



ISSUE
N°78



EUROPEAN OPEN
SCIENCE SPACE

COLLECTION OF SCIENTIFIC PAPERS



6th INTERNATIONAL
SCIENTIFIC
AND PRACTICAL
CONFERENCE

NEW HORIZONS
IN SCIENTIFIC RESEARCH:
CHALLENGES
AND SOLUTIONS

MARCH 9-11, 2026, MARSEILLE, FRANCE





**EUROPEAN OPEN
SCIENCE SPACE**

Proceedings of the **6th** International Scientific
and Practical Conference

**"New Horizons in Scientific Research:
Challenges and Solutions"**

March 9-11, 2026

Marseille, France

Collection of Scientific Papers

France, 2026

UDC 01.1

Collection of Scientific Papers with the Proceedings of the 6th International Scientific and Practical Conference «New Horizons in Scientific Research: Challenges and Solutions» (March 9-11, 2026, Marseille, France). European Open Science Space. 2026.

ISBN 979-8-89704-962-2 (series)
DOI 10.70286/EOSS-09.03.2026



The conference is included in the Academic Research Index ReserchBib International catalog of scientific conferences.



The conference is registered in the database of scientific and technical events of UkrISTEI to be held on the territory of Ukraine (Certificate №1055 dated 22.12.2025).



The materials of the conference are publicly available under the terms of the CC BY-NC 4.0 International license.

The materials of the collection are presented in the author's edition and printed in the original language. The authors of the published materials bear full responsibility for the authenticity of the given facts, proper names, geographical names, quotations, economic and statistical data, industry terminology, and other information.

ISBN 979-8-89704-962-2

CONTENT

Section: Accounting and Taxation

Проскуріна Н.М., Сейсебаєва Н.Г., Андріанова Л.В.

ПРАВОВЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗОВНІШНІХ ОБЛІКОВИХ ПРОЦЕСІВ. 12

Section: Agricultural Sciences

Підлужний Е.Г., Бутенко А.О., Косенко Д.С.

ПОТЕНЦІАЛ ПРОДУКТИВНОСТІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В УМОВАХ ПІВНІЧНО-СХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ..... 15

Section: Architecture and Construction

Опахлюк О.С., Заяць Є.І.

РОЗВИТОК ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПІДХОДІВ ДО
ВЛАШТУВАННЯ ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ
КОНСТРУКЦІЙ ПРИ БУДІВНИЦТВІ ЛОГІСТИЧНИХ
КОМПЛЕКСІВ В УМОВАХ РЕСУРСНИХ ОБМЕЖЕНЬ..... 19

Пестунова М., Гавриш Т.

УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬНОГО
ВИРОБНИЦТВА ПІД ЧАС ЗВЕДЕННЯ БАГАТОПОВЕРХОВИХ
ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ..... 21

Section: Art History and Literature

Коровкіна Г., Шуба З.

КОЕФІЦІЄНТ ВІЗУАЛЬНОЇ ЛЕГКОСТІ ЯК ІНСТРУМЕНТ
ПРОЄКТУВАННЯ ДРУКОВАНИХ КАТАЛОГІВ..... 26

Михайлець В.

ВОКАЛЬНА ТЕХНІКА В КОНТЕКСТІ ПРОФЕСІЙНОЇ
МИСТЕЦЬКОЇ ОСВІТИ..... 28

Економова Е.К., Богачова - Стрельцова Л.Г.

ФОРМУВАННЯ АКАДЕМІЧНОГО СПІВАКА – АРТИСТА:
РЕПЕРТУАРНА СТРАТЕГІЯ ВИЩОЇ ВОКАЛЬНОЇ ШКОЛИ..... 30

Tsiuriak I.

THE ART OF CHOICE: PHENOMENON OF MUSIC SUPERVISING... 34

Section: Biology and Microbiology

Сорокіна С.І., Соболенко Л.Ю., Мороз Л.М.
ЕВОЛЮЦІЙНА МОРФОЛОГІЯ ЧЕРЕПА ЛЮДИНИ В КОНТЕКСТІ
АНТРОПОГЕНЕЗУ: ВІД БІОЛОГІЧНИХ АДАПТАЦІЙ ДО
СОЦІОКУЛЬТУРНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ..... 37

Соболенко Л.Ю., Сорокіна С.І., Мороз Л.М.
АДАПТАЦІЯ ЗЕМНОВОДНИХ ДО АНТРОПОГЕННОГО
ЗАБРУДНЕННЯ СЕРЕДОВИЩА ІСНУВАННЯ..... 40

Мороз Л.М., Сорокіна С.І., Соболенко Л.Ю.
ВИВЧЕННЯ АНТРОПОТОЛЕРАНТНИХ ВИДІВ ТВАРИН У
КОНТЕКСТІ СУЧАСНОЇ ПРИРОДНИЧОЇ ОСВІТИ..... 43

Section: Ecology and environmental protection

Грузінська І.
РОЛЬ ВІКОВОЇ СТРУКТУРИ ДЕРЕВОСТАНІВ ТА ПРОЦЕСІВ ЇХ
СТАРІННЯ У ДОСЯГНЕННІ ЦІЛІ ВУГЛЕЦЕВОЇ НЕЙТРАЛЬНОСТІ
УКРАЇНИ..... 45

Tauova N., Karagoishieva M.
MODELING AND ASSESSMENT OF EMISSIONS REDUCTION
USING FLOATING ROOF TANKS COMPARED TO ALTERNATIVE
DESIGNS..... 48

Section: Economy

Станіславик О.В., Корольов О.П.
КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЬ АГРАРНОГО СЕКТОРУ
УКРАЇНИ В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ІНТЕГРАЦІЇ:
ТЕНДЕНЦІЇ ТА СТРУКТУРНІ ЗРУШЕННЯ..... 57

