для оптимізації роботи інформаційно-керуючих систем у транспортному секторі.

У цьому контексті, головною проблемою є потреба у підвищенні надійності та ефективності інформаційно-керуючих систем в галузі транспорту за допомогою сучасних методів оптимізації та передових технологій. Розв'язання цієї проблеми є критично важливим для забезпечення безпеки на дорозі, зменшення кількості дорожніх пригод та нещасних випадків, а також для забезпечення високоєфективної та безпечної транспортної інфраструктури.

Висновки. Отже, використання ШІ в транспортній галузі дозволить:

1. ШІ може аналізувати великі обсяги даних про рух на дорогах та прогнозувати трафік. Це дозволяє оптимізувати рух на дорогах, уникати заторів та зменшити час очікування на світлофорах.

2. ШІ розробляє оптимальні маршрути для транспортних засобів, враховуючи різні фактори, такі як трафік, погодні умови та призначення. Це допомагає водіям та пасажирам заощаджувати час та паливо.

3. ШІ може відслідковувати рух транспорту та реагувати на надзвичайні ситуації, такі як аварії або порушення правил дорожнього руху. Це підвищує рівень безпеки на дорозі.

4. ШІ використовується для розробки автономних транспортних систем, які можуть самостійно приймати рішення та керувати транспортними засобами. Це може знизити кількість аварій, пов'язаних із людським фактором.

5. ШІ аналізує дані з сенсорів та датчиків на транспортних засобах, що допомагає попереджувати технічні поломки та забезпечувати регулярне технічне обслуговування.

6. ШІ оптимізує використання палива, енергії та інших ресурсів, знижуючи витрати та викиди в атмосферу.

Використання ШІ для підвищення надійності структур інформаційно-керуючих систем на транспорті підкреслюють важливість його інтеграції в транспортні системи для підвищення надійності та ефективності, що сприяє покращенню транспортної інфраструктури та забезпеченню безпеки на дорогах в майбутньому.

Л і т е р а т у р а

1. Amara, Roy, Lipinsky, Andrew J., 1983. Business planning for an uncertain future: scenarios and strategies. Pergamon Press, New York.

2. Avetisyan, B.R., Druzhinina, N.S., Daudov I.M., 2020. Neural networks and artificial intelligence as trends for the development of the future. J. Phys.: Conf. Ser. 1582 012005 <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1582/1/012005>.

3. Bezos Letter to Shareholders, CNBC. 2017. URL: <https://www.cnbc.com/2017/04/12/amazon-jeff-bezos-2017-shareholder-letter.html>. (accessed 24 September 2021).

4. Shinkevich, A.I., Zaraychenko, I.A., Ivanova R.P., Vodolazhskaya, E.L. 2020. Decision making support for the development of new products based on Big Data technology. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 862 042014. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/862/4/042014>.

5. Holub, H., Voronko, I., Azizov, B., Chernenko, V., Moseichuk, M., Ishchenko, V. (2023). Analytical aspects of application of intelligent methods of management of computer systems in transport infrastructure projects. Technology Audit and Production Reserves, 3(2(71), 25–29. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2023.284578>

РОЗРОБКА ЗАСОБІВ РЕАЛІЗАЦІЇ ПІРАМІДАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ НА ОСНОВІ Q – ПЕРЕТВОРЕННЯ

Сікорський В.В. – магістрант, sikorsky_vv@gsuite.duit.edu.ua

Тимченко Л.І. – д.т.н., проф., tumchenko_li@gsuite.duit.edu.ua

Київський інститут залізничного транспорту

Державного університету інфраструктури та технологій

Україна, м. Київ

DEVELOPMENT OF MEANS OF IMPLEMENTATION OF PYRAMID TRANSFORMATION OF INFORMATION BASED ON Q – TRANSFORMATION

Sikorsky V.V. – master's student, sikorsky_vv@gsuite.duit.edu.ua

Timchenko L.I. – Dr. of Engineering, Professor, tumchenko_li@gsuite.duit.edu.ua

Kyiv Institute of Railway Transport

State University of Infrastructure and Technologies

Ukraine, Kyiv

Abstract. *The paper considers the pyramidal methods of direct and inverse Q-transformation. Considered examples of implementation of methods based on transformed numerical data. The work is devoted to the problem of developing tools for implementing the pyramidal transformation based on the Q-transformation.*

Keywords: *Q - transformation, direct Q - transformation, inverse Q - transformation.*

Актуальність дослідження зумовлена тим, що з ростом обчислювальних ресурсів та розвитком штучного інтелекту виникає необхідність досліджень паралельних методів, які базуються на використанні нейронних мереж. Перевагою використання таких методів є: вони працюють аналогічно мозку людини; дають можливість виконувати паралельні обчислення, що значно прискорює вирішення поставлених задач; дають значно кращі результати за рахунок попереднього навчання мережі. Найчастіше в опису зображення використовують його частини, а не все зображення в цілому, тому перед складенням опису виконується сегментація зображення. Для полегшення подальшого аналізу можна різними способами спрощено представляти різні частини зображення, наприклад за допомогою операції контурного препарування [1, 2] і Q-порівняння [3] можна досить просто їх представляти за допомогою опису взаємозв'язку бінарних препаратів. В результаті обробки отримується структура співвідношень бінарних препаратів, яка описує виділені частини зображення, їх властивості і співвідношення між ними. Коли існують компактні описи моделей зображень, які описують класи зображень, то зображення, яке аналізується, відносить до такого класу, для якого можна встановити відповідність між описами зображення і моделі.

Метою роботи є дослідження методів прямого та зворотного Q – перетворення.

Основні матеріали дослідження. Розглянемо сутність пірамідального перетворення інформації на прикладах прямого та зворотного Q – перетворення.

Пряме Q – перетворення. Нехай задане одновимірне зображення, яке описане координатами яскравості: $M = (0\ 0\ 1\ 2\ -2\ -2\ 0\ 4\ 5\ 0)$.

1. Закодуємо задане зображення, замінюючи кожен біт двома бітами: якщо координата додатна - 10, від'ємна - 01, нульова - 00. Отримаємо наступну послідовність: 00 00 10 10 01 01 00 10 10 00. Назвемо дану послідовність масками.

2. Знайдемо середні арифметичні значення:

$$\text{додатне } - \Delta^{+(j)} = 3, \text{ від'ємне } - \Delta^{-(j)} = -2$$

3. Віднімемо від кожної координати знайдені середні значення: від додатної – додатні, від від'ємної - від'ємне. Отримаємо такий результат:

$$M = (0\ 0\ -2\ -1\ 0\ 0\ 0\ 1\ 2\ 0)$$

4. Повторюючи кроки 1 – 3 отримаємо такі результати (таблиці 1 та 2).

Таблиця 1 – Результати віднімання середніх значень

	$\Delta_r^{(j-1)}$										Середні значення	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\Delta^{+(j)}$	$\Delta^{-(j)}$
1	0	0	1	2	-2	-2	0	4	5	0	3	-2
2	0	0	-2	-1	0	0	0	1	2	0	1.5	-1.5
3	0	0	-0,5	0,5	0	0	0	-0,5	0,5	0	0,5	-0,5
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблиця 2 – Результати кодування

Крок	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-
1	00	00	10	10	01	01	00	10	10	00
2	00	00	01	01	00	00	00	10	10	00
3	00	00	01	10	00	00	00	01	10	00
4	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00

Зворотне Q – перетворення. Дане перетворення полягає в отриманні за середніми значеннями та масками з деякою точністю початкового зображення. Сутність даного перетворення полягає в наступному. Спочатку матриця, якою описується зображення, є нульовою. Потім за порядком аналізують маски кожного кроку. Якщо маска рівна 10, то до елемента матриці додають додатне середнє арифметичне даного кроку, якщо 01 - від'ємне. Після виконання всіх

кроків отримують початкове зображення. Розглянемо за даними вище наведеного прикладу. Спочатку масив буде таким: $M = (0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0)$. Аналізуємо попарно біти отриманих у прямому перетворенні масок. На першому кроці 00 (таблиця 2, кроки 11,12) - додавання не виконуємо. Третя пара рівна 10 (таблиця 2, крок 13) - необхідно до третього елементу масиву (матриці, яка описує зображення) додати середнє значення першого кроку, тобто 3. П'ята пара рівна 01 - необхідно додати -2. Результати перетворення зведемо до таблиці 3.

Таблиця 3 Результати зворотного Q - перетворення

Кроки	Елементи масиву										Середні значення	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\overline{+(j)}$ Δ	$\overline{-(j)}$ Δ
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
1	0	0	3	3	-2	-2	0	3	3	0	3	-2
2	0	0	1.5	1.5	-2	-2	0	3.5	4.5	0	1.5	-1.5
3	0	0	1	2	-2	-2	0	4	5	0	0.5	-0.5

Висновок. У роботі наведено алгоритми прямого та зворотного Q – перетворення, які проілюстровано наведеними прикладами. Аналізуючи табличні дані можна зробити висновок про те, що чим менший розмір вікна, тим точніше виконується обернене перетворення. При малій кількості кроків та великому розмірі вікна розмір пам'яті, який необхідний для збереження результатів Q – перетворення є невеликим і зменшується при збільшенні розмірів вікна. При цьому точність оберненого перетворення зменшується. Навпаки, при великій кількості кроків прямого перетворення точність зворотного перетворення. Об'єм пам'яті для збереження результатів при цьому зростає, і файл результатів перетворення може зайняти більше пам'яті ніж файл вихідного зображення.

Л і т е р а т у р а

1. Паралельно-ієрархічне перетворення для систем та засобів штучного інтелекту. Тимченко Л.І., Кокряцька Н.І., Твердомед В.М., Семенова Л.М. Монографія. Київ, ДУІТ, 2021, 820с.
2. Оброблення зображень на основі методів контурного препарування. Тимченко Л.І., Кокряцька Н.І., Чепорнюк С.В., Герцій О.А., Платонова С.В., Галушко М.М. Монографія. Київ, Альтерпрес. 2019, 166 с.
3. Q-processors for real-time image processing Timchenko, L.I., Kokriatskaia, N.I., Pavlov, S.V., Tverdomed V., Sagymbai, A., Abdihanov, A. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering [this link is disabled](#), 2020, 11581, 115810F.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВЕБ-САЙТІВ

Сидорчук Є.В. – магістр, sydorchuk_ev@gsuite.duit.edu.ua
Стасюк О.І. – д. т. н., професор, лауреат Державної премії України,
stasiuk_oi@gsuite.duit.edu.ua
Київський інститут залізничного транспорту
Державний університет інфраструктури та технологій
Україна, м.Київ

RESEARCH OF METHODS TO INCREASE THE EFFECTIVENESS OF WEBSITES

Sidorchuk E.V. – Master's degree, sydorchuk_ev@gsuite.duit.edu.ua
Stasiuk O.I. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Laureate of the State Prize of
Ukraine, stasiuk_oi@gsuite.duit.edu.ua
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technology
Ukraine, Kyiv

Abstract. *This paper analyzes methods of improving the efficiency of Web-sites. This topic is very relevant today, as the Internet is filled with millions of sites. The main methods of web-site promotion are presented. Their directions of research and implementation of methods of increasing the efficiency of Web-sites are described.*

Keywords: *Website efficiency, Optimization, Mobile accessibility, Content and SEO, Conversion testing, Responsive design, Digital marketing, Information security*

Актуальність дослідження зумовлена тим що в сучасному світі Інтернет відіграє ключову роль в комунікації та обміні інформацією. ВЕБ-сайти стали невід'ємною частиною бізнесу, освіти, та громадської активності. Однак, просто наявність ВЕБ-сайту не гарантує його ефективності. У цьому дослідженні розглянуто методи, які спрямовані на підвищення ефективності ВЕБ-сайтів.

Метою роботи є підвищення ефективності веб-сайту важливою задачею для забезпечення задоволення користувачів, покращення конверсії та загального успіху проекту в Інтернеті. Дослідження методів підвищення ефективності ВЕБ-сайтів може охоплювати різні аспекти, існуючі на різних рівнях, включаючи технічні, дизайнерські, контентні та маркетингові аспекти.

Першим кроком у вдосконаленні ВЕБ-сайту є аналіз трафіку та користувацького досвіду. Важливо визначити, які сторінки відвідуються найчастіше, а також які саме елементи створюють позитивний чи негативний досвід для користувачів. За допомогою інструментів веб-аналітики, таких як Google Analytics, можна зібрати цінні дані та визначити потенційні місця для вдосконалення.

Однією з ключових тенденцій в сучасному Інтернет-середовищі є зростання використання мобільних пристроїв. Оптимізація ВЕБ-сайту під мобільні платформи стає необхідністю. Це включає адаптивний дизайн, швидке завантаження сторінок на мобільних мережах, та забезпечення зручного користувацького інтерфейсу на різних розмірах екранів.

Пошукова оптимізація (SEO). SEO визначає, наскільки легко ВЕБ-сайт знаходиться в пошукових системах. Важливо враховувати ключові слова, оптимізувати метатеги, використовувати посилання та інші стратегії для покращення позицій у пошукових результатах. Це не тільки збільшить видимість ВЕБ-сайту, але й приверне більше цільової аудиторії.

Співпраця з соціальними мережами може значно підвищити ефективність ВЕБ-сайту. Реклама та публікації на популярних платформах можуть забезпечити додатковий трафік та залучити нових користувачів. Важливо створити цікавий та актуальний контент для спільнот, що допоможе залучити увагу та підтримувати інтерес.

Основними напрямками для дослідження та впровадження методів підвищення ефективності ВЕБ-сайтів є:

Аналіз користувачів (User Analysis):

- вивчення цільової аудиторії. Розуміння хто є цільовою аудиторією, їх вікові та географічні характеристики, інтереси та поведінка в Інтернеті.

- аналіз поведінки користувачів на сайті за допомогою аналітики. Використання інструментів веб-аналітики, таких як Google Analytics, для вивчення того, як користувачі взаємодіють із сайтом, на що вони найчастіше клікають, як довго перебувають на сторінці тощо.

- визначення ключових точок конверсії та факторів, що впливають на них. Визначення цільових конверсійних подій та вивчення їх ефективності.

Оптимізація Швидкості (Performance Optimization):

- оптимізація завантаження сторінок для поліпшення швидкості завантаження. Використання інструментів, таких як Google PageSpeed Insights, для оцінки швидкості завантаження сторінок та вжиття заходів для її поліпшення.

- використання CDN (Content Delivery Network) для ефективного розподілу контенту. Використання технік кешування для збереження копій сторінок та ресурсів на стороні користувача.

Мобільна Доступність (Mobile Responsiveness):

- впевненість у тому, що веб-сайт оптимізований для мобільних пристроїв.

- розробка адаптивного дизайну для різних розмірів екрану. Розробка дизайну, який автоматично адаптується до різних розмірів екранів, забезпечуючи зручну навігацію для користувачів на мобільних пристроях.

Вміст та SEO (Content and SEO):

- оптимізація контенту для пошукових систем (SEO). Дослідження та використання ключових слів, які відповідають інтересам цільової аудиторії.

- розробка якісного та цікавого контенту для користувачів. Створення цікавого, інформативного та унікального контенту, який привертає увагу користувачів.

Тестування та Оптимізація Конверсії (Conversion Rate Testing and Optimization):

- використання A/B тестування для оцінки різних версій сторінок. Порівняння двох версій сторінок, щоб визначити, яка з них працює краще щодо конверсії.

- оптимізація елементів сторінок для підвищення конверсії. Постійне вдосконалення вигляду та взаємодії елементів сторінки для максимізації конверсії.

Використання Технологій (Technology Implementation):

- впровадження новітніх технологій, таких як PWA (Progressive Web App) для поліпшення взаємодії з користувачем. Використання технологій PWA для забезпечення можливостей офлайн-роботи, швидкості та зручності для користувачів.

Маркетинг та Реклама (Marketing and Advertising):

- ефективне використання цифрових маркетингових стратегій. Використання інтернет-маркетингу, такого як контекстна реклама, соціальні мережі та електронна пошта, для просування веб-сайту.

- вивчення результатів кампаній та їх вплив на ефективність сайту. Вивчення ефективності рекламних кампаній та їх впливу на конверсію.

Безпека (Security):

- забезпечення високого рівня безпеки для захисту інформації користувачів. Використання SSL-шифрування, щоб весь обмін інформацією між користувачем і сервером був зашифрований. Регулярні оновлення програмного забезпечення та заходи для запобігання можливим загрозам безпеки.

Дослідження цих аспектів та впровадження відповідних заходів можуть сприяти покращенню ефективності ВЕБ-сайту і забезпечити кращий досвід користувача, що, в свою чергу, може позитивно позначитися на показниках конверсії та успішності проекту. Ці підходи в сукупності можуть позитивно

впливати на ефективність веб-сайту, забезпечуючи кращий досвід для користувачів та підвищуючи його конверсійні можливості.

Висновок. Дослідження методів підвищення ефективності ВЕБ-сайтів – це постійний процес, оскільки технології та вимоги користувачів постійно змінюються. Аналіз та впровадження новітніх підходів до веб-розробки, оптимізація для мобільних платформ, SEO та соціальна активність є ключовими компонентами успішного ВЕБ-проекту. Впровадження цих методів дозволить покращити користувацький досвід, збільшити трафік та досягти більшого успіху в Інтернет-просторі.

Л і т е р а т у р а

1. Souders, S., High Performance Web Sites: Essential Knowledge for Front-End Engineers, 2007, pp.168.
2. Clarke, A., SEO 2022 Learn Search Engine Optimization With Smart Internet Marketing Strategies, 2021, pp. 243.
3. Halvorson, K., Rach, M., Content Strategy for the Web, 2012, pp. 198.

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ КОВЗКОГО МОНІТОРИНГУ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ЗАЛІЗНИЦЬ НА ОСНОВІ ІНТЕЛІТАЛЬНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ РЕГІНА

Стасюк О.І. – д.т.н., проф., ostasuk177@gmail.com
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

MATHEMATICAL MODELS OF KOVZKY FOR MONITORING ELECTRICAL FUNCTIONS BASED ON REGION INTELLIGENT COMPUTER SYSTEM

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. An analysis of the problem of innovative transformation of railway power supply networks was carried out. Conceptual approaches to the formation of a new model for the intellectualization of power supply networks have been developed. Differential models of intelligent synchronous vector measurements have been proposed that make it possible to determine the comprehensive information content of the primary data. Based on the concept of smart energy, a set of differential models and methods for intelligent harmonic and correlation analysis of anomalous and transient processes occurring in power systems has

been developed. The results of intelligent slippery monitoring and identification of normal and abnormal modes are presented.

Keywords: *System, monitoring, diagnostics, control, power supply, identification, optimization, power consumption, measurements, information conten.*

Актуальність дослідження. Сучасні тенденції наукових досліджень у сфері розвитку світової електроенергетики шляхом інноваційно-інвестиційного перетворення систем електропостачання тісно пов'язані з інтелектуалізацією енергетичних систем, що базується на загальноновизнаних у світі SMART Grid-технологіях, а також принципах самовідновлення, саморегуляції, єдиного інформаційного простору та ін. представляє самоконтролюючу, аналізуючу та звітуючу інтелектуальну технологію [1]. Застосування досконаліших інтелектуальних засобів комп'ютерного аналізу та візуального подання обробленої та первинної інформації відкриває можливість виявлення джерел низькочастотних коливань, їх типів, особливостей, форм, місць виникнення та характеристик аномальних режимів, а також меж поточної стійкості енергосистеми. Аналіз останніх наукових публікацій показав, що перспективним є напрямо, що базується на створенні нової інноваційної моделі в якій відображаються інтеграція сучасних наукових, інженерних та організаційних рішень у сфері комп'ютерних, мережевих та інтелектуальних технологій включаючи результати взаємointegraції топології електричної системи та архітектури інтелектуальної комп'ютерної, які традиційно належать до класу творчих.

Метою роботи є обґрунтування проблеми організації інноваційних комп'ютерних систем всережимного інтелектуального слизького моніторингу електричних мереж і силового електрообладнання, а також створення диференціальних математичних моделей і методів інтелектуального гармонійного і кореляційного аналізу аномальних і перехідних процесів, що протікають в енергосистемах.

Проведено аналіз проблеми інноваційного перетворення мереж електропостачання залізниць та їх еволюції, що дозволило науково обґрунтувати напрямок наукових досліджень, пов'язаних із створенням інтелектуальних комп'ютерних мереж та інтелектуальних систем електропостачання, що базується на SMART Grid технологіях. Сформульовано концептуальні підходи формування нової моделі інтелектуалізації мереж електропостачання, домінантною особливістю якої є формування та накопичення нових знань у відповідній предметній галузі. Обґрунтовано методи організації інтелектуальних комп'ютерних систем для управління складними енергетичними об'єктами, процесами та явищами, що концептуально базуються на використанні необхідної або надмірної продуктивності обчислень у будь-якій точці чи сегменті топології

об'єкта. Базуючись на концепції розумної енергетики, розроблено сукупність диференціальних математичних моделей та методів гармонійного та кореляційного аналізу аномальних і перехідних процесів, що протікають в енергосистемах, визначення окремих гармонійних складових стохастичних процесів їх особливостей, що відкриває додаткові можливості для вирішення проблеми інноваційного перетворення. На основі інтелектуального комп'ютерного комплексу «Регіна» отримано та наведено результати інтелектуального моніторингу та ідентифікації штатних та аномальних режимів систем електропостачання залізниць постійного та змінного струму, результати інтелектуального моніторингу тягових трансформаторів, а також електричного обладнання.

Висновок. У результаті проведених досліджень обґрунтовано напрямок наукових досліджень, пов'язаний зі створенням інтелектуальних комп'ютерних мереж та інтелектуальних систем електропостачання, який базується на загальноновизнаних у світі SMART Grid технологіях. Сформульовано концептуальні підходи формування нової моделі інтелектуалізації мереж електропостачання залізниць. Розроблено сукупність диференціальних математичних моделей та інтелектуальних методів гармонійного та кореляційного аналізу аномальних та перехідних процесів, що протікають в енергосистемах. Наведено результати інтелектуального близького моніторингу та ідентифікації штатних та аномальних режимів систем електропостачання.

Л і т е р а т у р а

1. Stasiuk, A., Kuznetsov, V., Goncharova, L., Hubsykyi, P. Models of the computer intellectualization optimal strategy of the power supply fast-flowing technological processes of the railways traction substations. Communications - Scientific Letters of the University of Zilina [this link is disabled](https://www.uniza.sk/), 2021, 23(2), стр. С30-36.

<http://komunikacie.uniza.sk/index.php/communications/article/view/1680>

2. Stasiuk A.I., Goncharova L.L. Mathematical Models of Computer Intellectualization of Technologies for Synchronous Phasor Measurements of Parameters of Electric Networks. Cybernetics and Systems Analysis. Springer Science+Business Media New York 2016. Volume 52, Issue 5, pp 825 -830. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10559-016-9883-5>

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ КЕРУВАННЯ ТА ТЯГОВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕЛЕКТРОВОЗІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Терещенко В.С. – аспірант, tereshenko_vs@gsuite.duit.edu.ua
Горобченко О.М. – д.т.н., проф., gorobchenko_om@gsuite.duit.edu.ua
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

IMPROVING THE CONTROL QUALITY AND TRACTION PROPERTIES OF ELECTRIC DIRECT CURRENT LOCOMOTIVES

Tereshchenko V.S. – graduate student, tereshchenko_vs@gsuite.duit.edu.ua
Gorobchenko O.M. – Doctor of Tech.I Sciences, Prof.,
gorobchenko_om@gsuite.duit.edu.ua
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The experience of using locomotives shows that the efficiency of their operation can be significantly increased through more complete use of the coupling mass, the power of traction electric motors and improvement of traction electric drive control systems. The existing schematic solutions and control algorithms do not allow to fully realize the potential capabilities of the traction rolling stock both in terms of the use of the coupling mass and electrical equipment. One of the main roles here is played by uneven use of engine power. A method of reducing unevenness of current distribution has been developed, the principle of operation of the regulation system has been proposed, which allows to obtain an increase in load currents and moments of motors installed on trolleys, which are loaded as a result of dynamic redistribution of loads.*

Keywords: *locomotive, traction power, traction electric motor, locomotive control.*

Актуальність дослідження зумовлена постійною вимогою держави на зменшення витрат паливо-енергетичних ресурсів на транспортування, зокрема на тягу поїздів. Якість керування тяговим електроприводом електровозу напряму впливає на витрати електроенергії та на собівартість перевезень. Потрібно впроваджувати нові підходи до керування тяговим електроприводом на основі нової сучасної елементної бази.

Метою роботи є підвищення ступеня використання потужності електровозів та скорочення витрати електроенергії за рахунок зменшення нерівномірності струморозподілу між паралельними групами тягових електродвигунів у силовому ланцюзі.

Однією з умов соціального й економічного розвитку України є вдосконалювання транспортного обслуговування. У рішенні цього завдання важлива роль належить залізницям, як одним з найбільш потужних і технічно досконалих видів вантажного транспорту. Розробка й виробництво високоефективних технічних засобів залізниць, зокрема, рухомого складу з підвищеними тягово-енергетичними показниками, є важливим народногосподарським завданням [1].

Досвід використання локомотивів показує, що ефективність їхньої роботи можна істотно збільшити шляхом більше повного використання зчіпної маси, потужності тягових електродвигунів і вдосконалювання систем керування тяговим електроприводом [2, 3]. Існуючі схемні рішення й алгоритми керування не дозволяють повністю реалізувати потенційні можливості тягового рухомого складу як у плані використання зчіпної маси, так і електроустаткування [4]. Одну з основних ролей тут грає нерівномірність використання потужностей двигунів. Це обумовлено неминучими відхиленнями характеристик тягових електродвигунів, параметрів резисторів, діаметрів бандажів колісних пар по кругах катання й інших причин, обумовлених конструктивними, технологічними й експлуатаційними факторами [3].

Нерівномірність струморозподілу в силовому колі, крім погіршення тягових і гальмівних властивостей рухомої одиниці за умов використання сил зчеплення коліс з рейками, визначає відмінність умов нагрівання обмоток, що впливає на термін служби ізоляції та всієї електричної машини в цілому.

Для досягнення поставленої мети проведено аналіз статистичних даних щодо роботи електровозів постійного струму. Встановлено, що в процесі експлуатації електровозів постійного струму нерівномірність струморозподілу між паралельними ланцюгами тягових двигунів досягає 4-12%. Це обумовлено насамперед різницею магнітних потоків двигунів. Найбільш схильні до нерівномірного струморозподілу локомотиви, яким у процесі ремонтів було замінено один або кілька тягових електродвигунів. Пояснюється це неможливістю проведення якісного підбору параметрів колісно-моторних блоків за умов депо через відсутність достатнього ремонтного фонду. Таким чином, у майбутньому можливе подальше погіршення параметрів струморозподілу у експлуатованих електровозів.

Розроблено спосіб зменшення нерівномірності струморозподілу, запропоновано принцип роботи системи регулювання, що дозволяє отримувати збільшення струмів навантаження та моментів двигунів, встановлених на візках, які в результаті динамічного перерозподілу навантажень довантажуються. Блок регулювання струму якоря (БРТЯ) є модуль IGBT, включений з баластовим резистором паралельно обмоткам якорів.

Висновок. При застосуванні запропонованого способу на граничних по зчепленню режимах роботи здійснюється підвищення ефективності використання зчіпної маси електровоза. Перерозподіл навантажень від колісних пар на рейки при реалізації сили тяги призводить до погіршення тягових властивостей локомотивів і саме його наслідки усуває пристрій, що пропонується. Коли локомотив реалізує силу тяги, що нижче на 8-10% максимальній по зчепленню, блок керування виконує вирівнювання струмів по гілках. Практично доцільно вирівнювати струми при перевищенні їхньої різниці 13 - 15 А для полегшення режиму роботи силової електроніки й зниження вартості керуючих елементів, клас точності яких можна зменшити.

Л і т е р а т у р а

1. Горобченко, О. М. (2007). Удосконалення тягових характеристик локомотивів шляхом підвищення коефіцієнта використання зчіпної маси. Дис. канд. техн. наук зі спеціальності 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів. Харків: УкрДАЗТ, 161 с.
2. Gerlici, J., Kravchenko, K., Gorbunov, M., & Lack, T. (2018). Increasing the Traction Properties of Locomotives for the Account of Improvement of Body and Bogies Connexions. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(4.3), 377-382.
3. Gorobchenko, O., & Tkachenko, V. (2019). Statistical analysis of locomotives traction motors performance. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 287, p. 04002).
4. Butko, T., Babanin, A., & Gorobchenko, A. (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.

КЛАСИФІКАЦІЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Шпильовий Б.Ю. – магістрант, shpylovyii_byu@gsuite.duit.edu.ua

Кульбовський І.І. – к.т.н., доцент, kulbovskiy_ii@gsuite.duit.edu.ua

Київський інститут залізничного транспорту

Державного університету інфраструктури та технологій

Україна м. Київ

CLASSIFICATION OF MEASUREMENT INFORMATION SYSTEMS

Shpylovyi B.Y. – master's student, shpylovyii_byu@gsuite.duit.edu.ua

Kulbovskiy I.I. – Ph.D., Associate Professor, kulbovskiy_ii@gsuite.duit.edu.ua

Kyiv Institute of Railway Transport

State University of Infrastructure and Technologies

Ukraine, Kyiv

Abstract. *The article provides a classification of measurement information systems. Measuring information system — a set of measuring equipment, control, diagnostic and other technical means combined to create signals of measuring and other types of information with the aim of providing it to the consumer in the required form or automatically performing logical functions of control, diagnosis, identification.*

Keywords: *measuring information systems, metrology, sensors, automatic control systems, systems of technical diagnostics, pattern recognition systems, control, diagnosis.*

Актуальність дослідження зумовлена широким застосуванням таких систем у різних сферах, включаючи промисловість, медицину, науку та технології. Розвиток сучасних технологій та вимог до точності та ефективності вимірювань створюють необхідність у глибокому розумінні та систематизації вимірювальних інформаційних систем для вдосконалення якісних та кількісних характеристик вимірювань, оптимізації процесів управління та контролю за допомогою вимірювально-інформаційних систем.

Метою роботи є систематизація, розуміння різновидів та структур таких систем з метою оптимізації їхнього використання в різних областях. А також вдосконалення існуючих систем та розробки нових методів, що сприятиме подальшому розвитку вимірювальної техніки та інформаційних технологій.

Класифікація ВІС є важливим інструментом для встановлення термінології, пов'язаної з вимірювально інформаційними системами (ВІС), та систематизації обширного матеріалу за принципом їхньої структури. Відповідно до призначення, ВІС можна розділити на чотири типи:

- а) вимірювальні системи (ВС);
- б) системи автоматичного контролю (САК);

- в) системи технічної діагностики (СТД);
- г) системи розпізнавання образів (СРО).

Основна та ключова відмінність між вимірювальними, контрольними, діагностичними та розпізнавальними системами полягає у їхній меті використання процесів отримання інформації, і це відображається, передусім, в алгоритмах їх функціонування.

У метрології та вимірювальній техніці вважається, що в процесі вимірювального експерименту неодмінно використовуються вимірювальні та, як правило, обчислювальні процедури. Вимірювальні процедури включають масштабні перетворення, порівняння вимірювальних величин з мірами, передачу, запам'ятовування та отримання числових значень цих величин. Обчислювальні процедури включають математичні перетворення цифрових сигналів під час вимірювань.

Мета контролю, діагностики та розпізнавання образів відрізняється:

- а) Під час контролю встановлюється відповідність характеристик об'єктів їхнім нормам.
- б) При діагностиці визначається місце і причини відмов об'єктів.
- в) Під час розпізнавання визначається, до яких класів належать об'єкти, які досліджуються.

Процеси контролю, діагностики та розпізнавання образів мають спільну методологічну основу, оскільки в кожному з них здійснюються вимірювальні процедури. Контроль визначається як процес установлення відповідності між станом об'єкта контролю (ОК) і встановленими нормами. Під час контролю визначається, до якої з нормованих якісно відмінних галузей належить розглядуваний стан ОК. Важливо відзначити, що при контролі необов'язково знати числові значення контрольованих величин, і з цієї точки зору контроль може розглядатися як операція стиснення інформації. У системах автоматичного контролю значна кількість величин контролюється, і вимірювальні процедури включають операції порівняння одержаних числових значень із заданими нормами (уставками).

Системи автоматичного контролю (САК) у сучасності поділяються на два типи: ті, які виконують безперервний контроль параметрів об'єкта, і ті, що використовують дискретний послідовний контроль цих параметрів. У системі з безперервним контролем параметрів об'єкта, яка представлена на рис. 1 кожен канал контролю включає порівнювальний пристрій ПП та пристрій індикації відхилення ІВ. Кількість цих пристроїв у кожному каналі залежить від встановлених границь вимірювання параметра, які можуть бути від одної до чотирьох: попереджувальна "менше", попереджувальна "більше", аварійна "менше" та аварійна "більше". Процедура вироблення та зберігання норм N може

бути спільною для декількох каналів або індивідуальною для окремих каналів. Системи з безперервним контролем вимагають більше обладнання і використовуються лише для контролю найбільш відповідальних параметрів, де необхідна висока надійність та швидкість видачі результатів контролю.

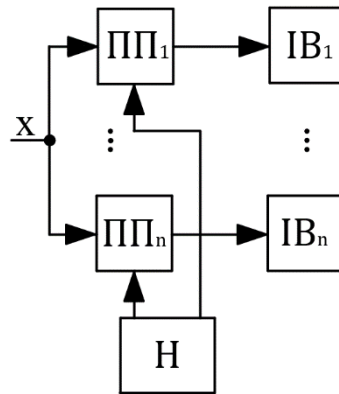


Рисунок 1 – Структурна схема одного каналу САК з безперервним контролем

Системи автоматичного контролю із дискретним послідовним контролем є найбільш поширеними, оскільки вони вимагають менше обладнання і, отже, є більш дешевими. Структурна схема такої системи представлена на рис. 2. Контрольовані величини, перетворені в уніфіковані сигнали, такі як напруги $U_1 \dots U_n$, через вимірювальний комутатор ВК послідовно подаються на порівнюючий пристрій ПП, де вони порівнюються з нормами. Якщо для одного контрольованого параметра існують різні норми, то норма може змінюватись під час контролю цього параметра. Зміну норми та перемикання вимірювального комутатора здійснюють з допомогою пристрою керування. Засіб відображення інформації (ЗПІ) може включати пристрої для відображення відхилень (загальні, групові та індивідуальні) та пристрої цифрового реєстрування. Окрім висновків про стан контрольованого параметра, ЗПІ також генерує та реєструє номер контрольованого параметра (від ПП) та час настання події (від пристрою формування сигналів часу ПФЧ).

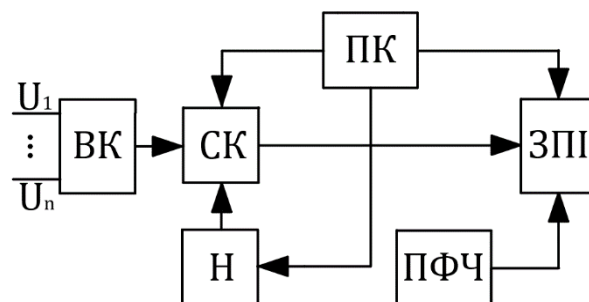


Рисунок 2 – Структурна САК з дискретним контролем

Недоліками цих систем є значна витратність операцій контролю, оскільки частота проведення контролю визначається з урахуванням екстремальних динамічних властивостей контрольованих параметрів. У той же час, через відсутність достатніх попередніх відомостей про динамічні властивості об'єкта або неможливість побудови систем автоматичного контролю (САК) відповідно до цих екстремальних властивостей може виникнути ситуація, коли один чи декілька параметрів вийдуть за межі норм у зв'язку з очікуванням обслуговування, і може бути пропущений перед аварійний або навіть аварійний режим роботи об'єкта.

САК, що виробляються промисловістю, зазвичай є комбінованими, тобто найважливіші параметри контролюються безперервно, а за всіма іншими параметрами здійснюється неперервний дискретний контроль.

Основний метод виявлення відмовних технічних елементів і помилок у реалізації програм технічних об'єктів пов'язаний з раціональною та ефективною методикою виконання операцій контролю, що дозволяє вирішити завдання діагностики з припустимими витратами. Основна мета технічної діагностики - вивчення форм і закономірностей прояву відмов і помилок, розробка методів і засобів їх виявлення та локалізації в об'єктах діагностики.

Системи технічної діагностики (СТД) розділяються за цільовим призначенням на діагностичні та прогнозуючі. Діагностичні системи призначені для встановлення діагнозу, тобто для виявлення несправності або підтвердження справності об'єкта, що перевіряється. З іншого боку, прогнозувальні системи ставлять перед собою більш складне завдання - передбачення поведінки об'єкта в майбутньому на основі результатів попередніх перевірок.

За характером процедури видачі оцінки стану об'єкта діагностики СТД поділяють на статистичні й детерміновані. У випадку статистичної оцінки стану об'єкта рішення приймається на основі вимірювань або перевірок сигналів, які характеризують об'єкт. При детермінованій оцінці параметри об'єкта, що перевіряється, порівнюються із параметрами об'єкта, що прийнятий за зразковий. Зазвичай, замість зразкового об'єкта використовують сигнали, які імітують його поведінку, і ці сигнали зберігаються у відповідних пристроях СТД.

Існують різні види перевірок, такі як функціональна, алгоритмічна та логічно-комбінаційна. У функціональній перевірці виявляється працездатність об'єкта, перевіряючи наявність сигналу на його виході при надходженні сигналу на вхід; відсутність вихідного сигналу вважається відмовою. Алгоритмічна перевірка, відповідно до алгоритму роботи об'єкта, перевіряє послідовність виконання функцій. Логічно-комбінаційна перевірка, також відома як тестова, дозволяє виявляти несправності на будь-якому рівні. У цьому випадку на вхід

об'єкта, який перевіряється, подають спеціальний діагностичний тест та спеціальні стимулюючі сигнали.

Найскладнішою частиною завдання при діагностиці є пошук вузла, що викликав несправність. Кожна послідовна перевірка повинна виконуватися з урахуванням функціональної значущості кожного вузла, відносних імовірностей можливих причин несправностей, відносних витрат часу на здійснення перевірки і отриманої раніше інформації. Існують різні методи оптимізації програм діагностики, що розроблені на основі зазначених принципів.

Одна з можливих структурних схем системи технічної діагностики подана на рис. 3. Інформація від об'єкта діагностики (ОД) через датчики (Д1-Дn) із стандартизованими вихідними сигналами та вимірювальний комутатор (ВК1) поступає на пристрій контролю параметрів (ПКП). ПКП включає в себе пристрої вимірювання та порівняння параметрів з нормами. Результати контролю передаються до пристрою обробки (ПО), де можуть бути порівняні зі зразковими результатами, збереженими в оперативному запам'ятовуючому пристрої (ОЗП). Крім того, в ОЗП може бути записана програма перевірки, яка надходить від пристрою введення програми (ПВП) через пристрій розподілу (ВК2) інформації (ПРІ). ПРІ також керує роботою генератора стимулюючих сигналів (ГСС) та вимірювального комутатора (ВК2), на вхід якого подаються напруги від ГСС. Ці напруги, з виходів ВК2, перетворюються перетворювачами (П1 – Пn) у відповідні сигнали, які впливають на об'єкт діагностики. Такі сигнали можуть бути як електричними, так і неелектричними. Подання інформації операторові (О) здійснюється за допомогою засобу подання інформації (ЗПІ). Залежно від отриманої інформації, оператор може втручатися через пристрій керування (ПК) та вносити зміни у програму перевірки на ПВП.

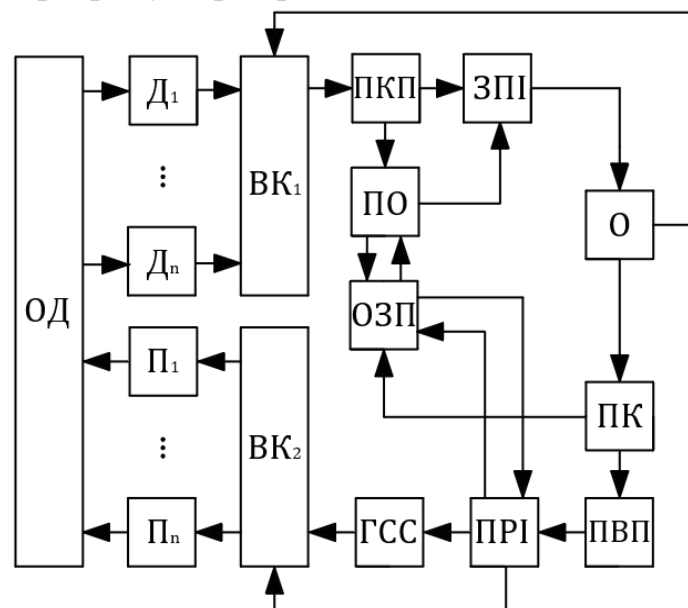


Рисунок 3 – Структурна схема системи технічної діагностики

Під терміном "образ" мається на увазі назва простору ознак, в якому відображаються загальні властивості виділеної з певною метою множини об'єктів. Розпізнавання образів, з іншого боку, є процесом, під час якого встановлюється відповідність між об'єктами, що розпізнаються, і образами. Ця відповідність формується через порівняння ознак об'єктів і образів, а рішення про належність розпізнавання об'єктів до певного образу приймається за допомогою алгоритму.

Отже, якщо обмежити увагу лише процесами вимірювання, контролю, діагностики та розпізнавання образів, які виконуються з матеріальними об'єктами, можна визначити спільні риси структур, але водночас виділити різницю в алгоритмах їхньої реалізації.

Існування в системах вимірювання, контролю, діагностики та розпізнавання образів обладнання обчислювальної техніки, таке як мікропроцесори, мікро- та міні-ЕОМ, персональні комп'ютери, є важливою характеристикою для класифікації. У зв'язку з цим, виникли два основні напрями розвитку в цих областях: а) вимірювально-обчислювальні комплекси (ВОК); б) комп'ютерно-вимірювальні системи (КВС).

