

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ В.І. ВЕРНАДСЬКОГО**

Журнал заснований у 1918 році

**ВЧЕНІ ЗАПИСКИ
ТАВРІЙСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ В.І. ВЕРНАДСЬКОГО**

Серія: Технічні науки

Том 37 (76) № 3 2026

Частина 2



Видавничий дім
«Гельветика»
2026

Головний редактор:

Кисельов Володимир Борисович, доктор технічних наук, професор, директор навчально-наукового інституту муніципального управління та міського господарства, Таврійський національний університет імені В. І. Вернадського, Україна

Члени редакційної колегії:

Бронін Сергій Вадимович, кандидат технічних наук, доцент кафедри кібербезпеки, Національний технічний університет «Харківський політехнічний університет», Україна;

Гуйда Олександр Григорович, кандидат наук з державного управління, професор, завідувач кафедри комп'ютерних та інформаційних технологій, Таврійський національний університет імені В. І. Вернадського, Україна;

Лисенко Олександр Іванович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри телекомунікацій Навчально-наукового інституту телекомунікаційних систем, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна;

Лісовець Сергій Миколайович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інженерних систем та технологій Навчально-наукового інституту муніципального управління та міського господарства, Таврійський національний університет імені В. І. Вернадського, Україна;

Медведєв Микола Георгійович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри інженерних систем та технологій, Таврійський національний університет імені В. І. Вернадського, Україна;

Олещенко Любов Михайлівна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна;

Скуратовський Руслан Вячеславович, кандидат технічних наук, доцент, докторант, Інститут математики НАН України, Україна;

Alexandr Neftissov, PhD, Associate Professor, Vice-Rector for Science and Innovation, Kazakh National University of Sports, Kazakhstan;

Andreas Pester, Dr.phil.habil., Professor, Professor at the Faculty of Informatics and Computer Science, British University of Egypt, Egypt;

Danielienė Renata, Dr., Associate Professor, Associate Professor of the Institute of Social Sciences and Applied Information, Vilnius University, Lithuania.

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату за допомогою програмного забезпечення StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl.

**Рекомендовано до друку та поширення через мережу Internet
Вченою радою Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського
(протокол № 11 від 5 травня 2026 року).**

Науковий журнал «Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки»
zareєстровано відповідно до Рішення Національної ради України
з питань телебачення і радіомовлення № 1136 від 11.04.2024 року.

Ідентифікатор медіа: R30-04000.

Суб'єкт у сфері друкованих медіа – Таврійський національний університет імені В.І. Вернадського
(просп. Берестейський, 10, м. Київ, 01135, e-mail: crimea.tnu@gmail.com, тел.: +38 (044) 529-05-16).

Мови видання: українська, англійська, польська, німецька,
французька, словацька, румунська, італійська.

Періодичність: 6 разів на рік.

Журнал включено до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б») з технічних наук
(спеціальності: G1 Хімічні технології та інженерія; G4 Енерговиробництво (за спеціалізацією); G5 Електроніка,
електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка) відповідно до Наказу МОН України
від 17.03.2020 № 409 (додаток 1), F2 Інженерія програмного забезпечення; F6 Інформаційні системи і технології;
F7 Комп'ютерна інженерія; G7 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка;
D3 Менеджмент; G11 Машинобудування (за спеціалізаціями); J5 Морський та внутрішній водний транспорт;
J6 Авіаційний транспорт; J7 Залізничний транспорт; J8 Автомобільний транспорт
відповідно до Наказу МОН України від 02.07.2020 № 886 (додаток 4)

Журнал включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus International
(Республіка Польща)

Сторінка журналу: www.tech.vernadskyjournals.in.ua

ISSN 2663-5941 (Print)

ISSN 2663-595X (Online)

© Таврійський національний університет ім. В.І. Вернадського, 2026

ЗМІСТ

ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

Подиман Г.С.

ЦИРКУЛЯЦІЯ ПОВІТРЯ ВСЕРЕДИНИ ПОЛІМЕРНОЇ ТРУБИ ПІД ЧАС КАЛІБРУВАННЯ.....1

Рубанка М.М., Дворжак В.М., Залюбовський М.Г., Ничеглод В.В., Дроменко В.Б.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ МОМЕНТУ ІНЕРЦІЇ ОБЕРТОВИХ МАС НА ВАЛУ РОТОРА РОТОРНОЇ ДРОБАРКИ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ.....8

Рудасьов В.Б., Головіна О.В., Якубовський О.М.

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНІЙ СТАН ПРИ ШТАМПУВАННІ ТОНКОЛИСТОВИХ СТАЛЕЙ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛІВ І ЙОГО ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК З ВЛАСТИВОСТЯМИ МАТЕРІАЛУ...15

АВІАЦІЙНА ТА РАКЕТНО-КОСМІЧНА ТЕХНІКА

Стратонов В.М.

ПРОБЛЕМИ МІЖСУБ'ЄКТНОЇ ВЗАЄМОДІЇ У СИСТЕМІ «ПЛІТ-ДИСПЕТЧЕР-РЯТУВАЛЬНИК» ПІД ЧАС ПОЖЕЖ НА ПОВІТРЯНИХ СУДНАХ.....26

Younis B.N.

FINITE ELEMENT MODELLING OF LAYERED COMPOSITE PANELS FOR AEROSPACE STRUCTURES: MESH SENSITIVITY, BOUNDARY CONDITIONS, AND BUCKLING BEHAVIOUR UNDER COMBINED LOADING..... 33

КОРАБЛЕБУДУВАННЯ

Казарєзов А.Я.

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМОГО ПІДХОДУ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ АУТОНОМНОЇ ПІДВОДНОЇ ТЕХНІКИ З БУКСИРУВАННЯМ РАДІОБУЄМ.....40

Казимиренко Ю.О., Грудініна Г.С.