Осадча О.А.
ІНВЕСТИЦІЙНА ПРИВАБЛИВІСТЬ ПІДПРИЄМСТВА ЧЕРЕЗ
ПРИЗМУ ЦИФРОВОЇ КЕРОВАНості БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ У
НЕСТАБІЛЬНОМУ СЕРЕДОВИЩІ..... 59

Іванісов О., Єрмакова Ю.
БІДНІСТЬ НАСЕЛЕННЯ УКРАЇНИ: СУЧАСНІ ВИКЛИКИ ТА
ШЛЯХИ ПОДОЛАННЯ..... 63

<i>Гарват О., Волченко І.</i> ТРАНСФОРМАЦІЯ СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖ У ПОВНОЦІННІ ТОРГОВІ МАЙДАНЧИКИ.....	67
<i>Ачкасова О., Передрій Т.</i> МЕХАНІЗМИ ВРЕГУЛЮВАННЯ СОЦІАЛЬНО-ТРУДОВИХ КОНФЛІКТІВ У СУЧАСНИХ УМОВАХ.....	72
<i>Пісковець О., Нефьодов Д.</i> ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ГАЛУЗІ МАШИНОБУДУВАННЯ.....	76
<i>Рибальченко А.</i> ВПЛИВ DCFTA НА РОЗВИТОК ЛОГІСТИЧНИХ ЛАНЦЮГІВ МІЖ УКРАЇНОЮ ТА ЄС.....	80
<i>Demchenko K.</i> PROBLEMS AND PROSPECTS OF EMPLOYMENT OF WAR VETERANS IN UKRAINE.....	85
<u>Section: Food Technologies</u>	
<i>Stetsenko N.</i> VALORIZATION OF FOOD INDUSTRY WASTE IN THE CONTEXT OF THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS IMPLEMENTATION.....	90
<u>Section: Geography, Geology and Geodesy</u>	
<i>Доброходова О., Кириленко А.</i> ФОРМУВАННЯ ТА ОНОВЛЕННЯ КАРТОГРАФІЧНОЇ І ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ ОСНОВИ ТЕРИТОРІЙ ГРОМАД.....	93
<u>Section: Information Technology, Cyber Security and Computer Engineering</u>	
<i>Liashenko A.S., Ivanova K.I., Fedorenko A.Yu., Bulyzhnikov A.V., Timoshin A.S.</i> ANALYSIS OF THE USE OF AES AND RSA IN MOBILE APPLICATIONS.....	97
<i>Hrynchenko K.I., Filatov T.Yu., Feshchenko R.D., Kotsyuba I.Yu., Kaliakin S.V.</i> ARCHITECTURAL APPROACHES TO BUILDING AUTOMATED OSINT SYSTEMS UNDER CONDITIONS OF COUNTERMEASURES BY SOCIAL PLATFORMS.....	99

Uzun I., Lobachev M.

CALIBRATED RELIABILITY FOR STREAMING DECISION SUPPORT 101

Bondar A.V., Tkachenko V. M.

FEDERATED LEARNING WITH DIFFERENTIAL PRIVACY:
SECURITY CHALLENGES, ATTACK MODELS, AND PRACTICAL
MITIGATION STRATEGIES..... 103

Section: Jurisprudence

Пархуць В.

МЕХАНІЗМ СТРИМУВАНЬ І ПРОТИВАГ У ПРЕЗИДЕНТСЬКІЙ
ФОРМИ ПРАВЛІННЯ (НА ПРИКЛАДІ США)..... 106

Парасюк В.М., Блажко Я.Ю.

ОСОБЛИВОСТІ ПРАВОВОГО РЕГУЛЮВАННЯ ДОГОВОРУ
ОРЕНДИ МАЙНА В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ В УКРАЇНІ..... 108

Радченко В.В., Марченко О.Д.

СУТНІСТЬ І ЗНАЧЕННЯ ПРИНЦИПІВ СПАДКОВОГО ПРАВА В
УКРАЇНІ..... 112

Піліпенко П.С., Марченко О.Д.

ПРИЧИНИ ВИНИКНЕННЯ СПАДКОВИХ СПОРІВ.
ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОБЛЕМНИХ ПИТАНЬ ВСТУПУ У
СПАДЩИНУ 115

Zhyhaliuk O., Koropatva A., Vasylyshyna N.

PROTECTING HUMAN RIGHTS IN THE ERA OF ARTIFICIAL
INTELLIGENCE: INTERNATIONAL LEGAL PERSPECTIVES ON
NON-DISCRIMINATION AND THE RIGHT TO PRIVACY..... 119

Section: Management, Public Administration and Administration

Варяниченко О., Романішина Ю.

НЕУСВІДОМЛЕНА КОМПЕТЕНТНІСТЬ У ПРОФЕСІЙНОМУ
РОЗВИТКУ: ЯК ЇЇ ВИЯВИТИ, ЗБЕРЕГТИ ТА ВИЙТИ НА НОВИЙ
РІВЕНЬ..... 123

Section: Marketing and Advertising

Давидюк І.І.

КОНТЕНТ-МАРКЕТИНГ У СИСТЕМІ ІНСТРУМЕНТІВ
ЗАЛУЧЕННЯ ТА УТРИМАННЯ СПОЖИВАЧІВ..... 127

Лівишч В.Я.

ОСОБЛИВОСТІ НАДАННЯ ПОСЛУГ ПРОЕКТНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ДЛЯ КОРПОРАТИВНИХ МІЖНАРОДНИХ КЛІЄНТІВ НА РИНКУ ОФІСНОЇ НЕРУХОМОСТІ.....	131
--	-----

Section: Medicine***Karbovanets O.I., Loskorikh M.V.***

FEATURES OF EVERYDAY USE OF HAND ANTISEPTICS AND ASSOCIATED SKIN MANIFESTATIONS.....	137
---	-----

Веснін В.В., Фадєєв О.Г., Гнутава Л.В., Серік М.Р.