Висновок. Класифікація вимірювально інформаційних систем є ключовим етапом в організації та розвитку сучасних систем вимірювань. Здійснюючи систематизацію цих технологій, можна виділити різноманітні підходи та методи, що сприяють оптимізації вимірювальних процесів у різних галузях. Важливо враховувати розвиток технологій обробки даних, автоматизації, а також використання сучасних засобів штучного інтелекту та інтернету речей у вимірюваннях. Класифікація вимірювально інформаційних систем допомагає впорядковувати різноманітні підходи та ресурси, сприяючи ефективнішому використанню вимірювань для досягнення конкретних цілей у науці, промисловості та інших сферах.

Л і т е р а т у р а

1. Стринадко М.Т. Конспект лекцій з навчальної дисципліни “Метрологія та стандартизація”. Чернівці: Чернівецький національний. Університет імені Юрія Федьковича, 2022. 275 с. URL:

<https://archer.chnu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/4737/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F%20%20%D1%82%D0%B0%20%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B4%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F.pdf?sequence=1&isAllowed=1>

2. Л.В. Коломієць, П.П. Воробієнко, М.Т. Козаченко, М.Б. Налісний, В.Л. Серебрін, Л.О. Козаченко, О.В. Грабовський, Л.О. Лебединська. “Метрологія, стандартизація, сертифікація та управління якістю в системах зв’язку”. Одеса: ТОВ «ВМВ», 2009. 376 с. URL: https://dut.edu.ua/uploads/1_320_67935170.pdf

3. Tom Morison. AN INTRODUCTION TO METROLOGY AND QUALITY IN MANUFACTURING. URL: <https://www.heatreat.net/blogs/tom-morrison/2017/05/17/an-introduction-to-metrology-and-quality-in-manufacturing>

4. Ernest O. Doebelin. Measurement Systems: Application and Design. URL: https://physicsinstrumentation.files.wordpress.com/2015/03/measurement_systems_application_design.pdf

OPTIMIZATION MODELS AS PARTIAL SOLUTIONS IN THE PROCESS OF SYSTEM ANALYSIS

Panchenko A.A. – bachelor's student, panchenko_aa@gsuite.duit.edu.ua
Kulbovskiy I.I. – Ph.D., Associate Professor, kulbovskiy_ii@gsuite.duit.edu.ua
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *This paper explores the pivotal role of optimization models as partial solutions in the system analysis process. It highlights their significance in understanding and enhancing complex systems. Through a comprehensive discussion, this paper demonstrates how optimization models contribute valuable insights to decision-making in various fields.*

Keywords: *optimization models, system analysis, partial solutions, efficiency, resource allocation, trade-off analysis, process synchronization.*

The relevance of the study. System analysis is instrumental in comprehending intricate systems. It provides a structured approach to evaluate components, interactions, and overall behavior. Optimization models offer a mathematical foundation to tackle specific aspects, thereby aiding in the holistic analysis of complex systems [1].

The purpose. The purpose of this essay is to elucidate how optimization models act as indispensable tools within the system analysis process. By focusing on partial solutions, these models enable a more detailed examination of components, resources, trade-offs, and process sequences.

Main text.

Component Efficiency

- Optimization models facilitate the enhancement of individual components within a system. Consider an example in the manufacturing industry, where a complex production line consists of multiple machines. An optimization model can be employed to determine the optimal operating parameters for each machine, taking into account factors such as production speed, energy consumption, and maintenance schedules. By fine-tuning these parameters,

the overall efficiency of the production line can be significantly improved, leading to higher throughput and lower operational costs [2].

Resource Allocation

- In industries where resources are finite, such as logistics and supply chain management, optimization models play a crucial role. For instance, in a distribution network, the allocation of goods to different warehouses and transportation routes can be optimized to minimize transportation costs while ensuring timely delivery. This involves considering variables like transportation capacity, demand patterns, and inventory levels. The result is a streamlined operation that maximizes resource utilization and minimizes waste.

Trade-off Analysis

- Optimization models excel in situations where trade-offs between conflicting objectives need to be carefully balanced. Take the example of a construction project where the goal is to minimize construction time while also keeping costs within budget. An optimization model can analyze various construction schedules, considering factors like labor availability, equipment utilization, and material delivery times. Through iterative simulations, the model identifies the schedule that strikes the optimal balance between time and cost, ensuring the project's success.

Process Synchronization

- In complex systems, especially those involving interconnected processes, synchronization is paramount. Optimization models can be employed to determine the optimal sequencing and timing of these processes. For instance, in a manufacturing plant, the production schedule can be optimized to minimize idle time and maximize the utilization of resources. By synchronizing operations such as material handling, machining, and assembly, the overall throughput of the plant can be significantly improved.
- Furthermore, optimization models find extensive application in fields beyond engineering and technology. In economics, they are used to optimize production levels and pricing strategies for businesses. In healthcare, they guide resource allocation in hospitals and optimize patient scheduling. Environmental planners use them to design sustainable urban systems that minimize resource consumption and pollution.

Integration of Partial Solutions

- The real strength of optimization models lies in their ability to integrate into a broader system analysis framework. Partial solutions from different models can be combined to create a comprehensive understanding of the system. For

example, in a large-scale industrial plant, optimization models can be applied to individual processes, and their solutions can be integrated to form an overall plant-wide optimization strategy. This integration allows for a holistic approach to decision-making, where the impact of changes in one area on the overall system can be evaluated [3].

Conclusion. Optimization models serve as crucial partial solutions in the system analysis process. By addressing specific components, resource allocation, trade-offs, and process synchronization, these models provide a deeper understanding of the system. When integrated, these partial solutions offer a comprehensive view, empowering decision-makers to make informed choices for system improvement. In essence, optimization models are indispensable tools in the pursuit of efficient and effective system analysis.

References

1. MDPI. Special Issue "Optimization Models and Applications". URL: https://www.mdpi.com/journal/axioms/special_issues/HIP0152SM0
2. ResearchGate. Integrating Mathematical Optimization and Decision Making in Intelligent Fields. URL: https://www.researchgate.net/publication/241790004_Integrating_Mathematical_Optimization_and_Decision_Making_in_Intelligent_Fields
3. Springer Link. Investigation of Optimization Models in Decisions Making on Integration of Innovative Projects. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-54215-3_4.

INNOVATIVE MODEL OF UPDATE OF DETAILS OF OWNERS OF AUTONOMOUS SYSTEMS

Stupak A.E. – specialist degree, stupak_ae@gsuite.duit.edu.ua

Kulbovskiy I.I. – Ph.D., Associate Professor, kulbovskiy_ii@gsuite.duit.edu.ua

Kyiv Institute of Railway Transport

State University of Infrastructure and Technologies

Ukraine, Kyiv

Abstract. *The modern context of Ukraine's development cannot be considered without taking into account the influence of information technologies and the updating of data on the owners of autonomous systems. A high level of information provision, scientific and technical progress and the introduction of advanced technologies require the development and active implementation of innovative models for the full development of the country.*

Keywords: *information technology, autonomous systems, innovative development models, cybernetics, computer science, product life cycle.*

The relevance of research. In the modern world, humanity is going through a period of scientific and technical revolution, where electronic computing technology is the main pillar. This technique gives rise to a new type of technology - information technology, where information acts as "raw material" and "product". Even with the inclusion of material and energy processing processes, it is the information that defines the new dimension of technological progress that is important.

Production and information technologies do not arise by themselves, but arise as a result of technologization of social processes. This process involves the purposeful influence of man on various fields of production for their transformation with the use of machinery.

An information technology toolkit is one or more interconnected software products for a specific computer. Here you can highlight word processors, desktop publishing systems, spreadsheets, database management systems, electronic notebooks, electronic calendars, as well as other information systems for finance, accounting, marketing and expert systems.

Information is becoming the basis of a profitable business, and proper information processing and database management is a necessary resource for managers. However, databases containing information about partners and customers lose relevance over time, and the information itself becomes old.

An autonomous system (AS) is a connected group of IP addresses defined by one or more Internet operators that has well-defined routing policies. Here, the term "prefix" is synonymous with "CIDR block". Autonomous systems arise due to the technologization of social processes and are used to manage the routing of IP packets on the Internet.

The main research materials.

The history of information technologies began long before the beginning of the 20th century and the formation of informatics. The initial origins of this history can be traced back to the invention of mechanical computing machines and the development of mathematical theories that led to the formation of modern concepts and computers. The active development of information systems began in the 1960s, parallel to the emergence and development of the first information systems.

The rapid development of the IT sector in the late 1990s was caused by large investments in Internet infrastructure and services. In Ukraine, V.M. Glushkov, the founder of the Institute of Cybernetics of the National Academy of Sciences of Ukraine, played an important role in defining the IT development strategy and bringing this industry into the global context.

The process of establishing informatics as a scientific discipline began in 1895, when the International Bibliographic Institute was founded in Brussels. Cybernetics, which developed actively after the Second World War, was defined as the general

science of control and communication in various systems, including artificial, biological and social.

The concept of "autonomous system (AS)" is related to the border gateway protocol BGP. BGP is used for routing between autonomous systems, and each system has a unique number, which in 2012 was proposed to be recorded in 32-bit form.

At the stage of machine resources (50s - 60s), the main goal of IT was to increase the efficiency of data processing with the help of already formalized or weakly formalized algorithms. During the programming phase (mid-1960s to early 1980s), the emphasis shifted to saving human resources by reducing the cost of machine operations. The stage of the latest technologies (early 80s) is characterized by the concept of auto-formalization of users' professional knowledge and intellectualization of all forms of interaction with technical means.

PLM (Product Lifecycle Management) is a strategic approach to enterprise management that uses interoperable solutions to support the presentation of product information throughout its creation, implementation, and operation, integrating human resources, processes, and information. Here, a product is understood not only as a product, but also as performed works (services).

It was found that computer science represents an extensive field of education and a dynamic environment based on advanced achievements in the field of information systems and technologies. Recently, this direction has been developing in the direction of greater intellectualization, which is confirmed by the emergence of innovative directions, such as cyber-physical systems, robotics, metadata taxonomy, cognitive modeling, virtual and augmented reality, machine learning technologies, quantum engineering, identification technologies (RFID), systems of functional network visualization and others.

Information technology is a process that uses various means and methods to collect, process and transmit data in order to obtain a new level of information about the state of an object, process or phenomenon. Depending on the field of application, information technologies are divided into information technologies of input, processing and storage of information by functional areas; information technologies of information protection; information technologies of production process management.

Computer information technology has gone through several stages of development, such as the stage of machine resources, the stage of programming, the stage of new information technologies and the stage of high information technologies. These technologies have a number of characteristics: a high degree of dismemberment of the process, systemic completeness (integrity) of the process, regularity of the process and ambiguity of its phases.

A product lifecycle management (PLM) solution connects information and people, helping them work efficiently and harmoniously. PLM allows the integration

of various divisions of the enterprise, including accounting, finance, research and development (R&D), manufacturing, capital construction, material supply, maintenance and repair. PLM also enables collaboration with partners, contractors, customers, and service providers. The implementation of PLM technologies involves the creation of a single information space that unites automated systems to effectively solve the tasks of engineering and production planning.

Conclusions. The proposed innovative model for updating the details of owners of autonomous systems and IP addresses takes into account modern trends and requirements in the field of network technologies, aimed at improving the efficiency of management and use of Internet resources.

References

1. Tanenbaum, A. S., & Wetherall, D. J. (2011). Computer Networks. Pearson Education.
2. RFC 4271: Rekhter, Y., Li, T., & Hares, S. (2006). A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4). IETF.

RESEARCH OF MODERN SEMANTIC SEARCH TECHNOLOGY

Zahoruyko O.V. – bachelor's student, zahoruyko_ov@gsuite.duit.edu.ua

Zahoruyko A.V. – bachelor's student, zahoruyko_av@gsuite.duit.edu.ua

Kulbovskiy I.I. – Ph.D., Associate Professor, kulbovskiy_ii@gsuite.duit.edu.ua

Kyiv Institute of Railway Transport

State University of Infrastructure and Technologies

Ukraine, Kyiv

Abstract. *The provided study focuses on addressing the research question: how can computational content-based models enhance the efficiency of semantic information retrieval? The central concept is that by employing data abstract and clustering techniques in collaboration with human interaction through manually generated queries and visual exploration, the performance of semantic search can be enhanced.*

Keywords: *Semantic search, Information retrieval methods, Artificial intelligence in semantic information retrieval.*

The relevance of the study. Semantic information retrieval is relevant in the context of the ever-growing volume of data on the Internet. Traditional search systems often struggle to consider the semantic meaning of queries, leading to ineffective results. Semantic search involves understanding the meaning of words and context, enabling a more precise determination of user intent and providing more relevant search results. Its application in search systems, especially in the fields of artificial

intelligence and natural language processing, makes information retrieval more productive and convenient for users.

The purpose. The aim of this research is to highlight the development of natural language processing technologies for information retrieval, as well as to achieve a better understanding of linguistic structures and user intentions.

Main text. The increase in the volume of information has led to the complication of user information search. The task of information retrieval is a classical problem in computer science. Despite active research in this field for quite some time, the efficiency of modern search systems is far from ideal. As a result, search systems are constantly being improved, and new approaches are being developed. In recent years, significant attention has been given to information search based on semantics. In analyzing information on this topic, three main approaches to semantic search were identified: result clustering, syntactic and semantic search, and consideration of semantic relationships between concepts. Some approaches enhance the semantic power of search mechanisms by combining traditional keyword search with subsequent result clustering. Others rely on the results of syntactic and semantic analysis of texts, considering the principles of natural language communicative grammar theory, where the meaning of a query is determined by the set of its constituent syntactic units.

The two approaches mentioned improve search accuracy by correctly interpreting semantic concepts and resolving ambiguities in terms of the polysemy of interpretation. However, they only find documents where at least one word from the query is present. If a document does not contain any words from the query, it will not appear in the search results. To overcome this limitation, the third approach is used – search based on semantic relationships between concepts.

When comparing semantic search approaches with traditional keyword search, it can be noted that theoretically, they have several advantages over traditional approaches in terms of increasing the relevance of obtained results, as they consider the content as a whole rather than individually. The old approach of search systems focused solely on keywords, resulting in varying reliability of results. Modern search systems use semantics to search for associations between different words, attempting to reflect human communication. Thus, the search system can produce results that more accurately match the user's query context.

The main drawback of semantic search approaches compared to traditional keyword search is that content processing algorithms depend on the specific characteristics of the analyzed natural language. Special algorithms need to be created for different natural languages, considering their syntactic and semantic features, word relationships, etc. Therefore, implementing semantic search approaches in systems is a complex and labor-intensive task. It is challenging to definitively answer the question of whether it is better to formulate a search query using a set of keywords or a natural

language question. Perhaps the best solution is a combination of both, where search systems must understand various forms of queries. For this purpose, it makes sense to transform a user's natural language query into the corresponding set of keywords.

It is also worth noting that recently, there has been significant progress in semantic search using artificial intelligence, which has accelerated due to advancements in machine learning and natural language processing technologies. Key directions of development include AI learning, the use of deep neural networks for text analysis, and the application of advanced algorithms for recognizing and understanding relationships and context between words and phrases.

Conclusion. The development of semantic search through artificial intelligence opens new possibilities for efficient access to information and its analysis in the online environment. This contributes to improving user experience, providing accurate and relevant search results, and suggests that soon, this search method will become the most promising and rapidly advancing, as the one who possesses information holds the world.

R e f e r e n c e s

1. Bodo Billerbeck, Falk Scholer, Hugh E. Williams, and Justin Zobel. 2003. Query expansion using associated queries. In Proceedings of CIKM 2003. 2–9. URL: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/956863.956866>
2. Claudio Carpineto and Giovanni Romano. 2012. A survey of automatic query expansion in information retrieval. ACM Computing Surveys 44, 1 (2012), Article 1, 50 pages. URL: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/2071389.2071390>
3. Hannah Bast, Bjorn Buchhold, and Elmar Haussmann. 2016. Semantic search on text and knowledge bases. Foundations and Trends in Information Retrieval 10, 2-3 (2016), 119–271. URL: <https://www.nowpublishers.com/article/Details/INR-032>

СЕКЦІЯ 7: ЕЛЕКТРОНІКА ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

SECTION 7: ELECTRONICS AND INSTRUMENTATION ENGINEERING

ТЕНДЕНЦІЯ ТА ПРОБЛЕМАТИКА МАШИННОГО НАВЧАННЯ В БІРЖОВІЙ ТОРГІВЛІ

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

TRENDS AND PROBLEMS OF MACHINE LEARNING IN STOCK TRADING

Karnatov S.A. – graduate 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. Machine learning (ML) helps analyse large volumes of data and consider for various factors that influence the markets, such as economic events, political decisions and news. However, there are numerous challenges associated with the use of ML in stock trading, related to the subject area and its features. The most influential factors in the development of ML systems are considered: market volatility, overfitting and underfitting, historical anomalies, data delay. It is also necessary to single out the problems of identifying features for the formation of the ML model: insufficient data, multicollinearity, lack of relevant features, economic and fundamental interpretation. However, when operating ML models, they can become victims of manipulative data in the news and especially social networks.

Keywords: Automated Trading Systems, analysis of news and social media, overfitting, underfitting, historical anomalies ("black swan"), multicollinearity, GIGO

Актуальність дослідження зумовлена зростаючою складністю ринків, торгівці повинні адаптуватися до умов, що постійно змінюються. Машинне навчання дозволяє аналізувати величезну кількість даних і виділяти важливі сигнали серед шуму, що допомагає приймати обґрунтовані рішення. Також на сучасних ринках швидкість грає вирішальну роль. Машинне навчання дозволяє розробляти автоматизовані торгові стратегії, які можуть реагувати на ринкові події в мільсекундах, що надає конкурентну перевагу.

Метою роботи є огляд основних тенденцій розвитку машинного навчання в біржовій торгівлі та наростаючої проблематики пов'язаної із конкуренцією та невизначеністю майбутніх чинників.

Машинне навчання (МН) стало важливою складовою біржової торгівлі, де точність та швидкість прогнозування цін акцій і валют можуть визначити успіх або невдачу. МН допомагає аналізувати великі обсяги даних та враховувати різні фактори, що впливають на валютні ринки, такі як економічні події, політичні рішення та новини. Але слід зазначити, що не досліджується вплив самої моделі на ринок і взагалі відсутність великих грошей – величезна структурна перевага [1]. Ось деякі моделі МН, які використовуються:

Виявлення трендів та патернів: МН може допомогти ідентифікувати тренди на ринку та різні патерни поведінки цін, такі як графіки свічок та патерни технічного аналізу. Моделі можуть шукати ці патерни в реальному часі і використовувати їх для прийняття рішень[2].

Управління ризиками: МН може допомогти оцінити ризики та волатильність на ринку, що дозволяє інвесторам визначати оптимальний розмір позиції та захищати себе від великих втрат.

Аналіз новин і соціальних медіа: МН може використовувати аналіз тексту для відстеження новин та соціальних медіа з метою виявлення того, як вони впливають на ринок.

Автоматизована торгівля: МН дозволяє створювати автоматизовані торгові системи, які можуть самостійно виконувати торговельні операції на основі певних стратегій і сигналів.

Аналіз портфеля: МН може використовуватися для оптимізації структури та диверсифікації портфеля інвестора, щоб знизити ризики та збільшити потенційну прибутковість.

Проте існують численні виклики, пов'язані з використанням МН в біржовій торгівлі, пов'язані із предметною областю та його особливостями.

Волатильність ринку: Фінансові ринки відомі своєю великою волатильністю, що робить передбачення цін акцій і валют досить складним завданням. Моделі, навчені на попередніх даних, можуть не враховувати незрозумілі або вкрай важкі події, які відбуваються на ринку.

Перенавчання (overfitting) та недонавчання (underfitting): Моделі машинного навчання можуть бути схильні до перенавчання, коли вони надмірно пристосовуються до навчальних даних і не можуть узагальнювати до нових даних. З іншого боку, недонавчання відбувається, коли модель недостатньо навчена і не може правильно передбачати навчальні дані.

Затримка даних: У біржовій торгівлі швидкість реакції на новини і події на ринку дуже важлива. Затримка в доступі до даних або в обробці може призвести до втрат.

Історичні аномалії: Фінансові ринки періодично виникають аномальні ситуації, такі як "чорний лебідь" події, які неможливо передбачити за допомогою історичних даних. Машинне навчання не завжди може враховувати такі події.

Ось деякі ключові аспекти проблематики вибору ознак (feature selection) для формування моделі МН в контексті біржової торгівлі [3]:

Недостатність даних: Для успішного вибору ознак необхідно мати достатньо обсяжний та репрезентативний набір даних. Проте біржові дані можуть бути дорогими та складними у зборі. Недостатність даних може обмежити можливості вибору корисних ознак.

Мультиколінеарність: Мультиколінеарність виникає, коли декілька ознак сильно корелюють одна з одною. Це може спричинити проблеми при визначенні ваги кожної ознаки в моделі, оскільки важко сказати, яка саме ознака внесла вклад.

Відсутність релевантних ознак: Не всі ознаки можуть бути корисними для передбачення руху цін на ринку. Важливо відсіяти ознаки, які не мають впливу на ринок, і вибрати лише ті, які дійсно є інформативними ("Garbage in, garbage out!"(GIGO) [4]).

Економічна та фундаментальна інтерпретація: Деякі ознаки можуть мати економічну або фундаментальну основу, яка пояснює їх вплив на ринок. Важливо мати глибоке розуміння цих зв'язків для правильного вибору ознак.

Робастність до шуму: Біржові дані можуть бути зашумленими та містити випадкові коливання. Моделі повинні бути робастними до шуму, і вибір некорисних ознак може підвищити чутливість до шуму.

Взаємозв'язок з часом: У біржовій торгівлі час грає важливу роль, і деякі ознаки можуть бути змінними в часі. Правильна обробка та вибір ознак з часовими залежностями може бути складною задачею.

Обробка тексту та природної мови: Аналіз тексту та розуміння природної мови - це складні задачі в машинному навчанні, оскільки текст може вимагати контекстуального розуміння.

Крім того великою проблемою є обробка новин оскільки досить високий рівень маніпуляції в мережі Інтернет, надання недостовірної інформації, її перекручування з метою маніпулювання. Розрізнити достовірну інформацію надзвичайно важко.

Висновок. Застосування глибокого навчання (Deep Learning), зокрема нейронні мережі зі згортковими шарами (CNN) та рекурентні нейронні мережі (RNN), може покращити точність прогнозування цін фінансових інструментів.

Моделі глибокого навчання можуть автоматично визначати складні залежності в даних. Використання обробки природної мови (NLP) дозволяє МН створювати моделі для виявлення новин та суспільних подій, які можуть впливати на ринок. Але таке моделювання все ще не спроможне виявити ситуацію "чорного лебедя" та виявляти маніпулятивні впливи на ринок, що може призвести до суттєвих збитків.

Л і т е р а т у р а

1. Миллер Джереми (2022). Правила інвестування Воррена Баффета. Як зберігати та примножувати капітал. Київ: BookChef, 320 с.
2. Павлов Р., Павлова Т., Лемберг А. (2018) Стратегія біржової високочастотної торгівлі фінансовими активами: ефективність та етика. ResearchGate. Вилучено із: https://www.researchgate.net/publication/328006347_Strategia_birzovoi_visokocastotnoi_torgivli_finansovimi_aktivami_efektivnist_ta_etika
3. Brownlee Jason (2020) How to Choose a Feature Selection Method For Machine Learning. Machine Learning Mastery. Retrieved from: <https://machinelearningmastery.com/feature-selection-with-real-and-categorical-data/>
4. Dutta Baruah Indraneel (2022) Deep-dive on ML techniques for feature selection in Python. Towards Data Science. Retrieved from: <https://towardsdatascience.com/deep-dive-on-ml-techniques-for-feature-selection-in-python-part-1-3574269d5c69>

ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖ ДЛЯ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ДАНИХ ЛАБОРАТОРНИХ ПРИЛАДІВ

Кралевиц А.В. – балакаврант, andrew.krlevich@gmail.com
Державний університет інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

USING NEURAL NETWORKS TO DIGITIZE DATA FROM LABORATORY DEVICES

Krlevych A.V. – bachelor's student, andrew.krlevich@gmail.com
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The paper analyzes the use of neural networks to obtain data from devices that do not have a direct connection to computers. Thanks to the proposed method, it becomes possible to cheaply and universally collect, analyze and use data without human intervention allowing the process to be automated. This method allows you to extend the life of working old devices, increase the level of automation of input data and reduce the human factor, which will increase the overall efficiency of work.*

Keywords: *Artificial Neural Network, automation, instrumentation, stator field asymmetry*

Актуальність дослідження зумовлена тим що в наших лабораторіях, на виробництві і на робочих місцях є багато приладів, які досі успішно виконують свою функцію, але які не мають прямого підключення до комп'ютера. Проте, прогрес не стоїть на місці і практично усі обчислення, документи і дані ми проводимо, зберігаємо і обробляємо на комп'ютері, а не вручну. Купівля нових приладів з можливістю їх підключення безпосередньо до комп'ютера не завжди доцільна з причини високої ціни устаткування при ще працюючому. Було б ефективніше передавати дані із старих приладів відразу на потрібне місце в комп'ютері для їх автоматичної обробки, без участі людини.

Метою роботи є аналіз можливості створення пристрою (за допомогою впровадження нейронної мережі), що дозволяє автоматично прочитувати дані будь-яких приладів і завантажувати їх в необхідний файл будь-якого формату на комп'ютер. Сам принцип роботи нейронної мережі в цій роботі розглядатися не буде, лише прикладний приклад використання.

Спершу я хочу надати основну послідовність дій, виконання якої дасть необхідний результат. Пізніше ж, я розповім про сам пристрій і програму-нейромережу, що працюють у зв'язці.

1. Установка. Облаштування розпізнавання значень біля приладової шкали. Пристрій (залежно від вибраного алгоритму) фотографуватиме на власну міні-камеру показання приладу;

2. Відправка отриманих даних (фотографій) на комп'ютер, в конкретний файл або місце;

3. Розпізнавання програмою-нейромережею по отриманих фотографіях потрібних даних і перетворення їх в звичайний комп'ютерний текст (таблицю, число, значення і так далі);

4. Автоматичне виведення оброблених нейромережею даних в Microsoft Word, Microsoft Excel, будь-яку теку (при необхідності - з додаванням часу, коли ці дані були отримані).

Таким чином відбуватиметься автоматична передача і обробка даних з будь-якого вибраного приладу без участі людини.

Але що потрібне для створення такого пристрою?

Сам по собі пристрій не є принципово новим. Основні його компоненти:

- камера з можливістю зйомки;
- акумулятор (або інше джерело живлення) для автономної роботи;
- модуль зв'язку з комп'ютером і можливості передачі даних (наприклад, Bluetooth- модуль).

Усе інше – опціонально, оскільки представляє модернізацію і доповнення до основного пристрою.

Такий пристрій можна або зібрати самостійно, або використати вже існуючі моделі. При самостійному складанні можливо добитися ціни всього в 5-7 доларів США (по курсу на листопад 2023 року).

Проте, у відмінності від пристрою, принципово новим є саме програмна нейромережа, яка дозволяє прочитувати абсолютно будь-які заздалегідь закладені види даних. У тому числі - прочитувати показання приладів по фотографії. Це можуть бути як фотографії з відблисками, фотографії поганої якості або група фотографій. Правильно навчена нейронна мережа здатна розпізнавати навіть рукописні числа і текст.

На комп'ютері встановлюється необхідна программа-нейронна мережа (я пропоную написання подібних програм на кодї програмування Python, проте, оскільки програма є лише реалізацією математичної моделі, її можна реалізувати на будь-якій іншій мові програмування.) і задаються необхідні параметри. Програма дістає доступ до теки (файлу) з фотографіями, зібраними з Пристрою, починаючи аналіз. Сам по собі аналіз виглядає ось так:

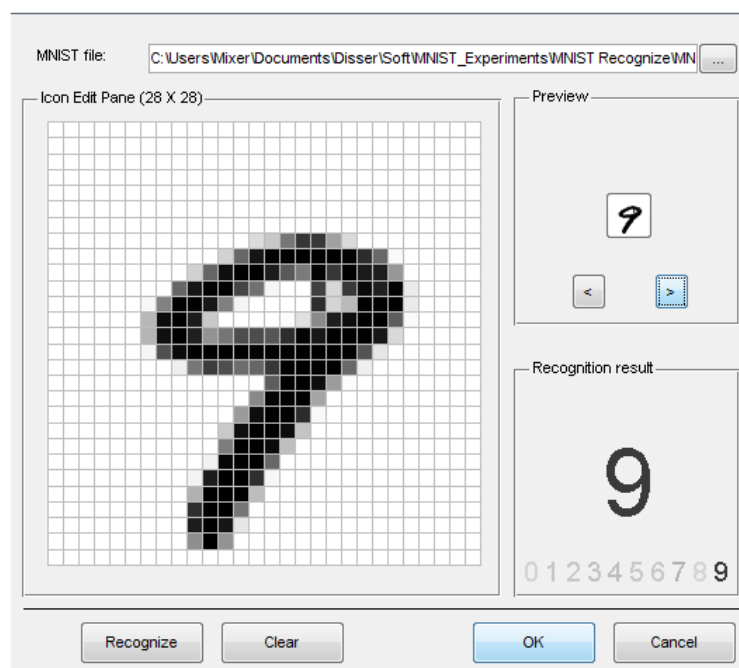


Рисунок 1 – Переклад рукописного тексту на цифровий за допомогою нейромережі

Після аналізу і виявлення необхідних числових (чи буквених, табличних) даних, програма автоматично передає оброблені дані у будь-який вибраний документ, файл, таблицю.

Можливостей обробки даних багато. Їх можна відразу заносити в таблицю Microsoft Excel, де прописані формули відразу видадуть результат непрямих вимірювань.

Що саме головне, подібна автоматизація виключає людський чинник і знижує погрішність (проте, не виключає її.)

Подібну зв'язку пристрій-нейронна мережа найближчим часом я планую зібрати для лабораторії НДКТІ і перевірити на практиці доцільність цього методу.

Собівартість пристрою (разом з програмою - нейромережею) орієнтовно дорівнює 10-15\$/шт., що явно дешевше за купівлю нових приладів.

Висновок. Загалом є можливість створити недорогий, автономний та зручний для експлуатації пристрій, який можна буде використовувати в будь-якому місці для будь-яких приладів. Ефективність роботи, з допомогою делегування спостережень, підвищиться, а людський чинник навпаки – знижуватиметься. Нейромережа сама по собі є цінним інструментом майбутнього, який у будь-якому випадку активно впроваджуватиметься в наше життя. Мій аналіз – одна з безлічі можливостей застосування такого сильного інструменту на практиці. Запропонований мною пристрій можна як завгодно модернізувати і досягати більш високих результатів, що означає перспективу дослідження та покращення даної технології.

Л і т е р а т у р а

1. Tariq Rashid - Make Your Own Neural Network. 2016. pp. 35-90.
2. Якимов О.В., Марчук В.І., Якимов О.О., Ларшин В.П. Технологія машинотехнологічного приладобудування. Підручник: Луцьк, ЛДТУ. 2005.710с.
3. Simon Haykin - Neural Networks: A Comprehensive Foundation(Subsequent Edition). 1994. pp. 15-19.
4. Cybenko, G.V - Approximation by Superpositions of a Sigmoidal function. У van Schuppen, Jan H. Mathematics of Control, Signals, and Systems. Springer International. 2006. С. 303-314.

АНАЛОГОВИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ЛІНІЙНИМ КРОКОВИМ ПРИСТРОЄМ

Павлюченко М.О. – бакалавр, Nikitapavlyuchenko@gmail.com

Смолянінов В.Г. – к.т.н., доц., 701_701@ukr.net

Київський національний університет технологій та дизайну
Україна м. Київ

ANALOG CONVERTER FOR CONTROLLING A LINEAR STEPPER DEVICE

Pavlyuchenko N.O. – bachelor, Nikitapavlyuchenko@gmail.com

Smolianinov V.G. – Candidate of Technical Sciences, Docent, 701_701@ukr.net

Kyiv National University of Technologies and Design
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The paper analyzes the use analog logical elements for building control systems electromagnetic linear stepwise devices. As the main node management reviewed circuit design implementation and operation of an analog converter using whom analyzed informational input signal, memorized its maximum is compared with the current input signal and at its change a control signal is generated linear stepper device . The features of the operation of analog operational amplifiers in an analog converter for generating control signals are considered. Defined time formation impulse control across parameters elements analog converter circuits .*

Keywords: *analog converter , control system , linear stepper device.*

Актуальність дослідження зумовлена широким впровадженням в виробничий процес автоматизованих засобів виробництва на основі електромагнітного приводу з використанням в якості виконуючого органу лінійного кроковий пристрою.

Метою роботи є проведення оглядового аналізу та розробка схемо - технічної реалізації аналогового перетворювача для побудови системи керування лінійним кроковим пристроєм.

При аналізі роботи виконуючого механізму з лінійним кроковим пристроєм (ЛКП) при пересуванні його рухомої ланки у ввімкнутих обмотках відбувається зміна струму [1, 2], яку можливо використати в якості інформаційної сигналу для керування ЛКП.

Після аналізу роботи ЛКП [3, 4], для відслідковування вхідного сигналу в системі керування ЛКП можна використати аналоговий перетворювач (АП). Розроблений АП складається з двох операційних підсилювачів (ОП) DA1 та DA2, схемотехнічна реалізація якого наведена на рис. 1.

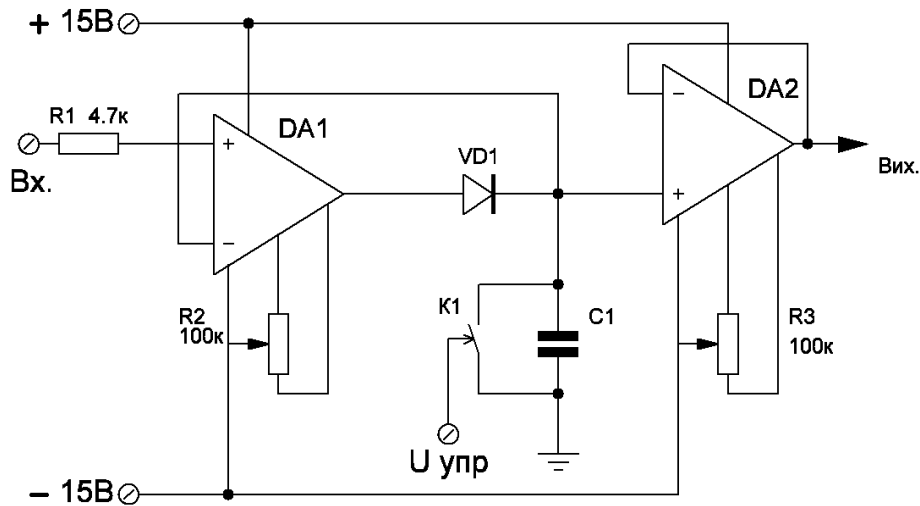


Рисунок 1 – Схемотехнічна реалізація аналогового перетворювача

Для відслідковування зміни форми вхідного сигналу використан ОП DA1, а для запам'ятовування його максимального значення - конденсатор C1. Діод VD1, не дає можливості розряду C1, коли вхідний сигнал стає меншим ніж запам'ятований вхідний. Другий ОП DA2 - повторювач, що зменшує похибку детектування максимального значення вхідного сигналу, яка обумовлена напругою зміщення нуля, вхідними струмами та кінцевим значенням підсилення ОП DA1. Це дозволяє отримати надійне лінійне запам'ятовування значення напруги на конденсаторі C1. Зазначимо, що ОП DA2 також може виконувати функцію схеми зсуву. Зсув рівня вихідної напруги ОП DA2 можна отримати шляхом його розбалансування відносно нульового положення за допомогою опору R3. При використанні ОП в системі керування ЛКП, мінусовий вхід DA2, розмикається і на нього подається сигнал з виходу перетворювача «струм – напруга» який ввімкнутий в обмотки керування ЛКП.

Процес заряду конденсатора C1 відбувається наступним чином, сигнал з входу ОП DA1 обумовлює протікання зарядного струму крізь вихідні ланцюги: ОП DA1 – діод VD1 - конденсатор C1. Робоча точка діода VD1 зміщується в область (ділянку) запирання при зменшенні вхідного сигналу і струм крізь діод VD1 – зменшується. В момент часу t_1 [1], напруга на конденсаторі C1 перевищує вхідну напругу і діод VD1 зміщується в область відсічки. При цьому $t_1 \approx 2,3R_q R_\phi C_1 / (R_q + R_\phi)$, де R_q, R_ϕ - внутрішній опір діода VD1 та вхідний опір ОП DA2, відповідно.

При закритому діоді VD1 відбувається розряд конденсатора C1 на опір R_ϕ і час розряду - τ_p , дорівнює: $\tau_p \approx 2,3R_\phi C_1$. Враховуючи, що $R_\phi > R_q$, зміна (зменшення ємності) конденсатора C1, призводить до зменшення τ_p , що підвищує ефективність керування ЛКП.

Висновок. В результаті проведеного аналізу засобів керування ЛКП, розроблений аналоговий перетворювач, що дозволяє за допомогою нескладних схемотехнічних рішень значно спростити побудову системи керування ЛКП, здійснити ефективне відслідковування вхідного інформаційного сигналу з обмоток ЛКП та керуючись його змінами організувати керування ЛКП в залежності від положення його рухомої ланки.

Л і т е р а т у р а

1. Смолянінов В. Г. Енергоефективне керування лінійним кроковим пристроєм / В. Г. Смолянінов, О. М. Сухопара // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. К.: КНУТД, 2019. Вип. 4 (136). С. 49-57.
2. Коваленко М.А., Автономний експериментальний стенд для випробування уніполярного крокового двигуна на базі мікроконтролера / М.А. Коваленко, Д.С. Мацюк // Електротехніка та електроніка. 2015. № 2. С 15-20.
3. Гнатов А. В. Теорія електроприводу транспортних засобів / А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун, І. С. Трунова. Харків: ХНАДУ, 2016. 292 с.
4. Douglas W. Jones Control of Stepping Motors / W Douglas, A.W. Yeadon. A Tutorial, McGraw-Hill, 2001. 256 p.

СЕКЦІЯ 8: МЕХАНІЧНА ІНЖЕНЕРІЯ

SECTION 8: MECHANICAL ENGINEERING

АНАЛІЗ МІЦНОСТІ КРИШКИ ЛЮКА УНІВЕРСАЛЬНОГО НАПІВВАГОНА ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ В НЬОМУ КОНТЕЙНЕРІВ

Ватуля Г.Л. – д.т.н., проф., glebvatulya@gmail.com

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова
Україна, м. Харків

Герлиці Ю. – др. інж., проф., juraj.gerlici@fstroj.uniza.sk

Ловська А.О. – д.т.н., проф., alyona.lovaska@fstroj.uniza.sk

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

ANALYSIS INTO THE STRENGTH OF THE HATCH COVER OF AN OPEN WAGON TRANSPORTING CONTAINERS

Vatulia G.L. – Doctor of Technical Sciences, Professor, glib.vatulia@kname.edu.ua

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

Ukraine, Kharkiv

Gerlici J. – Doctor of Engineering, Professor, juraj.gerlici@fstroj.uniza.sk

Lovska A.O. – Doctor of Technical Sciences, Professor, alyona.lovaska@fstroj.uniza.sk

Dižo J. – PhD, Associate Professor, jan.dizo@fstroj.uniza.sk

University of Zilina

Slovak Republic, Zilina

Rukavishnikov P.V. – Senior Lecturer, Rukavishnikov@kart.edu.ua

Ukrainian State University of Railway Transport

Ukraine, Kharkiv

Abstract. *The study deals with the investigation into the possibility of transporting containers in the open wagon the floor of which is formed by hatch covers and the determination of their strength. The following two load modes for the hatch cover were taken into account: the vertical load on the hatch cover through the fitting stop and the vertical and longitudinal loads. This has proven that the transportation of containers in the open wagon the floor of which is formed by hatch covers is not permissible. The study conducted may contribute to the development of recommendations on using open wagons for transportation of containers.*

Keywords: *open wagon; load on the hatch cover; strength of the hatch cover; container transportation.*

Актуальність дослідження зумовлена тим, що залізнична галузь є двигуном розвитку економіки багатьох країн. Для забезпечення стабільності її функціонування та подальшого розвитку важливим є впровадження в експлуатацію транспортних засобів з покращеними характеристиками [1, 2]. Одним з найбільш поширених транспортних засобів в міжнародному сполученні є модульні, зокрема, контейнери. Їх перевезення залізничним транспортом здійснюється на вагонах-платформах.

У зв'язку з інтенсифікацією контейнерних перевезень, а також нестачею вагонів-платформ дістало поширення використання напіввагонів для перевезень контейнерів. Для кріплення контейнерів у напіввагонах на їх підлогу монтуються фітингові упори, ідентичні до тих, що використовуються на вагонах-платформах. Здебільшого для таких цілей застосовуються глуходонні напіввагони. Однак парк напіввагонів сформований і значною кількістю напіввагонів, підлога яких утворена кришками розвантажувальних люків. Для можливості перевезень контейнерів у таких напіввагонах, важливим є проведення досліджень в зазначеному напрямку.

Метою роботи є висвітлення результатів визначення напруженого стану кришки люка універсального напіввагона при перевезенні в ньому контейнерів.

Основний текст. Для дослідження можливості перевезень контейнерів у напіввагонах, підлога яких утворена кришками розвантажувальних люків, доцільним є проведення її розрахунку на міцність. З цією метою побудовано просторову модель типової кришки люка напіввагона колії 1520 мм.

До складу такої кришки люка входять каркас, який утворений двома поперечними поясами, двома повздовжніми, планка до якої кріпляться три петлі, два кронштейни для запирання кришки люка, тобто утримання її у горизонтальному стані. Обшивка кришки утворена металевим шестигрифрованим листом, який має товщину 5 мм. Побудову просторової моделі здійснено у програмному комплексі SolidWorks (рис.).

При проведенні розрахунків до уваги прийнято два режими навантаження кришки люка:

- дія вертикального навантаження, зумовленого вертикальним статичним та динамічним навантаженням;
- дія вертикального та повздовжнього навантажень на фітинговий упор, що має місце при переміщенні контейнера в умовах експлуатаційних режимів руху вагона у складі поїзда.