МЕТОДОЛОГІЯ ПРОЄКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ КОРПУСІВ ПІДВОДНИХ АПАРАТІВ.....45

ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

Максисько О.Р.

ОСНОВИ РОЗУМНИХ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ 50

Троценко Є.О., Нестерко А.Б., Проценко О.Р., Перетятко Ю.В.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ КОРОННИХ РОЗРЯДІВ НА ДОСТОВІРНІСТЬ ВИМІРЮВАННЯ ПОВЕРХНЕВИХ РОЗРЯДІВ В ЕЛЕКТРОУСТАНОВКАХ ВИСОКОЇ НАПРУГИ..... 59

ПРИЛАДИ

Гайдай Г.Ю., Грєшнов А.Ю.

АВТОМАТИЗОВАНА МОБІЛЬНА УСТАНОВКА ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ТОЧНОСТІ ПОВІРОЧНИХ ПЛИТ.....67

РАДІОТЕХНІКА ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ

Гуржій С.В.

АСПЕКТИ ДЕЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ ДЛЯ КООРДИНАЦІЇ UAV/UGV В УМОВАХ РАДІОЧАСТОТНИХ ПЕРЕШКОД.....73

Катін П.Ю., Яценко Д.В., Мішин О.В.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАСОВИХ ЗАТРИМОК ПЕРЕДАЧІ ТА ОБРОБКИ GNSS-ДАНИХ У РІЗНИХ ФОРМАТАХ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ДЛЯ СИСТЕМ ІОТ..... 80

Мовчан К.О.

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ У СТВОРЕННІ АДАПТИВНИХ ПРОТОКОЛІВ ЗВ'ЯЗКУ ДЛЯ ТАКТИЧНИХ МЕРЕЖ UAV ТА UGV..... 88

Морщавка С.В., Бугрова Т.І., Чорнобородов М.П., Логачова Л.М., Самойлик С.С. МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОКРИТТЯ РАДІОМЕРЕЖ З ЗАСТОСУВАННЯМ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ ТА ДЕКОМПОЗИЦІЙНОГО ПІДХОДУ НА БАЗІ КЛІТИННИХ АВТОМАТІВ.....	96
Середа С.С., Кравченко П.О. МЕТОДИ БЕЗДРОВОЇ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ МІЖ БЕЗПЛОТНИМИ ЛІТАЛЬНИМИ АПАРАТАМИ РОЮ.....	103
Сколець С.С., Кравчук С.О. ВПЛИВ МЕХАНІЗМІВ ВІРТУАЛІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНОГО СЕГМЕНТА НА E2E-QOS МОБІЛЬНОГО ТРАФІКУ В МЕРЕЖАХ 4G/5G.....	110
Судаков Є.В., Сокол Г.В. МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ СЕРЕДНЬОЇ ЗАТРИМКИ ПАКЕТІВ У МЕРЕЖАХ З МІМО-ТЕХНОЛОГІСЮ ТА ВИПАДКОВИМ ДОСТУПОМ.....	118

ЕНЕРГЕТИКА

Алфімов Є.Б. ОПЕРАТИВНЕ МАНЕВРУВАННЯ МАЛИХ МОДУЛЬНИХ РЕАКТОРІВ У ДОБОВОМУ БАЛАНСУВАННІ НА ФОНІ СОНЯЧНО-ВІТРОВОЇ ГЕНЕРАЦІЇ.....	124
Беднарська І.С., Ліщук С.Р. ОЦІНКА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОВОЇ ІЗОЛЯЦІЇ ОБЛАДНАННЯ ЕНЕРГОБЛОКУ ТЕЦ У ПІСЛЯРЕМОНТНИЙ ПЕРІОД.....	132
Еуубова К. COMPARATIVE THERMODYNAMIC ANALYSIS OF DIFFERENT TYPES OF HEAT EXCHANGERS.....	137
Klymenko V.M., Avdieieva O.P., Usatiy O.P. MULTI-CRITERIA OPTIMIZATION OF GAS TURBINE BLADE MATERIALS BASED ON LIFE CYCLE ASSESSMENT: INTEGRATING ECONOMIC, ENVIRONMENTAL, AND PERFORMANCE METRICS.....	144
Лавріщев О.О., Новосилецький Ю.Л., Логвінов Г.С. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ РІЗНИХ ТИПІВ В УМОВАХ ЗМІННОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	151
Рачинський А.Ю., Баранюк О.В., Онисько А.І., Пікенін О.О. МОДЕЛЮВАННЯ ТОПОЧНИХ ПРОЦЕСІВ У КОТЛІ ДКВР-10-13 ПРИ СПАЛЮВАННІ БІОГЕННОГО ПАЛИВА НА ЗМІННИХ РЕЖИМАХ РОБОТИ.....	156
Тортіка Д.М. ТЕРМООБРОБКА ДІЕЛЕКТРИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ФУНКЦІОНАЛЬНО- ГРАДІЄНТНИХ МАТЕРІАЛІВ ЗА ВИКОРИСТАННЯ МІКРОХВИЛЬОВОГО НАГРІВАННЯ.....	165

МЕТАЛУРГІЯ

Бармін О.Є. ВПЛИВ ВОЛЬФРАМУ НА ЗЕРЕННУ СТРУКТУРУ ТА ВЛАСТИВОСТІ СПЛАВІВ НА ОСНОВІ ЗАЛІЗА.....	171
--	-----

ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Єфіменко О.В. ВИЗНАЧЕННЯ КОМПОНЕНТНОГО СКЛАДУ ТА ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ БІОМЕТАНУ ХРОМАТОГРАФІЧНИМ МЕТОДОМ.....	177
Коваль М.Г., Ящук Л.Б. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОНОМІЇ ВИТРАТ ПРЯМИХ БАРВНИКІВ ПРИ РЕЦИКЛІНГУ КОНЦЕНТРОВАНОЇ СТІЧНОЇ ВОДИ В ПРОЦЕСІ ФАРБУВАННЯ БАВОВНЯНИХ ТКАНИН.....	187
Нестеренко М.Б. ВПЛИВ ХАРАКТЕРИСТИК МІНЕРАЛЬНИХ НАПОВНЮВАЧІВ (ВАПНЯКУ ТА ПІСКУ) НА ФОРМУВАННЯ ПОРОВОЇ СТРУКТУРИ ТА МОРОЗОСТІЙКІСТЬ СУХИХ БУДІВЕЛЬНИХ СУМІШЕЙ.....	197