КЛІНІЧНІ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНІ НАСЛІДКИ ЗБЕРЕЖЕННЯ КІНЦІВКИ ПОРІВНЯНО З АМПУТАЦІЄЮ ПРИ МІННО-ВИБУХОВИХ ТРАВМАХ: РЕЗУЛЬТАТИ МЕТААНАЛІЗУ..	141
---	-----

Коробкова І.В., Морозова Н.С., Попов О.О., Головчак Г.С.

РОТАЦІЯ ДЕЗІНФІКУЮЧИХ ЗАСОБІВ ЯК ФАКТОР СТРИМУВАННЯ РЕЗИСТЕНТНОСТІ МІКРООРГАНІЗМІВ.....	144
--	-----

Єрмоленко Т.І.

АНТИОКСИДАНТНІ ЗАСОБИ – ФАРМАКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ В НЕФРОПРОТЕКЦІЇ.....	146
---	-----

Татарко С., Снегір А., Бондаренко С., Прокопець О.

ВПЛИВ ГІПЕРПРОЛАКТИНЕМІЇ НА ПСИХІЧНИЙ СТАН ЖІНОК: РОЛЬ ДОФАМІНЕРГІЧНОЇ РЕГУЛЯЦІЇ.....	150
--	-----

Soloviova A., Oleksiienko V.

ANTI-MÜLLERIAN HORMONE AS A MARKER OF OVARIAN RESERVE: CLINICAL OPPORTUNITIES AND LIMITATIONS OF INTERPRETATION.....	154
--	-----

Дунаєва І.П., Дорошенко О.М., Шейніна Д.М., Юсіфов М.Р.

СУЧАСНІ АНТИГІПЕРТЕНЗИВНІ ПРЕПАРАТИ: ПОРІВНЯННЯ ІНГІБІТОРІВ АПФ, БРА ТА БЛОКАТОРІВ КАЛЬЦІЄВИХ КАНАЛІВ.....	160
--	-----

Фарзуллаєв Н.Н., Гончаров А.С., Герасименко Н.В.

СВІТОВИЙ ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ СИНДЕКАНУ-1 ЯК ПРОГНОСТИЧНОГО МАРКЕРА ПРИ ЛІКУВАННІ ТРАВМОВАНИХ.....	164
---	-----

<i>Мурашкіна А.О., Кулик Д.Є., Лантухова Н.Д.</i> ПРОБЛЕМА ОПІОЇД-ІНДУКОВАНОЇ ГІПЕРАЛГЕЗІЇ В АНЕСТЕЗІОЛОГІЇ.....	166
--	-----

Section: Military affairs and national security

<i>Дідіченко В., Черен В.</i> НОВІ ГОРИЗОНТИ В ВОЄННО-НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ: ВИКЛИКИ ТА ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ.....	169
--	-----

Section: Occupational Health

<i>Kosenko N., Levashova Yu.</i> ENTERPRISE DIGITALIZATION AS A TOOL FOR IMPROVING SAFETY CULTURE.....	174
--	-----

Section: Pedagogy, Philology and Linguistics

<i>Ugnenko E., Shevchenko A., Bielikova N., Sorochuk N.</i> HOW TO LEARN EFFECTIVELY AND QUICKLY IN THE 21 ST CENTURY AND WHAT TO CONSIDER.....	179
--	-----

<i>Pshenychna O.</i> PSYCHOLOGICAL DETERMINANTS OF LEADERSHIP QUALITIES OF RETAIL MANAGERS DEPENDING ON THE LEVEL OF COMMUNICATIVE COMPETENCE.....	181
---	-----

<i>Alekeshova L., Sissenbayeva D.</i> DEVELOPMENT OF NARRATIVE, DESCRIPTIVE, AND ARGUMENTATIVE WRITING SKILLS IN 5 TH –6 TH GRADE STUDENTS.....	186
--	-----

<i>Гончарова Н.В.</i> РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ПЕРЕВІРКИ ПЕДАГОГІЧНИХ УМОВ РОЗВИТКУ ЦИФРОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ВИКЛАДАЧІВ ПЕДАГОГІЧНИХ УНІВЕРСИТЕТІВ У СИСТЕМІ НЕФОРМАЛЬНОЇ ОСВІТИ.....	193
--	-----

<i>Борисова О.С., Шевченко І.В.</i> ІНТЕГРАТИВНІ ПІДХОДИ ДО НАВЧАННЯ ІНОЗЕМНОЇ МОВИ У ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ: МЕТОДОЛОГІЯ СЛІЛ ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ ІНСТРУМЕНТ УДОСКОНАЛЕННЯ ЛІНГВІСТИЧНОЇ КОМПЕТЕНЦІЇ.....	196
---	-----

Попова І., Бондаренко С.

КАЗКИ БОРИСА ГРІНЧЕНКА ЯК ЗАСІБ РОЗВИТКУ ЕМПАТІЇ У
 ДІТЕЙ СТАРШОГО ДОШКІЛЬНОГО ВІКУ 200

Кужій Л.І.

ПРАКТИКА ОРГАНІЗАЦІЇ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗАХИСТУ
 ДИПЛОМНИХ ПРОЄКТІВ У ЗАКЛАДІ ФАХОВОЇ ПЕРЕДВИЩОЇ
 ОСВІТИ В КРИЗОВИХ УМОВАХ..... 207

Нагорна С.С.

СТРАТЕГІЇ ПОДОЛАННЯ ПРАВОВОЇ ЛАКУНАРНОСТІ У
 ПЕРЕКЛАДІ АРБИТРАЖНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ (НА МАТЕРІАЛІ
 РЕГЛАМЕНТУ МКАС ПРИ ТПП УКРАЇНИ)..... 214

Section: Physical and mathematical sciences

Bilash O.V., Voitovych M.I., Nahornyi M.S., Symotiuk M.M.

BENDING OF A PLATE WITH A GAP IN THE PRESENCE OF
 PLASTIC ZONES AT ITS VERSES..... 217

Pysarenko A.