Стосовно першого режиму навантаження – вертикальне статичне навантаження визначено, як 1/4 ваги бруто контейнера. Для визначення вертикального динамічного навантаження проведено математичне моделювання

вертикальної динаміки контейнера, розміщеного в напіввагоні. Для цього сформовано математичну модель, яка описує коливання підскакування напіввагона, завантаженого контейнерами, при переміщенні стиковою нерівністю [3, 4]. Сама колія при цьому розглянута як пружно-в'язка.

Розрахунок проведено на прикладі напіввагона моделі 12-757, який завантажено двома контейнерами, масою бруто 24 т. Враховано, що кузов вагона спирається на два візки моделі 18-100 з відповідними параметрами ресорного підвішування. Нерівність колії описувалася косінусоїдальною функцією.



Рисунок – Просторова модель кришки люка з фітинговим упором

Вирішення системи диференціальних рівнянь здійснено у програмному комплексі MathCad. При завданні стартових умов враховано, що початкове переміщення кузова з контейнерами дорівнює 0,004 м, візків – 0,003 м [3]. Початкова швидкість закладалася близькою до нуля. На підставі проведених розрахунків отримано прискорення, які діють на кузов напіввагона, завантажений контейнерами. Прискорення, яке діє на контейнер складає $1,6 \text{ м/с}^2$. Отримана величина прискорення врахована при розрахунках на міцність кришки люка, яка сприймає навантаження від фітингового упору. При цьому застосовано метод скінчених елементів. Розрахунок здійснено у SolidWorks Simulation.

Результати розрахунку показали, що максимальні напруження виникають в петлі кришки люка і складають 404 МПа. Отримані напруження вищі за допустимі майже вдвічі [5], що доводить неможливість такої схеми перевезень контейнерів. Максимальні переміщення в кришці люка виникають у кутовій частині листа, розміщеній протилежно від фітингового упору і складають 15,6 мм.

На послідуєчому етапі здійснено розрахунок кришки люка при дії на неї повздовжнього навантаження від фітингового упору. При цьому величину повздовжнього навантаження визначено за математичною моделлю, наведеною

у попередній роботі авторів [6]. На підставі проведених розрахунків, прискорення, як складова динамічного навантаження, яке діє на контейнер у повздовжній площині склало $31,3 \text{ м/с}^2$. Розрахунок проведено для випадку “ривка”, тобто імітувався рух вагона у складі поїзда.

Встановлено, що максимальні напруження виникають, знову ж таки, у петлі і складають більше 570 МПа. Отримана величина напруження перевищує допустиме більше ніж у два рази [5]. Максимальні переміщення при даній розрахунковій схемі також виникають у запірному кронштейні і складають близько 13 мм. Отже перевезення контейнерів у напіввагонах, підлога яких сформована кришками розвантажувальних люків, не є допустимою.

Висновок.

1. Досліджено міцність кришки люка при сприйнятті вертикального навантаження від фітингового упора. Встановлено, що максимальні напруження виникають в петлі кришки люка і складають 404 МПа, що вище за допустимі майже вдвічі. Максимальні переміщення виникають у кутовій частині листа кришки люка і дорівнюють 15,6 мм.

2. Досліджено міцність кришки люка при сприйнятті вертикального та повздовжнього навантажень від фітингового упора. Максимальні напруження виникають у петлі кришки люка і складають більше 570 МПа. Отримана величина напруження перевищує допустиме більше ніж у два рази. Максимальні переміщення при даній розрахунковій схемі також виникають у запірному кронштейні і дорівнюють близько 13 мм.

Проведені дослідження доводять, що перевезення контейнерів у напіввагонах, підлога яких сформована кришками розвантажувальних люків, не є допустимою.

Л і т е р а т у р а

1. Ayman Al-Sukhon, Mostafa SA ElSayed. Design optimization of hopper cars employing functionally graded honeycomb sandwich panels. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part F. Journal of Rail and Rapid Transit. 2021. Vol. 236(8). <https://doi.org/10.1177/09544097211049640>

2. Pavol Šťastniak, Pavol Kurčík, Alfréd Pavlík. Design of a new railway wagon for intermodal transport with the adaptable loading platform. MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 235(2). 00030. doi: 10.1051/matecconf/201823500030

3. Дьомін Ю. В., Черняк Г. Ю. Основи динаміки вагонів: навч. посіб. Київ: КУЕТТ, 2003. 269 с.

4. 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>

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.

6. 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>

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОПЕРЕЧНОЇ НАВАНТАЖЕНОСТІ НЕСУЧОЇ КОНСТРУКЦІЇ КРИТОГО ВАГОНА ЗІ СТІНАМИ ІЗ СЕНДВІЧ- ПАНЕЛЕЙ

Герліці Ю. – др. інж., проф., juraj.gerlici@fstroj.uniza.sk

Ловська А.О. – д.т.н., проф., alyona.lovska@fstroj.uniza.sk

Жилінський університет

Словаччина, м. Жиліна

Ватуля Г.Л. – д.т.н., проф., glebvatulya@gmail.com

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

Україна, м. Харків

Рибін А.В. – к.т.н., старший викладач, rybinandrey2006@gmail.com

Український державний університет залізничного транспорту

Україна, м. Харків

RESEARCH OF THE TRANSVERSE LOAD OF THE BOX WAGON BODY WITH SANDWICH PANEL WALLS

Gerlici J. – Doctor of Engineering, Professor, juraj.gerlici@fstroj.uniza.sk

Lovska A.O. – Doctor of Technical Sciences, Professor, alyona.lovska@fstroj.uniza.sk

University of Zilina

Slovak Republic, Zilina

Vatulia G.L. – Doctor of Technical Sciences, Professor, glib.vatulia@kname.edu.ua

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

Ukraine, Kharkiv

Rybin A.V. – PhD., senior lecturer, rybinandrey2006@gmail.com

Ukrainian State University of Railway Transport

Ukraine, Kharkiv

Abstract. *It is proposed that the strength of the box wagon body and the safety of the freight transported can be improved by introducing sandwich panels as body components. This solution was substantiated by means of modelling of the transverse load of the box wagon body. The results of the research can serve as the basis for the development of recommendations for designing modern box wagon structures with improved technical and operational characteristics.*

Keywords: *box wagon, sandwich panel, dynamic load of the wagon, strength of the body.*

Актуальність дослідження зумовлена тим, що утримання лідерських позицій залізничного транспорту на ринку перевізних послуг вимагає впровадження в експлуатацію сучасних конструкцій транспортних засобів [1 – 3]. При проектуванні таких транспортних засобів повинні враховуватися вимоги, які спрямовані не тільки на покращення їх міцності, а і схоронності перевозимих вантажів.

Одним із найпоширеніших типів вагонів, який на даний час використовується для перевезень вантажів, що потребують захисту від атмосферних опадів є криті вагони. Закріплення вантажів в них здійснюється здебільшого з використанням багатообертових засобів закріплень. Внаслідок ненадійності закріплення вантажів може мати місце їх податливість в кузові, обумовлена експлуатаційними навантаженнями. Це викликає як пошкодження вантажів, так і складових кузовів критих вагонів. Крім того, така обставина вимагає відшкодування збитків власникам вантажів, а також додаткові витрати на ремонт вагонів. Тому актуальним постає питання удосконалення конструкції критого вагона для покращення його міцності шляхом зменшення динамічних навантажень, що діють в експлуатації.

Метою роботи є висвітлення особливостей поперечної навантаженості кузова критого вагона зі стінами із сендвіч-панелей.

Основний текст. Для забезпечення схоронності перевозимих вантажів у критих вагонах пропонується впровадження у якості складових їх стін сендвіч-панелей [4, 5]. При цьому конструкція кожної з панелей включає два металеві листи між якими знаходиться енергопоглинальний матеріал.

Передбачається, що панелі будуть зйомними. Це дозволить здійснювати модернізацію існуючого рухомого складу при проведенні його ремонту. Також це сприятиме полегшенню технічного обслуговування або ремонту самих панелей у випадку виникнення такої необхідності.

Для обґрунтування застосування сендвіч-панелей у якості складових кузова критого вагона проведено математичне моделювання його поперечної навантаженості [4]. Враховано, що кузов критого вагона завантажений умовним вантажем з використанням повної вантажопідйомності.

Розв'язок математичної моделі здійснено методом варіації довільних постійних при початкових умовах, рівних нулю. Розрахунок проведено на прикладі критого вагона моделі 11-217 на візках 18-100.

На підставі проведених розрахунків встановлено, що максимальні прискорення, які діють на кузов критого вагона складають $1,8 \text{ м/с}^2$.

Отримана величина прискорення майже на 4,3% нижча за ту, що діє на кузов критого вагона типової конструкції ($1,88 \text{ м/с}^2$). Розрахунок реалізовано при значенні коефіцієнту жорсткості енергопоглинального матеріалу $2,5 \text{ кН/м}$ та

коефіцієнті в'язкого опору $3,0 \text{ кН} \cdot \text{с/м}$. Дані параметри визначені шляхом послідовного перебору за умови дотримання прискорень в межах допустимих значень.

Визначене шляхом математичного моделювання прискорення враховувалося при розрахунках на міцність кузова критого вагона. Його просторову модель створено в SolidWorks. При цьому до уваги не прийнято самоущільнені двері, оскільки вони мають шарнірну взаємодію з кузовом. Тобто просторова модель враховує елементи конструкції, які жорстко взаємодіють між собою.

Розрахунок на міцність здійснено за методом скінчених елементів в SolidWorks Simulation. Скінчено-елементна модель утворювалася тетраедрами. Оптимальну чисельність елементів визначено графоаналітичним способом. При цьому їх чисельність склала 540546, а вузлів – 185983. Максимальний розмір елемента дорівнює 100 мм, мінімальний 20 мм. Закріплення моделі здійснювалося за горизонтальні поверхні п'ятників. Матеріал конструкції кузова – сталь марки 09Г2С. Стосовно сендвіч-панелей – металеві листи складаються зі сталі марки 09Г2С, а енергопоглинальний матеріал представлений піноалюмінієм.

Максимальні напруження при цьому зафіксовано в зонах взаємодії хребтової балки зі шворневими. Вони склали 168,3 МПа та не перевищують допустимі, які для III розрахункового режиму дорівнюють 180 МПа [6]. Максимальні напруження в сендвіч-панелях склали близько 145 МПа. Дані напруження виникають у листі панелі, до якого безпосередньо прикладалося навантаження. Максимальні переміщення зафіксовано в середній частині хребтової балки – 12,1 мм.

Також в рамках дослідження визначено поля розподілення прискорень, які діють на кузов критого вагона. Встановлено, що максимальні прискорення при цьому виникають в рамі критого вагона і складають – $1,68 \text{ м/с}^2$. В сендвіч-панелях з боку їх навантаження прискорення склали $1,5 \text{ м/с}^2$. Отже різниця між результатами визначення прискорень математичним та комп'ютерним моделюванням становить 6,6%.

Висновок.

1. Проведено математичне моделювання поперечної навантаженості кузова критого вагона. Встановлено, що максимальні прискорення, які діють на кузов критого вагона складають $1,8 \text{ м/с}^2$. Дана величина прискорення майже на 4,3% нижча за ту, що діє на кузов критого вагона типової конструкції.

2. Проведено розрахунок на міцність кузова критого вагона. Максимальні напруження при цьому зафіксовано в зонах взаємодії хребтової балки зі шворневими – 168,3 МПа. Однак ці напруження не перевищують допустимі та є

нижчими за них на 6,5%. Максимальні переміщення зосереджені в середній частині хребтової балки і склали 12,1 мм.

Результати проведених досліджень стануть підґрунтям для створення рекомендацій щодо проектування сучасних конструкцій критих вагонів з покращеними технічними та експлуатаційними характеристиками.

Л і т е р а т у р а

1. Zaynitdinov Olmos Irikovich, Ruzmetov Yadgor Ozodovich, Rustam Rahimov, Waail Mahmud Lafta. Development of new polymer composite materials for the flooring of rail carriage. *International Journal of Engineering and Technology*. 2020. Vol. 9(2). P. 378-381.

2. Kinjal J. Shah , Shu-Yuan Pan, Ingyu Lee, Hyunook Kim, Zhaoyang You, Jian-Ming Zheng, Pen-Chi Chiang. Green transportation for sustainability: Review of current barriers, strategies, and innovative technologies. *Journal of Cleaner Production*. 2021. Vol. 326, 129392. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129392>

3. Mona Mahrous Abdel Wahed Ahmed, Nanis Abd El Monem. Sustainable and green transportation for better quality of life case study greater Cairo – Egypt. *HBRC Journal*. 2020. Vol. 16, Issue 1. P. 17-37. <https://doi.org/10.1080/16874048.2020.1719340>

4. Ватуля Г. Л., Ловська А. О., Краснокутський Є. С., Дериземля С. В. Моделювання поперечної навантаженості контейнера зі стінами із сендвіч-панелей, розміщеного на вагоні-платформі. *Розвиток транспорту*. 2023. №3(18). С. 50-58. <https://doi.org/10.33082/td.2023.3-18.04>

5. Ловська А. О., Рибін А. В., Агапов Є. Д., Гусак Д. О. Математичне моделювання вертикальної навантаженості вагона-платформи з підлогою із сендвіч-панелей. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. Том 34 (73). № 3, 2023. С. 141-145. <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.2.2/24>*

6. 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.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ХОЛОДОАГЕНТІВ ДЛЯ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ УСТАНОВОК КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ

Дяченко В.С. – бакалаврант, dyachenko_vs@gsuite.duit.edu.ua

Ищенко В.М. – к.т.н., доц., scherbuna_yv@gsuite.duit.edu.ua

Київський інститут залізничного транспорту

Державного університету інфраструктури та технологій

Україна, м. Київ

RESEARCH OF PROPERTIES OF ALTERNATIVE REFRIGERANTS FOR REFRIGERATING EQUIPMENT OF AIR CONDITIONING INSTALLATIONS OF PASSENGER CARS

Dyachenko V.S. – bachelor's student, dyachenko_vs@gsuite.duit.edu.ua

Ishchenko V.M. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,

isichenko_vm@gsuite.duit.edu.ua

Kyiv Institute of Railway Transport

State University of Infrastructure and Technologies

Ukraine, Kyiv

Abstract. *The work is devoted to the replacement of the ozone-depleting refrigerant with an alternative refrigerant in the existing refrigerating equipment of air conditioning units of passenger cars. The most important criteria are defined for evaluating the quality of alternative refrigerants. The considered properties of refrigerants that do not contain chlorine atoms and are considered completely ozone-safe and the possibility of their use as alternatives. There is a need for further theoretical and experimental research into the use of alternative refrigerants.*

Keywords: *Passenger car, air conditioning unit, refrigeration equipment, refrigerant, criteria, potential*

Актуальність дослідження зумовлена заміною озонуруйнуючих холодоагентів на альтернативні в холодильному обладнанні установок кондиціонування повітря пасажирських вагонів.

Метою роботи є проведення оглядового аналізу властивостей альтернативних холодоагентів для заміни озонуруйнуючих холодоагентів в холодильному обладнанні установок кондиціонування повітря пасажирських вагонів.

Холодильне обладнання установок кондиціонування повітря дозволяє підтримувати в пасажирському вагоні потрібні температурно-вологісні умови при підвищенні температури зовнішнього повітря і дії сонячної радіації.

В парокомпресійної холодильної машини установки кондиціонування повітря типу МАБ-II пасажирського вагона в якості холодоагенту раніше

використовувався хладон 12 (R12). Відповідно з Монреальським протоколом та внесених до нього поправок, використання озоноруйнуючих холодоагентів до яких належить R12 зупинено. Вибір альтернативного холодоагенту для заміни R12 в холодильному обладнанні стає компромісом між еколого-енергетичними показниками холодоагента, безпекою та вартістю.

Згідно цих положень для заміни R12 розглядаються як можливі альтернативні холодоагенти з потенціалом руйнування озону $ODP = 0$ та потенціалом глобального потепління $GWP < 2500$. До таких належать холодоагенти, що не містять атомів хлору та вважаються повністю озонобезпечними R134a, R152a, R125, R404a, R407C, R410A.

Для розв'язання цього питання використовуємо критерії традиційної оцінки показників альтернативних холодильних агентів та комп'ютерне моделювання. Визначаємо найбільш вагомі критерії для оцінки якості альтернативних холодоагентів. Такими є: екологічні показники, тиск конденсації, різниця тиску, холодильний коефіцієнт. Для аналізу екологічної доцільності застосування холодильних агентів використовують такі параметри: потенціал руйнування озону ODP (Ozon Depletion Potential); потенціал глобального потепління (парникового ефекту) GWP (Global Warming Potential) або $HCWP$ (Halocarbon Global Warming Potential). Потенціал руйнування озону ODP визначається наявністю атомів хлору в молекулі холодильного агента і прийнятий за одиницю для R11 та R12.

Абсолютне значення робочого тиску конденсації впливає на надійність та ефективність роботи компресора холодильної машини. Чим більший абсолютний тиск конденсації тим більше навантаження на механізм руху компресора та знос його деталей. Крім того збільшення навантаження збільшує споживання компресором кількість електроенергії.

Різниця тиску суттєво впливає на ефективність роботи компресора чим більше різниця між тиском в конденсаторі P_K та тиском у випарнику P_0 , тим умови роботи компресора є більш важкими, та збільшується перетікання холодоагенту з боку високого тиску в бік низького тиску, що зменшує холодопродуктивність.

Ефективність холодильної машини з точки зору виробництва холоду – оцінюється холодильним коефіцієнтом, який являє собою відношення кількості тепла відведеного від середовища, що охолоджується (корисний холодильний ефект) до теплоти, еквівалентної витраченій зовнішній роботі при даному циклі. Таким чином система охолодження є більш ефективною, чим менше кількість енергії необхідна витратити на виробництво визначеної кількості холоду.

Враховуючи досвід попередніх досліджень та ринок холодоагентів України для заміни R12 в холодильних машинах установок кондиціонування повітря

пасажирських вагонів можливо розглядати однокомпонентні холодоагенти R134a та сумішеві R407C та R410A.

Холодоагент R134a має потенціал руйнування озону $ODP = 0$. Потенціал глобального потепління для R134a $GWP = 1300$, R407C $GWP = 1980$, R410A $GWP = 2340$. Холодоагент R134a має самий низький потенціал глобального потепління, та відповідно його негативний вплив на клімат Землі є найменший.

На підставі розглянутих вагомих показників альтернативних холодоагентів можна зробити висновок про мінімальний вплив холодоагенту R134a на клімат Землі, низький робочий тиск в системі холодильної машини, що визначає вибір холодоагента R134a для заміни R12 в холодильному обладнанні установки кондиціонування повітря пасажирських вагонів.

Висновок. В результаті проведених досліджень властивостей альтернативних холодоагентів є підстави розглядати для заміни озоноруйнуючого холодоагента R12 в холодильному обладнанні установок кондиціонування повітря пасажирських вагонів холодоагент R134a з потенціалом руйнування озона $ODP = 0$.

Л і т е р а т у р а

1. Железний В.П. Метод еколого-термоекономічного аналізу процесів у холодильних установках. Темат. зб. наук. пр. «Обладнання та технології харчових виробництв». Донецьк: Донецький держ. унів. економіки і торгівлі. 2000. Вип.4, Т.2. С.243-256.

2. Іщенко В. М. Взаємозамінність альтернативних холодоагентів в системах кондиціонування повітря пасажирських вагонів [Електронний ресурс] / В. М. Іщенко, Ю. В. Щербина, В. Є. Осьмак, Ю. В. Горлушко // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2021. №2. С. 96-100. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VSUNU_2021_2_18

3. Тарасова В. О. Аналіз термодинамічної ефективності холодильних циклів в залежності від визначальних теплофізичних властивостей робочих речовин [Електронний ресурс] / В. О. Тарасова, М. О. Кузнецов // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія : Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. 2021. № 1. С. 60-70. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vcpient_2021_1_12

4. Мартинов І.Е., Іщенко В.М., Труфанова А.В. Холодильне обладнання вагонів: Навч. посібник. Харків: УкрДАЗТ, 2013. 154 с.

5. Вагон пасажирський некупейний, дообладнаний системою кондиціонування повітря. Технічні умови ТУ У 35.2-01074006-005:2011. 2011. 53 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ УСТАТКУВАННЯ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ КЛІМАТИЧНИХ УСТАНОВОК ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ

Лактіна О.В. – бакалаврант, lahtina_ov@gsuite.duit.edu.ua

Іщенко В.М. – к.т.н., доц., scherbuna_yv@gsuite.duit.edu.ua

*Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ*

RESEARCH OF THE FUNCTIONING OF THE VENTILATION SYSTEM EQUIPMENT OF AIR CONDITIONING INSTALLATIONS OF PASSENGER CARS

Lakhtina O.V. – bachelor's student, lahtina_ov@gsuite.duit.edu.ua

Ishchenko V.M. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, ischenko_vm@gsuite.duit.edu.ua

*Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv*

Abstract. *The work is dedicated to ensuring the ability of the ventilation system of the air-conditioning systems of the passenger car to maintain the necessary temperature and humidity parameters of the air while creating comfortable conditions for passengers. Considered types of ventilation systems of passenger cars, their advantages and disadvantages, functioning with heating and cooling systems of climate installations in different periods of the year of operation of passenger cars. The system of automatic operation of climate installations of passenger cars during ventilation does not provide for regulation of air humidity, therefore there is a need for further development and improvement of systems for automatic control of operating modes.*

Keywords: *Passenger car, air conditioning system, ventilation system, comfortable conditions, parameters, automation system.*

Актуальність дослідження зумовлена спроможністю системою вентиляції кліматичних установок дотримання необхідних температурно - вологісних параметрів зони комфорту в пасажирських вагонах в умовах глобального потепління.

Метою роботи є проведення оглядового аналізу функціонування устаткування системи вентиляції кліматичних установок пасажирських вагонів.

Вентиляція повітря в пасажирському вагоні - це процес заміни повітря зсередини вагона на зовнішнє повітря збагаченого киснем. Розрізняють два види вентиляції пасажирського приміщення вагона: природна і механічна. Природна вентиляція здійснюється за допомогою будь-яких нерухомих пристроїв і не потребує витрат енергії. Механічна вентиляція здійснюється за допомогою рухомих пристроїв і потребує постійних затрат енергії.

Найбільш простий спосіб природної вентиляції вагонів – відкриття вікон. Переваги цього способу: проста вентиляція; висока продуктивність; не потребує затрат енергії. Недоліки: можливість використання тільки в теплу пору року; не можливо термооброблювати повітря; відсутність засобів захисту від пилу; можливість виникнення протягів.

Більш досконаліми засобами природної вентиляції є дефлектори. Дефлектори встановлюються на даху вагона. Діють вони за принципом ефекту ежекції. При русі вагона в верхній частині дефлектора виникає розрідження, повітря з пасажирського приміщення всмоктується в трубу дефлектора і виходить в атмосферу.

Переваги дефлектора: може працювати протягом року; проста конструкція.

Недоліки дефлектора: низька продуктивність, працює лише при русі вагона і створює розрідження повітря в вагоні.

В сучасних пасажирських вагонах природна вентиляція шляхом відкриття вікон застосовується для провітрювання вагонів під час їх відстою, коли система механічної вентиляції не включена.

Дефлектори застосовуються для організованого видалення повітря через туалети.

Механічну вентиляцію за принципом роботи поділяють на приточну, витяжну і приточно-витяжну.

Приточна вентиляція подає повітря механічно, а видаляється повітря природним шляхом через дефлектори, нещільності, відкриті двері та вікна.

Витяжна вентиляція видаляє повітря з вагона механічно, а подається повітря в вагон природним шляхом.

Приточно-витяжна вентиляція подає повітря в вагон і видаляє повітря з вагона механічно.

Крім того розрізняють механічну вентиляцію з рециркуляцією і без рециркуляції повітря. Рециркуляція – це повернення відпрацьованого повітря на всмоктуючи сторону системи вентиляції для повторного використання. Рециркуляція дозволяє використати для охолодження повітря холодильну машину меншої потужності, більш компактну, меншою масою і меншими затратами електроенергії на привід агрегатів.

В вагонах з неповним кондиціонуванням повітря (повітря перед подачею в пасажирський салон не охолоджується). Рециркуляція, як правило, не застосовується. У випадках пасажирських вагонах з кліматичною установкою застосовується лише приточна вентиляція з рециркуляцією повітря, яка забезпечує:

- багаторазовий обмін повітря, завдяки якому в повітря вагона міститься необхідна кількість кисню і не підвищується вище допустимої норми

вміст вуглекислого газу, бактерій і пилу, що створюються в результаті знаходження в приміщенні вагона пасажирів;

- рух повітря в місці перебування пасажирів;
- тиск повітря всередині вагона, що перевищує атмосферний, і заважає тим самим просочування через нещільності пилу і необробленого повітря;
- охолодження повітря всередині вагона разом з працюючою холодильною машиною кліматичної установки;
- обігрів повітря за допомогою водяного електричного калорифера разом з системою обігріву вагона.

В сучасних кліматичних установках пасажирських вагонів робота системи механічної приточної вентиляції пов'язана з функціонуванням систем опалення та охолодження.

Функціонування системи вентиляції та опалення взимку зменшує насичення повітря парами води, що зупиняє конденсацію води на поверхні охолоджених елементів огороження та вікон. Влітку, зовнішнє повітря, що подається в вагон охолоджується в повітроохолоджувачі холодильної машини, що створює комфортні температурні умови пасажирам.

При роботі кліматичної установки пасажирського вагона кількість зовнішнього повітря, що подається на одну людину, повинна бути не менш $25 \text{ м}^3/\text{с}$ влітку та $20 \text{ м}^3/\text{с}$ взимку. Швидкість руху повітря в місцях знаходження пасажирів не повинна перевищувати $0,20 \text{ м/с}$ взимку, а при роботі холодильної машини влітку – $0,25 \text{ м/с}$.

Режим роботи сучасних кліматичних установок пасажирських вагонів регулюється спеціальною електричною автоматикою.

Режим роботи кліматичних установок пасажирських вагонів можна класифікувати за трьома ознаками:

- по регулюємих параметрах повітря; температурі; вологості або разом по двом цим параметрам - тепломісту.
- по характеру процесу обробки повітря: камери замороження та осушення; камери з використанням теплообміну;
- по схемі обробки повітря: приточні камери (без використання рециркуляції); камери з постійним або змінним розміром первинної рециркуляції; камери з подвійною рециркуляцією (постійною та змішаною).

Система автоматики кліматичних установок пасажирських вагонів в теперішній час здійснюють процес автоматичного регулювання роботи їх систем по підтриманню температури повітря в приміщеннях вагона та не передбачають регулювання вологості повітря. Відносна вологість повітря в приміщеннях вагона може складати від 30% до 60%, що не задовольняє сучасним комфортним умовам пасажирам. Тому виникає потреба подальшого розвитку та

удосконалення систем автоматичного управління режимами роботи кліматичних установок пасажирських вагонів.

Висновок. В результаті проведених досліджень функціонування устаткування системи вентиляції кліматичних установок щодо дотримання температурно-вологісних параметрів зони комфорту в пасажирському вагоні в умовах глобального потепління виникає потреба подальшого розвитку та удосконалення систем автоматичного керування режимами її роботи.

Л і т е р а т у р а

1. СОУ МПП 45.060-262:2008 Вагони пасажирські. Система вентиляції. Методи випробувань. Київ: Міністерство промислової політики України, 2008. 17 с.СТП 04 –

2. 107:2021 Вагони пасажирські. Технічне обслуговування опалювальної установки. Затверджено та введено в дію: рішенням Правління протокол № Ц-56/81 від 15.07.2021.

3. Збірник типових інструкцій, технічної літератури щодо технічного обслуговування пасажирських вагонів: навчальний посібник. Хмельницький: ПП Мельник А. А., 2003. 350 с.

4. Посібник для технічного навчання і самопідготовки працівників поїзних бригад і ПТО (пасажирське господарство). Хмельницький: ПП Мельник А.А., 2007. 569 с.

5. Вагон пасажирський некупейний, дообладнаний системою кондиціонування повітря. Технічні умови ТУ У 35.2-01074006-005:2011. 2011. 53 с.

МОДЕРНІЗАЦІЯ ЧЕРВ'ЯЧНОГО ПРИВОДУ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАГАЗИНУ ОБРОБНОГО ЦЕНТРУ

Кіриченко Е.Ю. – магістрант, гр. ПМУ-22дм, , edik03081@gmail.com

Кроль О.С. – к.т.н, проф., krolos.snu.edu@gmail.com

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля
Україна, м. Київ

Tsankov Petko – PhD, Assoc. Prof., ptsankov@abv.bg

Trakia University
Bulgaria, t. Stara Zagora

MODERNIZATION OF THE WORM DRIVE OF THE TOOL MAGAZINE OF THE MACHINING CENTER

Kirichenko E.Yu. – graduate student, gr. PME-22dm, edik03081@gmail.com

Krol O.S. – Ph.D., Prof., krolos.snu.edu@gmail.com

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University
Ukraine, Kiev

Tsankov Petko – PhD, Assoc. Prof., ptsankov@abv.bg

Trakia University
Bulgaria, t. Stara Zagora

Abstract. *Three-dimensional models of the main units of a multi-operational drilling-milling-boring machine equipped with a vertical disk tool magazine are presented. An innovative approach of the Creo Parametric computer-aided design system was used in relation to complex body parts of the basic units of a metal-cutting machine such as a machining center. An analysis of the technological process of manufacturing a worm drive shaft, implemented by a tool in the form of a cutting head with a modified profile, was carried out. For this purpose, analytical dependencies have been proposed, on the basis of which the design parameters of the new design of the cutting head have been calculated.*

Keywords: *machining center, 3D modeling, worm gearing, cutter head, secondary cut-in*

Актуальність дослідження зумовлена дедалі ширшим застосуванням багатофункціонального устаткування з автоматичним управлінням процесу обробки деталей у різних машинобудівних галузях. Тенденція використання пристроїв автоматичної зміни інструментів за рахунок інструментальних магазинів призводить до необхідності переходу до створення сучасних обробних центрів.

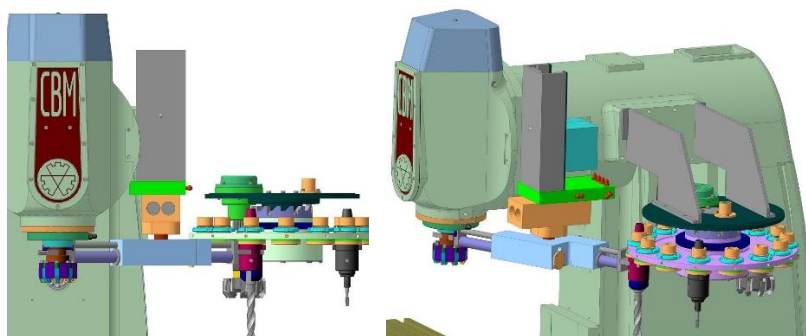
Метою роботи є модернізація конструкції приводної частини дискового інструментального магазину обробного центру (ОЦ), яка приводить до збільшення працездатності металорізального обладнання на підприємствах машинобудівної галузі.

Вибір типу та конструкції інструментального магазину (ІМ) залежить від компонування обробних центрів, типорозмірів та ступеня автоматизації. У разі використання багатоопераційних верстатів 2 та 3-го типорозмірів для обробки

корпусних деталей частіше застосовують дискові інструментальні магазини (ДІМ). Ці магазини характеризуються легкістю завантаження різальних інструментів та гарним доступом до них; мінімальним часом, що витрачається на зміну інструменту; високою надійністю та найменшим числом координат при зміні інструменту.

Для багатоопераційного металорізального верстату свердлильно-фрезерно-розточувального типу з вертикальною віссю шпинделя застосовується компоновання, оснащене дисковим магазином з вертикальною віссю обертання диска [1, 2]. Кількість інструментів встановлених у гніздах ІМ зазвичай не перевищують 18 інструментів з однорядним розташуванням.

У роботі розглянуто варіант ОЦ вертикально консольного типу моделі СВМПФ4 з дисковим ІМ. На даному верстаті можна проводити свердління, зенкерування та розгортання, розточування точних отворів, пов'язаних координатами, а також фрезерування та шліфування по контуру з лінійною та круговою інтерполяцією з керуванням від системи з ЧПУ [3, 4, 5]. Рис. 1 показаний розроблені авторами 3D проект МС у середовищі CAD Creo Parametric



*Рисунок 1 – Тривимірні моделі ОЦ з інструментальним магазином:
а – компоновання; б – схема монтажу*

У конструкції верстата передбачається розміщення диска праворуч від шпиндельної бабки. Зміна інструменту здійснюється за допомогою механічної руки – автооператора, що знаходиться між диском магазину та шпиндельною бабкою. Привід для повороту здійснюється від гідроциліндра через зубчасторейкову та зубчасту передачу [6].

При прийнятті складних проектних рішень у задачах конструювання корпусних деталей (Рис. 2) базових вузлів верстата був використано новий функціонал CAD Creo, названий «Спадкування» [7]. За допомогою цього функціоналу «Спадкування» вирішується завдання невідповідності корпусної деталі, що створюється конструктором і ливарної деталі, що отримується на стадії виготовлення. При цьому до визначення даних про елементи ливарної

форми (дані про усадку, заокруглення внутрішнього профілю та ін) здійснюється за допомогою формування даних геометрії та типу елементів ливарної моделі.

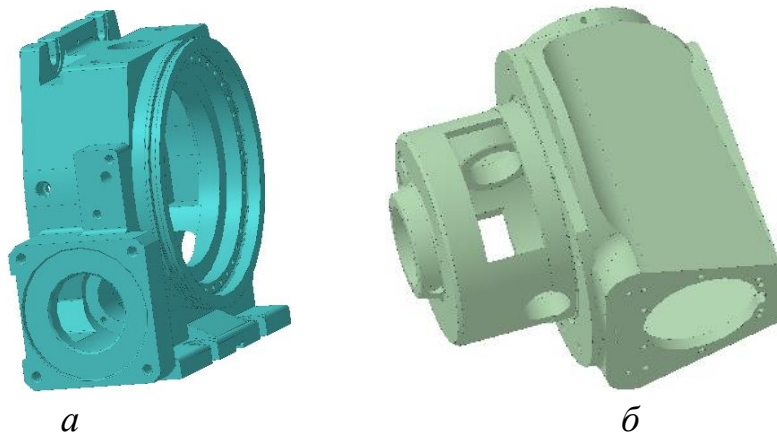


Рисунок 2 – Корпусні деталі агрегатів верстата:
а – поворотного стола; б – шпindelної головки

Працездатність інструментального магазину залежить від ефективної роботи черв'ячного приводу. У статті запропоновано нове рішення щодо технології виготовлення модернізованої конструкції черв'яка. Для досягнення модифікованого профілю черв'яка знайдено такий варіант різальної головки, який виключає вторинне врізання інструменту. Завдання зводиться до знаходження гранично допустимого мінімального діаметра інструменту, при якому вторинне різання буде виключено. Графічно це відображається на Рис. 3

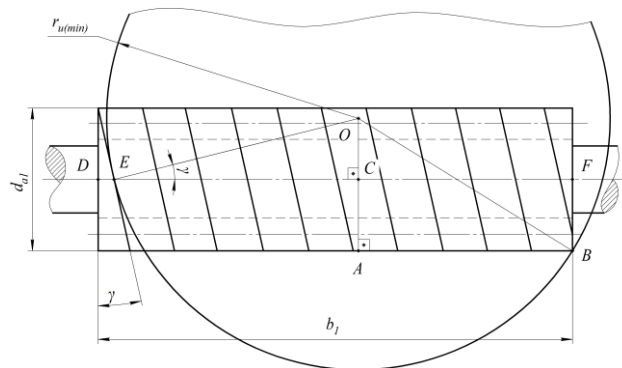


Рисунок 3 – До визначення мінімального діаметру за умови відсутності вторинного різання

Рішення рівняння (1) щодо $r_{T(\min)}$ дає шукане значення мінімально можливого діаметра зуборізної головки $d_{T(\min)} = 2 \cdot r_{T(\min)}$, при якому вторинне різання буде відсутнє:

$$d_{T(\min)} \approx \frac{b_1^2 + r_{a1} \cdot (r_{a1} \cdot \operatorname{tg} \gamma - 2 \cdot b_1) \cdot \operatorname{tg} \gamma}{b_1 \cdot \cos \gamma - 2 \cdot r_{a1} \cdot \sin \gamma}, \quad (1)$$

де b_1 – довжина нарізаної частини черв'яка; r_{al} – радіус вершин черв'яка; γ – ділильний кут підйому витків черв'яка.

Розроблений в статті математичний апарат є аналітичною основою технологічної інновації в процесі виробництва модифікованого профілю черв'яка.

Висновок. В результаті проведеного аналізу та досліджень отримані наступні результати:

1. Розроблено 3D проект основних компонентів механізму зміни інструменту багатоопераційного верстата на основі дискового інструментального магазину з ємністю 14 інструментальних блоків.

2. Застосовані в процесі 3D моделювання складних корпусних виробів нові функціонали системи Creo, засновані на процедурі «спадкування», яка вирішує проблему невідповідності деталі спроектованої конструктором та виготовленою ливарною заготовлею з усадкою, заокругленнями та ухилами. Довизначення даних про елементи ливарної форми здійснюється за допомогою формування характеристик геометрії та типу елементів ливарної моделі.

3. Створено математичне забезпечення побудови модифікованої конструкції приводної черв'ячної передачі інструментального магазину. На цій аналітичній базі запропоновано технологічне інноваційне рішення, пов'язане з профілюванням різцевої головки для нарізування черв'яка з опукла-увігнутих профілем.

Л і т е р а т у р а

1. Krol O.S., Sokolov V.I. 3D Modeling of Machine Tools for Designers. – Sofia: Prof. Marin Drinov Academy Publishing House of Bulgarian Academy of Sciences, 2018. – 140 p. https://doi.org/10.7546/3D_momtfd.2018

2. Krol O.S., Sokolov V.I. Parametric Modeling of Machine Tools for Designers. – Sofia: Prof. Marin Drinov Academy Publishing House of Bulgarian Academy of Sciences, 2018. 112 p. <https://doi.org/10.7546/PMMTD.2018>

3. Krol O.S. Modeling of spindle for turret of the specialized tool type SF16MF3/ O.S. Krol V.V. Juravlev//ТЕКА Commission of Motorization and Energetic in Agriculture. – OL PAN, 2013, Vol.13, is.4, Lublin, Poland. P. 141-147.

4. Krol O. Selection of Machine Tools Optimal Cutting Modes for Designers. Sofia: Prof. Marin Drinov Academy Publishing House of Bulgarian Academy of Sciences, 2020. 240 p. <https://doi.org/10.7546/SMTOCMD.2020>

5. Krol O, Sokolov V. Selection of worm gearing optimal structure for machine rotary table. Diagnostyka. 2021;22(1):3-10. <https://doi.org/10.29354/diag/129949>

6. Shin, R.H.: Parametric Modeling with Creo Parametric 7.0. SDC Publisher, Mission (2020).

7. Shevchenko S., Mukhovaty A., Krol O. (2020) Gear Transmission with Conic Axoid on Parallel Axes. In: Radionov A., Kravchenko O., Guzeev V., Rozhdestvenskiy Y. (eds) Proceedings of the 5th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2019). ICIE

ПРО ДЕЯКІ СПОСОБИ ВИЗНАЧЕННЯ МОМЕНТІВ ІНЕРЦІЇ ОБ'ЄКТІВ НЕПРАВИЛЬНОЇ ФОРМИ

Ковальчук В.В. – к.ф.-м.н., доцент, kovaltchukvv@ukr.net
Маслов Б.В. – бакалаврант, maslov_bv@gsuite.duit.edu.ua
*Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ*

ON SOME METHODS OF DETERMINING MOMENTS OF INERTIA OF IRREGULARY SHAPED OBJECTS

Kovalchuk V.V. – Ph.D., Associate Professor, kovaltchukvv@ukr.net
Maslov B.V. – bachelor's student, maslov_by@gsuite.duit.edu.ua
*Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv*

Abstract. *The purpose of this work is to analyze some ways of determining the moments of inertia of solid bodies of irregular shape. The moment of inertia is an important inertial parameter for modeling the dynamics of the movement of vehicles or their elements. Dynamic models with such parameters are used in the study of stability and controllability of movement. For objects of irregular shape, it is advisable to use experimental methods when determining the moments of inertia. This work examines the features of some methods that can be used to automate the design of elements of vehicles, typical mechanisms of technological machines and in other branches of mechanical engineering.*

Keywords: *moment of inertia, experimental methods, oscillations, dynamics of rotational movement, torsional pendulum, Trifilar and bifilar suspension mechanism.*

Актуальність дослідження зумовлена важливістю визначення достовірних значень масово-інерційних параметрів рухомих об'єктів (зокрема, транспортних засобів) для дослідження стійкості руху, плавності ходу, керованості об'єкта.

Метою роботи є висвітлення особливостей деяких способів визначення моментів інерції для об'єктів неправильної форми.

Для твердих тіл, які здійснюють обертальний рух важливою характеристикою розподілу маси є момент інерції. Відповідно до основного закону динаміки обертального руху момент інерції визначає величину крутного моменту, який є необхідним для обертання об'єкта з певним кутовим

прискоренням навколо заданої осі. Цей параметр належить до групи маса-інерційних характеристик, які суттєво впливають на такі якісні показники, як стійкість руху, плавність ходу, керованість.

Оскільки майже всі сучасні транспортні засоби, технологічні машини і технічні пристрої мають у своєму складі елементи, що здійснюють обертальний рух, то задача визначення осьових моментів інерції має значення для різних галузей, що досліджують механічний рух. Постійне підвищення вимог до транспортних засобів і технологічних машин та пристроїв, прагнення покращити їхні експлуатаційні властивості призводять до необхідності всебічного вивчення динаміки обертальних елементів. Тому визначення достовірних значень моментів інерції рухомих об'єктів є актуальною при дослідженнях.

На підготовчому етапі побудови математичної моделі визначення маса-інерційних параметрів рухомих об'єктів можна здійснювати такими основними методами: аналітичним, за допомогою прикладних комп'ютерних програм і систем автоматизованого проектування (САПР) та експериментально [1, 2].