Румянцева М.О., Мисов О.П., Савченко М.А. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОСАДЖЕННЯ КРЕМНЕЗЕМУ СІРЧАНОКИСЛОТНИМ СПОСОБОМ (ЧАСТИНА II).....	203
Смірнов Д.О., Ушаков Д.Р. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ ЦЕМЕНТНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ АЛЮМІНАТІВ І ЦИРКОНАТІВ БАРИЮ.....	210
Фролова Л.А., Салтиков Д.Ю., Мандрика А.Г., Фролов О.О. ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ СИНТЕЗУ НА МІКРОХВИЛЬОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОБАЛЬТОВОГО ФЕРИТУ.....	218

ТЕХНОЛОГІЯ ХАРЧОВОЇ ТА ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Kramarenko D.P., Hirenko N.I. DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL OF THE PROCESS OF EVAPORATION OF A LIQUID FOOD MEDIUM UNDER NON-STATIONARY CONDITIONS.....	227
---	-----

ТРАНСПОРТ

Вільшанюк М.С. ЛОГІСТИЧНІ АСПЕКТИ ЕКСПОРТУ ЗЕРНА: ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ДОСТАВКИ.....	234
Гільдєєв Д.О., Онищенко С.П. КОНЦЕПЦІЯ ВРАХУВАННЯ ВИКИДІВ ПРИ ФОРМУВАННІ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ СИСТЕМ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ.....	239
Єсєв А.І. МОДЕРНІЗАЦІЯ РЯТУВАЛЬНИХ ШЛЮПОК З ВИКОРИСТАННЯМ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ.....	245
Жук М.М., Півторак Г.В., Скиба М.Б. ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИЙ РОЗПОДІЛ ПОПИТУ НА ПЕРЕМІЩЕННЯ З МЕТОЮ ПОКУПОК (НА ПРИКЛАДІ ЛЬВОВА).....	252
Кириллова В.Ю., Кириллова О.В. ТРИАДНА КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ РОЗВИТКУ ПОРТОВИХ СИСТЕМ: SMART PORT, PUBLIC – PRIVATE PARTNERSHIP, PEOPLE – PLANET – PROFIT.....	258
Коваленко Н.О. ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЦИФРОВІЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ АВІАЦІЙНОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ: ІНЖЕНЕРНО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ТА ІНЖИНІРИНГОВІ РІШЕННЯ.....	269
Колодненко В.М., Таценко О.В., Волошко Т.П., Руденко В.А., Решетіло С.О. ЛОГІСТИЧНІ РИЗИКИ МІЖНАРОДНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ТА ШЛЯХИ ЇХ МІНІМІЗАЦІЇ.....	275
Решетков Д.М., Павлова Н.Л. ПРОБЛЕМИ ПЕРЕВАНТАЖЕНОСТІ МОРСЬКИХ ПОРТІВ.....	280
Соколова О.Є., Борець І.В. БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ ВАНТАЖІВ В АЕРОПОРТОВОМУ ВУЗЛІ ІНТЕГРОВАНОЇ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ	288
Томчаковський Г.Г., Кучеренко Н.В., Капочкіна М.Б. МІНЛИВІСТЬ ЛІТНЬОГО МУСОНУ В АРАВІЙСЬКОМУ МОРІ.....	297
Фоменко Г.Р. РОЗВИТОК РОЗУМНИХ МІСТ – ШЛЯХ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЖИТТЯ.....	307

ЕЛЕКТРОНІКА

Макаренко В.В. АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЗВ'ЯЗАНИХ КОТУШОК ІНДУКТИВНОСТІ В DC/DC-ПЕРЕТВОРЮВАЧАХ ЕНЕРГІЇ.....	313
ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ.....	319

CONTENTS

INDUSTRIAL ENGINEERING

Podyman H.S.

AIR CIRCULATION INSIDE A POLYMER PIPE DURING CALIBRATION.....1

Rubanka M.M., Dvorzhak V.M., Zaliubovskyi M.H., Nychehlod V.V., Dromenko V.B.

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE MOMENT OF INERTIA OF THE ROTATING
MASSES ON THE ROTOR SHAFT OF A ROTARY CRUSHER FOR THE PROCESSING
OF POLYMER WASTE.....8

Rudasov V.B., Holovina O.V., Yakubovskyi O.M.

STRESS-STRAIN STATE DURING THE STAMPING OF THIN-GAUGE STEELS
FOR AUTOMOTIVE COMPONENTS AND ITS RELATIONSHIP TO MATERIAL PROPERTIES.....15

AIRCRAFT AND AEROSPACE TECHNIQUES

Stratonov V.M.

PROBLEMS OF INTER-SUBJECT INTERACTION IN THE "PILOT – AIR TRAFFIC
CONTROLLER - RESCUER" SYSTEM DURING AIRCRAFT FIRES..... 26

Younis B.N.

FINITE ELEMENT MODELLING OF LAYERED COMPOSITE PANELS FOR AEROSPACE
STRUCTURES: MESH SENSITIVITY, BOUNDARY CONDITIONS, AND BUCKLING
BEHAVIOUR UNDER COMBINED LOADING..... 33

SHIPBUILDING

Kazariezov A.Ya.