ENHANCED SPATIAL DAMAGE CHARACTERIZATION IN
 COMPOSITE BEAMS THROUGH CONTINUOUS WAVELET
 TRANSFORM..... 219

Section: Politics and Sociology

Доньченко А.

М'ЯКА СИЛА ЯК ЗБРОЯ: КУЛЬТУРНІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ
 ІНСТРУМЕНТИ СУЧАСНОЇ АГРЕСІЇ..... 223

Ягушин А.Ю.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ПОЛІТИЧНОЇ КОМУНІКАЦІЇ ПРЕЗИДЕНТА
 УКРАЇНИ В. ЗЕЛЕНСЬКОГО: ІНСТРУМЕНТАЛЬНИЙ ПІДХІД ТА
 ЕМПІРИЧНІ ІНДИКАТОРИ..... 227

Section: Psychology

Стахова О.О., Нестерчук І.П.

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ КОРЕКЦІЇ МОВЛЕННЄВИХ ПОРУШЕНЬ
 У ДІТЕЙ МОЛОДШОГО ШКІЛЬНОГО ВІКУ ЗАСОБАМИ АРТ-
 ТЕРАПІЇ..... 230

<i>Крючкова Ю., Ситник Ю.</i> ПСИХОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ АКСІОСФЕРИ ОСІБ ЮНАЦЬКОГО ВІКУ.....	233
<i>Іваскевич О.В.</i> ВИКОРИСТАННЯ НАСТІЛЬНО-РОЛЬОВИХ ІГОР ЯК МЕТОДУ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСУ АДАПТАЦІЇ ОБОБИСТОСТІ З ТРАВМІВНИМ ДОСВІДОМ.....	237
<i>Белей М., Овчар А.</i> ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ СМИСЛОВИХ СИСТЕМ У МАЙБУТНІХ МЕДИЧНИХ СПЕЦІАЛІСТІВ.....	240
<i>Дубина М.О., Бутузова Л.П.</i> ПРОЯВИ АСЕРТИВНОСТІ У МОЛОДИХ ТА ДОСВІДЧЕНИХ ПЕДАГОГІВ.....	242
<i>Кочарян І., Танянська К.</i> ЕМОЦІЙНІ ОСОБЛИВОСТІ, ЩО СПРИЯЮТЬ ПСИХОЛОГІЧНОМУ БЛАГОПОЛУЧЧЮ МОЛОДІ.....	247
<i>Чедрик Н., Старова Ю.</i> ПОКОЛІННЯ СВАЙПУ І СНАТГРТ: ПСИХОЛОГІЧНІ ВИКЛИКИ ДЛЯ МИСЛЕННЯ МОЛОДШИХ ШКОЛЯРІВ ТА РОЛЬ ВЧИТЕЛЯ ПОЧАТКОВОЇ ШКОЛИ.....	250
<i>Кухарик І., Вихор І., Доманчук О.</i> АНАЛІЗ АДАПТАЦІЇ ВІЙСЬКОВИХ У ЦИВІЛЬНОМУ ЖИТТІ.....	260
<u>Section: Technical Sciences</u>	
<i>Сандлер А.К., Обертюр К.Л.</i> П'ЄЗООПТИЧНІ ПРИСТРОЇ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК.....	264
<i>Kondruk N., Турак О.</i> APPLICATION OF HYBRID MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING MODELS FOR OPTIMIZING RECRUITMENT AND PERSONNEL SELECTION.....	273
<i>Колесник О.С., Бобрівник Д.І., Матвєєва В.С., Височкін С.А.</i> МЕТОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВІГАЦІЙНОЇ АВТОНОМНОСТІ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ В УМОВАХ ОБМЕЖЕНОЇ ДОСТУПНОСТІ СУПУТНИКОВИХ СИСТЕМ.....	276

Section: Technical Sciences

П'ЄЗООПТИЧНІ ПРИСТРОЇ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

Сандлер Альберт Кирилович

кандидат технічних наук, доцент

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0709-0542>

Обертюр Костянтин Леонідович

кандидат технічних наук, доцент

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4367-5214>

Національний університет "Одеська морська академія"

Україна

Анотація. В останні роки волоконно-оптичні датчики знайшли широке застосування як пристрої контролю електротехнічних величин. Завдяки доведеним перевагам, таким як стійкість до дестабілізуючих експлуатаційних факторів, висока роздільна здатність, невеликі розміри та структурна міцність, волоконні датчики добре зарекомендували себе при вимірах з високою точністю на об'єктах атомної енергетики аерокосмічної та морської галузі. Однак можливості традиційних волоконних датчиків з суттєво обмежено їх фізико-механічними властивостями. Для рішення науково-технічного завдання вдосконалення волоконних датчиків електростатичного поля обґрунтовано схемотехнічне рішення датчику на основі сполучення волокон зі штучного діаманту та оксиду телуру. У пропонованому датчику відсутня необхідність застосування коштовних елементів на основі благородних металів та дій з підтримки оптичних властивостей чутливого елемента під впливом експлуатаційних факторів та розширений діапазон режимів роботи. Обґрунтовано застосування оксиду телуру для виготовлення чутливого та керуючого елемента.

Ключові слова: світловоди, датчик, оксид телуру, скломатеріал

Введення. Формування перспективних комерційних судноплавних маршрутів включає комплексні плани з розробки, вдосконалення та імплементації прогресивних політик у ключових галузях сталого розвитку, таких як екологічна, соціальна та економічна. При цьому рівень цифровізації та автоматизації морської індустрії демонструє постійне зростання. Енергоефективність та економія витрат перебувають у центрі уваги, оскільки судна оснащуються новітніми технологіями, датчиками та програмними рішеннями. Однією з передових технологій сьогодні є технологія інтелектуальних вимірювальних систем, яка замінює більшу частину ручної роботи, пов'язаної з моніторингом суднових технічних засобів (СТЗ). З впровадженням таких систем стає можливим ефективно контролювати

технічний стан та продуктивність енергетичного та другорядного обладнання на борту в режимі реального часу.