Якщо досліджуваний об'єкт (тверде тіло) має форму, яку можна описати математичними нескладними формулами (наприклад, диск або прямокутна пластина), то момент інерції можна розрахувати, використовуючи правила інтегрування. Для об'єктів неправильної форми аналітичне визначення моменту інерції ускладнюється [3], оскільки це потребує громіздких розрахунків. У таких випадках перевагу надають експериментальним методам. При цьому поширеними з них є метод крутильних коливань, метод маятникових коливань, метод послідовного вимірювання періоду коливань маятника навколо двох паралельних осей, метод падаючого тягарця. Практика показує, що експериментальні маятникові методи є найбільш економічним [2].

Випробування біфілярним маятником широко використовували ще з 1930-х років для визначення моментів інерції літаків, оскільки цей спосіб простий, безпечний і має відносно високу точність. Біфілярний маятник складається з тестового об'єкта, підвішеного на двох дротах певної довжини, які розділені відстанню D . При гравітаційних випробуваннях маятник буде коливатися вперед і назад навколо горизонтальної осі. Для випробування на кручення маятник коливається навколо вертикальної осі.

Трифілярний підвіс являє собою круглу платформу, підвішену на трьох симетрично розташованих нитках, укріплених у країв цієї платформи. Платформа може здійснювати крутильні коливання навколо вертикальної осі, що проходить через її середину. Центр мас платформи при цьому переміщається по осі обертання. Період коливань залежить від величини моменту інерції платформи. Метод трифілярного підвісу полягає в тому, що тіло піддають коливанням навколо деякої осі. При цьому період коливань тіла залежить від

його моменту інерції. Знаючи період коливань, можна визначити момент інерції тіла за формулою:

$$I = m \cdot A \cdot T^2,$$

де m – маса тіла, A – параметр трифілярного підвісу,

T – період коливань платформи.

Слід зазначити, що при застосуванні експериментальних маятникових методів розрахований момент інерції залежить від конструкції експериментального маятника, його налаштування, розмірів і точності вимірювань [2].

Висновки. Момент інерції є важливим інерційним параметром для моделювання динаміки руху транспортних засобів або елементів технологічних машин чи технічних пристроїв. Динамічні моделі з такими параметрами використовують при дослідженні стійкості та керованості руху. Для об'єктів неправильної форми при визначенні моментів інерції доцільно використовувати експериментальні методи. Також ці методи ефективно використовують і для об'єктів, які є неоднорідними за складом конструкційних матеріалів. Поєднання експериментальних досліджень і розрахунків засобами сучасних прикладних комп'ютерних програм можна використовувати при автоматизації проектування типових механізмів і машин.

Л і т е р а т у р а

1. Дворжак В. М., Орловський Б. В. (2015). Експериментальне визначення маса-інерційних параметрів рухомих триповодкових ланок механізмів технологічних машин. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія «Технічні науки»*. № 2 (84). С. 56–62.

2. Setati T., Botha N., & Roux J. M. (2022). Experimental approach to calculate the moments of inertia of a hexacopter unmanned aerial vehicle. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 370, p. 05001). EDP Sciences. URL: <https://cutt.ly/KwUIZiCw> (дата звернення 18.11.2023).

3. Koken M. (2017). The Experimental Determination of the Moment of Inertia of a Model Airplane. *Honors Research Projects*. 585. URL: <https://cutt.ly/gwUIKNk8> (дата звернення 18.11.2023).

ОБ'ЄКТИ ПОРІВНЯЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ 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@z mok.kiev.ua

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Україна, м. Київ

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

Kryvosheia V.R. – graduate student, vlad.krivosheya2017@gmail.com

Kuznetsov Yu.M. – Doctor of Technical Sciences, Professor, info@z mok.kiev.ua

National Technical University of Ukraine "Igor 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 [3,4].

Що до одношпindelних і багатошпindelних токарних автоматів найпоширенішим є метод відрізання різцем [2], 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 [1,6-8].

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 різку, 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).

Нижче наведені 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.

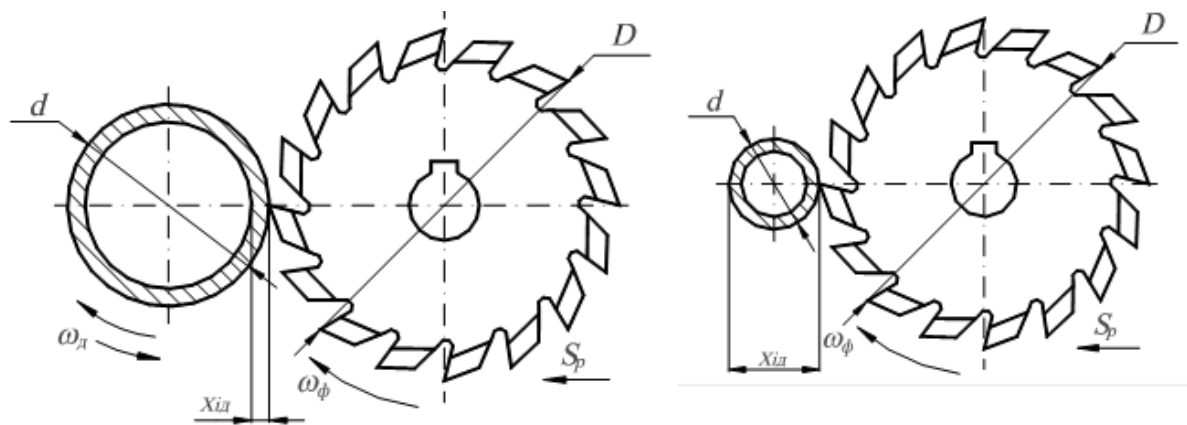


Рисунок 1 – Відрізання дисковою фрезою ззовні

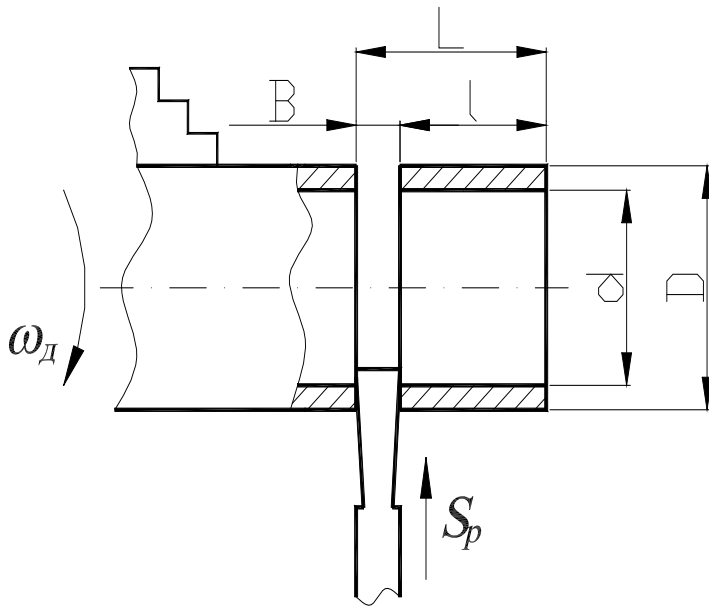


Рисунок 2 – Відрізання різцем ззовні

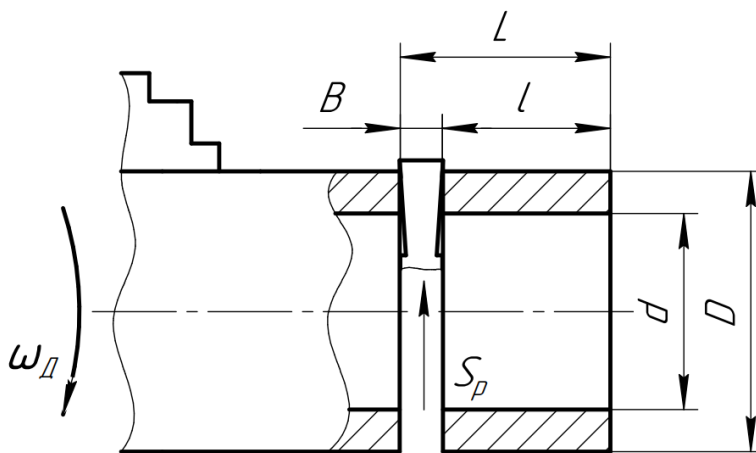


Рисунок 3 – Відрізання різцем зсередини

Висновок. В результаті проведеного аналізу ми отримаємо інформацію, яка допоможе визначити найбільш ефективний метод відрізання труб для конкретних завдань і умов. Будуть отримані порівняльні дані щодо швидкості різання, якості різку, 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. Кузнецов Ю.Н., Хамуйела Ж.А. Герра, Хамуйела Т.О. Морфологический синтез станков и их механизмов: Монография. Под ред. Ю.Н. Кузнецова. К.: ООО «Гнозис», 2012, 416 с.

2. Кузнецов Ю.Н., Срибный Л.Н. Повышение эффективности токарных автоматов. К.: Техніка, 1989. 168 с.
3. Кузнецов Ю.М., Чікін С.В., Мачуга Р.І. Відрізання прутків і труб: теорія і практика; за ред. Ю.М. Кузнецова. К.: ТОВ «Гнозіс», 2008. 333с.
4. Кузнецов Ю.Н. Целевые механизмы станков-автоматов и станков с ЧПУ. К. — Тернополь: ООО «ЗМОК» — ПП «ГНОЗИС», 2001. 354с.
5. Відрізний пристрій для труб: пат. 32270 А Україна : В23В 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>
6. Відрізний пристрій для труб : пат. 152200 Україна : В23В 45/00 В23С 7/00. № u202107025; заявл. 08.12.2021 ; опубл. 05.01.2023.
URL: <https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=283705>
7. Пристрій для внутрішнього відрізання труб : пат. 54827 А Україна : В23В 45/00. № 2002043270; заявл. 19.04.2002; опубл. 17.03.2003. 2 с.
<https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=60783&chapter=biblio>

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ СТАЛІ AISI 420

Лимар О.О. – к.ф. - м.н., доцент, mnaulimar@gmail.com
Лебедєв Ю.О. – здобувач вищої освіти bibouiskra0@gmail.com
Ищенко П.П. – здобувач вищої освіти pavloishchenko413@gmail.com
Миколаївський національний аграрний університет
Україна, м. Миколаїв

INCREASING THE EFFICIENCY OF MECHANICAL PROCESSING OF AISI 420 STEEL

Lymar O.O. – Cand. Sci. (Phys.–Math.), Assoc. Prof., mnaulimar@gmail.com
Lebedev Yu.O. – student, bibouiskra0@gmail.com
Ishchenko P.P. – student, pavloishchenko413@gmail.com
Mykolayiv National Agrarian University
Ukraine, Mykolayiv

Abstract. *The robot has discovered the ability to form wear-resistant coatings that are applied to variable multifaceted plates in order to enhance the durable characteristics of cutting tools in the minds of continuous precision of heat, corrosion high-grade metals on AISI 420 steel butts in a wide range of cutting modes. A wear-resistant coating was applied to the turning cutter on carbide plates using the Bulat 3T installation using the plasma phase condensation method with ion bombardment. The optimal cutting conditions for processing heat-resistant steel have been identified, as well as the influence of cutting speed on the durability of the cutter.*

Keywords: *machining, turning cutter, replaceable insert, wear-resistant coating, precision, durability characteristics.*

Актуальність дослідження зумовлена актуальною проблемою обробки жароміцних матеріалів у сучасному машинобудуванні. Механічна обробка важкооброблюваних, жароміцних матеріалів ведеться на автоматизованих системах, автоматизованих верстатних комплексах, а також на верстатах з ЧПУ.

Токарні різці, що використовуються на такому устаткуванні, повинні мати високі стійкісні характеристики. Зношування та подальший вихід з ладу різця призводить до збільшення витрат на обробку. Це пов'язано з тим, що постійна заміна ріжучого інструменту, і в подальшому, підналагодження тягне за собою простій обладнання, а отже, збільшення вартості механічної обробки. Важкооброблюваність жароміцних легованих сталей обумовлюється високою в'язкістю, твердістю, міцністю та іншими фізико-механічними властивостями.

При механічній обробці точінням важкооброблюваних металів, переважно використовують різці зі змінними пластинами, що не переточуються. На сьогоднішній день одним з основних шляхів розвитку та вдосконалення ріжучого інструменту є використання багатогранних пластин, що не переточуються, із зносостійким покриттям [1-6]. Застосування таких пластин підвищує ефективність їх застосування і визначається не тільки матеріалом нанесеного зносостійкого покриття, але й оптимальністю підбору різального інструменту залежно від матеріалу, що обробляється.

Метою даної роботи є підвищення зносостійких характеристик різця з використанням змінної багатогранної пластини, що не переточується, в умовах безперервного точіння жароміцних корозійностійких матеріалів.

Експериментальні дослідження проводилися на верстаті Zenitech WM 660 з використанням ріжучих інструментів, що оснащені змінними п'ятигранними пластинами, що не переточуються марок T15K6, T5K10, які мають високі стійкісні характеристики при обробці жароміцних корозійностійких сталей. За основу зносостійких покриттів було прийнято застосовувати одношарові покриття нітрид титану TiN , які наносили на твердосплавні пластини, на установці «Булат ЗТ» методом конденсації з плазмової фази з іонним бомбардуванням (КІБ).

Дослідження проводилися під час обробки сталі AISI 420 у широкому діапазоні режимів різання. Жаростійка корозійностійка сталь широко застосовується в різних промислових напрямках, а саме: сепараційних та теплових фільтрів, виготовлення ресор, зносостійких прокладок та кріплень, вимірювального інструменту, пружин, що використовуються в роботі пристроїв при температурі близько $450^{\circ}C$. та ін.

Вході експериментальних досліджень, що проводилися в умовах безперервного точіння, було встановлено, що при використанні змінних п'ятигранних твердосплавних пластин, що не переточуються, з нанесеним зносостійким покриттям нітрид титану TiN збільшували стійкісні характеристики ріжучого інструменту до двох разів.

Проаналізувавши експериментальні дані було встановлено, що при швидкості різання $V = 170$ м/хв і вище на п'ятигранних пластинах, що не переточуються, без покриття спостерігалось налипання стружки, (Рис 1) що призводило до подальшого її зриву та утворення лунок. Ріжучий інструмент, що був оснащений змінними п'ятигранними пластинами, що не мають покриттів, піддавалися активному абразивно-механічному зношуванню в умовах адгезійної взаємодії інструментального матеріалу зі стружкою.

В процесі механічної обробці при використанні різців, що мають зносостійкі покриття спостерігалось зменшення ширини площадки контакту до трьох разів, відповідно зменшення площадки контакту стружки з передньою поверхнею токарного різця, що приводило до істотного зниження коефіцієнта тертя та зменшення коефіцієнта усадки дружки.

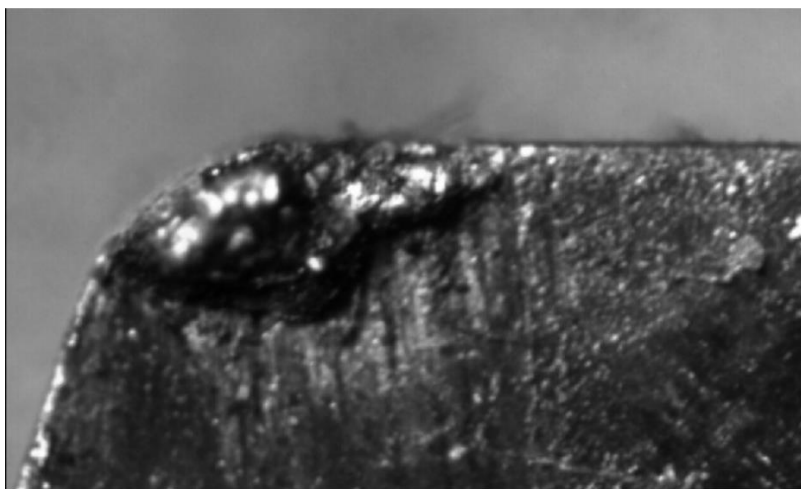


Рисунок 1 – Змінна п'ятигранна пластина T15K6 без TiN покриття.
 $V = 175$ м/хв

Вході експериментальних досліджень було встановлено, що за рахунок застосування зносостійкого покриття TiN на п'ятигранних непереточуваних твердосплавних пластинах [5, 6] істотно змінився характер зносу робочих поверхонь ріжучого інструменту, що впливає на зниження інтенсивності протікання абразивно - механічного зношування і налипання стружки.

В результаті експериментальних досліджень при обробці важкообробної, жароміцної, корозійностійкої сталі AISI 420 доведено [1, 2], що в процесі точіння, при однакових режимах різання, токарні різці, що були оснащені

змінними пластинами, з TiN - покриттям, стійкісні характеристики різального інструменту підвищуються практично до двох разів, в порівнянні з різцями, що не мають покриттів.

Л і т е р а т у р а

1. Каиров А.С. Повышение стойкостных характеристик режущего инструмента путем применения смазочно-охлаждающих технологических сред / А. С. Каиров, А. А. Лимарь, С. Н. Анастасенко // Вісник НТУУ «КПІ». Серія машинобудування. 2014. № 1 (70). С. 88-93.
2. Лимарь А.А. Экспериментальное исследование стойкостных характеристик режущего инструмента // Сучасні проблеми двигунобудування: стан, ідеї, рішення : матеріали V-всеукраїнською науково-технічною конференції з міжнародною участю 22-23 травня 2013. Первомайськ : НУК. 2013. С 291-294.
3. Пат. 46967 Україна. Різець для подачі багатоконпонентних мастильно-охолоджувальних технологічних середовищ в хону різання [Текст] / В.П. Петровский, Г.В. Федоренко – u200907877; заявл. 27.07.2009; опубл. 11.01.2010, Бюл. № 1
4. Сизый Ю.А. Влияние давления подачи СОЖ на нагрев заготовки при врезном шлифовании // Ю.А. Сизый, М.С. Степанов / Вісник національного технічного університету «КПІ» Х.: НТУ «КПІ». 2005. С. 210-214.
5. Костюк Г.И. Физические процессы плазменно-ионных, ионно-лучевых, плазменных, светолучевых и комбинированных технологий. Физико-технические основы нанесения покрытий, ионной имплантации и ионного легирования, лазерной обработки и упрочнения, комбинированных технологий: монографія. К.: АИНУ, 2002. Кн. 1. 587 с.
6. Костюк Г.И. Физико-технические основы напыления покрытий, ионной имплантации и ионного легирования, лазерной обработки и упрочнения, комбинированной технологии. Справочник для расчета основных физических и технологических параметров, оценки возможностей, выбора типа технологий и оборудования. Физико - технические основы нанесения покрытий, ионной имплантации и ионного легирования, лазерной обработки и упрочнения, комбинированных технологий: моногр. К.: Изд-во АИНУ 2002. Кн. 2. 441 с.

ТРИБОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КОМПОЗИЦІЙНОГО ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ СПЛАВУ ПГ-10Н-01 ІЗ ВКЛЮЧЕННЯМ ДИСПЕРСНИХ ФАЗ

Лузан С.О. – д.т.н., проф., khadi.luzan@gmail.com
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
Україна м. Харків

TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF COMPOSITE COATING BASED ON PG-10N-01 ALLOY INCLUDING DISPERSED PHASES

Luzan S.A. – Doctor of Technical Sciences, Professor, khadi.luzan@gmail.com
National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»
Ukraine, Kharkiv

Abstract. *It was established that under the conditions of wear on fixed abrasive particles, the wear resistance of composite material (CM) (10% modifying composite material (MCM) + 90% PG-10N-01) is 1.5 times, and CM (20% MKM + 80% PG) -10N-01) is 1.7 times higher than the PG-10N-01 alloy. This is due to the introduction of MKM, which contributes to the formation of new centers of crystallization during surfacing and, as a result, leads to the grinding of the structure. The nickel-based plastic matrix PG-10N-01 redistributes stresses, providing conditions in which solid components occupy a favorable position. Thanks to this, a local increase in contact pressure is eliminated and the probability of detachment of hard wear-resistant particles is reduced.*

Key words: *composite material, SHS process, borides, wear resistance, surfacing, structure, phase composition.*

Актуальність дослідження. В даний час одержав розвиток новий напрям – застосування для відновлення деталей наплавлених покриттів, модифікованих композиційними матеріалами, з метою підвищення їх зносостійкості. Проте, поряд з широкими дослідженнями процесів тертя і зношування матеріалів з гомогенною і мікрогетерогенною структурою [1, 2], зношування композиційних матеріалів (КМ), що містять карбід титану і інші зносостійкі матеріали досліджені недостатньо.

Мета роботи полягає в проведенні порівняльного аналізу структурно-фазового стану, мікротвердості, трибологічних властивостей і механізмів зношування при випробуваннях в умовах тертя ковзання, впливу закріплених і нежорстко закріплених абразивних частинок наплавлених дуговим способом покриттів композиційним матеріалом (КМ) на основі порошкового матеріалу системи Ni-Cr-B-Si, модифікованого матеріалом, що містить бориди титану, хрому і отриманого з застосуванням СВС-процесу.

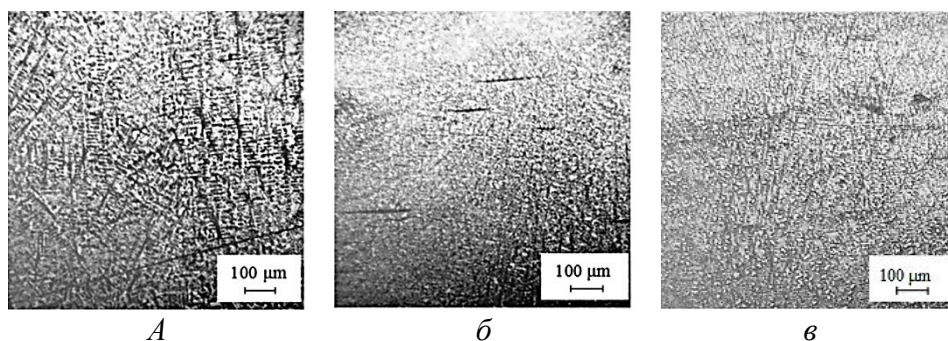
Виклад основного матеріалу. Найбільш популярними є склади композиційних матеріалів на основі титану. Це пов'язано з високим екзотермічним ефектом реакції утворення карбіду і дибориду титану з елементів, що забезпечує широкий вибір матеріалу зв'язки [1].

Тому в якості вихідних матеріалів для отримання композиційного матеріалу використовували порошки титану марки ВТ1-0, бору В, вуглецю марки ПМ-15 з метою синтезування карбіду і дибориду титану. Крім того, для збільшення теплового ефекту в процесі синтезу карбіду і дибориду титану в механічну суміш вводиться термореагуючий порошок алюмінід нікелю ПТ-НА-01, алюмінієва пудра (порошок) ПАП-1 ГОСТ 5494-95 і оксид заліза Fe_2O_3 .

Обрані компоненти змішувалися, і отримана порошкова суміш піддавалася механічній активації, яка здійснювалася в планетарних кульових млинах АГО-2.

Отримання композиційного матеріалу здійснювалося в два етапи: 1) змішування порошків Ti, B, C, Fe_2O_3 , Al і їх спільна механоактивація, додавання зв'язуючого – клею марки «Метилан», формування циліндра і сушка, ініціювання СВС-процесу, в ході якого синтезуються частки боридов титану, хрому та ін.; 2) дроблення спека і змішування отриманого порошку з промисловим порошком марки ПГ-10Н-01 ТУУ 322-19-004-96, механоактивація отриманої порошкової суміші; додавання в механоактивовану порошкову суміш рідкого скла ГОСТ 13078-81 до набуття нею пастоподібного стану.

Дослідження мікроструктури наплавленого покриття порошком ПГ-10Н-01 показали, що вона має дендритний характер (рис. 1, а). Мікроструктура наплавлених покриттів КМ (10% МКМ + 90 % ПГ-10Н-01) являє собою матричний матеріал – сплав ПГ-10Н-01, в якому рівномірно розподілені тверді вclusions (рис. 1, б).



*Рисунок 1 – Мікроструктура наплавлених покриттів:
а – ПГ-10Н-01; б – КМ (10% МКМ + 90% ПГ-10Н-01);
в – КМ (20% МКМ + 80% ПГ-10Н-01)*

Як показали результати рентгенофазового аналізу цими частками є диборид титану (TiB_2), борид нікелю (Ni_3B), оксиди титану (TiO) та заліза (Fe_3O_4) для КМ, що містить 10% МКМ (рис. 2, б), і дибориду титану (TiB_2), бориду хрому (CrB), бориду нікелю (Ni_3B) и оксиду титану (TiO) для КМ (20% МКМ + 80% ПГ-10Н-01) (рис. 2, в) [3].

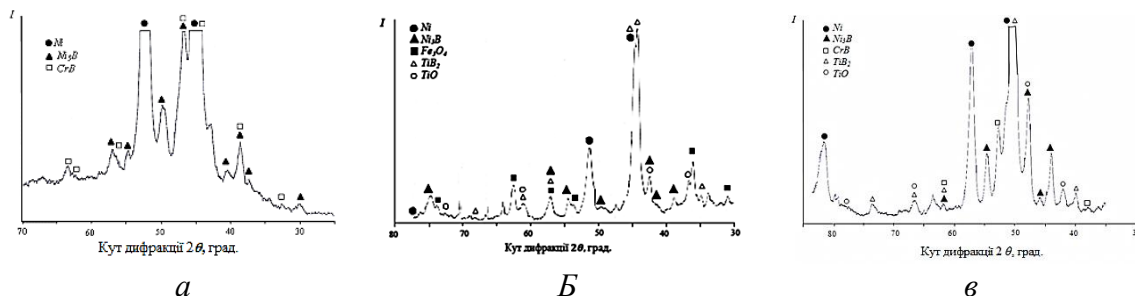
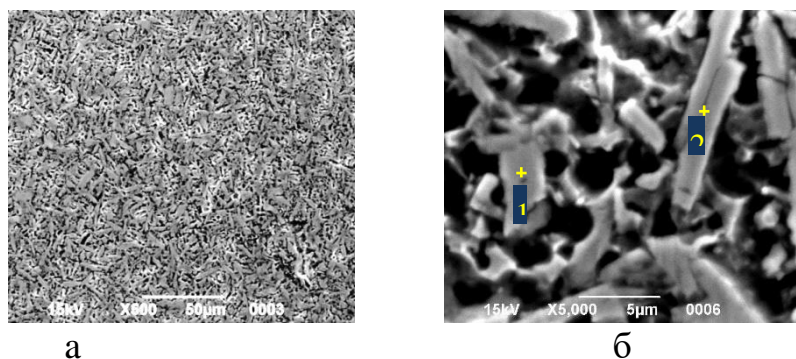


Рисунок 2 – Рентгенівська дифрактограма наплавлених шарів: ПГ-10Н-01 (а); КМ (10% МКМ + 90% ПГ-10Н-01) (б); КМ (20% МКМ + 80% ПГ-10Н-01) (в).

Дослідження мікроструктури наплавлених шарів на скануючому електронному мікроскопі JSM-6390LV показали, що вона має типову морфологію, яка формується на поверхні металу в процесі кристалізації з спрямованим відведенням тепла (рис. 3, а, б) [3].

Хімічний склад 1-3 свідчить про присутність в покритті елементів В, О, Ті, Сr, Ні (рис. 3, в). Це підтверджує результати рентгенофазового аналізу, яким було встановлено наявність фаз, TiB_2 , CrB , Ni_3B , TiO .



Спектр	В	С	О	Si	Р	Ti	Cr	Fe	Ni
1	17,50	14,70	7,10	0,81	0,24	9,63	8,99	19,43	21,60
2	19,17	15,22	8,38	1,14	0,41	4,50	5,36	19,36	26,46
3	16,13	15,11	5,18	0,72	0,24	5,53	5,00	18,39	33,70

в

Рисунок 3 – Мікроструктура (а, б) і хімічний склад (мас.%) наплавленого покриття КМ (20% МКМ + 80% ПГ-10Н-01) (в).

Фотографії наплавленого покриття, зняті в рентгенівському характеристичному випромінюванні Ti, Cr, Ni, C, B, O, Si, Fe, свідчать про досить рівномірний розподіл цих елементів (рис. 4).

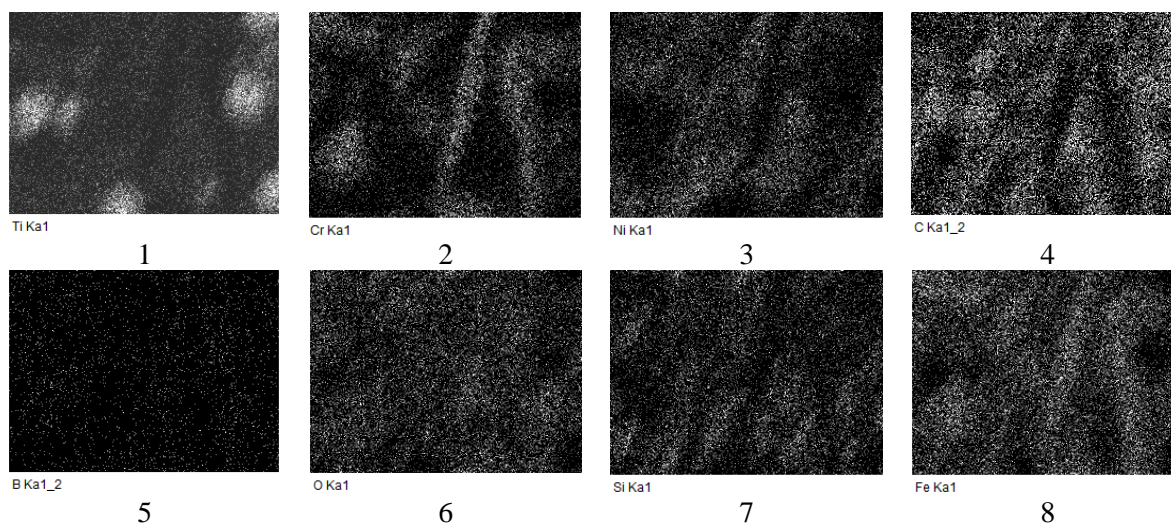


Рисунок 4 – Розподіл елементів в покритті: 1 – Ti; 2 – Cr; 3 – Ni; 4 – C; 5 – B; 6 – O; 7 – Si; 8 – Fe.

Трибологічні властивості композиційних покриттів, отриманих дуговим наплавленням, досліджувалися в умовах абразивного зношування і тертя ковзання.

На рис. 5, а представлені результати випробувань наплавлених покриттів на зносостійкість за допомогою машини тертя МІ за схемою диск-колодка при питомому навантаженні 8 МПа та швидкості ковзання 0,7 м/с в середовищі індустріальної олії.

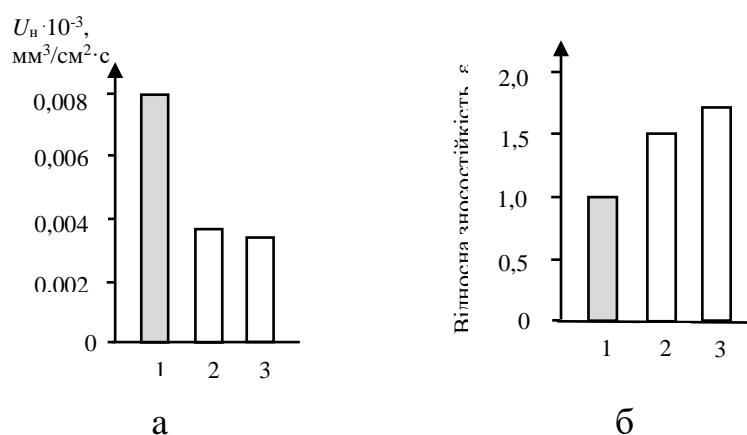


Рисунок 5 – Зносостійкість наплавлених дуговим методом матеріалів в процесі нормального тертя (а) і умов впливу закріплених частинок абразиву (б):
1 – сплав ПГ-10Н-01; 2 – КМ (10% МКМ + 90% ПГ-10Н-01);
3 – КМ (20% МКМ + 80% ПГ-10Н-01).

Як показали результати випробувань, у порівнянні зі самофлюсованим сплавом марки ПГ-10Н-01 зносостійкість КМ складу (10% МКМ + 90% ПГ-10Н-01) збільшилась в 2,1 рази ($0,0038 \cdot 10^{-3}$ і $0,008 \cdot 10^{-3}$ мм³/см²·с відповідно), а зносостійкість КМ складу (20% МКМ + 80% ПГ-10Н-01) в 2,35 рази ($0,0034 \cdot 10^{-3}$ і $0,008 \cdot 10^{-3}$ мм³/см²·с відповідно) відповідно (рис. 5).

Випробування на абразивне зношування досліджуваних матеріалів в умовах при терті о закріплені абразивні частинки оцінювали відповідно до ГОСТ 17367. Результати випробувань на тертя о закріплені частки представлені на рис. 5, б. В якості контрольного матеріалу використовувався сплав ПГ-10Н-01, його зносостійкість була прийнята за одиницю.

Як свідчать результати випробувань на зносостійкість наплавлених дуговим методом матеріалів, абразивна зносостійкість КМ (10% МКМ + 90% ПГ-10Н-01) в 1,5 разів, а КМ (20% МКМ + 80% ПГ-10Н-01) в 1,7 разів перевищує показник для самофлюсівного сплаву ПГ-10Н-01.

У виконаних раніше роботах [1, 2], показано, що основною структурною складовою нікелевих самофлюсівних сплавів є γ -твердий розчин на основі нікелю (γ -Ni), який має ГЦК грати, і евтектика, що складається з γ -Ni і фази бориду Ni₃B, що відповідає отриманим результатам рентгенофазового аналізу (рис. 2, а).

Висновок. Зносостійкість наплавлених дуговим методом КМ, що містять 10 і 20% МКМ, в процесі нормального тертя в 2,1 і 2,35 рази перевищує зносостійкість самофлюсівного сплаву марки ПГ-10Н-01.

Таким чином, наявність в наплавленному покритті дибориду титану (TiB₂), боридів хрому (CrB) і нікелю (Ni₃B), оксидів титану (TiO) та заліза (Fe₃O₄) призводить до зниження інтенсивності зношування в різних умовах тертя.

Л і т е р а т у р а

1. Luzan, S.A., Sidashenko, A.I., Luzan, A.S. Composite material for hardening of tillage machines working bodies containing titanium and chromium borides synthesized using shs-process (2020) *Metallofizika i Noveishie Tekhnologii*, 42 (4), pp. 541-552. DOI: <https://doi.org/10.15407/mfint.42.04.0541>.

2. Luzan, S.O., Luzan, A.S. Microstructure and Abrasive Wear Resistance of Deposited Materials of the Ni–Cr–B–Si System with Inclusions of Dispersed Phases (2020) *Materials Science*, 56 (3), pp. 381-388. DOI: 10.1007/s11003-020-00441-x.

3. S. O. Luzan, V. A. Bantkovskiy, and A. S. Luzan, Tribological Properties of Composite Coating Ni–Cr–B–Si–Boron-Containing Dispersed Phases Obtained by Arc Surfacing, at Abrasive Action and Sliding Friction, *Metallofiz. Noveishie Tekhnol.*, 44, No. 4: 531–547 (2022) (in Ukrainian). DOI: 10.15407/mfint.44.04.0531.

ПРОБЛЕМИ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ ТІЛ ПОВЕРНЕННЯ В УМОВАХ МАШИНОБУДІВНИХ ВИРОБНИЦТВ

Мелконов Г.Л. – к.т.н., доцент, g.melkonov78@gmail.com
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля
Україна, м. Київ

PROBLEMS OF PROCESSING PARTS TYPE OF BODIES OF ROTATION UNDER CONDITIONS MECHANICAL ENGINEERING PRODUCTION

Melkonov H.L. – Ph.D., Associate Professor, g.melkonov78@gmail.com
Eastern Ukrainian National University named after Volodymyr Dahl
Ukraine, Kyiv

Abstract. The article presents the results of research into problems solved in machine-building enterprises. Studies have shown that more than 85% of the parts of the machined parts of the body of rotation. The problem associated with jet crushing during turning is revealed. To solve this problem, a technology of thermofriction turn-milling has been proposed, as well as a universal device designed and manufactured to supply the proposed method.

Keywords: processing, detail, production, mechanical engineering, parts processing.

Актуальність дослідження зумовлена завданням сучасного розвитку інтенсифікація виробництва з урахуванням досягнень науково-технічного прогресу. Темпи науково-технічного прогресу обумовлені переважно розвитком машинобудування. У сучасному машинобудівному виробництві особливо в гірничо-металургійному комплексі, все більше застосування знаходять корозійностійкі та жароміцні сталі та сплави, обробка яких традиційними для заводів способами механічної обробка пов'язана з певними труднощами. Зношування різального інструменту дуже високе. Для обробки таких матеріалів в основному застосовується різці, оснащені платівками з дорогих інструментальних матеріалів.

Метою роботи є розробка та застосування нових ресурсозберігаючих технологій термофрикційної обробки на малих швидкостях, зокрема комплексний спосіб обробки зовнішніх циліндричних поверхонь термофрикційним фрезоточенням.

Дослідження показали, що більше 85% деталей, що піддаються механічній обробці в умовах вищезгаданих заводів, належить деталям тіло обертання або мають зовнішні дугоподібні поверхні, які обробляється точенням на токарних верстатів. Простота налагодження верстатів, можливість забезпечення

необхідної якості та високої продуктивності є основними перевагами токарних верстатів. Токарною обробкою можна обробити без винятку різні профілі.

Однак основним недоліком токарної обробки є дроблення стружки, що викликає додаткові труднощі з обслуговування верстатів, зокрема при обробці заготовок із матеріалів, що утворюють довгу стружку. При точінні така стружка, намотуючи на різець і заготівлю, погіршує якість обробки та псує деталі верстата. Крім того, довга заплутана стружка небезпечна для верстатника. Видалення стружки в даному випадку є серйозною проблемою, і іноді потрібно зупиняти верстат для його очищення.

На сучасному етапі науково-технічного прогресу міцність, в'язкість, твердість та інші характеристики високоміцних матеріалів зростають настільки швидко, що обладнання та інструменти, які має виробництво, у ряді випадків не дозволяють здійснювати високоефективну обробку.

Для широкого впровадження високопродуктивного способу деталей типу тіло обертання фрезоточенням, перешкоджає відсутність необхідного верстатного обладнання та мало вивченість даної технології.

В умовах машинобудівних підприємств, де в основному використовуються універсальне верстатне обладнання, ця проблема ще погіршується. Вирішення цієї проблеми призвело до створення ресурсозберігаючих технологій обробки деталей тіло обертання, зокрема обробки зовнішніх циліндричних поверхонь термофрикційним фрезоточенням [1], а також універсального пристрою для здійснення способу термофрикційного фрезоточення на базі токарних верстатів за умов машинобудівних підприємств [2].

Висновок. Результати дослідження стану проблеми обробки та виготовлення деталей в умовах машинобудівних підприємств РК показали, що більше 85% деталей, що піддаються механічній обробці, відносяться деталям типу тіл обертання або мають зовнішні дугоподібні поверхні, які обробляється точенням на токарних верстатах. Існує проблема, пов'язана з дробленням стружки при токарній обробці та виникнення ударного навантаження на різець при точенні переривчастих поверхонь обертання (наприклад, з різними канавками, піднутреннями та т.п.). Дані проблеми наводять:

- додатковим труднощам з обслуговування верстатів, а також не дроблена стружка, намотуючи на різець та заготівлю, погіршує якість обробки та псує деталі верстата;
- до зниження показників шорсткості обробки;
- падіння стійкості інструменту.

Л і т е р а т у р а

1. Rohs H.G. Wirbeln von Kurbelwellen // Werkstattimdb Betrleb. 1972. 105. №9. P.633-636.

2. Технологія механічної обробки на металорізальних верстатах / Г.М. Стискін, М.П. Ревнівцев, В.В. Томашенко, М.М. Берізко. К.: Техніка, 2005. 512 с.

МАЛОГАБАРИТНИЙ МОДУЛЬНИЙ ОСУШУВАЧ

Петраш О.В. – к.т.н., oleksandr.petrash@pdau.edu.ua

Попов С.В. – к.т.н., доц., stanislav.popov@pdau.edu.ua

Попович Н.М. – к.т.н., nataliia.popovych@pdau.edu.ua

Петраш Р.В. – к.т.н., доц., ruslan.petrash@pdau.edu.ua

Дубовцов Д.Д. – здобувач вищої освіти, danil.dubovtsov@st.pdau.edu.ua

Полтавський державний аграрний університет

Україна, м. Полтава

COMPACT MODULAR DRYER

Petrash O.V. – Philosophy Doctor, oleksandr.petrash@pdau.edu.ua

Popov S.V. – Philosophy Doctor, Docent, stanislav.popov@pdau.edu.ua

Popovych N.M. – Philosophy Doctor, nataliia.popovych@pdau.edu.ua

Petrash R.V. – Philosophy Doctor, Docent, ruslan.petrash@pdau.edu.ua

Dubovtsov D.D. – Student, danil.dubovtsov@st.pdau.edu.ua

Poltava State Agrarian University

Ukraine, Poltava

Abstract. *The method of ensuring gas quality considered in the current paper involves the use of a block-type gas drying installation as part of a low-temperature separation installation and a source of artificial cold. As the latter, it is envisaged to use a freon-refrigerating unit. The study shows that the proposed block gas drying units can be unified for different gas productivity and are characterized by relatively low capital and operating costs. The main advantages of the introduction of gas preparation block installations and the scheme of connecting the installation to the existing line are presented. Based on the results of the economic efficiency indicators, it was established that the use of a block gas drying unit is a profitable project with the value of the accumulated reduced free cash flow of almost 843 thousand USD.*

Keywords: *freon refrigeration unit, gas drying, separation, payback period, gas distribution system*

Актуальність дослідження зумовлена значним ступенем виснаженості родовищ та станом наявного обладнання УКПГ, котре все частіше не дозволяє забезпечити постачання кондиційного газу промисловим споживачам. Тому тематика модернізації поверхневих систем збору свердловинної продукції з тим щоб подовжити економічно доцільну експлуатацію близьких до виснаження родовищ є актуальною, зокрема для країн чий надра розробляються тривалий час.