THE APPLICATION FEATURES OF THE SYSTEM APPROACH IN AN AUTONOMOUS
UNDERWATER EQUIPMENT WITH A TOWED RADIOBUOY DESIGN.....40

Kazymyrenko Yu.O., Hrudinina H.S.

METHODOLOGY FOR DESIGNING HOUSING STRUCTURES FOR UNDERWATER VEHICLES..45

ELECTRICAL ENGINEERING

Makysko O.R.

FUNDAMENTALS OF SMART ELECTROMECHANICAL SYSTEMS.....50

Trotsenko Ye.O., Nesterko A.B., Protsenko O.R., Peretyatko Yu.V.

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF CORONA DISCHARGES ON THE RELIABILITY
OF SURFACE DISCHARGE MEASUREMENTS IN HIGH-VOLTAGE ELECTRICAL
INSTALLATIONS.....59

EQUIPMENT

Haidai H.Yu., Hrieshnov A.Yu.

AUTOMATED MOBILE DEVICE FOR CHECKING
THE GEOMETRY ACCURACY OF CALIBRATION PLATES.....67

RADIO ENGINEERING AND TELECOMMUNICATIONS

Hurzhiy S.V.

ASPECTS OF DECENTRALIZING THE COMMUNICATION SYSTEM FOR COORDINATING
UAVS/UGVS IN THE PRESENCE OF RADIO FREQUENCY INTERFERENCE.....73

Katin P.Yu, Yatsenko D.V., Mishyn O.V.

EXPERIMENTAL STUDY OF TRANSMISSION AND PROCESSING LATENCY OF GNSS DATA
IN DIFFERENT DATA REPRESENTATION FORMATS FOR IOT SYSTEMS.....80

Movchan K.O.

CURRENT TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF ADAPTIVE COMMUNICATION
PROTOCOLS FOR TACTICAL UAV AND UGV NETWORKS.....88

Morshchavka S.V., Bugrova T.I., Chornoborodov M.P., Logacheva L.M., Samoylyk S.S. RADIO NETWORK COVERAGE PREDICTION METHODS USING DEEP LEARNING AND DECOMPOSITION APPROACH BASED ON CELLULAR AUTOMATA.....	96
Sereda S.S., Kravchenko P.O. METHODS OF WIRELESS DATA TRANSMISSION BETWEEN UNMANNED AERIAL VEHICLES IN A SWARM.....	103
Skolets S.S., Kravchuk S.O. COMPREHENSIVE E2E QOS ASSESSMENT METHOD VIA INTEGRATED RAN AND SDN-TRANSPORT MODELING IN 5G NETWORKS.....	110
Sudakov Ye.V., Sokol H.V. METHOD FOR ESTIMATING AVERAGE PACKET DELAY IN NETWORKS WITH MIMO TECHNOLOGY AND RANDOM ACCESS.....	118

POWER ENGINEERING

Alfimov Ye.B. OPERATIONAL MANEUVERING OF SMALL MODULAR REACTOR IN DAILY BALANCING UNDER HIGH SOLAR AND WIND GENERATION.....	124
Bednarska I.S. Lishchuk S.R. ASSESSMENT OF ENERGY EFFICIENCY OF THERMAL INSULATION OF CHP POWER UNIT EQUIPMENT IN THE POST-REPAIR PERIOD.....	132
Eyyubova K. COMPARATIVE THERMODYNAMIC ANALYSIS OF DIFFERENT TYPES OF HEAT EXCHANGERS.....	137
Klymenko V.M., Avdieieva O.P., Usatiy O.P. MULTI-CRITERIA OPTIMIZATION OF GAS TURBINE BLADE MATERIALS BASED ON LIFE CYCLE ASSESSMENT: INTEGRATING ECONOMIC, ENVIRONMENTAL, AND PERFORMANCE METRICS.....	144
Lavrishchev O.O., Novosyletsky Yu.L., Logvinov G.S. COMPARATIVE ANALYSIS OF THE ENERGY EFFICIENCY OF DIFFERENT TYPES OF HEAT PUMPS UNDER VARIABLE OUTDOOR TEMPERATURE CONDITIONS.....	151
Rachynskyi A.Yu., Baranyuk O.V., Onysko A.I., Pikenin O.O. MODELING OF FIRE PROCESSES IN THE DKVR-10-13 BOILER WHEN COMBUSTING BIOGENIC FUEL AT VARIABLE OPERATING MODES.....	156
Tortika D.M. HEAT TREATMENT OF DIELECTRIC MATERIALS IN THE MANUFACTURE OF FUNCTIONAL GRADIENT MATERIALS USING MICROWAVE HEATING.....	165

METALLURGY

Barmin O.Ye. EFFECT OF TUNGSTEN ON THE GRAIN STRUCTURE AND PROPERTIES OF IRON-BASED ALLOYS.....	171
--	-----

CHEMICAL TECHNOLOGY

Yefimenko O.V. DETERMINATION OF THE COMPONENT COMPOSITION AND PHYSICO-CHEMICAL INDICATORS OF BIOMETHANE BY CHROMATOGRAPHIC METHOD.....	177
Koval M.G., Yashchuk L.B. A STUDY OF COST SAVINGS FROM DIRECT DYES IN THE RECYCLING OF CONCENTRATED WASTEWATER DURING THE DYEING OF COTTON FABRICS.....	187
Nesterenko M.B. INFLUENCE OF THE CHARACTERISTICS OF MINERAL FILLERS (LIMESTONE AND SAND) ON THE FORMATION OF THE PORE STRUCTURE AND FROST RESISTANCE OF DRY BUILDING MIXTURES.....	197