З іншого боку, існує потреба вдосконалення суднових систем діагностування та прогнозування технічного стану СТЗ на борту, оскільки ринок судноплавства вимагає від судновласників підвищення ефективності та скорочення чисельності персоналу на борту. Ці інтегровані системи дають змогу здійснювати експлуатацію судна з мінімальною участю членів екіпажу та забезпечують можливість автономної роботи енергетичних установок [1].

В загалі, проблема забезпечення діагностичного контролю та моніторингу технічного стану у режимі реального часу СТЗ зводиться до вирішення двох основних завдань.

Перше завдання полягає у розробці методів для спрощення та автоматизації процесу виявлення причин порушень у роботі суднової енергетичної установки (СЕУ). Вона також передбачає створення рекомендацій для обслуговуючого персоналу щодо коригуючих дій, спрямованих на управління установкою. Цей напрямок по суті доповнює можливості існуючих систем централізованого контролю та не потребує суттєвого модифікування установки, оскільки базується на аналізі параметрів робочого процесу, які традиційно вимірюються.

Друге основне завдання пов'язане з розробкою способів оцінки поточного технічного стану обладнання СЕУ та прогнозування його змін у процесі експлуатації без необхідності розбирання чи демонтажу. Реалізація цього напряму потребує більш детального аналізу обладнання з погляду його діагностичних характеристик. Цей процес включає:

- визначення параметрів, що характеризують технічний стан обладнання;
- вибір та обґрунтування фізичних методів та інструментів для проведення діагностики.

Вирішення завдань другої групи ускладнюється через специфіку умов експлуатації діагностичної апаратури, що підвищує вимоги до методів та засобів діагностики.

Засоби діагностування та прогнозування технічного стану СТЗ, що входять до складу сучасних суднових інформаційно-вимірювальних систем (ІВС), в процесі експлуатації зазнають багатьох негативних факторів. Найбільш значущими є вплив потужних термічних, вібраційних і електромагнітних полів, які генеруються щільно розташованим устаткуванням, використання єдиної енергетичної мережі, і навіть спільне прокладання інформаційних і силових кабелів. Ці умови посилюють рівень похибок і провокують появу як адитивних, і мультиплікативних перешкод компонентах автоматизованих систем управління. З оглядом на стійку тенденцію зростання потужності суднового енергетичного обладнання, очікується подальше погіршення якості та вірогідності функціонування ІВС. Збільшення ймовірності отримання недостовірної інформації здатне з рештою призвести до серйозних аварійних, і навіть катастрофічних наслідків [2, 3].

З розвитком електроруку суден особливої актуальності набуває технічне діагностування саме контроль двигунів змінного струму. У [4] наведені статистичні дані щодо машин цього класу, а саме:

- пошкодження елементів статора – 38 %;
- пошкодження елементів ротора – 10 %;
- пошкодження елементів підшипників – 40 %;
- інші пошкодження – 12 %.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасних умовах вирішення проблеми технічного діагностування електроенергетичних установок тісно пов'язане з розв'язанням завдань, спрямованих на збереження рівня достовірності інформації як на рівні первинних перетворювачів, так і в комунікативних лініях. При цьому питання надійності інформації успішно вирішено в інформаційних системах об'єктів атомної енергетики та залізничного транспорту завдяки переходу на волоконно-оптичні технології [5].

Успішне застосування волоконної оптики у наземних системах стало поштовхом до активного впровадження суднових волоконно-оптичних ІВС. Результати випробувань цих систем підтвердили повну придатність оптики волокон для експлуатації в суднових умовах.

Для моніторингу електростатики використовується широкий спектр датчиків, створених на основі різних фізичних принципів, які серійно виробляються промисловими підприємствами. Однак застосування існуючих пристроїв показало їхню недостатню стійкість до впливу неконтрольованих дестабілізуючих чинників, що виникають через компактне розташування СТЗ. З метою вдосконалення метрологічних характеристик систем контролю електростатичного поля проведено аналіз конструкцій найпоширеніших типів датчиків [6].

Відомий датчик контролю електростатичного поля, який складається з чутливого елемента на основі електродів-конденсаторів з сегнетоелектричної плівки змінної ємності, розташованої на підкладці, зарядочутливого підсилювача, блоку живлення і блоку реєстрації [7 - 9].

Недоліки пристрою, які обумовлені використанням електродів-конденсаторів з сегнетоелектричної плівки та електричного живлення:

- необхідність постійної корекції деградації властивостей сегнетоелектричної плівки, яка використовуються в умовах концентрованого впливу негативних неконтрольованих експлуатаційних факторів;
- необхідність забезпечення додаткового захисту тонкої сегнетоелектричної плівки від впливу негативних неконтрольованих експлуатаційних та кліматологічних факторів;
- необхідність забезпечення додаткових технологічних заходів щодо пожежебезпечності процесу вимірювання;
- складність електричної схеми та конструкції.

У меншій мірі експлуатаційні та конструктивні фактори впливають на характеристики сенсору (рис. 1), де зображені предметна котушка 1 та опорна котушка 4 [6].

Котушки намотані на циліндричній основі 2, яка вмонтовується у контрольований трубопровід 3. Кожна з котушок має на вихідному кінці віддзеркалюючий шар з сапфірового скла 5. Від джерела 8 надходить живлення до джерела випромінювання 9.

Далі оптичне випромінювання крізь оптичні розгалужувачі 6, та мультиплексор/ демультіплексор 7, надходить одночасно до обох котушок. Після відбивання від віддзеркалюючого шару, крізь оптичні розгалужувачі, та мультиплексор/ демультіплексор, перетворене випромінювання повертається до фотоприймача 10 та блоку реєстрації 11.