Метою роботи є визначення ефективності технології підготовки газу за рахунок запровадження установки осушки блочного типу в умовах низького пластового тиску, який має місце на більшості родовищ на пізньому етапі розробки. Представлене дослідження вирішує практичну задачу із забезпечення температури точки роси газу за вологою і вуглеводнями перед подачею його споживачам.

Для досягнення мети, необхідно вирішити задачі:

- дослідити керновий матеріал та провести технологічні розрахунки необхідної температури низькотемпературної сепарації;
- розробити рекомендації стосовно удосконалення існуючої системи підготовки газу з огляду на вимоги кодексу газотранспортної системи (ГТС) родовищ, близьких до виснаження;
- визначити економічну доцільність запровадження запропонованих удосконалень технологічної лінії підготовки газу.

У роботі [3] досліджували процес підготовки природного газу. Видобувний газ мав значний вміст азоту, гелію та вуглекислого газу. Для досягнення ринкових вимог у технологічну лінію підготовки газу було включено установку очистки та осушки газу, яка дозволила задовільнити вимоги нормативних документів. Факт очищення газу було підтверджено хроматографічним дослідженням. Невирішеним питанням залишилась ефективність установки осушки газу при видобуванні з виснажених родовищ.

Автори роботи [4] зазначають, що можна досягнути зменшення шкідливих викидів до атмосфери від спалювання попутного газу у факельному амбарі для чого застосовують осушку газу способом низькотемпературної сепарації та додаткові компресорні установки. Поза увагою залишається економічна доцільність використання додаткових компресорів. У [5] розглядається робота трисекційної нафтогазової адсорбційної установки по очищенню та осушці газу. Також у роботі наведено приблизний розрахунок капітальних витрат на спорудження адсорбційної установки та показана її економічна ефективність. Тим не менш, в цій роботі не розглядали варіанту мобільної установки замість капітального будівництва, що очевидно скоротило б витрати.

У [6, 7] проаналізовані особливості технічних рішень насосно-компресорних агрегатів та їх вплив на ефективність сепарування вуглекислого газу, але контекст дослідження не включав умов низьких пластових тисків. В роботі [8] наводиться величина операційних витрат на роботу установок з осушки газу, що корисно для підбору обладнання, але водночас не дослідженою залишилась спільна робота установки осушки із існуючою технологічною лінією, що матиме місце на практиці.

Гіпотеза дослідження полягає у тому що від капітального переобладнання лінії підготовки газу можна відмовитися на користь періодичного використання мобільного агрегату, який також забезпечуватиме параметри якості газу. На користь наведеної гіпотези говорить факт залежності параметрів якості газу від ефективності заходів інтенсифікації видобутку, котрі проводяться на дослідному родовищі та завжди носять тимчасовий характер.

В рамках дослідження було проведено комплексний критичний аналіз нормативної бази та останніх досліджень забезпечення якості газу. Проведено технологічні розрахунки та досягнуто інженерного рішення прикладної задачі із оцінки ефективності вдосконаленої технології осушки газу на прикладі дослідної установки комплексної підготовки газу. У ході розрахунків було використано актуальні показники розробки дослідного родовища та геологічні карти продуктивних горизонтів.

Для забезпечення коректності зіставлення та об'єктивності прийняття рішення щодо доцільності проектів, використані єдині принципи оцінки економічної ефективності. Оцінка економічної ефективності проекту проводиться на основі чистого грошового потоку від операційної та інвестиційної діяльності (різниця між надходженнями і виплатами), скоригованого на податкові відрахування.

Для аналізу проектів використано номінальні грошові потоки, тобто грошові потоки, що коригуються на рівень інфляції. Прогнозні індекси інфляції визначено ринковими дослідженнями та аналізом підприємства. Будь-яких інших індексів інфляції не було використано. Облік зміни вартості грошей у часі проведено шляхом застосування дисконтного фактору до чистого потоку грошових коштів. Окрім того, враховано вплив амортизації на грошові потоки проекту. Амортизація розрахована тільки на інвестиції, що розглядаються в проекті відповідно до умов податкового обліку, що використовується підприємством.

За результатами досліджень видобувний газ досить сухий з високим вмістом метану 91,74–92,12 % мол., вміст етан-пропан-бутанових фракцій незначний і складає 4,60–4,33 % мол. Вміст вуглеводнів C5+ не високий – до 13,6 г/м³. За вмістом азоту (0,13–0,30 % мол.) видобувний газ відноситься до низькоазотистих. Вміст двоокису вуглецю складає 2,98 і 3,02 % , при високих робочих тисках може викликати явища корозії обладнання. Сірководень в пробах не зафіксований.

Від рівня підготовки природного газу на промислі залежить ефективність подальшого транспортування газу і відповідність фізико-хімічних показників газу вимогам його споживчої цінності відповідно до потреб різних категорій споживачів.

Таким чином, для забезпечення технічних умов надання газу споживачем необхідно застосувати технологію його осушування. Умови транспортування природного газу не потребують повного видалення з нього вологи. Необхідно лише забезпечити підтримку температури точки роси вологи та вуглеводнів. При зниженні температури газу, це не має переводити газ з ненасиченого стану у насичений, при чому можливе виділення конденсованої фази зі складу газу.

Для забезпечення якісних показників газу, що подається в мережі, пропонується прийняти блочну установку осушки газу (УОГ) в складі установки низькотемпературної сепарації (НТС) та фреоново-холодильної установки (ФХУ). Така технологія здатна забезпечити якісну підготовку газу в умовах низького тиску, може бути уніфікована для різної продуктивності по газу та характеризується порівняно невеликими капітальними та експлуатаційними витратами.

Для можливості оперативного вирішення проблеми локальних перевантажень наявних систем підготовки газу пропонується розробити технічні рішення для впровадження модельного ряду малогабаритних блочних установок підготовки газу (блочні УПГ) продуктивністю 100, 200 та 300 тис. м³/добу. Блочну УПГ можна швидко змонтувати на перевантаженому об'єкті, а після зниження обсягів газу до проєктних потужностей стаціонарної УПГ, блочну УПГ можна перемістити на інший перевантажений об'єкт (рисунок 1).

Підготовку газу на блочній УПГ пропонується здійснювати методом низькотемпературної сепарації із застосуванням джерела штучного холоду – фреонової холодильної установки. Така технологія забезпечить підготовку газу до вимог Кодексу ГТС щодо температури точки роси по воді (ТТРВ) та по вуглеводням (ТТРВугл), та може бути реалізована в малогабаритному блочному виконанні.

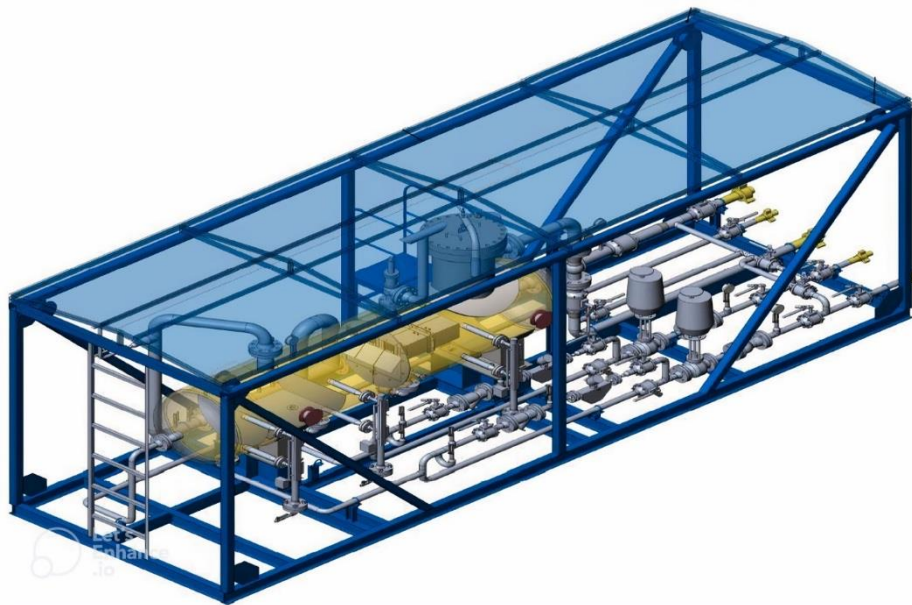


Рисунок 1 – Малогабаритна блочна установка для дослідження свердловин

Пропонується комплектація УПГ трьома блоками: блок сепарації газу, блок охолодження газу і блок ФХУ. Ці блоки будуть монтуватись на існуючій УКПГ і формувати додаткову технологічну лінію для підготовки додаткових об'ємів газу. В разі потреби блочну УПГ можна перемістити на інший об'єкт. Запропонований варіант технічного переоснащення 2-ї дослідної УКПГ характеризується додатним значенням накопиченого приведенного вільного грошового потоку (NPV), термін окупності проектних капітальних інвестицій сягає 3 роки. Отримані результати розрахунків техніко-економічних показників реконструкції лінії підготовки газу можуть бути ефективно використані на установках підготовки газу, де обробляється продукція свердловин родовищ на пізній стадії експлуатації. У випадках, коли існуючі технологічні лінії не мають спроможності забезпечити подачу кондиційного газу до розподільчої мережі, використання блочних установок осушки виявляється економічно доцільнішим за капітальне переобладнання технологічних споруд.

Висновок. Аналіз зразків керну та проб свердловинної продукції дозволяють ідентифікувати дослідний об'єкт, як родовище на пізній стадії розробки. Також наявна проблема ретроградної конденсації, що ускладнює досягнення газом кондиційних параметрів. Розрахунками встановлено необхідність застосування низькотемпературної сепарації при $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ та технології осушки газу.

На основі наявного рішення технологічної лінії запропоноване її удосконалення блочною установкою осушки газу з фреоновою холодильною установкою. Це покращення технічно забезпечує умови низькотемпературної сепарації. Також установка є мобільною та дозволяє оперативно реагувати на

тимчасові перевантаження у лінії. Ця властивість її роботи задовольняє умовам виснажених родовищ, на яких проводяться активні заходи інтенсифікації видобутку з тимчасовими ефектами. Таким чином капітальне переоснащення ряду об'єктів газотранспортної системи можна замінити кількома блочними установками, котрі згідно графіку тимчасово працюють на кожному з об'єктів.

Проведено економічні розрахунки, якими встановлено вартість технічного переоснащення одного об'єкта у близько 507 тис. у.о. Використовуючи метод розрахунку накопиченого дисконтованого грошового потоку, було визначено, що запропоноване переоснащення є окупним проектом з терміном 3 роки. З іншого боку окупність капітального переоснащення установок підготовки газу взагалі не настає. Таким чином показано переваги блочної установки осушки газу, яка дозволяє продовжити термін подачі кондиційного газу в мережу з родовищ на пізньому етапі експлуатації.

Л і т е р а т у р а

1. Jain, S., Agarwal, P., & Patel, P. (2013). Installation of unique & first of its kind, gas enrichment plant - "natural gas purification and drying unit" to remove the excessive quantity of nitrogen, carbon dioxide & helium from the natural gas produced at the marginal gas fields of rajasthan, india. SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition, (1), 50-56.

2. Jin, L., Hawthorne, S., Sorensen, J., Pekot, L., Bosshart, N., Gorecki, C., ... & Harju, J. (2017, April). Utilization of produced gas for improved oil recovery and reduced emissions from the Bakken formation. In SPE Health, Safety, Security, Environment, & Social Responsibility Conference-North America. OnePetro. <https://doi.org/10.2118/184414-MS>

3. Kravchenko, S., Popov, S., & Gnitko, S. (2016). The working pressure research of piston pump RN-3.8. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, (5 (1)), 15-20.

4. Sivanandam, S., & Al Ali, M. (2020). Capturing in Gas Treating Plants Technology Review and Selection. In Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference (p. D041S100R001). SPE. <https://doi.org/10.2118/203479-MS>

5. Saha, C. K., Sabbir, A. Y. B., Sarker, S., & Alam, M. M. (2020). Development and Evaluation of LPG Based Heating System for BAU-STR Dryer. In 2020 ASABE Annual International Virtual Meeting (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers.

6. Orymbetov, E., Orymbetova, G. E., Khussanov, A. E., Orymbetov, T. E., & Orymbetov, B. E. (2022). SECTIONING OF PETROLEUM GAS ADSORPTION DRYING. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences, 3(453), 155-165.

МОБІЛЬНІ УСТАНОВКИ ДЛЯ ГРУП ШВИДКОГО РЕАГУВАННЯ ППО

Столярчук Д. П. – магістрант, stlk16dns@gmail.com

Підгорний Н.А. – магістрант, nazik.shut@gmail.com

Кузнєцов Ю.М. – д.т.н., проф., info@z mok.kiev.ua

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Україна, м.Київ

MOBILE INSTALLATIONS FOR RAPID RESPONSE GROUPS OF AIR FORCE

Stoliarchuk D.P. – master's student, stlk16dns@gmail.com

Pidhornyi N.A. – master's student, nazik.shut@gmail.com

Kuznietsov Y.M. – Doctor of Technical Sciences, Professor, info@z mok.kiev.ua

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Ukraine, Kyiv

Abstract. *This research addresses the urgent need for countering Iranian kamikaze drones, particularly the Shahed-136, used by Russian aggressors against Ukraine. Despite intercepting 70% of these low-speed, low-altitude drones, the high cost of anti-aircraft missiles poses challenges. The study focuses on analyzing cost-effective turret installations on mobile platforms, offering advantages in ergonomics and workspace over traditional setups. By providing insights into trailer-mounted turret solutions, the research aims to enhance Ukraine's air defense against drones efficiently and affordably.*

Keywords: *Iranian drones, Shahed-136, air defense, turret installations, mobile platforms, cost-effective solutions, drone interception, Ukraine, Russian aggression.*

Актуальність даного дослідження зумовлена застосуванням іранських дронів-камікадзе Shahed-136 російськими агресорами. Для України це представляє серйозну проблему, оскільки ці дрони використовуються для атак на об'єкти енергетичної інфраструктури та системи протиповітряної оборони. Так, до 70% безпілотних літальних апаратів збиваються, але для цього, як правило, доводиться витратити дорогі ракети, які передусім призначені для ліквідації крилатих і балістичних ракет.

Метою роботи є проведення огляду та аналізу існуючих установок, турелей та платформ для їх швидкого переміщення на позиції і їх конструктивних особливостей з перспективою ширшого впровадження такого обладнання серед мобільних вогневих груп ППО.

"Шахеда" представляють собою повітряні цілі з низькою швидкістю руху, які активно використовують тактику низького польоту та постійно змінюють свої маршрути для уникнення ураження. Час від часу вони здійснюють обліт,

змінюючи напрямок з одного боку на інший, щоб ускладнити завдання з їх знешкодження нашим протиповітряним засобам оборони. Але хорошим є те, що для їх ураження достатньо й звичайних автоматів, проте найбільш ефективними, серед стрілецької зброї, будуть великокаліберні кулемети. Під час ворожих атак воїни буквально залітають на позиції. Щойно дрони противника заходять у зону ураження, вогонь відкривають з усіх стволів. Після цього повітряна ціль перетворюється на розкидану масу обломків на землі. Проте, якщо звичайний автомат можна з легкістю навести на ціль і прицілитись, тримаючи його в руках, то з великокаліберним кулеметом так просто вже не вийде. Для цього існують турелі, які являють собою фактично опору із двома шарнірами та кріпленням одного чи двох кулеметів. Задачею такого пристосування є поглинання віддачі, розвантаження рук та інших частин тіла оператора, тобто забезпечення максимально комфортних умов для стрільби й, як наслідок, збільшення прицільності та точності вогню, що в свою чергу призведе до більшого шансу збиття потенційно загрозового повітряного об'єкту. Такі турелі можна встановлювати на різноманітні високомобільні платформи-причепи а також безпосередньо на автомобілі підвищеної прохідності (Рис. 1).



Рисунок 1 – Високомобільна платформа-причеп та платформа, яка встановлена на пікапі відповідно

Так, приклади подібного використання турелей вже давно можна зустріти серед мобільних вогневих груп (Рис.2). І вони достатньо непогано себе зарекомендували себе в роботі, що підтверджується різноманітними фото/відеоресурсами, які часто трапляються в новинах. Крім того, основною перевагою таких стійок є їхня наднизька вартість (в порівнянні з ракетними комплексами) за рахунок їх простоти конструкції. Звідси маємо ультра дешевий та достатньо ефективний варіант боротьби із безпілотними літальними апаратами (БПЛА), а при певному везінні навіть з крилатими ракетами (є

зафіксовані випадки). Ми маємо величезну територію та дуже малу кількість ЗРК, тому таке рішення допомагає заповнити ці “пробіли” в протиповітряному захисті.

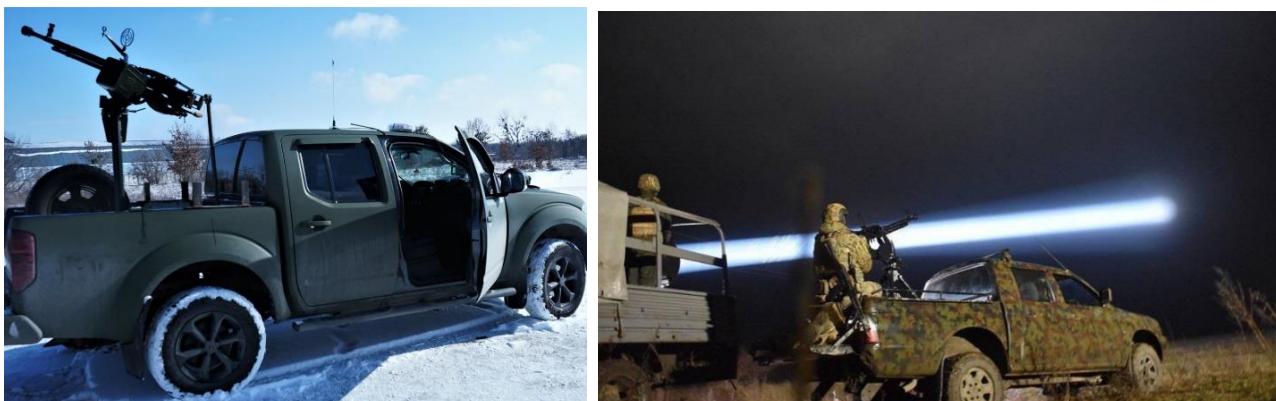


Рисунок 2 – Турелі встановлені на пікапах

Однак, ми вважаємо, що використання платформ-причепів з встановленими на них турелями, має багато переваг, порівняно із традиційним монтуванням в кузов пікапа. Причип дає великий простір для переміщення стрільця на всі 360 градусів. Крім того збільшення робочого простору призводить до кращої ергономіки турелі, і в сумі це все набагато полегшує процес прицілювання і ведення цілі в будь-якому напрямку. Також причип є самостійною одиницею, що дозволяє автомобілю виконувати інші різноманітні задачі під час відсутності повітряної загрози. Єдиним недоліком такого рішення може бути дещо менша маневреність та прохідність, в порівнянні з самостійним використанням пікапа. Проте й на пікап теж можна встановити розкладну платформу, яка дозволить значно збільшити простір для стрільця й розширить комфортний сектор стрільби мінімум до 180 градусів замість 30-40 градусів в традиційному виконанні з просто закріпленою туреллю в кузові.

Висновок. У підсумку, дослідження виявило, що застосування іранських дронів-камікадзе Shahed-136 російськими агресорами створює серйозні виклики для України, зокрема для енергетичної інфраструктури та протиповітряної оборони. Аналіз турелей на мобільних платформах свідчить про їхню потенційну ефективність у вирішенні цього завдання. Встановлення такого обладнання на пікапи та платформи-причепи дозволяє забезпечувати ефективну стрільбу та маневреність, роблячи це економічно-ефективним та гнучким рішенням для відповіді на запуски іранських дронів. Необхідно в найкоротші терміни налагодити в Україні виробництво турелей на мобільних платформах, залучивши фахівців і виділивши потрібні кошти з державного бюджету.

Л і т е р а т у р а

1. Інформація з власного досвіду та рекомендацій військовослужбовців.
2. Режим доступу: <https://www.aviatsiyahalychyny.com/blog/10-faktiv-iaki-zakokhaiut-vas-u-povitriani-syly-ukrainy/>
3. На позашляховиках, з кулеметами: ППО Києва зміцнюється мобільними вогневими групами. Режим доступу: <https://fakty.com.ua/ua/ukraine/20230209-na-rozashlyahovykah-z-kulemetamy-ppo-kyueva-zmicnyuyetsya-mobilnymy-vognevymy-grupamy/>

ДОСЛІДЖЕННЯ ВТОМНОЇ МІЦНОСТІ КОТЛА ВАГОН-ЦИСТЕРНИ ПРИ ВИНИКНЕННІ КОРОЗІЇ

Терещук А.О. – аспірантка, tereshchuk_ao@gsuite.duit.edu.ua
Щербина Ю.В. – к.т.н., доц., scherbuna_yv@gsuite.duit.edu.ua
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

RESEARCH OF FATIGUE STRENGTH A TANK WAGON BOILER IN EVENT CORROSION

Tereshchuk A.O. – Postgraduate student, tereshchuk_ao@gsuite.duit.edu.ua
Shcherbina Iu.V. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
scherbuna_yv@gsuite.duit.edu.ua
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The work evaluates fatigue strength of a tank wagon boiler in the event of corrosion using computer simulation tools. The possibility of extending the service life of a tank wagon for the transportation of chemical cargo based on model 15-1443-14 with an exceeding normalized service life has been considered. It is proposed to use the method of calculated estimation of the resource of tank wagon with an exhausted service life. The nature of the change in the tank wagon boiler shell thickness due to the action of corrosion on changes in the fatigue strength reserve factor is determined. During calculations, the impact of stress amplitudes from vertical dynamic forces and amplitude levels during impact interaction of a tank wagon is taken into account.*

Keywords: *tank wagon, boiler, service life extension, calculation method, fatigue strength*

Актуальність дослідження зумовлена зношеністю парку вантажного рухомого складу, що становить понад 80% і необхідністю вирішення окремих питань, пов'язаних з можливістю продовження терміну служби вагонів, строк служби яких вже вичерпано. Продовження подальшого терміну експлуатації

таких вагонів залежить від їх технічного стану, у зв'язку з чим проводиться технічне діагностування за визначеним регламентом робіт. Результати технічного діагностування вагонів-цистерн для перевезення хімічних вантажів з понаднормованим терміном служби свідчать про те, що вони мають значні корозійні пошкодження несучих елементів та котла, що безпосередньо впливає на напружено-деформований стан конструкції та безпеку експлуатації.

Метою роботи є оцінка ресурсу котла вагон-цистерни для перевезення хімічних речовин моделі 15-1443-14 на базі побудованої комп'ютерної моделі за критерієм втомної міцності, який знаходився в експлуатації до моменту настання закінчення нормативного терміну служби (24 роки) та визначення можливості продовження терміну служби за умови виникнення корозії металу у різних частинах його оболонки.

В умовах циклічної дії знакозмінних навантажень, які діють з високою інтенсивністю, у найбільш навантажених місцях котла вагон-цистерни утворюються втомні тріщини. Поява втомних тріщин на поверхні котла може бути наслідком виникнення корозії від дії хімічних вантажів, які перевозяться вагон-цистерною впродовж її терміну експлуатації. Відомо, що з часом в елементах конструкції, пошкоджених корозією відбуваються процеси перерозподілу локальних напружень, що в свою чергу призводить до послідовного зростання рівня напружень в основному металі та зварних швах, а також виникненню тимчасових зон локальної концентрації зі збільшенням рівня локальних напружень. Зростання рівня напружень може досягати величин, які будуть значно перевищувати межу плинності матеріалу.

В процесі проведення технічного діагностування вагон-цистерн, як правило, виявляють наступні основні місця виникнення пошкоджень котла вагон-цистерни: днища та зона зварних швів приварювання днищ до обичайки котла; зона спирання нижнього листа котла на лежневі опори; зони горизонтальних зварних швів нижнього і бічного листа; зони зварних швів в місцях кріплення фасонних лап до котла; зона зварних швів у місцях приварювання горловини до обичайки котла.

Враховуючи результати аналізу технічного діагностування під час проведення досліджень втомної міцності котла вагон-цистерни з використанням засобів комп'ютерного моделювання особливу увагу приділено тим ділянкам конструкції котла, де були виявлені втомні пошкодження металу.

Відповідно до методу дослідження втомної міцності котла вагон-цистерни розрахунок опору втомі виконувався з визначенням коефіцієнта запасу опору [1]. Під час проведення розрахунків в даній роботі прийняті наступні припущення:

- параметром, який визначає циклічну міцність є коефіцієнт запасу опору втомі;

- накопичення втомних руйнувань здійснюється за лінійною гіпотезою підсумовування втомних пошкоджень;

- корозійний знос метала котла вагон-цистерни є рівномірно розподіленим по його поверхнях;

- втомні пошкодження матеріалу котла вагона відбуваються в умовах пружного деформування.

Для контрольних зон котла вагон-цистерни було визначено межу витривалості при симетричному циклі і режимі навантаження при базовій кількості циклів – 10^7 . Величина амплітуди динамічного напруження умовного симетричного циклу, приведена до базової кількості циклів, яка еквівалентна за дією пошкодження дійсного режиму експлуатаційних навантажень за розрахунковий термін служби враховувала рівень амплітуд напружень від дії вертикальних динамічних сил та рівень амплітуд напружень при ударній взаємодії вагона-цистерни.

При побудові комп'ютерної моделі в програмному комплексі SolidWorks [2] та проведенні розрахунку були враховані: геометричні розміри об'єкту дослідження, масово-інерційні характеристики котла в завантаженому стані (при регламентованій конструкторською документацією вантажопідйомності вагона – 66 т.), фізико-механічні властивості матеріалу, товщини окремих складових елементів котла, в залежності від величин корозійних пошкоджень. Побудована сітка моделі оболонки котла складається з 540440 елементів, 1015310 вузлів. Тетраedr має: максимальний розмір елемента 48 мм, мінімальний розмір елемента 8 мм, співвідношення збільшення розмірів елемента становить – 1,4.

На рисунку 1 приведена розрахункова схема прикладених сил від дії статичних навантажень.

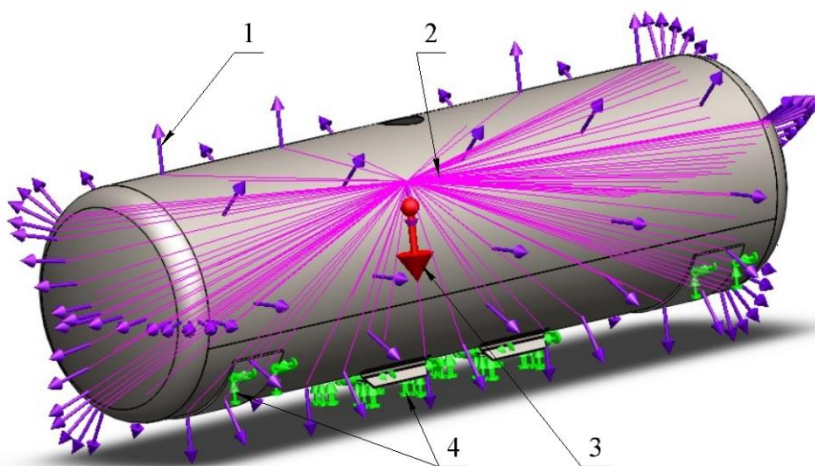


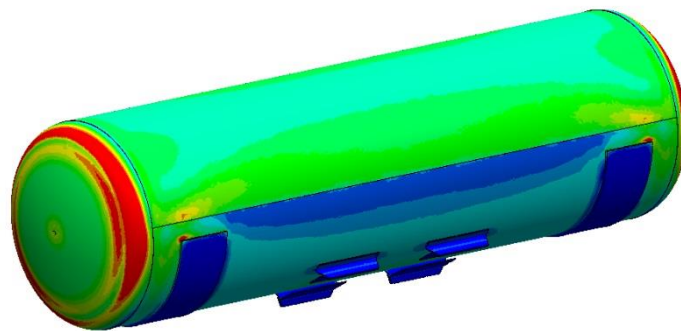
Рисунок 1 – Розрахункова схема спирання та прикладення сил від дії статичних навантажень:

1 – робочий тиск в котлі; 2 – маса вантажу; 3 – прискорення вільного падіння; 4 – фіксація котла на елементах спирання.

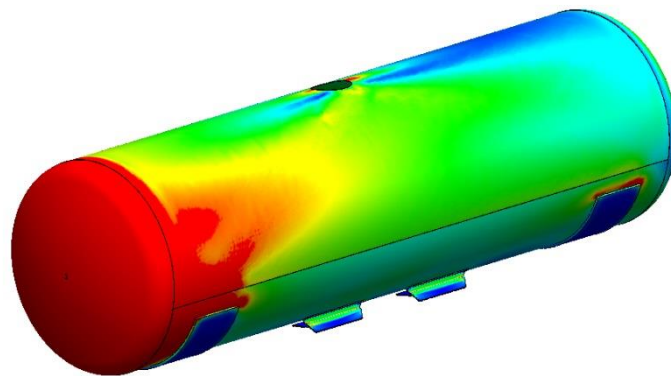
В ході проведення досліджень моделі котла вагон-цистерни отримані значення напружень у найбільш навантажених зонах від дії статичних сил. За допомогою методу зондування розраховані середньоарифметичні значення серед найбільших напружень для 5-8 ділянок навколо напружених зон.

Найбільші значення еквівалентних напружень при статичному навантаженні відмічені для зон лежневих опор та днища – 71,4 МПа і 73,8 МПа відповідно. При корозії металу котла глибиною 3 мм величини еквівалентних напружень знаходяться у межах: для лежневих опор – 97,2 МПа; для днищ – 114 МПа.

На рисунку 2 показано фрагменти напружено-деформованого стану котла одного з варіантів розрахунку при появі корозії металу:



а)



б)

Рисунок 2 – Фрагменти напружено-деформованого стану котла при корозії металу глибиною 3 мм:

а) при статичному навантаженні; б) від дії поздовжньої ударної сили

Еквівалентні напруження від дії поздовжньої ударної сили величиною 3,8 МН отримані шляхом розрахунку методом скінченних елементів котла вагон-цистерни [3]. Найбільші значення величин цих напружень при відсутності корозії склали для: зони люка – 121 МПа, фасонних лап – 85,8 МПа, лежневих

опор – 123 МПа, днищ – 152 МПа. При наявній корозії металу глибиною 3 мм величини еквівалентних напружень у розглянутих зонах зросли у середньому на: 35 МПа для зони люка; 33,2 МПа для фасонних лап, 44 МПа для лежневих опор, 58 МПа для днищ.

У відповідності з методом розрахунку втомної міцності котла було враховано сумарну кількість циклів вертикальних динамічних сил, які діють на вагон-цистерну за термін служби. Це дозволило визначити вплив змін напружено-деформованого стану конструкції котла за роками з урахуванням змін товщини його оболонки. Результати розрахунку коефіцієнтів запасу втомної міцності для найбільш небезпечних зон при виникненні корозії показаний на рисунку 3.

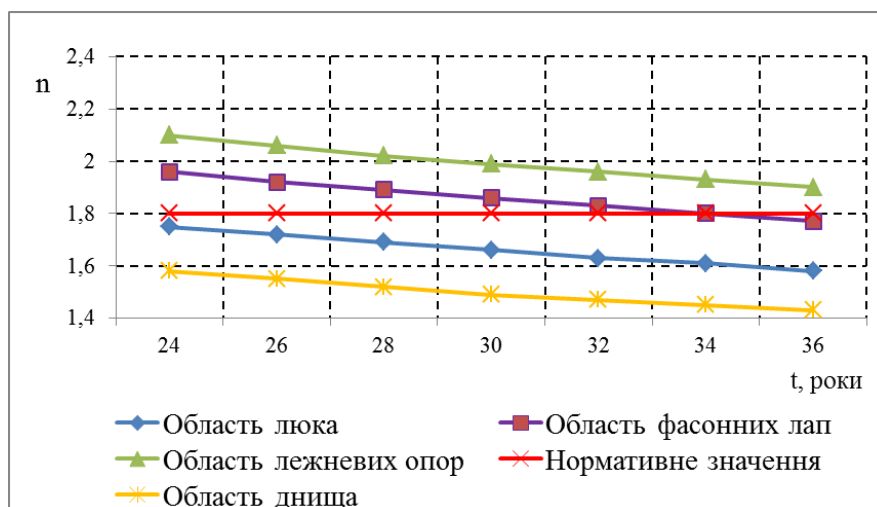


Рисунок 3 – Динаміка змін коефіцієнта запасу втомної міцності котла вагон-цистерни з понаднормованим терміном служби при виникненні корозії металу глибиною 3 мм

Висновок. В результаті проведеного дослідження за методом оцінки опору втомі котла встановлено, що коефіцієнт запасу втомної міцності для конструкцій вагонів-цистерн з корозійними пошкодженнями глибиною понад 3 мм, які можуть виникати у місцях найбільших концентрацій напружень оболонки котла, значно менший ніж допустиме нормативне значення – 1,8. Це свідчить про необхідність заміни котла для вирішення можливості подальшої експлуатації вагон-цистерни, термін служби якої було вичерпано.

Л і т е р а т у р а

1. ДСТУ 7598:2014 Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). ДП «УкрНДІВ», 2014 р.
2. Paul Tran SOLIDWORKS 2018 Advanced Techniques, 2018, 752р.
3. Zienkiewicz, O. C., Taylor, R. L., Zhu, J. Z. The Finite Element Method: Its Basis

and Fundamentals. Oxford: ButterworthHeinemann, 2013. 756 p.

ОСОБЛИВОСТІ КОНТРОЛЮ КОМПОЗИТНИХ КУЗОВІВ НАПІВВАГОНІВ

Фомін О.В. – д.т.н., проф., fominaleksejvictorovic@gmail.com

Козинка О.С. – аспірант., kozynka1520mm@gmail.com

Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

Черкашин О. П. – аспірант., cherkashinoleksandr@gmail.com

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля
Україна, м. Сєверодонецьк

FEATURES OF CONTROL OF COMPOSITE GONDOLA BODIES

Fomin O.V. – Doctor of Technical Sciences, Professor, fominaleksejvictorovic@gmail.com

Kozynka O.S. – Postgraduate student, kozynka1520mm@gmail.com

Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Cherkashin O. P. – Postgraduate student, cherkashinoleksandr@gmail.com

Eastern Ukrainian National University named after Volodymyr Dahl
Ukraine, Severodonetsk

Abstract. *The means of control of typical and composite bodies of gondolas, which will prevent the possible loss of bulk cargoes and increase the level of train traffic safety, are considered. To expand the functionality of gondolas by adapting them to the transportation of goods that require protection from atmospheric influences, the use of a removable roof made of composite material is proposed. When designing highly loaded parts with complex geometry, the application of combined solutions is considered.*

Keywords: *freight car, gondolas body, control devices, universal gondola, train traffic safety.*

Актуальність дослідження. Уже тривалий час найбільш затребуваним типом вантажного вагона в експлуатації є напіввагон. Несуча конструкція цього вагона складається з рами та кузова. Найбільш навантаженим режимом її експлуатації є маневрове співударяння вагонів. Варто сказати, що внаслідок періодичної дії повздовжніх навантажень на раму піввагона та кузов, підвищених швидкостей співударянь в умовах маневрових робіт та інших експлуатаційних режимів можуть мати місце такі пошкодження, як тріщини, деформації, обриви зварювальних швів тощо.

Питання оптимізації та удосконалення кузовів вантажних вагонів висвітлюються у публікації [1, 2, 3, 4]. Зазначені удосконалення орієнтовані на подовження строку експлуатації вагонів. Автори статті провели аналітичний

огляд публікацій із питань забезпечення міцності несучих конструкцій вагонів за експлуатаційних режимів навантажень [5, 6, 7, 8].

Аналіз літературних джерел [1-8] дозволяє зробити висновок, що досі питання покращення міцності несучих конструкцій вагонів шляхом удосконалення основних несучих елементів кузовів і використанням наповнювачів в їх складових не висвітлювалися. Це зумовлює необхідність здійснення відповідних досліджень та напрацювань у зазначеному напрямі.

Метою роботи є аналіз особливостей контролю композитних кузовів напіввагонів. Для досягнення поставленої мети, треба виконати ряд завдань: посилення несучої металеві конструкції композитними елементами, розглянута технологія вагонного укриття з полімерних композиційних матеріалів для напіввагонів.

При проектуванні високонавантажених деталей з комплексною геометрією доцільно застосовувати комбіновані рішення, наприклад посилення несучої металеві конструкції композитними елементами (рис. 1). Посилення алюмінієвого підрамника матеріалами Hexcel дозволило досягти зниження маси на 50% порівняно з рівною за міцністю металеві конструкцією. Крім цього, випробування показали значне зниження низькочастотних вібрацій кузова при використанні такого способу посилення.



Рисунок 1 – Посилення несучої металеві конструкції композитними елементами

Коли необхідно домогтися посилення кузова та збільшення жорсткості на кручення, без збільшення маси, використовують елементи з вугленаповненого поліаміду.

З кожним роком спостерігається ширш застосування деталей з полімерних композиційних матеріалів (ПКМ) у різних галузях виробництва. Все частіше можна побачити композитні деталі у виробках не лише авіаційної чи космічної промисловості, а й автомобілебудування.

Для розширення функціональних можливостей напіввагонів шляхом їх адаптації до перевезень вантажів, що потребують захисту від атмосферних впливів застосовують зйомні дахи. Також для функціональних можливостей є технологія вагонного укриття (рис. 2).



Рисунок 2 – Вагонне укриття двошарове (зовнішній шар - поліпропілен, внутрішній - поліетилен).

Вагонне укриття виготовляється з ламінуючого поліпропілену, з використанням технології герметизації швів. Даний варіант укриття більш доцільний у використанні для транспортування вантажів у відкритому напіввагоні насипом «з гіркою». Це пояснюється тим, що за рахунок такого виду завантаження укриття натягується на вантажі та накопичення опадів, і попадання вологи на вантаж під час проміжного простою вагона виключено.

Можна використовувати вагонні вкладиші які призначені для напіввагонів перевезення сипких вантажів насипом у відкритих залізничних напіввагонах, забезпечуючи захист вантажу від впливу навколишнього середовища, виключає його розпилення шляхом прямуювання, не допускає забруднення, як вантажу, так і рухомого складу. Двошаровий вагонний вкладиш із ламінованого поліпропіленового полотна високої щільності (зовнішній шар) та поліетиленової плівки (внутрішній цільнозварний шар). Зовнішні шви вкладки додатково захищені липкою вологостійкою стрічкою.

Висновок. В наш час екологічність, зниження викидів та зниження маси транспортних засобів є необхідним для залізниці України. Широке використання полімерних композиційних матеріалів (ПКМ) у масовому вагонобудуванні та автомобільному виробництві, появою нових матеріалів та засобів контролю. Однак у боротьбі за мінімальну масу та передові матеріали не слід забувати про екологію. Розвиток вторинної переробки композитів – завдання не менш важливе, ніж досягнення виняткових показників конструкцій.

Л і т е р а т у р а

1. Фомін О.В., Козинка О.С. Засоби контролю типових та композитних кузовів напіввагонів. Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. 2023. № 1 / <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2023.2.16>
2. Сосунов Н. Н. Підвищення ефективності процесів експлуатації та технічного обслуговування рухомого складу у системі ремонтних підприємств галузі. Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. Луганск, 2006. С. 219–223.
3. Fomin O. V., Lovska A. O., Fomina A. M., Vasylieva L. O., Sushchenko R. V. Load of a semi-car having the dismountable roof of composites. Scientific Bulletin of National Mining University. 2023. Issue 1, 94-98 p. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-1/094>
4. Фомін О. В., Горбунов М. І., Ловська А. О., Рибін А. В. Визначення навантаженості концепту несівної конструкції напіввагона з випуклою обшивкою та наповнювачем в хребтовій балці. Залізничний транспорт України. 2021. №4. С. 30-37.
5. Ловська, А. О., Фомін, О. В., Рибін А. В. Дослідження динамічної навантаженості несучої конструкції піввагона з пружно-в'язким наповнювачем у хребтовій балці. Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. 2021. С. 59-66. <https://doi.org/10.15802/stp2021/242038>
6. 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.
7. Лаврухін О.В. та ін. Вантажні перевезення на залізничному транспорті: підручник. Харків: УкрДУЗТ. 2015. Ч. 1. 260 с., рис. 43, табл. 52. ISBN 978-617-654-037-3
8. Борзилов І.Д. Технологія технічного обслуговування та ремонту вагонів: підручник для вищих навчальних закладів. 2-ге вид., перероб. та доп./ І. Д. Борзилов: Харків. ТО «Ексклюзив». 2011. 256 с.

ОСОБЛИВОСТІ КОНТРОЛЮ ТИПОВИХ КУЗОВІВ НАПІВВАГОНІВ

Фомін О.В. – д.т.н., проф., fominaleksejvictorovic@gmail.com

Козинка О.С. – аспірант, kozynka1520mm@gmail.com

Лісничий В.С. – аспірант, jluca1301@gmail.com

Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

FEATURES OF CONTROL OF TYPICAL GONDOLA BODIES

Fomin O.V. – Doctor of Technical Sciences, Professor, fominaleksejvictorovic@gmail.com

Kozynka O.S. – Postgraduate student, kozynka1520mm@gmail.com

Lisnichij V.S. – Postgraduate student, jluca1301@gmail.com

Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. A popular trend is the use of hand-held 3D scanners, with the help of special 3D scanning software ScanViewer, thanks to which engineers will be able to compare the 3D model with the original CAD model to establish deviations. 3D scanners are used to measure body geometry in various types of production activities. The technology of large-scale industrial 3D-scanning has no competitors both in the speed of data processing and in the accuracy of the resulting model. It will be especially useful for organizations that manufacture and operate large-sized equipment, as well as monitor the process of building operation.

Keywords: freight car, gondolas body, control devices, universal gondola, train traffic safety.