Rumiantseva M.O., Mysov O.P., Savchenko M.A. COMPUTER MODELING OF THE SILICA PRECIPITATION PROCESS BY THE SULFURIC ACID METHOD (PART II).....	203
Smirnov D.O., Ushakov D.R. THEORETICAL ASPECTS OF FORMATION OF CEMENT SYSTEMS BASED ON BARIUM ALUMINATES AND ZIRCONATES	210
Frolova L.A., Saltykov D.Yu., Mandryka A.H, Frolov O.O. INFLUENCE OF SYNTHESIS PARAMETERS ON THE MICROWAVE CHARACTERISTICS OF COBALT FERRITE.....	218

TECHNOLOGY OF FOOD PROCESSING AND CONSUMER GOODS INDUSTRY

Kramarenko D.P., Hirenko N.I. DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL OF THE PROCESS OF EVAPORATION OF A LIQUID FOOD MEDIUM UNDER NON-STATIONARY CONDITIONS.....	227
---	-----

TRANSPORT

Vilshaniuk M.S. LOGISTICAL ASPECTS OF GRAIN EXPORTS: CHOOSING AN EFFICIENT DELIVERY METHOD...	234
Gildeev D.O., Onyshchenko S.P. CONCEPT OF THE CARGO DELIVERY SYSTEMS FORMATION AND OPTIMIZATION TAKING INTO ACCOUNT EMISSIONS.....	239
Yesyev A.I. MODERNIZATION OF LIFEBOATS USING SOLAR PANELS.....	245
Zhuk M.M., Pivtorak H.M., Skyba M.B. SPATIO-TEMPORAL DISTRIBUTION OF DEMAND FOR SHOPPING TRIPS (CASE STUDY OF LVIV).....	252
Kyrylova V.Yu., Kyrylova O.V. TRIADIC CONCEPTUAL MODEL OF PORT SYSTEM DEVELOPMENT: SMART PORT, PUBLIC–PRIVATE PARTNERSHIP, PEOPLE–PLANET–PROFIT.....	258
Kovalenko N.O. PROBLEMS AND PROSPECTS OF DIGITAL TRANSFORMATION IN AVIATION MANAGEMENT: AN ENGINEERING-ECONOMIC AND ENGINEERING APPROACH.....	269
Kolodnenko V.M., Tatsenko O.V., Voloshko T.P., Rudenko V.A., Reshetilo S.O. LOGISTICS RISKS OF INTERNATIONAL ROAD TRANSPORTATION AND WAYS OF THEIR MINIMIZATION.....	275
Reshetkov D.M., Pavlova N.L. PROBLEMS OF OVERLOADING OF SEAPORTS.....	280
Sokolova O.Ye., Borets I.V. MULTICRITERIA OPTIMIZATION OF CARGO HANDLING PROCESSES IN AN AIRPORT NODE OF AN INTEGRATED TRANSPORT AND LOGISTICS SYSTEM.....	288
Tomchakovsky G.G., Kucherenko N.V., Kapochkina M.B. THE SUMMER MONSOON VARIABILITY IN THE ARABIAN SEA.....	297
Fomenko H.R. THE DEVELOPMENT OF SMART CITIES – A PATH TO A BETTER LIFE.....	307

ELECTRONICS

Makarenko V.V. EFFICIENCY ANALYSIS OF THE USE OF COUPLED INDUCTIVE COILS IN DC/DC POWER CONVERTERS.....	313
INFORMATION ABOUT AUTHORS.....	319

ПРИЛАДИ

УДК 62.408

DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2026.3.2/10>**Гайдай Г.Ю.**Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
<https://orcid.org/0000-0002-7454-8007>**Грешнов А.Ю.**Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
<https://orcid.org/0000-0002-9350-1554>

АВТОМАТИЗОВАНА МОБІЛЬНА УСТАНОВКА ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ТОЧНОСТІ ПОВІРОЧНИХ ПЛИТ

Підвищення рівня метрологічного забезпечення плит повірочних та розмірочних обумовлено їхнім місцем в забезпеченні якості продукції, оскільки на них проводиться розмітка перед виготовленням та остаточний контроль деталей після виготовлення. Поставлена проблема і дала поштовх до розробки удосконаленої мобільної установки для визначення відхилення від площини повірочних та розмірочних плит. У роботі представлено удосконалену мобільну установку для визначення відхилення від площини повірочних і розмірочних плит, а також систему її метрологічного забезпечення та протокольного підтвердження результатів вимірювань. Проведено аналіз існуючих методів контролю відхилення від площини, обґрунтовано вибір технічних засобів і структурних рішень. Розроблено структурну та функціональну схеми. Отримані результати забезпечують підвищення точності, надійності та зручності виконання вимірювань у лабораторних і виробничих умовах. На основі проведеного аналізу з'явилася нагальна потреба в створенні автоматизованої установки отримання показань та обробки результатів вимірювань із застосуванням сучасних електронних вимірювальних приладів, пов'язаних з ЕОМ, на базі чого було розроблено автоматизовану мобільну установку для перевірки геометричної точності повірочних плит, що дозволила підвищити точність та надійність отриманих даних. У якості конструктивного рішення було знайдено електронний рівень, визначено ряд переваг перед іншими приладами, підібрано та описано елементи, які необхідні для безпосереднього сполучення перетворювача з ЕОМ. Об'єктом дослідження даної установки є повірочна та розмірочна плита. За допомогою рівня брускового та у відповідності до методики перевірки, повірочна та розмірочна плита виставляється в горизонтальне положення. В перетворювач входить чутливий елемент – маятник, який контролюється індуктивним датчиком. В електронний блок надходять сигнали з перетворювача та реєстратора температури. Далі оброблений сигнал поступає на ЕОМ.

Ключові слова: повірочна плита, розмірочна плита, електронний рівень, автоматичне регулювання, метрологічне забезпечення.

Постановка проблеми. У сучасному світі велике значення в економічній діяльності підприємства має конкурентоспроможність продукції, що виробляється. Це переважно полягає в якості продукції.