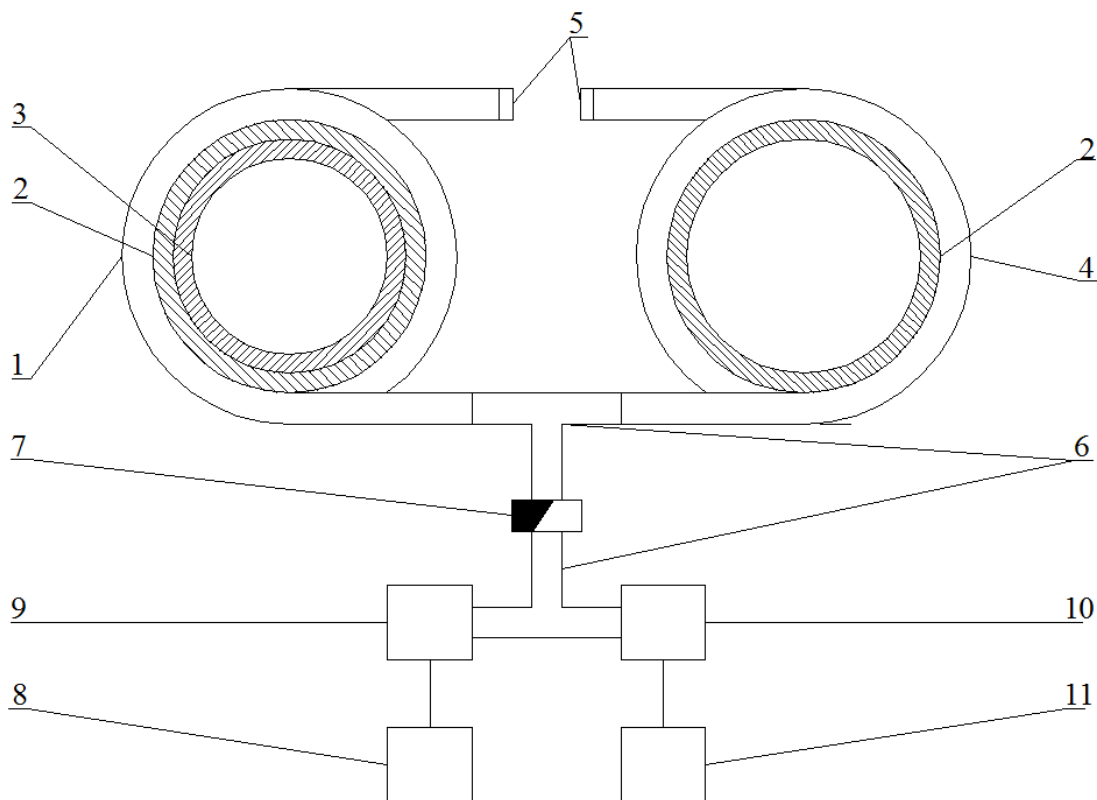


Рис. 1. Волоконно-оптичний датчик електростатичного поля: 1 – предметна котушка; 2 – основа; 3 – об'єкт контролю; 4 – опорна котушка; 5 – віддзеркалюючий шар з сапфірового скла; 6 – оптичний розгалужувач; 7 – мультиплексор/демультіплексор; 8 – джерело живлення; 9 – джерело випромінювання; 10 – фотоприймач; 11 – блок реєстрації

Недоліками, які суттєво обмежують можливості датчика є:

складність конструкції;

необхідність ретельного забезпечення ідентичності предметної та опорної котушок;

чутливість до дестабілізуючого впливу експлуатаційних факторів;

Мета та задачі дослідження. На основі вище викладеного наочним є висновок про актуальність удосконалення методів та засобів діагностування електричних машин, зокрема гребних електродвигунів, які застосовуються у гвинто-рульових колонках.

В умовах, що склалися, доцільною стала розробка нового схемотехнічного рішення датчику електростатичного поля. Передбачалося, що конструктивне виконання на основі волоконно-оптичних та електрооптичних елементів повинне забезпечити вимірювальному пристрою:

- простоту конструкції;
- відсутність необхідності корекційних дій з підтримки геометрії та властивостей елементів датчика;
- стійкість до зовнішнього впливу дестабілізуючих факторів;
- високий рівень чутливості та швидкодії пристроїв відомих типів.

Результати дослідження. Для розв'язування поставленої задачі запропонована оновлена схема волоконно-оптичного датчику електростатики (рис. 2).

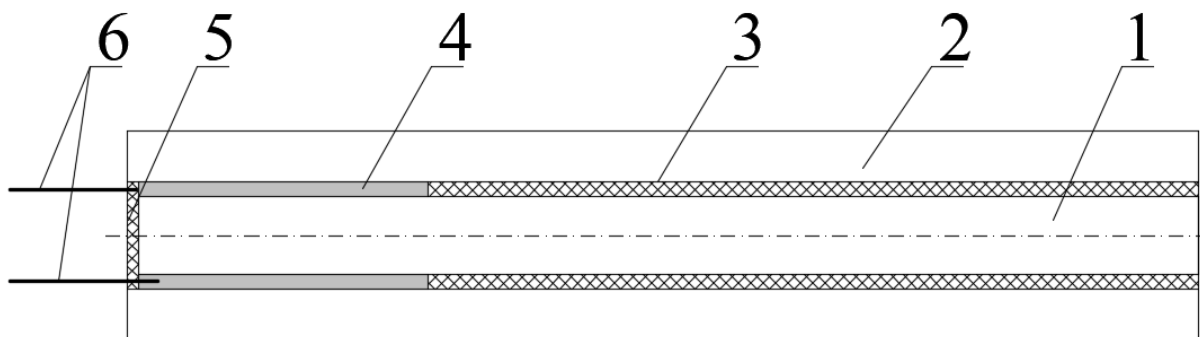


Рис. 2. Волоконно-оптичний датчик електростатичного поля з активним шаром з оксиду телуру: 1 – первинний світловод; 2 – вторинний світловод; 3 – оболонка; 4 – коаксіальний світловод з оксиду телуру; 5 – світлонепроникнений шар; 6 – електроди керування

Запропоноване схемотехнічне рішення відрізняється тим, що чутливий елемент являє собою сукупність первинного та вторинного світловодів, вкритих загальною оболонкою. Між світловодами забезпечено оптичне тунелювання випромінювання. Додатковий коаксіальний світловод з оксиду телуру з електродами керування виконує роль оптичного затвора, який регулює процес передачі оптичної потужності між первинним та вторинним світловодами [10 - 12].