Актуальність дослідження. Особливості тривимірного контролю геометрії типових кузовів та деталей на сьогоднішній день є дуже затребуваною послугою. З його допомогою можна гарантовано отримувати оптимальний результат, що дозволяє виготовляти найбільш стійкі до зносу деталі. Технології постійно розвиваються, тому доцільно завжди користуватися передовими підходами, за допомогою яких буде можливість покращувати якість виробленої продукції [1, 2].

Застосування приладів контролю для типових кузовів напіввагонів вагонного господарства на Укрзалізниці. Застосування засобів контролю надасть змогу вирішення проблем технічного стану напіввагонів у процесі їх експлуатації пов'язане зі зміною всієї системи ремонту і технічного обслуговування вагонів, а також з показниками надійності та контролепридатності вагонів, що залежить від їхньої конструкції. Справний стан рухомого складу, що перебуває в експлуатації – неодмінна умова його

нормального змісту [3, 4, 5]. Відповідальність за якість виконаного технічного обслуговування, ремонту та безпеку руху вагонів покладається як на працівників, які безпосередньо здійснюють технічне обслуговування та ремонт, так і на майстрів, начальників заводів, депо, майстерень, пунктів підготовки вагонів до перевезень та пунктів технічного обслуговування [6, 7, 8].

Метою роботи є аналіз засобів контролю типових кузовів напіввагонів. Для досягнення поставленої мети, розглянемо пристрої для контролю геометрії в різних галузях виробництва.

Контроль якості спрямований на вимір габаритів виробничих частин для переконання відповідно до якісних вимог. Це необхідне, але складне для виробників завдання у процесі виробництва. Щодо забезпечення якості точних механічних частин, то перевірка якості є виключно важливою.

Інженери контролю якості несуть відповідальність за виявлення помилок, що виникають у процесі виробництва, та здійснюють коригуючі дії для усунення дефектів. Традиційний вимірювальний прилад (координатний вимірювальний прилад) не лише дорогий, а й стикається з кількома перешкодами. Щодо вигнутої та м'якої поверхні, деформованих та великогабаритних предметів повні тривимірні дані важко виходять, процес виміру може бути швидким внаслідок механічного руху, такий контактний вимір викликає механічне зношування зондів і поверхню предметів.

Технологія лазерного тривимірного виміру точно і ефективно вирішує різні проблеми вимірювання складних деталей. Ручний 3D-сканер Scantech (рис. 1) робить високоякісні 3D-виміри без будь-яких обмежень через робоче середовище. За допомогою режиму паралельних синіх лазерів для складної геометрії та режиму однієї лінії для глибоких отворів. За допомогою швидкого і плавного сканування відбувається повна деталізація будь-якої складної деталі. Висока швидкість сканування за допомогою червоного лазера та висока деталізація за допомогою використання синього лазера дійсно ідеально поєднують швидкість і високу деталізацію. Багатопроменевий лазер для отримання хмари точок з поверхні об'єкта. 17 перехресних синіх лазерів, 2 800 000 вимірювань в секунду та область сканування 700*600 мм забезпечують плавне та ефективне оцифрування 3D. Система вимірювання допомагає з метрологічною точністю зафіксувати кожну деталь і в найкоротший термін побудувати 3D-модель. Такі безконтактні лазерні 3D сканери здійснюють захоплення точних даних. За допомогою спеціального програмного забезпечення для 3D сканування ScanViewer, інженери можуть зіставляти 3D модель з оригінальною CAD-моделлю для встановлення відхилень. ScanViewer безкоштовне програмне забезпечення для 3D-контролю. Після сканування деталі

приладом, автоматично формується акт перевірки для подальшого моніторингу виробничого процесу.



Рисунок 1 - Ручний 3D-сканер Scantech

Тривимірне сканування об'єктів значно спрощує контроль продукції та відбраковування неякісних деталей. 3D-сканування дозволяє знімати показники з деталей дрібного розміру з огляду на найменші особливості їхньої геометрії.

Висновок. Використання приладів та пристроїв для контролю геометрії кузовів на залізниці, які суттєво економлять час та мінімізують трудовитрати персоналу, скорочують витрати на технічне обслуговування та ремонт вантажних вагонів, а також покращують умови роботи оглядачів-ремонтників вагонів та слюсарів з ремонту рухомого складу.

Л і т е р а т у р а

1. Фомін О.В., Козинка О.С. Засоби контролю типових та композитних кузовів напіввагонів. Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. 2023. № 1 <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2023.2.16>

2. Сосунов Н. Н. Підвищення ефективності процесів експлуатації та технічного обслуговування рухомого складу у системі ремонтних підприємств галузі. Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. Луганск, 2006. С. 219-223.

3. Fomin O. V., Lovska A. O., Fomina A. M., Vasylieva L. O., Sushchenko R. V. Load of a semi-car having the dismountable roof of composites. Scientific Bulletin of National Mining University. 2023. Issue 1, 94-98 p. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-1/094>

4. Фомін О. В., Горбунов М. І., Ловська А. О., Рибін А. В. Визначення навантаженості концепту несівної конструкції напіввагона з випуклою обшивкою та наповнювачем в хребтовій балці. Залізничний транспорт України. 2021. №4. С. 30-37.

5. Ловська, А. О., Фомін, О. В., Рибін А. В. Дослідження динамічної навантаженості несучої конструкції піввагона з пружно-в'язким наповнювачем у хребтовій балці. Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського

національного університету залізничного транспорту. 2021. С. 59–66.
<https://doi.org/10.15802/stp2021/242038>

6. 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.

7. Лаврухін О.В. та ін. Вантажні перевезення на залізничному транспорті: підручник. Харків: УкрДУЗТ. 2015. Ч. 1. 260 с., рис. 43, табл. 52. ISBN 978-617-654-037-3

8. Борзилов І.Д. Технологія технічного обслуговування та ремонту вагонів: підручник для вищих навчальних закладів. 2-ге вид., перероб. та доп./ І. Д. Борзилов: Харків. ТО «Ексклюзив». 2011. 256 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ УПРАВЛІННЯ ДВОМАСОВОЇ СИСТЕМИ З ПІДВІСОМ ВАНТАЖУ

Шевченко С.І. – к.т.н., schevschenko@ukr.net

Полупан Є.В. – к.т.н., polupan_ev@snu.edu.ua

Черкашин І. А. – здобувач вищої освіти, icerkasin221@gmail.com
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля
Україна, м. Київ

INVESTIGATION OF THE QUALITY OF CONTROL OF A TWO-MASS SYSTEM WITH CARGO SUSPENSION

Shevchenko S.I. – Candidate of Technical Sciences, schevschenko@ukr.net

Polupan Y.V. – Candidate of Technical Sciences, polupan_ev@snu.edu.ua

Cherkashin I.A. – student, icerkasin221@gmail.com

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The aim of the study is to find such a law of change of the controlling braking force acting on a lifting machine with a flexible suspension of the load during braking, in which its fluctuations are minimal, taking into account the reduction of the braking time of the lifting machine as a whole. To achieve it, the following tasks were solved: a mathematical model of a lifting machine with a flexible suspension of the load was compiled; a control law was determined in which the fluctuations of the load after stopping the system would be minimal, taking into account the reduction in the stopping time of the system as a whole.*

Keywords: *the law of control, the amplitude of the rocking of the load, the braking time, the angle of deviation of the load, optimal control.*

Удосконалення та розробка нових конструкцій вантажопідійомних машин і механізмів нерозривно пов'язані з підвищенням швидкості руху, що значно впливає на системи з гнучким підвісом вантажу, внаслідок збільшення амплітуди

його розгойдування. Це ускладнює його оброблюваність і призводить до збільшення виробничого циклу [1].

Актуальність дослідження зумовлена тим що при розгоні та зупинці різних систем із гнучким підвісом вантажу спостерігається його розгойдування після зупинки. Для зниження амплітуди розгойдування застосовують різні системи та прилади, які дозволяють зменшити амплітуду, але при цьому збільшують процес зупинки [2].

Метою роботи є знаходження закону управління, при якому в двомасовій системі з гнучким підвісом вантажу виключити його розгойдування і забезпечити мінімальний час зупинки. Для спрощення вирішення поставленої задачі розділимо її на дві простіші. У першій знаходитимемо такий закон розгону системи, щоб у момент досягнення номінальної швидкості руху погасити коливання. У другій знаходитимемо такий закон гальмування, щоб погасити коливання наприкінці гальмування системи. Розв'язання першого завдання спрощує вирішення другого завдання, оскільки початкові умови для другого завдання (крім початкової швидкості) будуть нульовими. Крім того, ці завдання еквівалентні, тому вихідне завдання розбивається на два однакові.

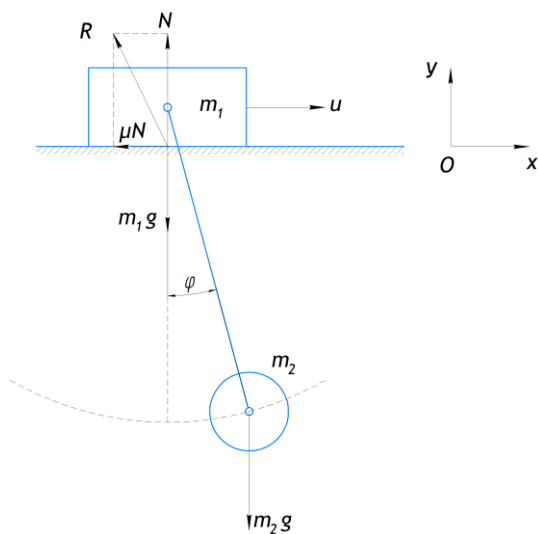


Рисунок – Розрахункова модель духової системи

Для виведення рівнянь руху нашої моделі (рис.) скористаємося принципом Гауса найменшого примусу [3]. Для нашої системи, в якій є неідеальний зв'язок, скористаємося методом надлишкових координат, щоб знайти роботу реакції (роботу сили тертя). Дана система має два ступені свободи та один неідеальний зв'язок. Тому введемо три координати: x , y и φ .

Запишемо формулу примусу нашої системи:

$$Z = \frac{1}{2} m_1 \left(\ddot{x}_1 - \frac{u - f}{m_1} \right)^2 + \frac{1}{2} m_1 \left(\ddot{y}_1 + \frac{N}{m_1} - g \right)^2 + \frac{1}{2} m_2 (\ddot{x}_2 + \ddot{x}_1)^2 + \frac{1}{2} m_2 (\ddot{y}_2 + \ddot{y}_1 - g)^2$$

$$Z = \frac{1}{2} [(m_1 + m_2) \cdot (\ddot{x}_1^2 + \ddot{y}_1^2) + m_2 (\ddot{x}_2^2 + \ddot{y}_2^2) - 2 \cdot (\ddot{x}_1 \cdot (u - \mu N) + \ddot{y}_1 (N + m_1 g))]]$$

Запишемо формулу переходу від декартових координат до узагальнених:

$$\begin{aligned}
x_1 &= x, \dot{x}_1 = \dot{x}; \\
y_1 &= y, \dot{y}_1 = \dot{y}; \\
x_2 &= l \cdot \sin(\varphi); \\
\dot{x}_2 &= l[\dot{\varphi} \cdot \cos(\varphi) - \dot{\varphi}^2 \cdot \sin(\varphi)]; \\
y_2 &= l \cdot \cos(\varphi); \\
\dot{y}_2 &= -l[\dot{\varphi} \cdot \sin(\varphi) + \dot{\varphi}^2 \cdot \cos(\varphi)]; \\
Z &= \frac{1}{2} m_1 \left[\left(\dot{x} - \frac{u+f}{m_1} \right)^2 + \left(\dot{y} + \frac{N}{m_1} - g \right)^2 \right] + \\
&+ \frac{1}{2} m_2 [(\dot{x} + l[\dot{\varphi} \cdot \cos(\varphi) - \dot{\varphi}^2 \cdot \sin(\varphi)])^2 + (-l[\dot{\varphi} \cdot \sin(\varphi) + \dot{\varphi}^2 \cdot \cos(\varphi)] + \dot{y} - g)^2]
\end{aligned}$$

Обчислимо похідні за узагальненими координатами:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial Z}{\partial \dot{x}} &= m_1 \left(\dot{x} - \frac{u+f}{m_1} \right) + m_2 (\dot{x} + l[\dot{\varphi} \cdot \cos(\varphi) - \dot{\varphi}^2 \cdot \sin(\varphi)]) = \\
&= (m_1 + m_2) \dot{x} - u + \mu N + m_2 l (\dot{\varphi} \cdot \cos(\varphi) - \dot{\varphi}^2 \cdot \sin(\varphi)) = 0 \\
\frac{\partial Z}{\partial \dot{y}} &= m_1 \left(\dot{y} + \frac{N}{m_1} - g \right) + m_2 (-l[\dot{\varphi} \cdot \sin(\varphi) + \dot{\varphi}^2 \cdot \cos(\varphi)] + \dot{y} - g) = 0
\end{aligned}$$

Так як накладений зв'язок не дозволяє m_1 переміщатися вздовж осі Oy , то і перша, і друга похідна переміщення m_1 по цьому напрямку дорівнюватимуть нулю. Тому перепишемо друге рівняння так:

$$\frac{\partial Z}{\partial \dot{y}} = N - m_1 g + m_2 (-l[\dot{\varphi} \cdot \sin(\varphi) + \dot{\varphi}^2 \cdot \cos(\varphi)] - g) = 0$$

реакція N :

$$N = (m_1 + m_2)g + m_2 l [\dot{\varphi} \cdot \sin(\varphi) + \dot{\varphi}^2 \cdot \cos(\varphi)]$$

Складемо рівняння для третьої узагальненої координати:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial Z}{\partial \dot{\varphi}} &= m_2 \left[(\dot{x} + l[\dot{\varphi} \cdot \cos(\varphi) - \dot{\varphi}^2 \cdot \sin(\varphi)])(l \cos(\varphi)) + \left(-l \left[\begin{array}{l} \dot{\varphi} \cdot \sin(\varphi) + \\ \dot{\varphi}^2 \cdot \cos(\varphi) \end{array} \right] - g \right) x \right] \\
&\quad \times (-l \sin(\varphi)) \\
&= m_2 l^2 \ddot{\varphi} + m_2 l \dot{x} \cos(\varphi) + m_2 g l \sin(\varphi) = 0
\end{aligned}$$

Повна система рівнянь запишеться так:

$$\begin{cases} (m_1 + m_2)\ddot{x} - u - f + m_2l[\ddot{\varphi} \cdot \cos(\varphi) - \dot{\varphi}^2 \cdot \sin(\varphi)] = 0 & (1) \\ m_2l^2\ddot{\varphi} + m_2l\ddot{x}\cos(\varphi) + m_2g\sin(\varphi) = 0 & (2) \\ N = (m_1 + m_2)g + m_2l[\ddot{\varphi} \cdot \sin(\varphi) + \dot{\varphi}^2 \cdot \cos(\varphi)] & (3) \end{cases}$$

де f - тангенційна складова реакція від зв'язку, $y_1 = 0$.

Для того, щоб визначити яка сила тертя f буде коли швидкість m_1 дорівнює нулю, прирівняємо та отримаємо: $\dot{x} = 0$.

$$f = (m_1 + m_2)\ddot{x} + m_2l[\ddot{\varphi} \cdot \cos(\varphi) - \dot{\varphi}^2 \cdot \sin(\varphi)]$$

Таким чином, сила тертя:

$$f = \begin{cases} 0 & (N \leq 0) \\ -\text{sign}(\dot{x})\mu N & (\dot{x} \neq 0 \text{ или } f^* > \mu N) \\ f^* = m_2l[\ddot{\varphi} \cdot \cos(\varphi) - \dot{\varphi}^2 \cdot \sin(\varphi)] & (\dot{x} = 0 \text{ и } f^* \leq \mu N) \end{cases}$$

Вихідне завдання, навіть після розбиття на дві підзадачі, дуже складне. Необхідно знайти такий закон зміни сили u щоб перевести маятник з одного стану в інший, погасивши коливання.

Перше спрощення – вирішальне. Варіюватимемо прискоренням m_1 , а не силою u . Тому спочатку вирішуватимемо рівняння, яке описує маятник у неінерційній системі відліку, пов'язаної з центром мас m_1 .

$$m_2l^2\ddot{\varphi} + m_2l\ddot{x}\cos(\varphi) + m_2g\sin(\varphi) = 0$$

Потім, підставимо рішення отриманого рівняння щодо кута рівняння, яке входить сила u . Таким чином, ми знайдемо закон зміни цієї керуючої сили.

Друге спрощення – лінеаризуємо це рівняння маятника і поділимо на m_2l^2 тоді отримаємо:

$$\ddot{\varphi} + \omega^2\varphi = a,$$

$$\text{де } \omega^2 = \frac{g}{l} \text{ і } a = -\frac{\ddot{x}}{l}$$

Третє спрощення – приймемо силу тертя під час руху m_1 постійною:

$$f = -\mu g(m_1 + m_2).$$

За критерій оптимізації приймемо амплітуду розгойдувань вантажу після зупинки. Уявимо, що система зупинилася. Тоді вантаж на тросі є звичайним математичним маятником. Коли кут відхилення вантажу максимальний, його

кутова швидкість дорівнює нулю. Так як енергія коливань зберігається, то порівнюємо енергію вантажу на тросі в кінці гальмування τ і момент максимального відхилення вантажу від положення рівноваги. Це запишеться так:

$$\frac{\omega_0 \varphi_{max}^2}{2} = \frac{\dot{\varphi}^2(\tau)}{2} + \frac{\omega_0^2 \varphi^2(\tau)}{2}$$

Таким чином, завдання переписеться у вигляді:

$$J^* = \frac{\dot{\varphi}^2(\tau)}{2} + \frac{\omega_0^2 \varphi^2(\tau)}{2} \rightarrow \min$$

Щоб висловити J^* через управління a , вирішимо рівняння руху маятника в неінерційній системі відліку методом Лагранжа [4] варіацією постійних:

$$\ddot{\varphi} + \omega_0^2 \varphi = a.$$

Загальне рішення однорідного рівняння відоме:

$$\varphi = h_1 \cos(\omega t) + h_2 \sin(\omega t).$$

Відповідно до цього методу слід припустити, що h_1 і h_2 – це функції часу. При деяких припущеннях для цих функцій вірна система рівнянь:

$$\begin{cases} \dot{h}_1 \cos(\omega t) + \dot{h}_2 \sin(\omega t) = 0, \\ -\dot{h}_1 \sin(\omega t) + \dot{h}_2 \cos(\omega t) = \frac{a(t)}{\omega}. \end{cases}$$

Ця система рівнянь має рішення:

$$\begin{cases} \dot{h}_1 = -\frac{a(t)}{\omega} \sin(\omega t) \\ \dot{h}_2 = \frac{a(t)}{\omega} \cos(\omega t) \end{cases}$$

Виразимо наш функціонал J^* через отримане рішення, тоді з методу постійних варіацій випливає, що:

$$\begin{aligned} \varphi &= h_1 \cos(\omega t) + h_2 \sin(\omega t) \\ \dot{\varphi} &= -\omega h_1 \sin(\omega t) + \omega h_2 \cos(\omega t) \end{aligned}$$

Тому J^* переписеться як:

$$\begin{aligned}\frac{\dot{\varphi}^2}{2} + \frac{\omega^2 \varphi^2}{2} &= \frac{\omega^2}{2} (h_1 \cos(\omega t) + h_2 \sin(\omega t))^2 + \frac{1}{2} (-\omega h_1 \sin(\omega t) + \omega h_2 \cos(\omega t))^2 \\ &= \frac{\omega^2}{2} (h_1^2 + h_2^2)\end{aligned}$$

З цього виходить що:

$$J^* \rightarrow \min \leftrightarrow (h_1^2 + h_2^2)|_{t=\tau} \rightarrow \min$$

Висновок. В результаті проведеного аналізу, досліджень для вирішення цього завдання можна застосувати метод Рітца, представивши функцію прискорення m_1 як суму ряду. При цьому ми отримуємо деякий набір коефіцієнтів c_{ij} , які і будуть визначати оптимальне управління прискоренням m_1 і, отже, визначати оптимальний закон управління всією системою.

Л і т е р а т у р а

1. Григоров О.В., Петренко Н.О. Вантажопідйомні машини. Навчальний посібник. - Харків: НТУ "ХПІ", 2005. 304 с.
2. Шевченко С.І. Підвищення ефективності роботи вантажопіднімальних кранів мостового типу. Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2017. №3(233). С.230-233.
3. Вища математика: Підручник: У 2 кн. 2-ге вид., перероб. і доп. К.: Либідь, 2003. Кн. 2. Спеціальні розділи. Г.Л. Кулініч, Є.Ю. Таран, В.М. Бурим та ін.; За ред. Г.Л. Кулініча. 368с.
4. Тевяшев А.Д., Литвин О.Г. Вища математика у прикладах та задачах. Ч.1. Харків: ХНУРЕ. Фактор, 2004. 592 с.

EXPERT KNOWLEDGE BASED ON THE DIAGNOSTIC OF WIND FARM EQUIPMENT

Ostrowski A. – Doctoral student in technical sciences, Doctoral School,
arkadiusz.ostrowski@s.tu.koszalin.pl

Bernatowicz D. – Doctor of Electronic and Informatics, dariusz.bernadowicz@tu.koszalin.pl

Duer S. – Doctor of Technical Sciences, Professor PK, Department of Energy, Faculty of Mechanical Engineering, stanislaw.duer@tu.koszalin.pl

Woźniak M. – Doctoral student in technical sciences, Doctoral School,
marek.wozniak@s.tu.koszalin.pl
Technical University of Koszalin
Poland, Koszalin

Abstract. *In recent years, the theory and practice of activities in the realm of technology applications have advanced quickly. Reliable diagnostic systems halt their investigation of technical issues. The approach to operational solutions is intended to establish a logical and pictorial picture of the process of technical equipment renovation. This type of modelling acts as the foundation for developing analytical activities, regulations, and relationships that are used while updating technological features. Specialized knowledge bases, which are multidimensional data sets, are critical in the operation of technical gadgets. These sets are based on diagnostic information sets that are accessible and functioning in line with particular rules and analytical linkages. A collection of algorithms was developed for this aim in order to generate scientific information about running service providers. The knowledge base in expert systems, commonly known in the literature as the hypertext system, is a type of information set that is employed in the process of knowledge management and control in intelligent systems. A knowledge base can be defined using information from the literature: "A knowledge base in an expert system is a computer system for collecting, organising, and retrieving data from a set of information already collected."*

Keywords: *wind farm, diagnostic model, structure, the expert knowledge, parameters, facts.*

Functional structure of wind farm equipment. The diagram in Figure 1 illustrates the configuration of an onshore wind farm, comprising three turbines that are linked to the primary power supply point (PSP) through block transformers (BT) and medium voltage (MV) lines. The wind farm's generated power is then transmitted to the national power system (NPS) via a high-voltage line (HV) that connects to the connection point (CCP).

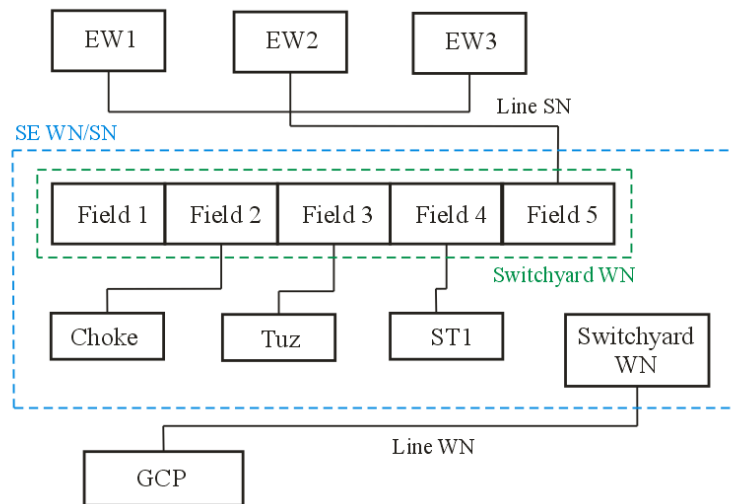


Fig. 1 – Block diagram of a wind farm connected to the national power grid, where: WF (wind farm), EW (wind farm), MV Line: internal power supply line (medium voltage), MV Switchgear: switchgear consisting of 5 bays: Bay no. 1: voltage measurement bay; Bay no. 2: compensation choke bay; Bay no. 3: auxiliary transformer bay; Bay no. 4: power transformer bay; Bay no. 5: 3 x EW linear bay; Tuz: earthing transformer; ST1: power transformer station; HV Switchgear: overhead switchboard (high voltage); GPZ: main power supply point

Functional and diagnostic model of wind farm equipment. The diagnostic assessment of these things relies on functional and diagnostic models of technical gadgets. The wind farm model identifies seven distinct functional components, as depicted in Figure 3. In each assembly, a subset of its essential functional components has been discovered. Table 1 presents the computed collection of fundamental elements $\{e_{i,j}\}$ within the wind farm model, which establishes its overall configuration [1].

Figure 2 displays the functional and diagnostic model of the wind farm system that was developed and used to establish a baseline from which diagnostic and reference signals could be extracted. $X(e_{i,j})$ is a set of diagnostic signals, and a complete list may be seen in Table 2.

Structure of the expert knowledge base for wind farm equipment. A comprehensive knowledge base is now being developed to cater to the specific requirements of the wind farm operation monitoring and safety system. The subsequent section outlines the proposed knowledge base for a wind farm structure of moderate capacity. This structure has five Vestas V90 2.0 MW wind turbines, which are interconnected to a Main Load Point (MLP) through two 20 kV power lines. These power lines function as the internal energy infrastructure for the wind farm [2].

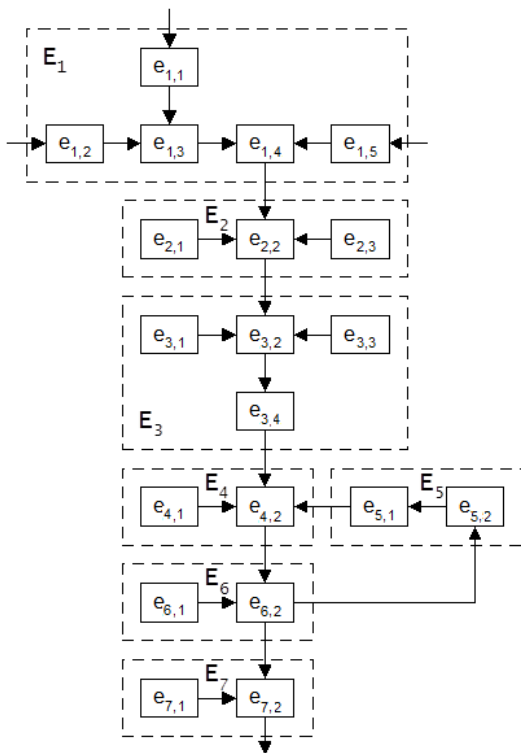


Fig. 2 – Functional and diagnostic diagram of a wind power plant, where: E1: generator drive system; E2: synchronous generator system; E3: generator magnet system; E4: power regulator system; E5: electric energy converter system; E6: voltage coordinate converter system and current; and E7: MV transformer unit

Tab. 1 – List of functional units and basic elements of the tested facility designated in the diagnostic study

Facility teams		Basic elements of an object	
Symbol	Description	Symbol	Description
E ₁	generator drive system	e _{1,1}	turbine shaft stabilization unit
		e _{1,2}	main gear
		e _{1,3}	gear temperature control system
		e _{1,4}	clutch
		e _{1,5}	generator brake
E ₂	synchronous generator system	e _{2,1}	synchronous generator
		e _{2,2}	generator temperature control system
E ₃	generator magnet system	e _{3,1}	magnet winding
		e _{3,2}	excitation voltage regulation system
		e _{3,3}	matching system
E ₄	power regulator system	e _{4,1}	PWM inverter assembly
		e _{4,2}	generator power regulator
E ₅	electric energy converter system	e _{5,1}	controlled rectifier
		e _{5,2}	inverter
E ₆	voltage and current coordinate converter assembly	e _{6,1}	Voltage coordinate converter assembly U _A , U _B , U _C
		e _{6,2}	current coordinate converter assembly I _A , I _B , I _C
E ₇	MV transformer assembly	e _{7,1}	MV transformer temperature control system
		e _{7,2}	MV transformer assembly

Tab. 2 – Presents the collection of diagnostic signals, denoted as $\{X(e_{i,j})\}$, which have been determined within the wind farm model

Facility teams	The set of diagnostic signals $\{X(e_{i,j})\}$ determined in the wind farm model				
E ₁	e _{1,1}	e _{1,2}	e _{1,3}	e _{1,4}	e _{1,5}
E ₂	e _{2,1}	e _{2,2}	∅	∅	∅
E ₃	e _{3,1}	e _{3,2}	e _{3,3}	∅	∅
E ₄	e _{4,1}	e _{4,2}	∅	∅	∅
E ₅	e _{5,1}	e _{5,2}	∅	∅	∅
E ₆	e _{6,1}	e _{6,2}	∅	∅	∅
E ₇	e _{7,1}	e _{7,2}	∅	∅	∅

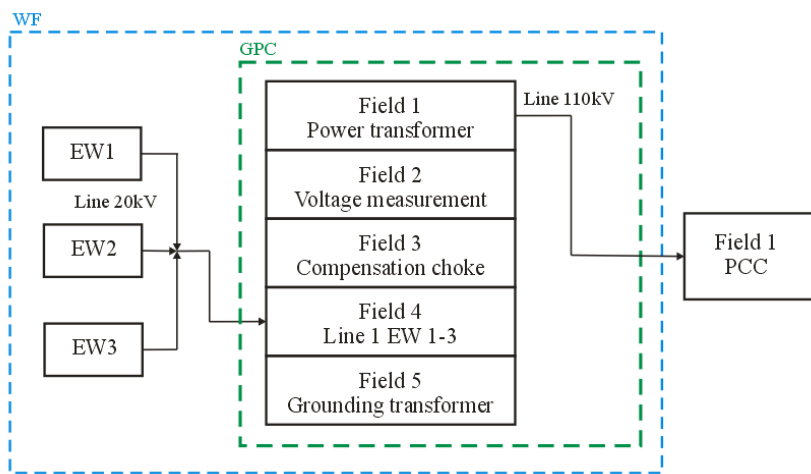


Fig. 3 – Block diagram of a wind farm, where EW 1-3 is the wind farm, MCP is the main collection point, MPSP is the main power supply point, FW is the wind farm, and PCC is the common connection point

In the process of developing the wind farm operation and safety system, a total of 306 facts were generated. These facts refer to the group-defined parameters of various components, devices, and assemblies that are essential for assessing the technical and functional state of the entire wind farm. This includes the wind farm itself, as well as the medium voltage (MV) and high voltage (HV) power networks and associated devices, and the grid connection point (GCP). The research yielded a total of 109 rules that delineate the many functional phases of a wind farm. The diagram presented below illustrates the representation of the block structure of a wind farm within the expert system that has been developed.

Experimental fact structure of the knowledge base for wind farm equipment.

In order to establish the factual details pertaining to the wind farm (as depicted in Figure 3), a comprehensive analysis was conducted on the fundamental components of the wind farm. This examination resulted in the identification of two primary functional and structural entities, namely the wind farm itself and the MCP substation.

Subsequently, basic blocks comprising typical parameters of devices, networks, and installations were acquired for each functional and structural unit. The wind farm has identified blocks A–P:

- A – environment and external conditions,
- B – network,
- C – turbine stopping system,
- D – hydraulic system,
- E – wind guidance system for the gondola,
- F – turbine communication system,
- G – connectors,
- H – protection automation,
- I – system for setting the angle of attack of the rotor blades,
- J – cooling and heating system,
- K – transmission,
- L – block transformer,
- M – controller,
- N – gear,
- O – generator,
- P – rotor.

The facts for the Main Collection Point (MCP) are divided into the following blocks:

- Q – outflow linear field,
- R – field of the compensation choke,
- T – field of own needs,
- U – voltage measurement field,
- S – power transformer field,
- W – general signaling.

Knowledge base rules structure for wind farm equipment. The establishment of parameters encompassing the entirety of the wind farm, including wind turbines, medium- and high-voltage power grids (MV and HV), and the Main Collection Point (MCP), facilitated the formulation of factual information. This information served as the foundation for the creation of 109 regulations governing the designed supervision system and ensuring the safe operation of the wind farm. Regulations were established to govern the formation of all constituent units, along with the incorporation of information derived from other units, facilitating the establishment of an interconnected web of interdependent associations [3]. The rules are expressed in the form of relations, specifically for the variable W. If Q is true, then Z will also be true.

1. Ordinal number (which defines the number of rules that follow).
2. Result (specifies the final outcome for a specific rule based on the formula).

3. Name (specifies the supplied rule's name).
 4. Category (defines a certain block).
 5. A set of replies ({yes, no}).
 6. Block (defines the block symbol for which the rule was written).
 7. Mathematical description (explains how the rule was developed).
 8. Verbal description (describes potential causes of damage or a specific operating situation).
- Response (determines if the rule is followed).

Conclusion. The development of expert knowledge bases presents a complex technological and informational endeavour. When constructing knowledge bases, a substantial quantity of engineering data is required, including the analysis of the design, functioning, and upkeep of the equipment under examination. In addition, possessing a comprehensive understanding of information technology in the context of construction is vital, along with the capacity to gather, document, and evaluate data within knowledge repositories.

References

1. Duer S., Zajkowski K., Harničárová M., Charun H., Bernatowicz D. Examination of Multivalent Diagnoses Developed by a Diagnostic Program with an Artificial Neural Network for Devices in the Electric Hybrid Power Supply System “House on Water”. *Energies* 2021, 14, 2153. <https://doi.org/10.3390/en14082153>.
2. Epstein, B.; Weissman, I. *Mathematical Models for Systems Reliability*. CRC Press/Taylor & Francis Group: Boca Raton, FL, USA, 2008.
3. Duer S., Paś J., Stawowy M., Hapka A., Duer R., Ostrowski M., Woźniak M.: Reliability testing of Wind Power Plant Devices with the Use of the Wind Power Plant Expert System. *Energies* 2022, 15, 3583. <https://doi.org/10.3390/en15103583>

IMPACT OF THE FREIGHT CAR MAINTENANCE AND REPAIR SYSTEM ON THE LIFE CYCLE COST

*Ponomarenko O.V. – Postgraduate student, lnpo5005@gmail.com
Ukrainian State University of Railway Transport
Ukraine, Kharkiv*

Abstract. *One of the main requirements for a railcar fleet is its reliability and safe operation throughout its entire life cycle. In turn, the life cycle cost of a freight car is determined by many factors. However, an important factor that directly affects the life cycle cost of a freight car is an effective rolling stock maintenance and repair system.*

The efficiency of freight cars is determined not only by their initial cost, but also by the costs of maintenance and repair during their service life. The life cycle of a freight car is defined

as a sequence of stages, starting with research during the development and design of a car and ending with the termination of its operation and subsequent utilization.

Keywords: *life cycle, railway rolling stock, scheduled repair, freight car, maintenance system, operation cost.*

Relevance of the work. An effective maintenance and repair system for rolling stock reduces the costs associated with the maintenance and repair of freight cars, highlighting the relevance of the research.

Research Purpose is to determine the impact of the rolling stock maintenance and repair system on the life cycle cost of freight cars.

Freight cars are one of the most important components of the railroad industry, ensuring the smooth transportation of goods. The cost of a freight car's life cycle is determined by numerous factors, one of which is an effective rolling stock maintenance and repair system [1].

The life cycle of railcars, as part of a complex rail transportation system, is a key aspect that determines the efficiency and economic profitability of the rail industry. The life cycle cost of freight cars includes not only the cost of their production, but also all stages of their operational life, as well as the cost of their disposal and environmental impact.

The first stage of the freight car life cycle requires significant financial, technical resources and includes the following main stages, namely:

- design (at this stage of the life cycle, the technical requirements and prospective characteristics of new railcars are determined, and the design of the railcar is developed, including its construction, dimensions, materials and other technical details);
- production (in accordance with the approved project manufacturing railcars in accordance with the approved project, using special equipment and technologies for assembly and welding of components, quality control at each stage of production);
- testing (conducting various tests, such as strength tests, brake tests and other technical inspections, to determine the compliance of railcars with standards and safety regulations);
- delivery of the railcar to the customer.

The second stage of the freight car life cycle is the operation stage. At this stage, the cars are subjected to regular maintenance and repairs to ensure their smooth and safe operation.

The freight car maintenance and repair system is a key aspect of ensuring the long and efficient operation of a vehicle and directly affects the life cycle cost of a freight car. Repairs are aimed not only at eliminating damage that has already occurred, but also at preventing possible malfunctions through regular maintenance. This becomes a valuable aspect in the context of reducing the overall cost of a freight car over its life

cycle. Firstly, an effective maintenance and repair system helps to keep the freight car in the best possible condition. This not only contributes to transportation safety, but also avoids large repair costs in the future. Regular maintenance and scheduled repairs help to identify problems at an early stage, when they can be fixed at a lower cost.

The main aspects of the impact of the freight car maintenance and repair system on the life cycle cost include quality of maintenance, which affects the efficiency of railcar operation. Regular and high-quality maintenance of railroad rolling stock can increase the reliability and service life of railcars by reducing overdue and unscheduled repairs. Another important aspect is safety, which is characterized by one of the main reasons for the careful maintenance and repair of freight cars. Effective repair contributes to the safety, durability and cost-effective operation of the vehicle. It is known that the majority of accidents and incidents in transportation are caused by technical malfunctions [2-5].

This approach is key to the sustainable development of transport infrastructure and ensuring the best use of resources.

The third stage - utilization - becomes important in the context of environmental issues. Proper railcar disposal includes the recovery and recycling of materials for further use. This helps to reduce the negative impact on the environment and use resources efficiently.

Conclusions. Key aspects of effective life cycle cost management include optimizing production processes, introducing innovations in maintenance and modernization, and developing and implementing environmentally friendly recycling technologies. All of these aspects are related to the efficiency and sustainable development of the rail transportation industry. Ensuring an efficient railcar life cycle requires a systematic approach, taking into account all stages and combining technical and economic solutions. Such an approach can guarantee the sustainability and competitiveness of rail transport in today's environment.

References

1. Ponomarenko, O.V. (2022). To the question of life cycle cost definitions of the freight car in excess service life. *Bulletin of the East Ukrainian Volodymyr Dahl National University*, 3(273), 93-96.
2. Калабухін, Ю.Є., Зоріна, О.І., Каменева, Н.М. (2018). Методологія визначення вартості життєвого циклу в контексті оцінки інноваційно-інвестиційних проєктів тягового рухомого складу залізниць України. Випереджаючий інноваційний розвиток: теорія, методика, практика: монографія. *Суми: Територія*, 395-404.
3. Krasheninina, O., Klymenko, O., Ponomarenko, O., Yakovlev, S. (2018). Justification of statutory service life extension of locomotives on the basis of theory of aging. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(43), 174-178.

4. Бубнов, В.М., Мурадян, Л.А., Манкевич, М.П., Шапошник, В.Ю. (2016). Особливості технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів з підвищеними показниками надійності. *Збірник наукових праць УкрДУЗТ*, 160, 11–17.

5. Shaposhnyk, V.Y. (2018). Theoretical studies on the process of change of the technical condition of freight cars in operation. *Science and Transport Progress*, 4(76), 134-141.

VIRTUAL TRACK GENERATED FORCES AND THEIR RELATIONS TO REAL WORLD FEEDBACK ON A RACING SIMULATOR

Tytula J. – MSc Eng., jakub.tytula@uwm.edu.pl

Zaremba A. – MSc Eng., arnold.zaremba@uwm.edu.pl

Nitkiewicz S. – PhD, szymon.nitkiewicz@uwm.edu.pl

Department of Mechatronics

University of Warmia and Mazury in Olsztyn

Poland, Olsztyn

Abstract. *Virtual racing games offer an immense amount of data calculated from their physics engine. These physics engines are often so complex that wind resistance, tire temperature, brake fade and many more simulated real-life parameters are brought into account during a virtual track lap. All these features have an effect on feedback. This paper quantifies this subjective feedback into real world data by comparing generated acceleration values to measured angular speed values on a six degree of freedom motion platform. As it is shown, this data can in fact be quantified and accurately measured.*

Keywords: *motion platform, simulator racing, vehicle driving forces*

Relevance of the work is greatly related to sim racing and its ever so expanding prominence in e-sports.

Research Purpose is to quantify and assess feedback forces while driving on a virtual track in a six degree of freedom motion platform.

Virtual racing forces are derived from real life forces in a car on a track. As it is known in the simulator racing world these virtual values are almost identical to their real life counterparts. Therefore, studies based on real life track racing can be directly used for virtual racing theory. This paper will focus on forces directly affecting the driver. These forces are not the same hand in hand as overall vehicle forces [1]. Since the driver has their own inertia and even though a racing seat provides a high amount of stability, the driver doesn't feel the same forces which are exerted on a car. For example a cars body roll during cornering, where weight is transferred more to the outside tires, is barely felt as an angular tilt by a driver and more as centrifugal force, pushing him or her out of their seat [2]. For humans it's hard to accurately determine at what angle a car is rolling at on a corner due to an overwhelming amount of

centrifugal force. What this means is that meticulously calculating and converting each and every force exerted on a cars chassis is not a worthwhile effort. Subtle movements increase overall immersion levels.

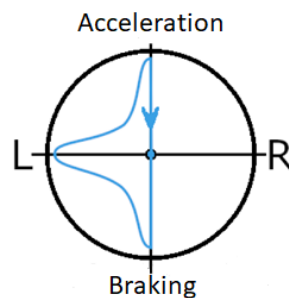


Figure 1– Example traction circle showing acceleration, braking and a left hand turn.

As shown in Figure 1, a traction circle where g-force is usually a sum of longitudinal, lateral and vertical forces is used to convey what forces are felt inside a vehicle on a track.