При формуванні якості продукції на машинобудівному підприємстві вимірювальна інформація про геометричні розміри, форми та розміщення поверхонь повинна буди істиною. Тобто для цього необхідно застосовувати засоби вимірювальної

техніки, що мають достатні метрологічні характеристики, надійність та продуктивність контролю з врахуванням рівня розвитку науково технічного прогресу. Таким чином, підвищення рівня метрологічного забезпечення плит повірочних та розмірочних обумовлено їхнім місцем в забезпеченні якості продукції, оскільки на них проводиться розмітка перед виготовленням та остаточний контроль деталей після виготовлення. Поставлена проблема і дала поштовх до розробки удосконаленої



мобільної установки для визначення відхилення від площини повірочних та розміточних плит.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В даний час відхилення від площини робочих поверхонь плит визначають за допомогою таких засобів вимірювання, як: автоколіматор, оптична лінійка, бульбашковий рівень, мікронівелір [1]. Існує безліч різних методик визначення відхилення від площини плит [2]:

1. *Методика вимірювання відхилення від площинності автоколіматором:* плоске дзеркало, що входить в комплект автоколіматора, закріплюють на вимірювальній каретці, відстань між опорами якої встановлюють рівним відстані між точками, що перевіряються. При перевірці плит розміром від 400×400 до 1000×630 мм в якості вимірювальної каретки можна використати синусну лінійку з відстанню між опорами 100 мм [2].

2. *Методика вимірювання відхилення від площинності оптичною лінійкою:* при повірці плит розміром до 630×400 мм плиту, що повіряється, і оптичну лінійку рекомендується встановлювати на плиту більшого розміру. Лінійку поміщають на домкрати, якими регулюють її положення по висоті [3].

3. *Методика вимірювання відхилення від площинності бульбашковим рівнем і мікронівеліром:* рівень закріплюють на вимірювальній каретці з відповідною відстанню між опорами, а ампулу мікронівеліра – на одній із змінних основ, що входять в його комплект. Положення точок, що перевіряються, в перерізах визначають таким же чином, як при вимірюванні автоколіматором. При вимірюванні визначають на кожній ділянці контрольованого перерізу зміщення бульбашки ампули рівня або мікронівеліра відносно нульових штрихів шкали [1].

4. *Методика вимірювання відхилення від площини звіренням із зразковими повірочними лініями за допомогою компаруючого пристрою або пристроїв з вимірювальними головками:* при вимірюванні використовують повірочні лінійки і компаруючий пристрій. Спочатку проводять вимірювання в діагональних перерізах. Зразкову лінійку поміщають на опорні призми, що входять до складу компаруючого пристрою (або пристрою з вимірювальними головками), і встановлюють її вздовж однієї з діагоналей плити так, щоб середина лінійки співпала з центром плити. У центральну точку плити встановлюють стійку з вимірювальною головкою, піднімають її до стикання вимірювального наконечника з робочою поверхнею зразкової лінійки і, встановивши на шкалі

близьке до нуля показання, закріплюють головку в стійці [1].

5. *Методика вимірювання відхилення від площинної гідростатичним рівнем:* вимірювання проводять тільки в повздовжніх перерізах. Одну вимірювальну головку встановлюють на одну з кутових точок плити, а другу – послідовно на всі точки, що перевіряються, і кожного разу знімають показання з обох головок. Показання записують в протокол довільної форми [2].

Виокремлення невирішених раніше частин загальної проблеми. Проаналізувавши конструкцію повірочних та розміточних плит, а також вивчивши існуючі методики їх повірки, можна визначити ряд недоліків:

- значна трудомісткість повірочного процесу;
- тривале зняття показань вимірювань та їх обробка вручну;
- значний вплив людського фактору на результат вимірювання, який прямо пов'язаний з точністю отримання результатів;
- неможливість повірки плит безпосередньо на місці їх установки.

Виходячи із зазначеного, виникає нагальна потреба в створенні автоматизованої установки отримання показань та обробки результатів вимірювань із застосуванням сучасних електронних вимірювальних приладів, пов'язаних з ЕОМ.

Постановка задачі. Метою дослідження є розробка автоматизованої мобільної установки для визначення відхилення від площини повірочних та розміточних плит, яка забезпечить підвищення точності вимірювання відхилення від площини вищезазначених плит, а також зниження трудомісткості та часу виконання, що, у свою чергу, дасть можливість не знизити клас точності плит та полегшити роботу метролога.

Виклад основного матеріалу. Об'єктом дослідження даної установки є повірочна та розміточна плита. За допомогою рівня брускового та у відповідності до методики повірки [4, 6], повірочна та розміточна плита виставляється в горизонтальне положення. В перетворювач входить чутливий елемент – маятник, який контролюється індуктивним датчиком. В електронний блок надходять сигнали з перетворювача та реєстратора температури. Далі оброблений сигнал поступає на ЕОМ.

На рис. 1 представлено структурну схему установки для вимірювання відхилення від повірочних та розміточних плит.

Допуск площинності робочих поверхонь плит не повинен перевищувати значень, зазначених

в ДСТУ 10905-86 «Плити повірочні та розмірочні. Технічні умови», відповідно до розміру плит та їх класу точності. Плити повинні періодично проходити перевірку метрологічною службою підприємства. Визначається допуск площинності та підтверджується клас точності плити [9]. Це дуже важливо, тому що плити можуть використовуватись для повірочних робіт та можуть бути використані як основи під високоточні прилади.

Умови експлуатації установки:

- температура навколишнього середовища: +20 ... +40 ;
- відносна вологість повітря: 45...80 %;
- атмосферний тиск: 630 ... 800 мм.рт.ст;
- вібрація – пікове значення віброзміщення при частоті 10 Гц не повинне перевищувати 50 мкм/с;
- запиленість приміщення – клас чистоти повітря 4 по ОСТ 1.41519;
- опір контуру заземлення – менше 4 Ом.