С позицій оптичного тунельного ефекту таке сполучення світловодів у датчику можливо розглядати як систему трьох зв'язаних мод чи трьох зв'язаних оптичних хвилеводів (рис. 3).

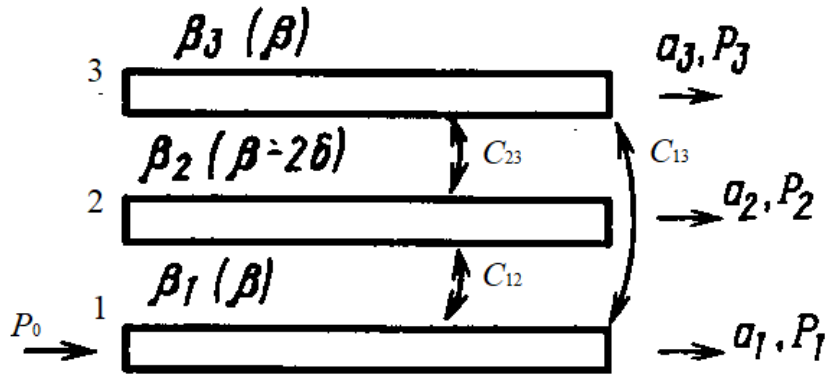


Рис. 3. Система трьох паралельних зв'язаних оптичних хвильоводів

За відсутності прямого зв'язку між хвильоводами 1 і 3 ($C_{13} = \bar{C} = 0$) повний обмін потужністю між цими хвильоводами відбувається навіть за значної фазової неузгодженості хвиль у хвильоводах 1 і 2. Вважаючи $(C/\delta) \leq 1$, де δ – розлад фаз зв'язаних хвиль, то коефіцієнти передачі оптичної потужності визначаються як [13, 14]:

$$\eta_1(z) = \cos^2(C_{ef}z);$$

$$\eta_3(z) = \sin^2(C_{ef}z),$$

де $C_{ef} = \frac{C^2}{2\delta}$.

Оксид телуру має унікальний взаємозв'язок між електронними та оптичними властивостями, що обумовлено його кристалічною структурою та особливостями зонної структури. Застосування цього матеріалу дозволяє керувати оптичним відгуком за допомогою електричного поля, відкриваючи можливості створення мініатюрних перемикачів і сенсорів. Під впливом електричного поля перерозподіляються електрони та дірки, що призводить до зміни спектрів поглинання та посилення чи ослаблення випромінювання. При цьому діелектричні властивості телурових наноструктур, таких як нанодроти та нанотрубки, залежать від їх діаметра і форми, що позначається на показнику заломлення та діелектричній функції [15, 16].

При прикладенні струму до електродів керування буде відбуватися зміна коефіцієнту заломлення коаксіального світловоду з оксиду телуру:

$$\Delta n = -0,5n^3rE,$$

де $r = 0,7 \dots 1,2 \times 10^{-12}$ – електрооптичний коефіцієнт; $E = U/d$ – напруженість поля; U – прикладена напруга; d – товщина зразка.

Таким чином, коефіцієнт C визначиться як

$$C = \frac{\pi \Delta}{\sqrt{(\beta^2 - k^2 n_2^2) d \rho^2}} \frac{\rho \sqrt{(k^2 n_2^2 - \beta^2)} \exp\left(-\left(\sqrt{(\beta^2 - k^2 n_2^2)}\right) d\right)}{(k \rho (n_2^2 - n_1^2))^2 K_1^2\left(\rho \sqrt{(\beta^2 - k^2 n_2^2)} d\right)},$$

де n_2 – показник заломлення світловода з оксиду телуру;

k – хвильове число;

K_1 – функція Бесселя;

β – різниця постійних поширення у первинному та вторинному світловодах [10].

У статичному режимі (відсутність статичної електрики), випромінювання у прямому напрямку надходить до первинного світловода. Після надходження до первинного світловода відбувається тунельне перекачування частки випромінювання до світловоду з оксиду телуру та вторинного світловода. Зафіксовані втрати потужності оптичного випромінювання фіксуються як відповідні поправки до результатів вимірювання з метою подальшого калібрування датчику для компенсації впливу неконтрольованих фізичних полів.

У динамічному режимі, тобто появі електростатичного поля через електроди керування до коаксіального світловоду оксиду телуру надходить електричний струм. В наслідок чого змінюються електрооптичні коефіцієнти оксиду телуру, з якого вироблено світловод.

Зміна показника заломлення коаксіального світловода знаходить свій відбиток у порушенні умов оптичного тунелювання випромінювання між первинним та вторинним світловодами.

Величина зареєстрованої електростатики буде пропорційною до інтенсивності частки оптичного випромінювання, яке повернулося до блоку реєстрації через вторинний світловод.

Висновки. У розробленому датчику використання електрооптичних елементів забезпечує:

- більш стабільне перетворення параметрів електричного поля
- отримання вірогідного інформаційного сигналу, незважаючи на вплив дестабілізуючих факторів;
- ефективну компенсацію зовнішніх впливів на вимірювальний канал;
- пожежевибухобезпечність під час процесу вимірювання;
- відсутність потреби у регулярному коригуванні геометрії складових датчика.

Пристрій дозволяє проводити вимірювання напруженості електричного поля в широкому діапазоні – від постійних до швидкозмінних електромагнітних полів, зберігаючи при цьому високу чутливість і великий діапазон вимірювання.