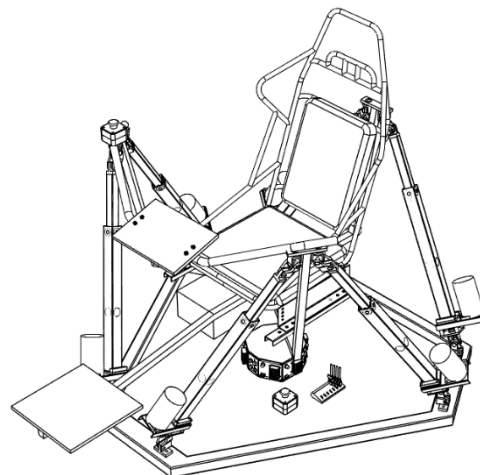


Figure 2 – 6 DoF motion platform

Figure 2 shows the motion platform in which simulated values are retrieved from. It offers six degrees of freedom, which include three linear movements longitudinal, lateral and vertical and also three rotational movements around each aforementioned linear axis [3]. It consists of three pairs of linear electric actuators. Each actuator has a 250 [W] DC motor which rotates a 16x4 trapezoidal thread leadscrew that can provide ± 200 [mm] of travel from its nominal position.

The live for Speed PC game was chosen as an accurate racing simulator. Its physics engine is renowned as an almost perfect virtual representation of a real life driving experience. FlyPT is a computer program which interprets live data from any game with a physics engine and converts virtual forces into positional data for actuators. It also serves as a plotting program for virtual g-force values. This data is

then fed into a PID motor controller [4], which in this case are three sets of Arduino Uno's running SMC3 code, one for each pair of actuators.

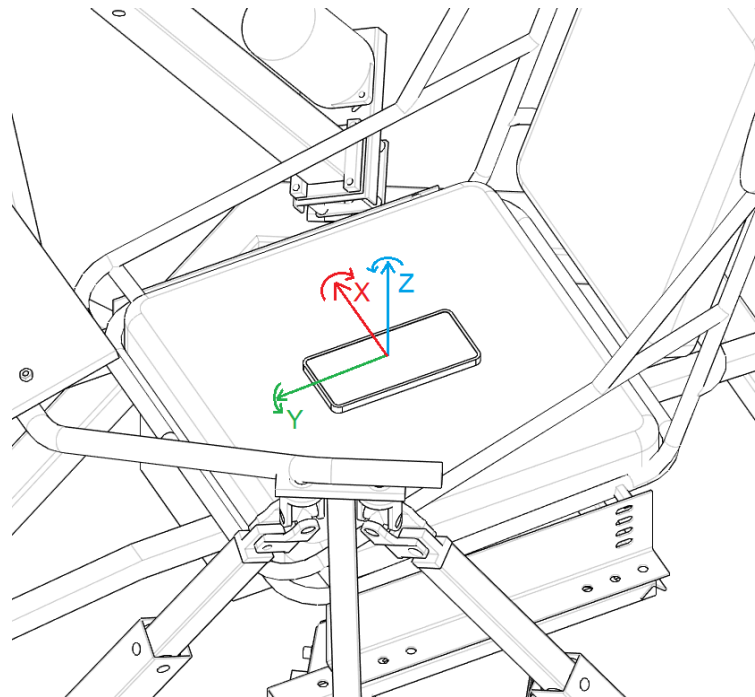


Figure 3 – Location of measuring device and its coordinate system

Figure 3 shows how data was collected from the simulator. A mobile phone running Phyphox which captures angular velocity, from the phones built in gyroscope and accelerometer. A baseline lap was performed and recorded, then replayed measuring the phones sensor data. These outputs were saved in CSV files and then graphed into plots. The base of this study consists of comparisons between virtual g-force plots and real life angular acceleration plots.

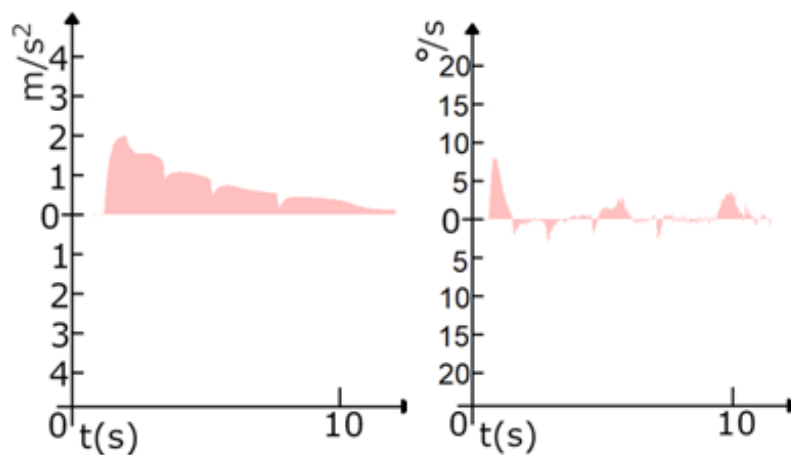


Figure 4 – Recorded longitudinal data

Figure 4 represents acceleration data from a standstill. What can be interesting are individual dips during overall acceleration. These can be seen in both plots. Each dip represents a gear shift. This is a subtle, yet pronounced force caused by sudden lack of torque transmission to a cars' wheels. As it can be noted the simulators movements reflect this small feature and it characteristic points can be compared.

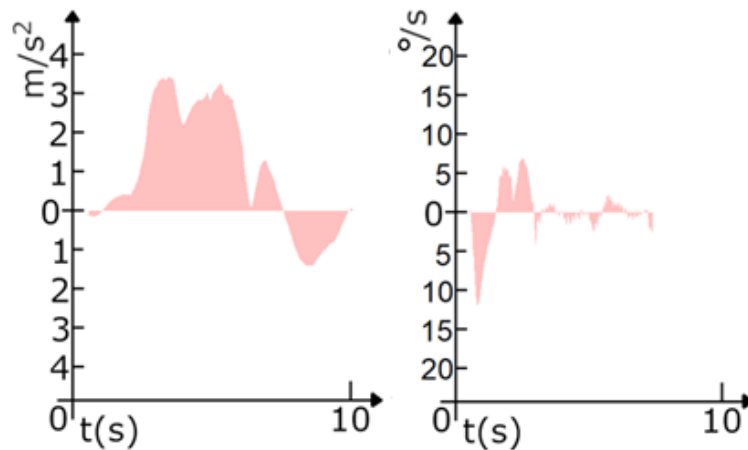


Figure 5 – Recorded right hand turn data

Moving on to lateral data, Figure 5 represents a right hand hairpin turn. Similar to the previous plots, these also closely resemble one another. The virtual acceleration plot can be read as follows, the overall force on the top half of the plot is greater than its lower half. This means that a successful turn has been completed, although the bottom half represents a left hand turn. This is due to slight steering correction when exiting a turn. Several dips also confirm that aforementioned adjustments were made during the turn. Each and every one of these points of interests are represented on the linear angular velocity plot. It is important to mention that the angular velocity plot seems to be inverted, this is due to the feeling of being pushed out of your seat outwards during a turn [5].

Conclusions. A simulator as its name suggests can only simulate real life forces. Each and every motion platform has limited peak g-force values due to its construction. In this case a combination of leadscrew pitch, DC motor rated torque and RPM dictate this peak acceleration value. In order to achieve a somewhat realistic illusion, a program covertly g-force into platform angles and angular velocity. It uses the users own inertia to simulate constant acceleration forces. For example, a seat tilted forward represents braking, as real life braking tends to push the driver forward out of his seat. Each motion is an illusion caused by simple laws of physics. This fortunately can be quantified and examined by comparing plots of virtual generated force values to measured angular velocity values.

References

1. Adam Brouillard, *The Perfect Corner: A Driver's Step-By-Step Guide to Finding Their Own Optimal Line Through the Physics of Racing*: 1. Paradigm Shift Motorsport Books, 2016
2. Ian Korf, *You Suck at Racing: A crash course for the novice driver*. CreateSpace Independent Publishing Platform, 2016.
3. S. Zhou, J. Sun, W. Chen, W. Li, and F. Gao, "Method of designing a six-axis force sensor for stiffness decoupling based on Stewart platform," *Measurement*, vol. 148, p. 106966, Dec. 2019, doi: 10.1016/j.measurement.2019.106966.
4. I. N. Egorov and D. S. Shevtsov, "Structure of System Position–Force Control of the Drive Stewart Platform," *Procedia Comput Sci*, vol. 103, pp. 517–521, 2017, doi: 10.1016/j.procs.2017.01.042.
5. B. Dasgupta and T. S. Mruthyunjaya, "The Stewart platform manipulator: a review," *Mech Mach Theory*, vol. 35, no. 1, pp. 15–40, Jan. 2000, doi: 10.1016/S0094-114X(99)00006-3.

THE ANALYSIS OF THE PHASE COMPOSITION OF X2CrNiMoN22-5-3 STEEL

Tyc K. – PhD student, karol.tyc@uwm.edu.pl

Bramowicz M. – PhD, DSc, mbramowicz@uwm.edu.pl

*University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Faculty of Technical Sciences
Olsztyn, Poland*

Abstract. *The paper presents a complex analysis of the phase composition of duplex steel X2CrNiMoN22-5-3 based on X-ray diffraction method. The measurements were carried out using CuK_{α} characteristic radiation. As part of the experiment, lattice parameters, residual stresses and lattice distortions were determined by using the Bragg equation and the Williamson-Hall method. Diffraction profiles were described by the Pearson VII function using Origin software. The structures of gamma iron and alpha iron was modeled to generate diffraction patterns in the PowderCell software. Research shows, that the tested steel is richer in ferrite (58.75%) than in austenite and residual stresses (type III) induced most likely by the rolling process are compressive.*

Keyword: *X-ray structural analysis, X-ray diffraction method, duplex steel, Bragg's law, phase identification, lattice parameters, lattice distortions.*

Relevance of the work: Quality control of steel products.

Research purpose: is to perform complex structure analysis of the duplex steel and determine phase share, lattice constants, size of crystallites and lattice distortion by using the X-ray diffraction method. Research includes the determination of: phase identification, determining the size of lattice constants, determining the size of mosaic blocks (subgrains separated by low-angle boundaries), determination of lattice distortions and determination of the residual stress gradient (III type).

Main text. Ferritic-austenitic steel is characterized by high mechanical properties, good corrosion resistance, weldability and formability. The chemical composition and heat treatment parameters greatly influence the microstructure, which consists of approximately half austenite and half ferrite, thus providing the best characteristics of chromium ferritic steel and chromium nickel austenitic steel. Duplex steels are mainly used in welded structures because they are generally considered to be easily weldable materials, but there are known examples of specific technological problems that have resulted in large financial losses related to repairs and testing of welded joints.

These problems are related to the difficulties of obtaining a duplex structure (50% ferrite and 50% austenite) in welded joints, especially in multi-pass welds when welding thick sheets [1].

XRD measurements were carried out with a copper anode with a weighted average wavelength of $\lambda_{CuK\alpha} = 1,541874$ [Å].

The recorded diffractogram was characterized by a high amplitude of the diffraction background. Therefore, a smoothing procedure for the measurement data was used. In the next stage, the diffraction background was removed assuming its linear distribution. Grating of the diffractogram was performed. For this purpose, structural models of ferrite and austenite were developed based on literature data [2]. As is known, ferrite and austenite have the structure of iron α and iron γ , respectively, with lattice parameters: 2.88 and 3.56 [Å]. Preparation of structural models enables quick identification of diffraction reflections and description of their so-called Miller indicators. These indicators tell us about the distance and orientation of the crystal planes relative to the axis of the crystallographic system.

The profile of each diffraction reflection was described by the Pearson VII function according to formula (1) [3].

$$I(2\theta) = I_{max} \frac{w^{2m}}{\left[w^2 + \left(w^{\frac{1}{m}} - 1 \right) \cdot (2\theta - 2\theta_0)^2 \right]^m}, \quad (1)$$

m – shape factor,

w – full width at half maximum,

I_{max} – maximum intensity of the peak,

θ – reflection angle.

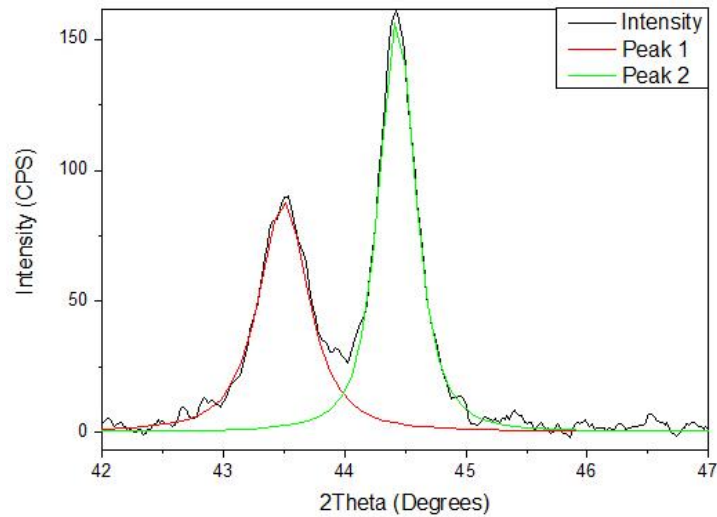


Figure 1 – Separation of two peaks of the diffractogram with the Pearson function VII.

To determine the percentage of phase volume: determine the integral intensities of individual reflections, which correspond to the areas under the peaks. Next match and sum the integral intensities of reflections corresponding to individual phases. At the end determine the phase contribution based on formula (2) [4].

$$V_{\alpha} = \frac{\sum_{i=1}^n I_{\alpha}}{\sum_{i=1}^n I_{\alpha} + \sum_{i=1}^m I_{\gamma}} \cdot 100\% \quad (2)$$

V_{α} – percentage of ferrite,

I_{α} , I_{γ} – integral intensity of the reflection coming from ferrite and austenite,

n – number of reflections coming from ferrite,

m – number of reflections coming from austenite.

The lattice constant is one of the basic parameters defining single-crystalline and polycrystalline solids. An accurate measurement of the lattice constant can be obtained using the quadratic form of the Bragg equation for a regular system (3) [5].

$$\sin^2 \theta = \frac{\lambda^2}{4a_0^2} \cdot (h^2 + k^2 + l^2)$$

λ – wavelength of X-ray radiation,

hkl – Miller indexes,

θ – reflection angle [rad.],

a_0 – lattice constant in the regular system.

Determination of the crystal lattice constant is performed by approximating points for angles different from 90° . One of the extrapolation methods is the use of the Nelson-Riley function, which is also considered the most accurate method (4) [6].

$$f(\theta) = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\cos^2 \theta}{\sin \theta} + \frac{\cos^2 \theta}{\theta} \right)$$

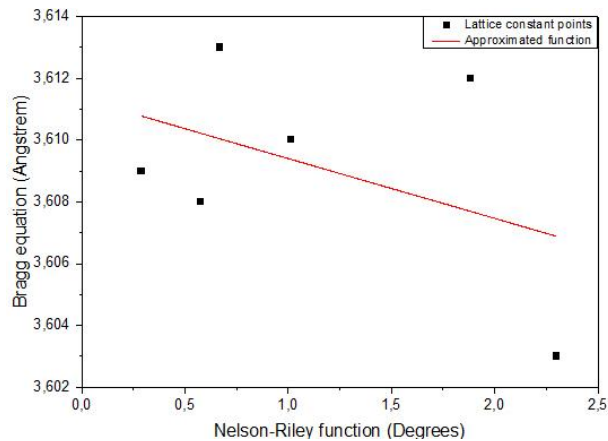


Figure 2 – Approximating function for austenite.

The Williamson-Hall method assumes that the width of diffraction reflections consists of the sum of the reflection widths, which is related to the influence of lattice distortions β_z and depends on the size of crystallites β_k . Lattice distortions in the Williamson-Hall method are described by formula (5) [7]

$$\varepsilon = \frac{\beta_z}{4 \cdot t g \theta}$$

ε – value of lattice distortions,

β_z – width of reflection related to the influence of distortions.

The ferrite/austenite content in duplex steel should range from 40 to 60%, so the determined value (58.75%) is within the given range. The obtained results and literature comparison are presented in Table 1.

Table 1 – The obtained phase share result compared to the correct range

$V\alpha$ – Obtained phase volume of ferrite [%]	Correct percentage share of ferrite/austenite in duplex steel [%]
58,75	40-60

The comparison of the results with literature data shows that the calculated value of the lattice constant for both phases of the tested sample is correct. The lattice constant of chromium-rich ferrite has a value higher than that given in the model and is slightly outside the range given in the literature, but this is not a ruling error. Austenite is within the literature range, but there is a large difference from the default value of the molecular model, which may be due to the high chromium content. The

microstructure of X2CrNiMoN22-5-3 steel is correct. The results are summarized in Table 2.

Table 2 – Comparison of the obtained value of the lattice constant with the values of the model and the literature

--	a_0 – Value of lattice constant [%]	Lattice constant of the model cell [%]	Value given in the literature [%] [1]
Ferrite	2,889	2,866	2,86-2,88
Austenite	3,612	3,564	3,58-3,62

The last counted elements were the crystallite sizes and lattice distortions for both phase components. Using the Williamson-Hall method, both of these values could be calculated for each of the phases. Austenite crystallites are approximately 40% larger than ferrite crystallites. A negative result of lattice distortion indicates that compressive stresses occur in the steel, and in ferrite they are approximately twice as high as in austenite. The results of both phase components are summarized in Table 3.

Table № 3 – Summary of crystallite size and lattice distortion results

--	D – Crystallite size [%]	ε – Lattice distortion [%]
Ferrite	73,76	-0,38
Austenite	103,76	-0,193

Conclusions. The conducted research shows, that the tested steel is richer in ferrite (58.75%) than in austenite, but still retains the duplex structure appropriate for this grade. The lattice parameters of chromium-rich ferrite and austenite are slightly higher than the lattice constants of alpha and gamma iron, which is probably due to the high chromium content (~22%). The residual stresses (III type) of both phase components are compressive, and they are twice as high in ferrite than in austenite.

References

1. Nowicki J., „*Stal duplex i jej spawalność*”, Przegląd Spawalnictwa, 2008.
 2. Cullity B.D., „*Podstawy dyfrakcji promieni rentgenowskich*”, PWN, 1964.
 3. Barnes P., Jacques S., Vickers M., [access: 20.06.2023] „*Pearson VII Function*”. <http://pd.chem.ucl.ac.uk/pdnn/peaks/pvii.htm>.
 4. Kaňa V., Pernica V., Zadera A., Krutiš V., „*Comparison of Methods for Determining the Ferrite Content in Duplex Cast Steels*”, Archives of Foundry Engineering, 2019.
 5. Bojarski Z., Łagiewka E. „*Rentgenowska analiza strukturalna*”, PWN, 1988.
 6. Lipson H., „*The study of metals and alloys by X-Ray powder diffraction methods*”, University College Cardiff Press, 2001.
- Szabracki P., Lipiński T., Bramowicz. M., Rychlik K., „*Influence steel manufacturing process X2CrNiMoN25-7-4 on its structure*”, Technical Sciences, 2011.

VIRTUAL REALITY ENVIRONMENT FOR FIRST CONTACT VR USERS AND ASSESING THEIR TYPE OF PERFORMANCE

Zaremba A. – MSc Eng., arnold.zaremba@uwm.edu.pl

Tytula J. – MSc Eng., jakub.tytula@uwm.edu.pl

Nitkiewicz S. – PhD, szymon.nitkiewicz@uwm.edu.pl

Department of Mechatronics

University of Warmia and Mazury in Olsztyn

Poland, Olsztyn

Abstract. *Virtual reality is a notable tool for simulation, entertainment, and human-computer interaction. This technology is frequently used recreationally in conjunction with exercise. This study's primary goal was to assess how well novice users performed an intermittent and continuous assessment in a virtual environment that was specifically created for this purpose. The article's introduction outlines the fundamentals of virtual reality. Subsequently the tools used to create the virtual environment are shown, along with the description of its appearance and usage guidelines. Also explained how the participants' attempts were graded and assessed. In this setting, the laws of natural physics governing mobility and interactive functions with the surroundings were mapped. The study's methodology and an analysis of the test findings, which were administered to eight participants who had never used virtual reality before, are presented in the following section. Two groups of test subjects were developed, one of which had intermittent training and the other, continuous training. After comparing the outcomes of these groups, it was determined that the intermittent training in a virtual reality setting was more advantageous.*

Keywords: *VR, UNITY, programming, shooting range, reaction and accuarcy, intermittent and continuous tests, immersy*

Relevance of the work is conditioned by the use of virtual reality (VR) technology. This modern technology is gaining more and more application in the creation of special measurement environments, on which relevant research, tests are carried out. This work shows an example of the possibility of using VR to create any testbed and conduct analyses with use of it.

Research Purpose is to assess performance of first contact users attempting in continuous and intermittent test in specially created virtual reality environment.

An interactive computer-generated place that replicates the user's experience of presence in a virtual world is called a virtual reality environment. VR goggles and controllers are examples of special gadgets that let users immerse themselves in experiences that stimulate their senses—sight, hearing, and touch. What sets virtual reality apart from other conventional methods of information presentation is its ability to create the illusion of presence in a virtual environment [1]. Virtual reality has proven its applications in sports [2], where it may be used to address movement analysis, capacity, and even training, as well as health-promoting physical activity.

Virtual environments can be created using various types of programming environments. Some of them are more programming-friendly, while others require more knowledge and skill from the developer. UNITY is one of the environments that has a friendly and intuitive graphical interface, uses the C# programming language, and has more active user's community than the other environments. For these reasons, it was decided to choose this environment to arrange the virtual testbed.

The created environment had to be user-friendly for those who were colliding with virtual reality for the first time. Therefore, a simple-to-use virtual shooting range have been created, where participants had to demonstrate their reflex and accuracy while shooting at targets. It was an arena with basic functions, without much variety such as recoil, reloading weapons, etc.. Despite its simplicity, there is no problem with conducting tests on it. The shooting range (Figure 1) includes such elements as a gun, targets, a scoreboard and a start/stop button. Each participant's task was to grab the gun, get ready to start the game, press the start button, and then complete the task. The task was to shoot eight appearing points at different locations in the shortest possible time with the greatest possible accuracy. After completing the trial, the obtained results were displayed on the front wall (in front of the participant). The score of the participant consists of time in which one managed to hit a given target, as well as the number of rounds needed to nail each point. Based on this data, the result of the completed trial was calculated.

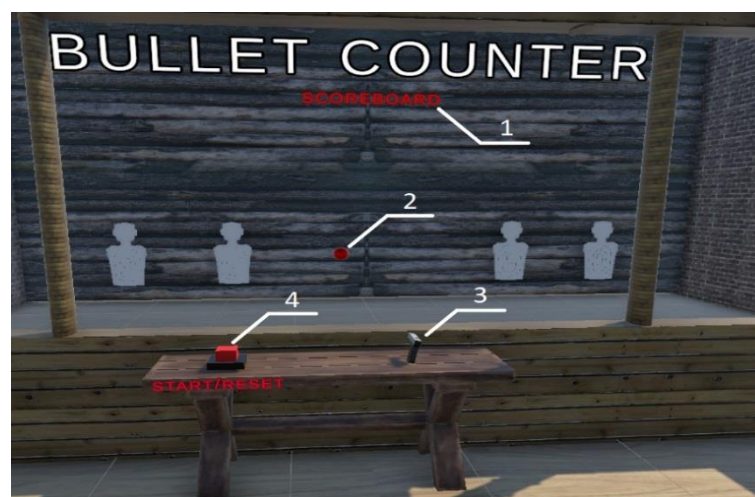


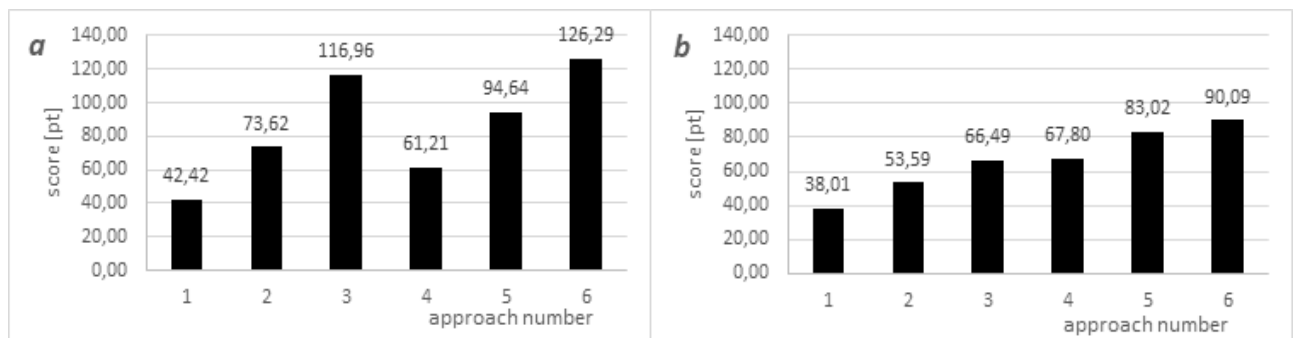
Figure 1 – Shooting range appearance; 1 – area where results appear, 2 - target, 3 - weapon, 4 - start/restart button

The study included four subjects performing a continuous test and four subjects performing an intermittent test. The difference between both tests is that in the intermittent test, three attempts were made one day and another three equally a week later. The continuous test, on the other hand, consisted of taking six attempts one after the other on same day. Each of the test participant wore a VR headset for the first time.

The headset used in the trial was an Oculus Quest 2 (Facebook Technologies, LLC. 1 Hacker Way, Menlo Park, CA 94025, USA). The results of these groups can be compared and evaluated as to which type of training is more beneficial for this type of user. Table 1 shows the average results obtained by the two test groups, and Figure 2 shows these results in column charts.

Table 1 – Average performance of groups in each approach

Test type	Intermittent	Continuous
	Average score	
Attempt 1	42,42	38,01
Attempt 2	73,62	53,59
Attempt 3	116,96	66,49
Attempt 4	61,21	67,80
Attempt 5	94,64	83,02
Attempt 6	126,29	90,09



*Figure 2 – Average score of both groups in each approach:
a – intermittent test, b – continuous test*

Classic computer tests were used to make similar measurements. When the white squares showed up on the computer screen, the subjects were instructed to hit the corresponding keys on the keyboard [3]. The testing process is comparable to what is done with virtual reality.

Conclusions. The virtual environment developed to evaluate whether intermittent or continuous training is superior is presented in this research. This was assessed using the outcomes that were attained following six attempts. Those who finished the task faster and with fewer tries received higher scores.

Based on the results, both groups began at a fairly low level (with scores within 40 points), and by the time they tried again, they had nearly doubled those levels. The intermittent test group had a notable increase in their score on the third try, effectively hitting the upper bound of the average level at 116.96 points. Considering that this is

only the third attempt, this is already an intriguing outcome. However, despite an increase in their average score, second group's performance remained subpar in the third, fourth, and fifth tries, scoring between 60 and 80 points. In the meantime, first group experienced a significant decline to the weak level following a week-long hiatus. However, they recovered to the better level in the subsequent trial, scoring 94.64 points. The continuous training group improved their average score level once more in the last trial, reaching their best score of 90.09 points for the entire test. In the most recent trial, intermittent group achieved a high level of up to 126.29 points by primarily earning the highest individual scores to date.

In summary, participants who paused the study for one week at the halfway point saw improved outcomes compared to those who did not. We can deduce that intermittent group performance improved over the one-week vacation. This group had time to recover, rest, and contemplate back on their previous performances. In comparison to other group, which did not have a break, their performance improved dramatically when they returned to the study after the break.

These results imply that efficiency and productivity may benefit from regular pauses and relaxation. When you return to training, you will be better able to concentrate on the work at hand since you will know what to expect, which gives you the chance to recover and prevent burnout.

It is significant to remember that the findings listed above are merely conjecture based on the information gathered. The results may also be impacted by variables like the participants' motivation, their physical attributes or manual dexterity, and how quickly they become accustomed to the surroundings. More in-depth investigation or analysis would be required to have a more comprehensive knowledge.

Due to the way it was built and the formal usage requirements, it was not feasible to compare these results to a genuine shooting range. The authors hope to confirm these results in future research.

R e f e r e n c e s

1. Vince, J. (2004). Introduction to virtual reality. Springer Science & Business Media.
2. Koekoek, J., & Van Hilvoorde, I. (Eds.). (2018). Digital technology in physical education: Global perspectives. Routledge.
3. Klocek, T., Spieszny, M., & Szczepanik, M. (2002). Computer tests of coordination abilities. Warszawa: COS.

СЕКЦІЯ 9: МЕТРОЛОГІЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ВІМІРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ

SECTION 9: METROLOGY AND INFORMATION AND DIGITAL TECHNOLOGIES

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВІМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

Демченко Д.С. – магістрант, demchenko_ds@gsuite.duit.edu.ua
Кульбовський І.І. – к.т.н., доцент, kulbovskiy_ii@gsuite.duit.edu.ua
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

METROLOGICAL SUPPORT OF INFORMATION AND MEASUREMENT SYSTEMS

Demchenko D. – master's student, demchenko_ds@gsuite.duit.edu.ua
Kulbovskiy I. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, kulbovskiy_ii@gsuite.duit.edu.ua
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technology
Ukraine, Kyiv

Abstract. *This study conducts a review and analysis of the metrological support of information and measurement systems, and also offers recommendations aimed at improving the accuracy and reliability of measurements in these systems. Based on the conducted research, recommendations were formulated to improve the metrological support of information and measurement systems. One of the main directions of the recommendations is the development and implementation of new methods and technologies of metrological support that take into account the specifics of these systems. The need to improve the calibration and verification procedures of information and measurement systems to ensure more accurate and reliable measurements was also suggested.*

Keyword: *metrology, information and measurement systems, calibration, certification, accreditation*

Актуальність дослідження. Метрологічне забезпечення інформаційно-вимірювальних систем відіграє ключову роль у сучасному світі, де точна та достовірна інформація є основою для ухвалення глобальних рішень. У світлі швидкого розвитку технологій та нарощування обсягу виробництва та використання цих систем, їх надійність та точність стають критично важливими

факторами. В умовах глобалізації ця проблема стає дедалі актуальнішою, оскільки від неї залежить можливість порівнювати результати вимірювань, отримані у різних лабораторіях та установах різних країн. Без цього загального стандарту міжнародне співробітництво та спільний аналіз даних стають неможливими.

Мета роботи полягає у дослідженні основних аспектів адекватності та точності вимірювань в інформаційно-вимірювальних системах, а також пошуку шляхів та методів підвищення їх метрологічної надійності.

Метрологічне забезпечення інформаційно-вимірювальних систем є важливим аспектом сучасної науки та технології. Метрологія - це наука про вимірювання та вимірювальну техніку, а інформаційно-вимірювальні системи - це комплексне обладнання та програмне забезпечення, призначені для отримання та обробки даних, отриманих за допомогою вимірювальних приладів [1]. Метою метрологічного забезпечення таких систем є забезпечення високої точності та надійності вимірів.

Інформаційно-вимірювальні системи є комплексами, що включають вимірювальні прилади, програмне забезпечення та апаратно-програмні засоби для збору, обробки, аналізу та подання отриманих даних. Вони використовуються в різних областях, таких як промисловість, транспорт та медицина, для контролю та управління різними параметрами та процесами.

Метрологічне забезпечення в інформаційно-вимірювальних системах відіграє ключову роль у забезпеченні точності та надійності вимірів. Воно включає наступні аспекти:

- Метрологічна атестація: процес, внаслідок якого встановлюється відповідність вимірювальних приладів та інформаційно-вимірювальних систем вимогам метрологічної точності та надійності [2]. В рамках метрологічної атестації проводяться калібрування та верифікація вимірювальних приладів, а також аналіз систематичних та випадкових похибок.

- Система якості: метрологічне забезпечення інформаційно-вимірювальних систем потребує розробки та підтримки системи якості, яка гарантує відповідність вимірювальних приладів та систем метрологічним вимогам та стандартам. Це включає встановлення процедур контролю якості, метрологічну стандартизацію та моніторинг процесів вимірювання.

- Сертифікація та акредитація: важливими аспектами метрологічного забезпечення інформаційно-вимірювальних систем є сертифікація та акредитація. Сертифікація підтверджує відповідність вимірювальних приладів та систем певним вимогам, а акредитація встановлює та підтверджує компетентність лабораторій щодо проведення метрологічних випробувань [3].

Інформаційно-вимірювальні системи широко застосовуються в різних галузях, таких як промисловість, медицина, наука та технології. Вони використовуються для управління та контролю різних параметрів і процесів, таких як температура, тиск, швидкість і т. д. Застосування цих систем дозволяє підвищити ефективність та безпеку роботи, а також забезпечити високу точність вимірюваних величин.

Проблеми та виклики у метрологічному забезпеченні інформаційно-вимірювальних систем:

Незважаючи на переваги та широке застосування інформаційно-вимірювальних систем, існують і певні проблеми. Деякі з них включають комплексність та складність систем, а також високі вимоги до точності та надійності вимірів. Важливими викликами є також стандартизація та гармонізація метрологічних процедур та методів, а також забезпечення передачі та сумісності даних між різними інформаційно-вимірювальними системами.

Висновок. Метрологічне забезпечення інформаційно-вимірювальних систем є важливим компонентом успішної роботи в сучасних галузях науки та технології. Завдяки правильному метрологічному підходу та забезпеченню високої точності вимірювань, можна досягти оптимальної роботи та максимального використання потенціалу інформаційно-вимірювальних систем.

Насамкінець, актуальність дослідження метрологічного забезпечення інформаційно-вимірювальних систем не можна недооцінювати. Від нього залежить міжнародне співробітництво, надійність та достовірність результатів вимірювань, безпека та ефективність різних галузей діяльності. Сучасне суспільство дедалі більше залежить від інформаційно-вимірювальних систем, та його точність і надійність стають ключовими чинниками щодо його успішного функціонування та розвитку.

Л і т е р а т у р а

1. Бичківський Р.В., Столярчук П.Г., Гамула П.Р. Метрологія, стандартизація, управління якістю і сертифікація: Підручник. Львів, Видавництво Національного університету „Львівська політехніка”, 2004. 560 с.

2. Дудніков А. А. Основи стандартизації, допуски, посадки і технічні вимірювання: Підручник-К.: Центр навчальної літератури, 2006. 352с.

3. Поліщук Є.С., Дорожовець М.М., Яцук В.О. та ін. Метрологія та вимірювальна техніка: Підручник.-Львів: Видавництво „Бескіт Біт”, 2003. 544 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВМІСТУ ВОДИ В ДИЗЕЛЬНОМУ ПАЛИВІ ЗА ДОПОМОГОЮ ОПТИКОМІКРОСКОПІЧНОГО МЕТОДУ

Калюжний О.Б. – к.т.н., доцент, albokal@ukr.net
Дворічанський В.Ю. – магістрант, zhukovsky2020@gmail.com
Державний біотехнологічний університет
Україна, м. Харків

DETERMINATION OF WATER CONTENT IN DIESEL FUEL USING OPTICAL MICROSCOPIC METHOD

Kalyuzhny O.B. – Ph.D., Associate Professor, albokal@ukr.net
Dvorichansky V.Y. – master's student, zhukovsky2020@gmail.com
State Biotechnological University
Ukraine, Kharkiv

Abstract. *A simple yet accurate and informative method has been developed for the quantitative determination of water content in diesel fuel. This method also allows obtaining the distribution of the mass water content across globule diameters, which is essential for analyzing the processes of water separation from the fuel.*

Keywords: *optical microscopic method, diesel fuel, water globules.*

Вода потрапляє в дизельне паливо практично на всіх етапах його транспортування, зберігання, наливання та заправки. У дизельному паливі може бути присутня у вигляді розчиненої води, водопаливних емульсій (у вигляді крапель) та підтоварної води (у вигляді осаду). Особливий інтерес викликає вода в паливі у вигляді водопаливної емульсії [1]. Для вивчення загальної кількості води, розподілу за видами та дисперсного складу водопаливних емульсій застосовують різні методи (волюметричний, діелектричний, седиментаційний тощо) [2].

Однак ці методи мають низку суттєвих недоліків (низьку точність та вимагають використання складного обладнання). Тому важливо розробити простий, а водночас досить точний і інформативний метод дослідження водопаливних сумішей та отримати інформацію щодо змісту води в дизельному паливі, дисперсності води та змін у вмісті та дисперсності води під час перекачування. У цій роботі зроблено спробу розробити оптико-мікроскопічний метод отримання кількісної інформації про стан водопаливної емульсії та отримано такі дані для дизельного палива.

Була проведена спроба визначити кількість води у водопаливній емульсії за допомогою оптико-мікроскопічного методу [3]. Спочатку було підготовлено водопаливну емульсію з концентрацією 0,05%. Проба цієї емульсії об'ємом 10 мл була перенесена в оптично прозору кювету.

Зважаючи на те, що щільність води та щільність палива відрізняються, краплі води під впливом сили тяжіння поступово опускалися на дно кювети. Тому мікроскоп було сфокусовано на дні кювети. Глобули води, які відклалися на дно, мали різний діаметр.

Підрахунок кількості глобул води виконувався шляхом спостереження при збільшенні масштабу $\times 8$ в шести інтервалах діаметрів, кратних 14. Початковий інтервал 0-14 мкм було поділено на три нерівні підінтервали (0-2,8; 2,8-8,4; 8,4-14 мкм), в кожному з яких глобули води обчислювалися при збільшенні масштабу $\times 40$. Це дозволило отримати масу глобул води для кожного діаметру, а потім підсумувати масу води в вивченому об'ємі.

Оскільки швидкість осідання глобул води залежить від їх діаметра, то початок вимірювань був здійснений після інтервалу часу, необхідного для осідання глобул води діаметром 1,4 мкм (мінімальний діаметр глобул води, фіксований в цих вимірах).

Щоб оцінити час до завершення осадження глобул води на дно кювети і визначити обсяг рідини над полем зору, необхідно знати висоту палива в кюветі. Знаючи внутрішній діаметр кювети D_k і палива в ній V_T , визначали висоту шару палива за формулою:

$$h = \frac{4 \cdot V_T}{\pi \cdot D_k^2} \quad (1)$$

Знаючи h і діаметр поля зору D , об'єм переглянутого поля зору визначався як:

$$V_{np.} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} h \quad (2)$$

Кількість обсягів полів зору в 1 мл палива:

$$K = \frac{1000}{V_{np.}} \quad (3)$$

Середня кількість глобул води для кожного i -того інтервалу в одному полі зору:

$$X_{cp.i} = \frac{\sum_{j=1}^n X_j}{n} \quad (4)$$

де X_j - кількість глобул води заданого розміру в j -тому полі зору, шт.;

n - кількість переглянутих полів зору.

Кількість глобул води в i -му інтервалі в 1 мл палива обчислюється за формулою:

$$X_i = K \cdot X_{cp.i} \quad (5)$$

Обсяг, зайнятий водою в 1 мл палива, визначався за формулою:

$$V_g = \frac{\pi \cdot \sum_{i=1}^m X_i d_{cp,i}^3}{6}, \quad (6)$$

де m - кількість інтервалів розбиття; $d_{cp,i}$ - середній діаметр глобул води в i -му інтервалі, мм;

При аналізі обводнення дизельного палива і визначенні концентрації води в водопаливній емульсії мають справу не з кількістю частинок води або їх масовою часткою, а з їх обсягом, точніше об'ємною часткою - C_v , яка визначається за формулою:

$$C_v = \frac{V_g}{V_m + V_g} \cdot 100\% , \quad (7)$$

де V_m - об'єм палива, в якому визначається концентрація води (для нашого випадку $V_m = 1000 \text{ мм}^3$).

Отримано сумарну масу води, що дало значення концентрації, рівне 0,009%, тобто в 5 разів менше, ніж було додано. Така розбіжність величин концентрацій води показала, що в даній постановці експеримент не враховує фактор, який має вирішальну роль.

Для з'ясування цієї обставини було вивчено картину глобул води, що осіли на дно кювети в виділеній ділянці поля зору мікроскопа. Було встановлено, що досліджуваний фрагмент картини глобул води не постійний і число глобул води, що спостерігається, зменшується з часом. Тому могло бути відновлено справжнє значення обводнення палива при оптичних вимірюваннях.

Було висунуто припущення, що зникнення з поля зору окремих глобул води пов'язано з тим, що у глобул, які осіли на дно скляної кювети, поступово руйнується емульгуючий шар, після чого глобули води розтікаються по поверхні скляного дна кювети під шаром палива та зникають з поля зору. Це підтвердилося тим, що після зливу палива і повторного спостереження дна кювети в мікроскопі, було виявлено розтеклі краплі води неправильної форми, межі яких під шаром палива були невиразні, що і зумовлювало "ефект зникнення глобул" з поля зору (рис.1а).

"Ефект зникнення глобул води" в паливі був головною причиною, яка заважала раніше використовувати цей метод для отримання точних кількісних даних щодо вмісту емульгованої води в паливі.

Спроба запобігти розтіканню глобул води по скляній поверхні дна кювети була зроблена шляхом надання цій поверхні гідрофобного характеру. Для цього дно кювети було покрито тонким шаром фторопласту-4, що був достатньо оптично прозорим для видимого світла. Це повністю усунуло розтікання глобул

води по скляній поверхні дна кювети під шаром палива, що сприяло стабілізації картини осілених глобул води (рис. 1б).