Брусковий рівень служить для контролю горизонтального положення плити, інших плоских та циліндричних поверхонь, а також вимірювання малих кутів [5].

На рис. 2 представлено конструкцію брускового рівня.

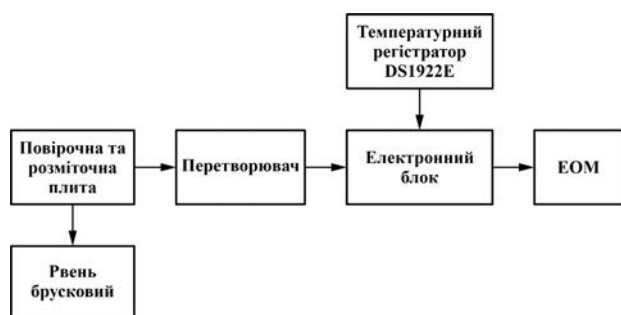


Рис. 1. Структурна схема установки для вимірювання відхилення від повірочних та розмірочних плит

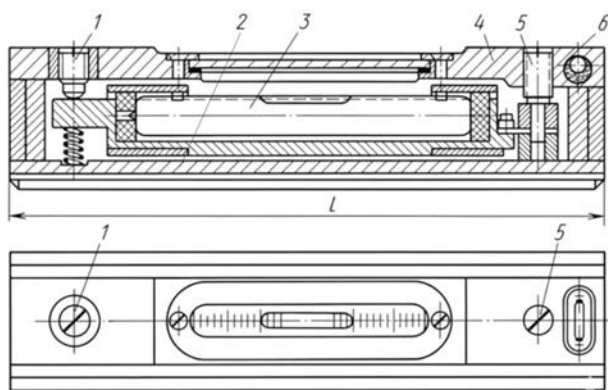


Рис. 2. Креслення брускового рівня

Корпус 4 брускового рівня на нижній робочій поверхні має призматичну виїмку для встановлення на циліндричні поверхні. Амбула 3 закріплена в оправу 2 та встановлена всередині корпусу рівня. Кріплення оправу ампули до корпусу здійснюється гвинтом 5 через плоску пружину. Інший кінець оправу пружиною підібраний до гвинта регулювання 1, яким під час зборки рівня встановлюється паралельність ампули відносно основи. Над ампулою в корпусі рівня вирізано вікно, що закрите рамкою зі склом. Установочна ампула 6 розміщена в поперечному отворі корпусу, та залита твердим составом.

Чутливим елементом рівня є ампула, що представляє собою запаяну циліндричну скляну трубку, заповнену рідиною із залишком маленького пухирця повітря. Внутрішня поверхня ампули шліфується по радіусу. На зовнішній верхній поверхні ампули наноситься шкала з інтервалом ділень, рівним 2 мм. Дія ампули основана на тому, що при її нахилі рівень рідини в ній завжди розташовується горизонтально та пухирець переміщується в найвищу точку ампули. Відлік по шкалі відбувається по краям пухирця повітря.

Якщо при перевірці горизонтальності плити, пухирець повітря не встановлюється на нульові положення, то необхідно за допомогою регулювальних гвинтів виставити плиту в горизонтальне положення.

Електронний блок представляє собою систему автоматичного регулювання, що забезпечує постійне положення маятника відносно корпусу перетворювача, який встановлюється на вимірювальну поверхню. Положення маятника регулюється індуктивним датчиком, сигнал з якого потрапляє в систему автоматичного регулювання.

При нахилі корпусу перетворювача на маятник діє тангенціальна складова сили тяжіння, пропорційна куту нахилу (при малих кутах). Для компенсації цієї сили служить сила електромагнітного поля, що створюється пристроєм магнітоелектричної системи, котушка якого ввімкнена в коло зворотнього зв'язку системи автоматичного регулювання.

Сила електромагнітного поля пропорційна струму через котушку.

Внаслідок рівності сил, що діють на маятник, струм крізь котушку пропорційний куту нахилу вимірювальної поверхні відносно лінії горизонту та служить для подальшого перетворення та відліку цього кута.

Електронний блок виконаний в настільному варіанті. Всі вузли та плати закріплені в єдиному

каркасі та з'єднані в електричну схему за допомогою джгута та рознімачів.

Пристрій автоматичного регулювання (ПАР) (рис. 3) призначений для підсилення модульованого сигналу від індуктивного датчика, демодуляції та автоматичного регулювання рівня сигналу, що забезпечує постійне положення маятника відносно корпусу перетворювача.

Додаткові функції:

- виділення за допомогою фільтрів корисних та заглушення паразитних сигналів;
- узгодження рівнів сигналів ПАР з мікроконтролером;
- отримання стандартного рівня напруги на аналоговому виході.

Також в електронному блоці розміщено мікроконтролер, який виконує програму, записану в його пам'яті. На нього поступає інформація від системи автоматичного регулювання, а також від реєстратора температури.

Температурний реєстратор DS1922E – є самодостатньою системою, яка після її вибраних користувачем настановних значень вимірює температуру і записує результати в захищену секцію вбудованої незалежної пам'яті даних. Запис проводиться визначуваною користувачем швидкістю. Прилад може зберігати в пам'яті 8192 8-розрядних значення температури або 4096 16-розрядних значень температури з інтервалом від 1 секунди до 273 годин. На додаток до цього в DS1922E має 576 байт додаткової пам'яті (SRAM) для зберігання характеристик реєстрованого процесу, його особливостей або особливостей місця установки приладу. Користувач може встановити момент початку реєстрації даних [7, 8].

Реєстрація може початися відразу після всіх параметрів вимірювання, через визначувану користувачем тимчасову затримку або після досягнення температурою порогового значення. Доступ до пам'яті і функцій управління може бути захищений паролем.