Запропонована модель датчика сприяє підвищенню безпеки та ефективності контролю технологічних процесів, які виконуються в електромашинних системах та суднових комплексах загалом. Разом з датчиками, які створені на основі волоконно-оптичних технологій, стане можливим створення розгалужених інтелектуальних суднових ІВС. Ця можливість може позитивно вплинути на загальну енергоефективність суден [17 - 20].

Список використаних джерел

1. K. Dagkinis, P. M. Psomas, A. N. Platis, B. Dragović, N. Nikitakos. Modelling of the availability for the ship integrated control system sensors // Cleaner Logistics and Supply Chain. – 2023. – Vol. 9. – 100119. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2023.100119>.

2. Ключев, В. В., Пархоменко, П. П., Абрамчук, В. Е. и др. Технические средства диагностирования. URL: <https://k.twirpx.link/file/2045992>.
3. Веретенник, О. М., Сандлер, А. К. Технічне діагностування об'єктів суднових енергетичних установок: довідник. – Одеса: Фенікс, 2019. – 167 с.
4. Боднар, Б. Є., Очкасов, О. Б., Черняев, Д. В., Шевченко, Я. І. Діагностування тягових електродвигунів за неровномірністю обертання якоря // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. – 2013. – вип. 3 (45). – С. 13 – 21.
5. Сандлер, А. К. Метод підвищення ефективності діагностування технічного стану суднових газотурбінних установок на основі волоконно-оптичних технологій: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20 / Київський університет інфраструктури та технологій. – К., 2021. – 20 с.
6. Сандлер, А. К., Цюпко, Ю. М. Волоконно-оптичний датчик електростатичного поля // Автоматизация судовых технических средств. – 2017. – Вып. 23. – Одесса: НУ"ОМА". – С. 84 - 90. DOI: 10.31653/1819-3293-2017-1-23-84-89.
7. Датчик статического электричества. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://poleznayamodel.ru/model/14/147601.html>.
8. Никольский, В. В., Сандлер, А. К. Пьезооптические устройства как средство повышения достоверности диагностической информации // Автоматика, автоматизация, электротехнические комплексы и системы. – 2003. – № 2 (12). – С. 49 - 53.
9. Сандлер, А. К., Никольский, В. В. Разработка пьезооптического акселерометра для диагностирования энергоустановок // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – 2004. – № 14. – Кировоград: КДТУ. – С. 329 - 338.
10. Snyder, A. W., Love, J. D. Optical Waveguide Theory. – London: Chapman and Hall, 1991. – 734 p.
11. E. Udd, W. B. Spillman, Jr. Fiber Optic Sensors: An Introduction for Engineers and Scientists. London: John Wiley & Sons, Inc., 2011. – 520 p.
12. Shizhuo Yin, P. B. Ruffin, Francis T. S. Yu. Fiber Optic Sensors. – London: CRC Press, 2017. – 492 p.
13. Семенов, А. С., Смирнов, В. Л., Шмалько, А. В. Интегральная оптика для систем передачи и обработки информации. URL: booksshare.net/index.php?id1=4&category=physics&author=semenov-as&book=1990.
14. Ярив, А., Юх, П. Оптические волны в кристаллах. URL: <https://read.in.ua/book104865>.
15. Naoya Uchida. Optical Properties of Single Crystal Paratellurite (TeO₂) // Physical Review. – 1971. – Vol. 4. – Iss. 10. – pp. 3736 - 3745.
16. Sharma, T., Thakur, R., Sharma, R. Structural, electronic and dielectric properties of Tellurium 1-D nanostructures: a DFT study // Appl. Phys. A. – 128. – 41. <https://doi.org/10.1007/s00339-021-05183-4>.
17. Сандлер, А. К., Цюпко, Ю. М. Волоконно-оптичний тунельний датчик струму // Науково-практична конференція "Актуальні питання суднової

- електротехніки і радіотехніки", 15-16 грудня 2015 р.: Матеріали конференції. – Одеса: НУ "ОМА". – 2016. – С. 25 - 29.
18. Sandler, A., Budashko, V. Improving tools for diagnosing technical condition of ship electric power installations // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2022. – №. 5 (119). – P. 25 - 33. DOI: 10.15587/1729-4061.2022.266267.
19. Сандлер, А. К., Опришко, М. О. Волоконно-оптичний засіб захисту суднових електромереж // Integration of Education, Science and Business in Modern Environment: Winter Debates: Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Internet Conference, February 23-24. Dnipro, 2023. – P. 251 - 255. URL: <http://www.wayscience.com/wp-content/uploads/2023/03/4-Conference-Proceedings-February-23-24-2023-2.pdf>.
20. Onishchenko, O., Golikov, V., Melnyk, O., Obertiur, K. Technical and operational measures to reduce greenhouse gas emissions and improve the environmental and energy efficiency of ships // Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. – 2022. – Vol. 116. – pp. 223-235. DOI: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2022.116.14>.

PIEZO-OPTICAL DEVICES FOR DIAGNOSING ELEMENTS OF ELECTRIC POWER INSTALLATIONS

Sandler Albert

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0709-0542>

Obertiur Kostiantyn

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4367-5214>
National University "Odessa Maritime Academy", Ukraine

Abstract. In recent years, fiber-optic sensors have found wide application as devices for monitoring electrical quantities. Due to proven advantages, such as resistance to destabilizing operational factors, high resolution, small size and structural strength, fiber sensors have proven themselves well in high-precision measurements at nuclear power facilities, aerospace and marine industries. However, the capabilities of traditional fiber sensors are significantly limited by their physical and mechanical properties. To solve the scientific and technical task of improving fiber sensors of the electrostatic field, a circuit design solution for a sensor based on a combination of fibers made of artificial diamond and tellurium oxide is justified. The proposed sensor does not require the use of expensive elements based on noble metals and actions to maintain the optical properties of the sensitive element under the influence of operational factors and an extended range of operating modes. The use of tellurium oxide for the manufacture of a sensitive and control element is justified.

Keywords: optical fibers, sensor, tellurium oxide, glass material