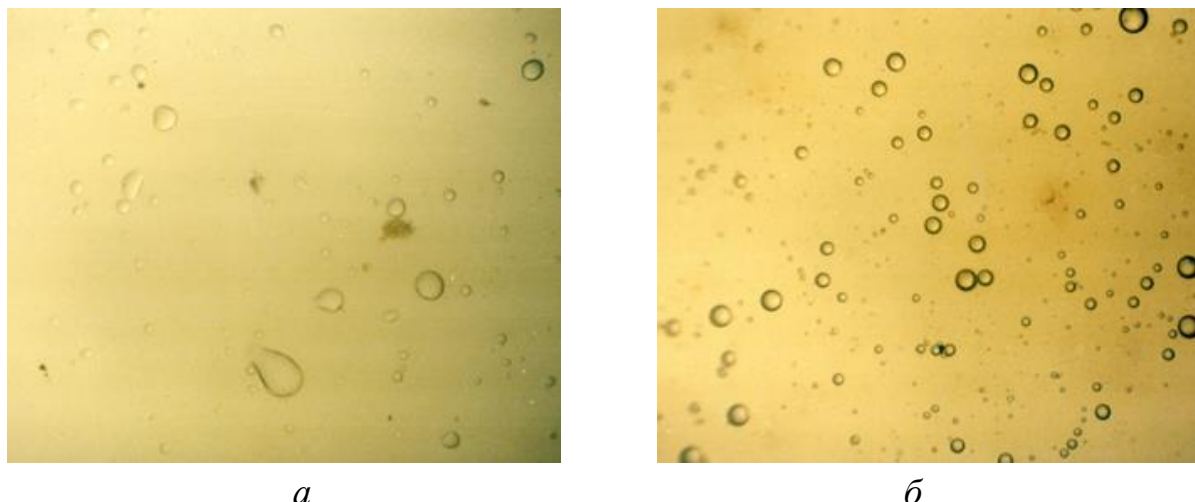


Рисунок 1 – Глобули води в дизельному паливі, що осіли на дно кювети: а - дно кювети без фторопластового покриття; б - дно кювети покрито фторопластом-4 (концентрація води в дизельному паливі 0,05%, збільшення $\times 60$)

Після цього були проведені повторні вимірювання загальної кількості води водопаливної емульсії, і було отримано значення її концентрації на рівні 0,047%, що було близьким до концентрації води, доданої до палива (0,05%). Далі були виготовлені водопаливні емульсії з концентраціями 0,1% і 0,2%, і проведені подібні вимірювання концентрації води. Отримані значення становили 0,113% і 0,22%. У всіх випадках розбіжність становила 10%. Отже, усунення впливу ефекту розтікання глобул води дозволяє отримувати кількісну інформацію про вміст води в паливі з заздалегідь визначеною точністю.

Висновок. Відзначимо, що в рамках даної роботи розроблено прямий кількісний експрес-метод визначення вмісту води в дизельному паливі. Цей метод дозволяє також отримати розподіл масового вмісту води за діаметрами глобул, що необхідно при розгляді процесів сепарації води з палив.

Л і т е р а т у р а

1. Hassanuddin, A. Stability studies of water-in-diesel emulsion. Applied Mechanics and Materials, 2015. vol.663, pp. 54-57.
2. Wang, Z. Effects of water content on evaporation and combustion characteristics of water emulsified diesel spray. Applied Energy, 2018. vol. 226, pp. 397-407.
3. Калюжный А.Б., Платков В.Я. Количественный анализ содержания воды в дизельном топливе. Нефтегазовые технологии. 2001, №6, стр. 11- 12.

ВИМІРЮВАЛЬНИЙ МАГНІТОРЕЗИСТИВНИЙ ЕЛЕМЕНТ

Пашко Б.Г. – бакалавр, bodya20030909@gmail.com

Смолянiнов В.Г. – к.т.н., доц., 701_701@ukr.net

Київський національний університет технологій та дизайну
Україна м. Київ

MEASURING MAGNITORESISTIVE ELEMENT

Pashko B.G. – bachelor, bodya20030909@gmail.com

Smolianinov V.G. – Candidate of Technical Sciences, Docent, 701_701@ukr.net

Kyiv National University of Technologies and Design
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The paper analyzes the use galvanomagnetic phenomena in thin magnetic films with their interaction with electromagnetic fields. For a magnetoresistive element using galvanomagnetic phenomena in thin magnetic films, the useful signal is determined effect parametric transformation electromagnetic field, total tensor resistance whom changes according to magnetization films sensitive element, allows implement change tensions magnetic field by electric by using excitation circuits. The functional diagram of the measuring device is presented magnetoresistive element and circuit design implementation on semiconductor elements to control it.*

Keywords: *magnetoresistive element , electromagnetic field, excitation circuit*

Актуальність дослідження зумовлена розробкою елементної бази на основі гальваномагнітних явищ в тонких магнітних плівках для вимірювання та контролю енергетичних параметрів сигналів.

Метою роботи є проведення оглядового аналізу роботи магніторезистивного елемента для вимірювання енергетичних сигналів.

Пристрої на основі магніторезистивних ефектів знайшли широке використання при розробці елементної бази перетворювачів енергії електромагнітного поля [1, 2]. Магніторезистивні елементи (МЕ) які використовують гальваномагнітні явища в магнітних плівках для яких корисний сигнал визначається ефектом параметричного перетворення електромагнітного поля, тензор питомого опору якого змінюється у відповідності до зміни намагніченості плівки під дією магнітного поля [2] дозволяє реалізувати зміну напруженості підмагнічуючого поля H_0 електричним шляхом за допомогою схем його збудження.

Функціональна схема вимірюваного магніторезистивного елемента наведена на *рисунку 1*, де власно МЕ складається з чотирьох, подібних по формі до петлі, гілок які з'єднані у відрізки. Кожна гілка складається з двох стрічок з'єднаних послідовно мідними провідниками які утворюють чутливий елемент [1]. При такій конфігурації МЕ має вигляд резистивного електричного мосту.

В складі схеми збудження МЕ знаходяться: блоки керування 1 та 2, симистори $VS1- VS6$, операційний підсилювач $DA1$, резистори $R1 - R6$, конденсатори $C1 - C7$, калориметрична голівка вимірювача потужності - 1, нановольтметр – 2.

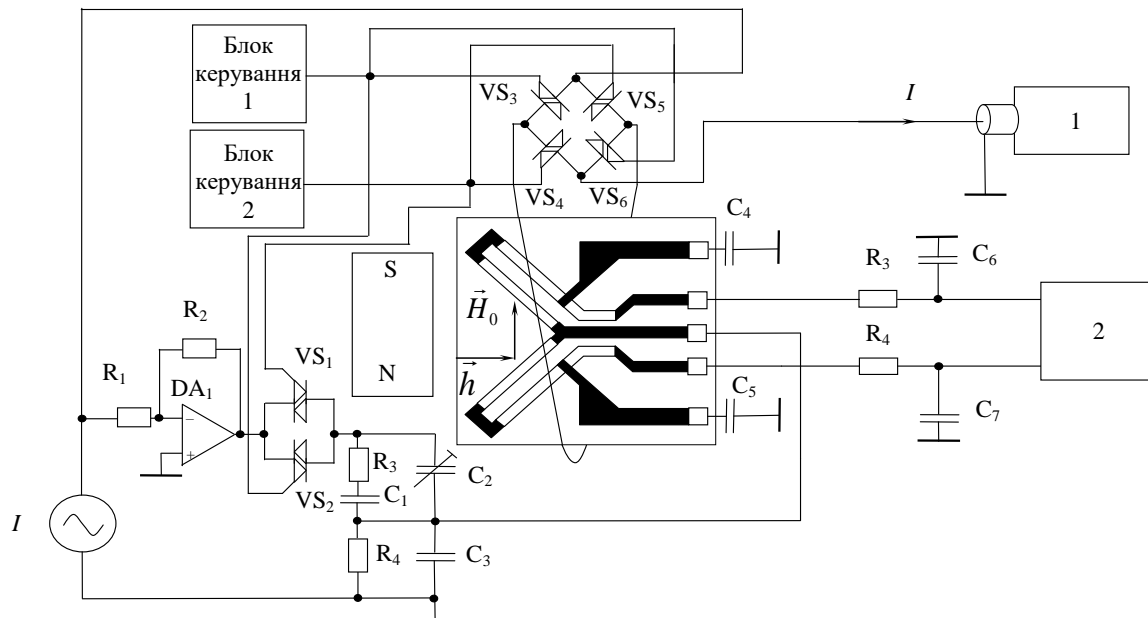


Рисунок 1 – Функціональна схема вимірюваного магніторезистивного елемента

Регулювання фазових співвідношень необхідно проводити в ланцюзі струму – I МЕ, за допомогою комутатора, що складається з комутуючих симисторів $VS3- VS6$ та блоків керування 1 та 2. Поворот фази, що необхідний для роботи МЕ організований за допомогою почергового перемикання $VS3- VS6$ та $VS4- VS5$, а вимірювальна частина представлена калориметричною голівкою вимірювача потужності – 1.

В схемі МЕ також використані, баластні конденсатори $C4, C5$, низькочастотні фільтри $R5C6, R6C7$, нановольтметр – 2 та елементи фазової корекції $R3, R4, C1, C2, C3$ які підключені до фазокорегуючого ланцюга на операційному підсилювачі $DA1$ з симисторами $VS1$ та $VS2$, навантаженого на МЕ для відповідного включення фази струму в чутливому елементі.

Параметри фазокорегуючого ланцюга напруги підібрані таким чином, щоб компенсувати зсув фази між магнітним полем і намагніченістю у феромагнітній плівці МЕ, тобто $\varphi_{hM} = -\varphi_{пн}$.

Висновок. В результаті проведеного аналізу розглянута структура вимірювального магніторезистивного елемента та наведена функціональна схема для його збудження, що дозволяє поліпшити процес вимірювання та лінійність вольтамперних характеристик у всьому діапазоні вимірювань.

Л і т е р а т у р а

1. Tumański S. Thin Film Magnetoresistive Sensors / S. Tumański. CRC Press, 2001. 576 p.
2. Готра З.Ю. Фізичні основи електронної техніки / З.Ю. Готра, І.Є. Лопатинський, Б.А. Лукіянець та ін. Львів: Бескид Біт, 2004. 880 с.

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ КОМП'ЮТЕРНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ВИСОКОЇ ПРЕЦИЗІЇ

Роценко О.В. – магістрант, budysov64@gmail.com

Волошина Л.В. – к.т.н., ст.викладач, ludmivol@gmail.com

*Український державний університет залізничного транспорту
Україна м. Харків*

INCREASING THE ACCURACY OF MEASUREMENTS USING HIGH PRECISION COMPUTER TOOLS

Rozenko O.V. – master's student, budysov64@gmail.com

Voloshyna L.V. – PhD (Tech)., Senior Teacher, ludmivol@gmail.com

*Ukrainian State University of Railway Transport
Ukraine, Kharkiv*

Abstract. *The paper analyzes the study of metrological characteristics and the possibilities of using a precision computer tool to improve the accuracy and quality of manufactured products and to optimize production processes. With the development of industry, the requirements for the accuracy and quality of manufactured products are increasing. High accuracy of measurements and adaptation of results to the requirements of modern production can be provided by a precision computer tool, such as a computer caliper. Having analyzed the increase in the accuracy of measurements when using a computer caliper, we can conclude that the use of a precision computer to increase the accuracy of measurements is appropriate and relevant, because it will ensure the manufacture of high-precision and high-quality products.*

Keywords: *caliper, metrological characteristics, measurement accuracy, precision computer tool*

Актуальність дослідження зумовлена збільшенням вимог до точності та якості виготовленої продукції та перехід виробництва на вимоги індустрії 4.0. Високу точність вимірювання та адаптацію результатів вимірів до індустрії 4.0 може забезпечувати комп'ютерний інструмент високої прецизії. Таким чином було проведено аналіз сучасного, інноваційного, високоточного штангенциркуля комп'ютерного ШЦЦТК. Застосування штангенциркуля комп'ютерного дозволяє користувачу: проводити виміри продукції виготовленої з різного матеріалу; проводити виміри при різних температурах деталі та

навколишнього середовища; автоматично опрацьовувати та виводити дані на комп'ютер або інші засоби зв'язку. Вбудовані функціональні можливості штангенциркуля комп'ютерного дозволяють отримувати результати високої точності та оптимізують збір і аналіз даних так, як штангенциркуль комп'ютерний адаптований для індустрії 4.0. Тому дослідження в цій області є актуальним та перспективним.[1.4]

Метою роботи є вивчення метрологічних характеристик та можливостей використання прецизійного комп'ютерного інструмента такого, як ШЦЦКТ для підвищення точності і якості виготовленої продукції та оптимізації процесів виробництва. Враховуючи, що штангенциркуль комп'ютерний здебільшого знаходить своє застосування у різних галузях, включаючи виробництво мікроелектроніки, машинобудування, металургію, медицину та інші, де критично важливе вимірювання з високою точністю. Це дослідження також включає аналіз переваг та недоліків, які властиві комп'ютерному штангенциркулю.

Штангенциркуль комп'ютерний ШЦЦКТ. Майбутнє метрології полягає в розвитку та вдосконаленні методів і засобів вимірювань з використанням інтелектуальних і мережевих технологій, оскільки цей розвиток є основною складовою в управлінні виробництвом. З розвитком промисловості зростають вимоги до точності та якості виготовленої продукції. Високу точність вимірів та адаптацію результатів до вимог сучасного виробництва може забезпечувати прецизійний комп'ютерний інструмент, такий як штангенциркуль комп'ютерний ШЦЦКТ [3].

Штангенциркуль комп'ютерний ШЦЦКТ (рис.1) – це універсальний, інноваційний, прецизійний, штангенінструмент з багатим функціоналом, призначений для вимірювання з високою точністю зовнішніх і внутрішніх розмірів предметів, а також глибини отворів. Завдяки простій конструкції, високій точності вимірів, адаптації до індустрії 4.0 та зручності у використанні він є оптимальним для прецизійних вимірів на сучасному виробництві [2].



Рисунок 1 – Штангенциркуль комп'ютерний ШЦЦКТ (загальний вигляд)

Основні переваги та функції штангенциркуля комп'ютерного:

- Використання комп'ютерного модуля з кольоровим сенсорним дисплеєм дає можливість отримати дискретність 1 мкм. та високу точність вимірів з похибкою до 5 мкм, що робить цей інструмент ідеальним для застосувань, де важливі надзвичайно точні вимірювання [3].

- Модуль контролю зусилля надає можливість вимірювати з однаковим зусилля від 1 до 20 Н. Ця функція допомагає підвищити стабільність і надійність вимірів, оскільки дозволяє утримувати постійне зусилля під час вимірювань. Такий модуль контролю зусилля особливо корисний при вимірюванні точних і прецизійних розмірів, де необхідна стабільність та надійність вимірювань [3].

- Функція математичної компенсації похибки при калібруванні штангенциркуля. Ця функція використовується для коригування вимірювальних результатів на основі відомих похибок або відхилень, які можуть виникнути через різні фактори, такі як інструментальні похибки, температурні зміни, структурні або електронні впливи тощо.

- Можливість врахування ТКЛР (температурного коефіцієнта лінійного розширення) матеріалу деталі для чотирьох груп: тверді сплави, сплав заліза, сплав міді, сплав алюмінію [3].

- Наявність вбудованої пам'яті для збереження результатів вимірів є важливою функцією. Ця функція дозволяє зручно зберігати та архівувати вимірювальні дані для подальшого аналізу, перевірки та документування [3].

- Функції ПР/НЕпр Мін/Макс. Обидві ці функції спрощують вимірювання і дозволяють користувачам швидше та з точністю визначити відповідність об'єкта заданим параметрам. Це особливо важливо в виробництві та контролі якості, де необхідно виконувати велику кількість вимірів і дотримуватися конкретних стандартів якості [3].

- Бездротовий модуль забезпечує передачу даних до 50 м у програмне забезпечення для Windows, Android та IOS пристроїв. Ці можливості дозволяють користувачам більш зручно та ефективно працювати з комп'ютерним штангенциркулем та використовувати їх у різних сферах, включаючи виробництво, інженерію, контроль якості та наукові дослідження [3].

Комп'ютерний штангенциркуль відзначається не лише високою точністю та універсальністю, але є економічно вигідним для виробництва. Завдяки високій точності на рівні п'ять мікронів, цей інструмент може замінити набір з шести окремих мікрометрів, які також мають аналогічну точність вимірювань. Це сприяє зменшенню ризику помилок, спрощенню робочого процесу для операторів, що робить працю більш легкою та комфортною.

Висновок. Проаналізувавши підвищення точності вимірів при застосуванні комп'ютерного штангенциркуля ШЦЦТК, можна зробити висновок, що

використання прецизійного комп'ютерного інструмента відкривають нові можливості в області вимірювань і оптимізації виробництва. Так як цей інструмент має такі переваги: висока точність вимірювань; універсальність; адаптація до індустрії 4.0; скорочення часу на виміри; можливість корекції вимірювальних параметрів; простота використання та зменшення витрат на закупівлю інструменту.

Отже, використання прецизійного комп'ютерного інструменту для підвищення точності вимірів є доцільним та актуальним, тому що це забезпечить виготовлення високоточної та якісної продукції.

Л і т е р а т у р а

1. Закон України № 1314-VII від 5 червня 2014 року «Про метрологію та метрологічну діяльність». <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1314-18>
2. Клименко Л.П. «Метрологія, стандартизація та управління якістю/Штангенінструменти» Миколаїв: Вид-во ЧДУ імені Петра Могили, 2011. 243с.
3. Штангенциркуль комп'ютерний US№10184772.
<https://patents.google.com/patent/US10184772B2/en?q=US№10184772>
4. Проект "Промисловість 4.0". Революція на промислових підприємствах [Електронний ресурс]. Кабельний світ. 2015. Випуск 01. Режим доступу: http://content.lappgroup.com/fileadmin/DAM/Lapp_Ukraine/Kabelniy_myr/UA_Kabelwelt_01_/2015_small.pdf.

КРИТЕРІЇ ОБРАННЯ ПРЕЦИЗІЙНОЇ КООРДИНАТНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ МАШИНИ

Сергеев Д.М. – магістр, sergeev@microtech.tools
Комарова Г.Л. – к.т.н., доцент., komarova@kart.edu.ua
Український державний університет залізничного транспорту,
Україна, м. Харків

SELECTION CRITERIA COORDINATE-MEASURING MACHINE

Serhieiev D.M. – master, sergeev@microtech.tools
Komarova G.L. – Ph.D (Tech.), komarova@kart.edu.ua
Ukrainian State University of Railway Transport
Ukraine, Kharkiv

Abstract. *The article describes and analyzes the technical characteristics when choosing a coordinate measuring machine for measuring precision parts in modern production. 10 main criteria for choosing a coordinate measuring machine are considered, which will reduce the risks when choosing a coordinate measuring machine by the customer, technical specialists.*

The analysis of 10 main criteria gives an understanding that the introduction of new technological solutions for measuring precision parts of the body by the contact method can help in choosing a more suitable coordinate measuring machine for setting tasks for precise measurements.

Keywords: *Coordinate measuring machine, 3D measurements, measurement accuracy, selection criteria, modern production.*

Актуальність дослідження зумовлена доцільністю використання унікальних порталних 3D координатно-вимірювальних машин (далі – 3D КВМ) для вимірювання прецизійних деталей (рис.).



Рисунок – Портальна 3D координатно-вимірювальна машина

Сучасне виробництво прецизійних корпусних деталей потребує доступного та достовірного 3D метрологічного контролю для повсякденного використання у:

- механічних цехах;
- підрозділах контролю якості;
- збиральних дільницях;
- дільницях вхідного контролю продукції за кооперацією.

Для 3D вимірювань прецизійних корпусних деталей сьогодні найбільш доцільно обрати контактні 3D КВМ через найкраще співвідношення якість/ціна. Сьогодні безконтактний 3D вимірювач має похибку значно більшу ніж похибки рівноцінних контактних 3D КВМ, тому надається перевага контактним видам вимірювань.

Метою роботи є ознайомлення з покроковим алгоритмом обрання 3D КВМ згідно 10 ти основних критеріїв, що буде корисним для: інвесторів та керівників підприємств,; фахівцям підприємств, студентам та викладачам за спеціальністю інформаційно-вимірювальні технології. Також розглянуто та визначено переваги та недоліки при обранні 3D КВМ.

Критерій 1. Показники робочої зони при вимірюванні деталей.

До обов'язкових критеріїв оптимізації КВМ зараховують три показники переміщення:

- переміщення за координатою X ;
- переміщення за координатою Y ;
- переміщення за координатою Z .

Вимоги до бажаних робочих переміщень за координатами (X, Y, Z) залежать від вимірюваних розмірів та габаритів вимірюваної деталі з урахуванням довжини вимірювальних щупів та індексації положення вимірювальної голівки.

Бажано створити метрологічні резерви 3D вимірювань за трьома координатами для всіх конкурентних варіантів КВМ (X, Y, Z) на випадок наступних вимірювань більш габаритних деталей. Необґрунтоване збільшення об'єму робочої зони вимірювань ускладнює процес, посилює похибку та стрімко збільшує собівартість 3D вимірювань.

Показники переміщень X, Y та Z розглядаються як три окремі головні критерії, поміж яких найважливішим показником є вертикальна вісь Z (положення вертикальної вимірювальної колони КВМ найбільшою мірою обмежує можливості вимірювань габаритних деталей) та поздовжнє переміщення за віссю X , обмежене порталною конструкцією КВМ. Поперечна вісь Y найменш важлива, оскільки є можливість незначного консольного розміщення вимірюваної деталі за межами робочого столу.

Критерій 2. Власні регламентовані переміщення.

За відсутності стандарту на рекомендовані розміри показників переміщень уздовж ортогональних осей різні виробники пропонують КВМ із власними регламентованими переміщеннями за трьома осями (X, Y, Z) для 3D вимірювань. Окрім забезпечення бажаної вимірювальної зони за осями X, Y, Z також доцільно враховувати бажану максимальну довжину вимірювань у вигляді просторової діагоналі L .

Довжина просторової діагоналі L є тим розміром, який необхідно враховувати під час обчислення найбільшої похибки вимірювань КВМ за паспортною формулою похибки.

Критерій 3. Обрання між ручними або автоматизованими КВМ.

Автоматизоване переміщення у вимірювальній зоні прискорює та спрощує 3D вимірювання та суттєво зменшує похибку вимірювань шляхом зменшення суб'єктивного впливу оператора. Ціна автоматизованих контактних 3D КВМ на 35–50% більша за ціну аналогічних ручних, проте це компенсується значно кращими функціональними та метрологічними показниками. Для кількісного порівняння ручного або автоматичного переміщення 3D КВМ використовується підхід, коли автоматичне переміщення кодується як «1», а ручне переміщення кодується як «0».

Критерій 4. Основна похибка КВМ.

Очікувану паспортну похибку КВМ доцільно призначати у 2,5-3 рази меншою ніж відповідні допуски вимірюваних деталей. Зазвичай паспортні похибки КВМ мають вигляд лінійної функції:

$$G_i = g_i + L_i/k_i,$$

де:

аргумент L_i відповідає максимальній довжині вимірюваної зони (довжині просторової діагоналі паралелепіпеда $X Y Z$);

початкову похибку g_i та коефіцієнт k_i визначають за каталогами виробників КВМ.

Похибки від замовника G_o та похибки G_i за формулами похибок із конкурентних пропозицій КВМ мають бути узгоджені за єдиних умов порівняння.

Виробники пропонують кілька рівнів прецизійності для КВМ, похибка яких відрізняється поміж собою на 20–50% через використання спеціальних вимірювальних головок та датчиків, спеціальних шкал із меншою дискретністю 3D відліку.

Похибки ручних контактних 3D КВМ зазвичай на 10–20% більші за похибки автоматичних контактних КВМ аналогічних діапазонів та дискретності.

Критерій 5. Дискретність відліку лінійних шкал.

Дискретність відліку лінійних шкал (1,0 мкм/ 0,5 мкм/ 0,1 мкм) виробники фіксують у каталогах КВМ, але дискретність як значущий критерій оптимізації не враховується, бо цей показник вже враховано у загальній похибці КВМ.

Критерій 6. Навантаження на стіл.

Цей показник є малозначним, оскільки виробники КВМ передбачають міцність та жорсткість стола у базовій комплектації відповідними до габаритів вимірюваної деталі.

Замовник самостійно визначає бажане навантаження Q_o для утримання вимірюваної деталі. В особливих випадках 3D вимірювань важких деталей (масою 500–6000 кг) виробники 3D КВМ використовують спеціальні столи з посиленням опором і з паспортним навантаженням Q_i .

Для вимірювання надважких габаритних деталей доцільно використовувати унікальні порталні КВМ зі встановленням великогабаритної деталі безпосередньо на підлогу.

Критерій 7. Обрання між інтуїтивним програмним забезпеченням (ІПЗ) та традиційним програмним забезпеченням (ТПЗ).

Цей вибір є принциповим, оскільки 3D вимірювання побудовані на складних багатофакторних математичних обчисленнях, які можуть суттєво ускладнювати використання 3D КВМ. Традиційні ПЗ для КВМ мають доволі

складний, не завжди очевидний шлях використання, що передбачає підвищені вимоги до оператора.

Вимоги до користувача традиційного програмного забезпечення: обов'язкова висока початкова кваліфікація оператора початкове навчання оператора протягом 4–8 тижнів для використання складного ТПЗ виключно платні поточні оновлення ТПЗ та додаткове навчання оператора у разі підвищеної складності оновлень висока кваліфікація та лояльність оператора КВМ (від цього залежить ефективність 3D вимірювань).

Слід також врахувати складність, великі прямі витрати у разі заміни штатного оператора, організації другої зміни 3D вимірювань, у випадку звільнення (з додатковими прямими витратами на навчання).

Новітні інтуїтивні ПЗ для КВМ (усі моделі англійських КВМ Aberlink та одна цехова модель італійської КВМ Dea) дають змогу за 2–3 робочі дні навчитися використанню та програмуванню для повноцінних 3D вимірювань навіть з початковим рівнем знань.

Прикладом ПЗ є смартфони, які не потребують спеціальних навичок та навчання, тому доступні навіть для п'ятирічних дітей.

Критерій 8. Ціна.

Замовник завжди має лімітну ціну R_0 , у межах якої передбачено придбати необхідну КВМ. З метою порівняння усіх конкурентних цінових пропозицій R_i для заповнення вибору КВМ використовують безрозмірні поділи $(R_0 - R_i)/R_0$:

- поділи мають знак «+» у випадку, коли лімітна ціна замовника R_0 вища ніж ціна конкурентної пропозиції R_i ;

- поділи мають знак «-» у випадку, коли лімітна ціна замовника R_0 менша ніж ціна конкурентної пропозиції R_i .

Критерій 9. Витрати на поточне обслуговування 3D КВМ.

Щорічні консультації, сервіс, модернізація, планове та позапланове калібрування згідно з ISO 17025 протягом усього терміну використання КВМ (10–20 років) можуть наблизитися до ціни «R» за КВМ. Доцільно встановити ліміти витрат на поточне обслуговування (r_0) та бажано отримати від постачальників 3D КВМ конкурентні пропозиції стосовно вартості очікуваних витрат (r_i).

Критерій 10. Маса, габаритні розміри, вимоги до електромережі та стиснутого повітря тощо. Замовник може врахувати їх або й інші показники відповідно до умов використання 3D КВМ.

Висновок. Метрологічний контроль є кінцевою виробничою операцією, тому якісні 3D вимірювання зменшують собівартість виробництва та підвищують конкурентоспроможність продукції, що особливо важливо в умовах військового стану, та світової кризи.

Л і т е р а т у р а

1. Закон України № 1314-VII від 5 червня 2014 року «Про метрологію та метрологічну діяльність». <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1314-18>
2. Каталог координатно-вимірювальних машин ABERLINC (Великобританія). <https://www.aberlink.com/products/coordinate-measuring-machines>
3. Методика калібрування координатно-вимірювальних машин всіх типів ННЦ «Інститут метрології». <http://www.metrology.kharkov.ua>
4. Методика калібрування координатно-вимірювальних машин ABERLINC (Великобританія). https://microtechua.com/index.php?id_product=9243&controller=product&id_lang

ЩОДО МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Яцуміра А.А. – магістр, mvt-22dm-915@snu.edu.ua
Морнева М.О. – к.т.н., доц., morneva@snu.edu.ua
Східноукраїнський національний університет ім. В.Даля
Україна, м. Київ

ABOUT METROLOGICAL SUPPORT

Yatsumira A.A. – master, mvt-22dm-915@snu.edu.ua
Morneva M.O. – Candidate of Technical Sciences, Ass. Prof., morneva@snu.edu.ua
Volodymyr Dahl Eastern Ukrainian National University
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The paper analyzes general information about the organization of metrological support. Metrological support in health care facilities is inextricably linked with the quality of measurement indicators through the use of appropriate measuring equipment. Widespread use of measuring equipment in medicine has led to the emergence of a new field of instrument construction - medical instrument construction, and the specifics of medical measurements prompted the emergence of a new direction in metrology - medical metrology.*

Keywords: *regulatory document, metrology, service, standard, competition, quality control.*

Актуальність дослідження базується на тому, що в Україні практично відсутня практика метрологічного забезпечення в закладах охорони здоров'я.

Метою роботи є проведення оглядового аналізу питання метрологічного забезпечення.

Метрологічне забезпечення в закладах охорони здоров'я нерозривно пов'язане з якістю показників вимірювань шляхом використання відповідних засобів вимірювальної техніки.

Широке розповсюдження засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) в медицині призвело до виникнення нової галузі приладобудування - медичного

приладобудування, а специфіка медичних вимірювань спонукала виділити в метрології новий напрямок - медичну метрологію. Специфіка медичних вимірювань проявляється як в особливостях вимірювання, створення та застосування засобів вимірювальної техніки для оцінки медико-біологічних процесів і станів, так і в особливостях їх експлуатації.

Засоби вимірювання медичного призначення, в основному вимірювальні прилади, можна розділити на три групи за способом нормування їх діапазонів вимірювань і характеристик точності.

Перша група - прилади, градуйовані безпосередньо в одиницях тих фізичних величин, значення яких є кінцевою вимірювальною інформацією, що дозволяють зробити медичний висновок (термометр, динамометр). Друга група - прилади в проміжних величинах, вимір значення яких ще потрібно перетворити в остаточну інформацію за допомогою іншого приладу або шляхом обчислення (фотоелектричні колориметри). Третя група - прилади, для яких характерне уявлення їх метрологічних властивостей за допомогою допоміжних величин і параметрів (електрокардіограф).

Однією з найважливіших завдань медичної метрології є розробка методів і засобів, які дозволять для всіх медичних вимірювальних приладів домогтися такого виразу параметрів точності, які при дотриманні метрологічних вимог будуть досить інформативні для лікаря. Від точності їх показань залежить правильність діагнозу і ефективність призначеного лікарем лікування. Не випадково на вимірювання, які застосовуються в медицині та охороні здоров'я поширюється сфера державного регулювання забезпечення єдності вимірювань.

В даний час медичні вимірювання в більшості випадків проводить медичний персонал, який не є технічно підготовленим. Тому доцільно створювати медичні прилади, градуйовані в одиницях фізичних величин, значення яких є кінцевою медичною вимірювальною інформацією (прямі вимірювання).

Необхідність поєднувати сутність медичного методу дослідження з технічними характеристиками кошти вимірів, що застосовується для реалізації цього методу, є однією зі специфічних особливостей медичної метрології. З метрологічної точки зору, в назві і призначення кожного засобу вимірювань повинен бути чітко відображений його фізичний зміст і зазначено, яка фізична величина підлягає вимірюванню.

Медико-фізіологічні явища і їх параметри, які можуть бути безпосередньо виражені в фізичних величинах при вимірюванні відповідними засобами вимірювань (такі як температура тіла, яка вимірюється максимальним ртутним термометром, концентрацій водневих іонів, яка вимірюється рН-метром, дихальні обсяги, вимірювані спірометром), легко піддаються метрологічного

нормування. У цих випадках немає труднощів у виборі назви приладу, що відповідає його призначень), яке в рівній мірі влаштовувало б і лікаря і метролога.

Однак у багатьох випадках методика вимірювань передбачає визначення медико-фізіологічних показників, що не носять чіткого фізичного змісту, а застосовувані для її реалізації кошти вимірів визначаються, базуючись на цій методиці, що ускладнює метрологічне нормування їх характеристик і розробку методу метрологічного контролю.

При прямих вимірюваннях фізичних величин немає труднощів у їх метрологічне забезпечення. При непрямих ж вимірах, коли використовують зв'язку, наявні між фізичними величинами, або залежність будь-якої фізичної величини від шуканої, не фізичною величини, виникають труднощі специфічного характеру (приклад з визначенням кровонаповнення судин кров'ю).

Необхідно також відзначити особливість медичних вимірювальних засобів, яка полягає в спеціальних вимогах до санітарно-гігієнічним та токсикологічними показниками, до зовнішніх умов експлуатації і до забезпечення енергетичної безпеки.

З огляду на вищевикладене, до основних завдань вдосконалення системи державного контролю якості, ефективності, безпеки медичних виробів можна віднести:

- створення відповідної ефективної законодавчої та галузевої нормативної бази;
- підвищення дієвості наявних механізмів контролю стану медичної техніки, що експлуатується в закладах охорони здоров'я;
- формування переліків медичної техніки, яка застосовується для надання відповідних медичних послуг
- створення системи зовнішнього п внутрішнього контролю якості проведення лікувально-діагностичних заходів з використанням медичної техніки.

Висновок. В даний час державна контрольно-дозвільна система у сфері медичних виробів в правовому, організаційному, кадровому н фінансовому відношенні вимагає подальшого вдосконалення. Ряд важливих напрямків робіт по її вдосконаленню вимагає координації зусиль відповідних підрозділів апарату МОЗ та органів управління охорони здоров'я.

Л і т е р а т у р а

1. Закон України від 05.06.2014 № 1314-VII. Про метрологію та метрологічну

діяльність. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1314-18#Text> (дата звернення 30.10.202) – Назва з екрана.

2. Постанова Кабінету Міністрів України від 13.01.2016 № 94 «Про затвердження Технічного регламенту законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки». Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/94-2016-%D0%BF#Text> (дата звернення 30.10.202) – Назва з екрана.

TECHNOLOGICAL FAULT TOLERANCE OF RAILWAY TRANSPORT SYSTEMS

Matsiuk V.I. – Professor, vimatsiuk@gmail.com

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Ukraine, Kyiv

Dudnyk Yu.P. – Ph.D. (Ped.), yu.dudnyk@gmail.com

Zaika D.O. – Postgraduate student, zaika_do@gsuite.duit.edu.ua

²State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *Technical (in particular, sorting yard) stations are considered as complex technological systems due to the multitude of functioning technological lines: processing and passing of passenger trains, transit freight trains, disbanding and formation of warehouses, processing of local wagons.*

Each of these lines' functions within conventional limits and, at the same time, interacts with other lines. The process is stochastic, since the duration of technological operations for processing trains and wagons is probabilistic. In addition, the stationarity and reliability of the operation of the lines and the entire technological system is significantly affected by the significant unevenness of the incoming flows, which in most cases are subject to an exponential (or gamma) distribution with a variation of about 100%.

Keywords: *Sorting yard, passenger trains, simulation modeling, technological process.*

Relevance of research such a complex process in the complex is difficult, and in some cases impossible, to study with analytical models, since most of the functions are non-analytical, and the set of all states of the system will exceed tens of thousands. Simulation modeling can be considered one of the few research tools in such situations.

The purpose of the work is creating a simulation model.

The beginning of the development of any model is the establishment of its goals, a set of initial parameters and limitations. For simulation models, in addition, it is important to justify the principle (order) of simulation and the collection and further analysis of simulation results [1]-[3].

For example, for a technological line for the processing of transit trains (with a change of locomotive and without a change in the mass and length of the train), the entire service process of one application (transit train processing) can be conditionally

divided into the following elements:

- 1) the arrival of a train occupying the entrance of the transit park;
- 2) operations on fencing the warehouse, uncoupling the train locomotive, transfer of transport documents;
- 3) technical and commercial review;
- 4) coupling of a train locomotive;
- 5) departure according to the nearest free thread of the schedule.

All the specified operations are performed sequentially by the gradual transition of the application between the phases (elements) of the corresponding technological process. In practice, each operation, as a rule, does not begin immediately, but only after the readiness of the relevant services or technical devices. Therefore, an essential part of any processing of an application in the railway QS is the cumulative ease of waiting for the execution of operations [4]-[6].

The simulation process, in accordance with the technological process of processing trains, will represent a gradual transition of the application through the program blocks of one of the free channels. Each of the blocks corresponds to a certain technological operation. The time of stay in each of the blocks will correspond to the time (set or calculated) of the duration of the corresponding technological operation. The boundary of the phase transition between technological operations will correspond to the moment of transition of the application from one block to another (Fig. 1).

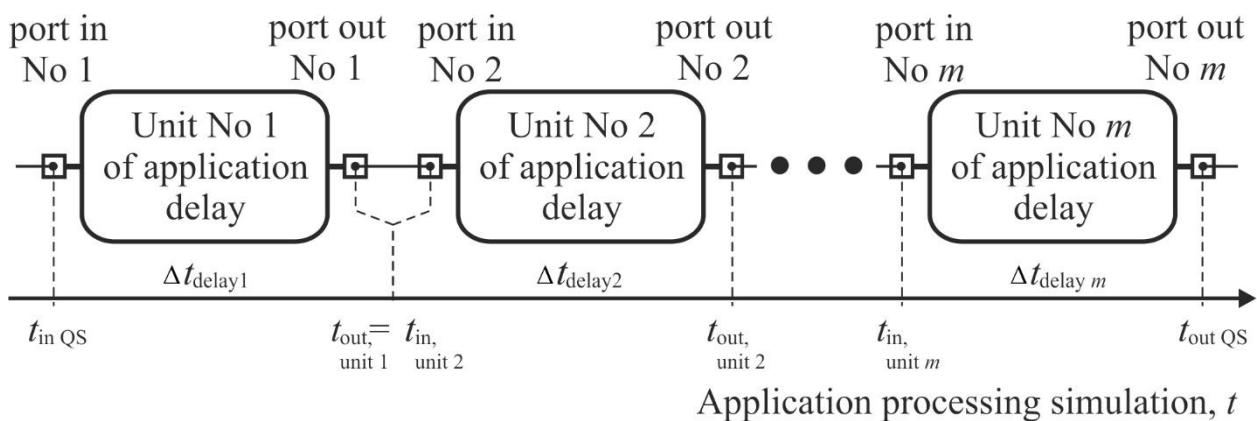


Fig. 1 – Discrete-event transition of the requirement through the elements of the technological process

This principle allows you to programmatically fix the moment of entry of the application into the program block, which will correspond to the beginning of the corresponding technological operation, and the moment of exit of the application from the block, which will correspond to the completion of the technological operation. In essence, the collection of results consists in recording the moments of the transition of applications between certain blocks (between the phases of processing train depots), which will later allow processing of data, determining the probability of failure and the

continuity of the functioning of railway transport systems. The duration of an application in a certain block is defined as the difference between the moments of entry into the next block and the moment of entry of the application into the settlement block:

$$\Delta t_{\text{delay } z} = t_{\text{in,unit } z+1} - t_{\text{in,unit } z}, \text{ при } z = 1, 2, \dots, m, \quad (1)$$

where $t_{\text{in,unit } z}$ is the moment of entry of the application into block z ; $t_{\text{in,unit } z+1}$ – the moment of entry of the application into block $z + 1$. This moment of time coincides with the moment of exit of the application from block z .

Conclusion. One of the few methods of complex assessment of complex stochastic technological processes in railway transport systems is simulation modeling. To study the reliability of the functioning of the technological lines of the sorting stations, the most convenient and effective is the discrete- event method, in which the process of simulating the processing of trains will represent the gradual transition of the application through the corresponding software blocks. Applications are held in blocks for a time that corresponds to the duration of technological operations. This principle allows you to programmatically fix the moment of entry of the application into the block of the program, which will correspond to the beginning of the execution of the technological operation, and the moment of the exit of the application from the block, which is the completion of the technological operation.

Gratitude. The work was carried out with the support of the National Research Fund of Ukraine within the framework of the development of the project 2022.01/0224 on the topic "Development of scientific foundations of comprehensive improvement of safety, efficiency of operation and management of critical objects of railway transport in the conditions of post-war development of Ukraine"

R e f e r e n c e s

1. V. Matsiuk et al., "Improvement of efficiency in the organization of transfer trains at developed railway nodes by implementing a 'flexible model,'" Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2019, doi: 10.15587/1729-4061.2019.162143.
2. V. Matsiuk, "A study of the technological reliability of railway stations by an example of transit trains processing," Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, vol. 1, no. 3–85, pp. 18–24, 2017, doi: 10.15587/1729-4061.2017.91074.
3. A. Prokhorchenko, L. Parkhomenko, A. Kyman, V. Matsiuk, and J. Stepanova, "Improvement of the technology of accelerated passage of low-capacity car traffic on the basis of scheduling of grouped trains of operational purpose" in Procedia Computer Science, 2019, pp. 86-94. doi: 10.1016/j.procs.2019.01.111.
4. V. Matsiuk, O. Galan, A. Prokhorchenko, and V. Tverdomed, "An Agent-Based Simulation for Optimizing the Parameters of a Railway Transport System," in ICTERI-2021: Main Conference, PhD Symposium, Posters and Demonstration, 2021. [Online]. Available: <https://ceur-ws.org/Vol-3013/20210121.pdf>

5. V.I. Matsiuk, V.K. Myronenko, and Y.P. Petinov, "CONCEPT OF REGULATIONS FOR ACCESS OF PRIVATE LOCOMOTIVES TO PUBLIC RAILWAY INFRASTRUCTURE," Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport, vol. 0, no. 3(87), pp. 62–70, Jul. 2020, doi: 10.15802/STP2020/208198.

6. S. Panchenko, A. Prokhorchenko, O. Dekarchuk, D. Gurin, D. Mkrtychian, and V. Matsiuk, "Development of a method for studying the impact of the time reserve value on the reliability of the train schedule based on the epidemiological SIR model," IOP Conf Ser Mater Sci Eng , vol. 1002, no. 1, p. 012016, Dec. 2020, doi : 10.1088/1757-899X/1002/1/012016.

Наукове видання

МАТЕРІАЛИ

**II Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти,
викладачів та науковців «СУЧАСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ: ТРАНСПОРТНА
ІНФРАСТРУКТУРА ТА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ» 2023 р.**

Частина 2

Відповідальний за випуск Губаревич О.В.
inconferencesyt@gmail.com

Технічний секретар конференції Поліщук О.С.

Статті надруковано в авторській редакції.
Редакційна колегія не несе відповідальності 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

Підписано до випуску 15.12.2023.
Замовлення № 2265-09/23.

Підготовлено до випуску в редакційно-видавничому відділі
Державного університету інфраструктури та технологій.
Київський інститут залізничного транспорту.
Свідоцтво про реєстрацію Серія ДК № 6148 від 18.04.2018.
03049. м. Київ, вул. І. Огієнка, 19.