DS1922E використовує для зв'язку з пристроями підтримки протокол 1-Wire, який вимагає лише однієї шини даних. Кожен DS1922E має унікальний, фабричний, підготовлений лазером 64-розрядний реєстраційний ідентифікаційний номер, що дозволяє безпомилково ідентифікувати прилад. Міцний корпус MICROCAN [10], в якому розміщена електронна схема DS1922E, володіє високою стійкістю до дій навколишнього середовища, таких як забруднення, вологість, удари. Цей компактний, монетоподібний корпус легко фіксується спеціальними зондами для прочитування інформації, що значно полегшує роботу оператора з приладом. Інші спеціальні аксесуари для фіксації пристроїв в подібних корпусах дозволяють легко закріплювати прилади DS1922E на будь-якій поверхні, включаючи контейнери, чохли, кювети і т. д.

Функціональна схема на рис. 4 показує зв'язок між основними вузлами управління і секціями пам'яті приладу DS1922E.

Прилад має п'ять головних областей даних:

- 1) 64-бітовий ідентифікаційний ПЗП, проширений лазером;
- 2) 256-бітову «блокнотну» пам'ять;
- 3) 576-байтне статичне службове ОЗУ (додаткова пам'ять);
- 4) дві 256-бітові сторінки реєстрів (керування, зберігання часу, лічильників, статусу і паролів);
- 5) 8192 байта буфера послідовних температурних відліків для зберігання накопичених результатів.

За винятком ідентифікаційного ПЗП і «блокнотної» пам'яті всі інші області розташовані в єдиному лінійному адресному просторі. Вся пам'ять, службовка для зберігання результатів, реєстри лічильників і деякі інші реєстри доступні тільки для читання. Обидві реєстрові сторінки захищено від запису, прилад програмується на наступний цикл вимірювань. Реєстри паролів (один реєстр пароля читання і один реєстр пароля читання/запису) доступні тільки для запису.

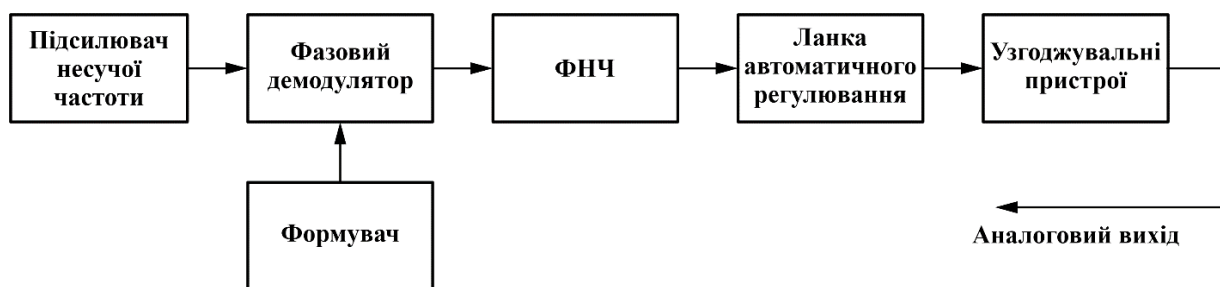


Рис. 3. Структурна схема ПАР

Haidai H.Yu., Hrieshnov A.Yu. AUTOMATED MOBILE DEVICE FOR CHECKING THE GEOMETRY ACCURACY OF CALIBRATION PLATES

The increase in the level of metrological support of calibration and marking plates is due to their place in ensuring product quality, since marking is carried out on them before manufacturing and final control of parts after manufacturing. The problem was posed and gave impetus to the development of an improved mobile installation for determining the deviation from the plane of calibration and marking plates. The paper presents an improved mobile installation for determining the deviation from the plane of calibration and marking plates, as well as a system for its metrological support and protocol confirmation of measurement results. An analysis of existing methods for controlling deviation from the plane was carried out, the choice of technical means and structural solutions was justified. A structural and functional scheme was developed. The results obtained provide increased accuracy, reliability and convenience of performing measurements in laboratory and production conditions. Based on the analysis, there was an urgent need to create an automated installation for obtaining readings and processing measurement results using modern electronic measuring instruments connected to a computer, on the basis of which an automated mobile installation was developed to check the geometric accuracy of calibration plates, which allowed to increase the accuracy and reliability of the obtained data. An electronic level was found as a constructive solution, a number of advantages over other devices were identified, and elements necessary for direct connection of the converter with a computer were selected and described. The object of research of this installation is a calibration and marking plate. Using a bar level and in accordance with the calibration method, the calibration and marking plate is placed in a horizontal position. The converter includes a sensitive element - a pendulum, which is controlled by an inductive sensor. The electronic unit receives signals from the converter and the temperature recorder. Then the processed signal is fed to the computer.

Keywords: calibration plate, marking board, electronic level, automatic adjustment, metrological support.

Дата першого надходження статті до видання: 15.03.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 13.04.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 19.05.2026

Науковий журнал

**ВЧЕНІ ЗАПИСКИ
ТАВРІЙСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ В.І. ВЕРНАДСЬКОГО**

Серія: Технічні науки

Том 37 (76) № 3 2026

Частина 2

Коректура • *Н. Славогородська*

Комп'ютерна верстка • *Н. Кузнєцова*

Адреса редакції:

Таврійський національний університет імені В.І. Вернадського

м. Київ, вул. Джона Маккейна, 33

Електронна пошта: editor@tech.vernadskyjournals.in.ua

Сторінка журналу: www.tech.vernadskyjournals.in.ua

Формат 60×84/8. Гарнітура Times New Roman.

Папір офсетний. Цифровий друк. Обл.-вид. арк. 32,63. Ум. друк. арк. 38,61.

Зам. № 0526/412. Наклад 150 прим.

Дата розміщення онлайн: 19.05.2026. Дата друку: 26.05.2026

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»

65101, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1

Телефони: +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08

E-mail: mailbox@helvetica.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

ДК № 7623 від 22.06.2022 р.