

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”
Факультет робототехніки та приладобудування
Академія інженерних наук України
Люблинський технологічний університет, Польща



XXV Міжнародна науково-технічна конференція

**“ПРИЛАДОБУДУВАННЯ:
стан і перспективи”**

12 – 13 травня 2026 р.

Київ, Україна

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ КОНФЕРЕНЦІЇ



КИЇВ 2026

Загальною метою конференції є плідне спілкування науково-промислової спільноти в царині проблем створення засад сучасного приладобудування, прецизійних технологій, інтелектуалізації виробництва.

В роботі конференції брали участь 239 представників від 41 академічних, вузівських та галузевих дослідницьких установ з 14 міст України, Польщі, США.

Збірник містить праці за результатами наукових і практичних досліджень з актуальних проблем приладобудування.

Розраховано на науковців, інженерно-технічних працівників, підприємців приладобудівної промисловості, аспірантів, магістрантів з фаху комп'ютерно-інтегрованих технологій, метрології, аналітичного та екологічного приладобудування, автоматизації науково-технічних досліджень, інформаційно-вимірювальної техніки широкого призначення.

Адреса Оргкомітету конференції: 03056, Київ-56, пр. Берестейський, 37, корп. 1, Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, факультет робототехніки та приладобудування, 1720.

Сайт конференції: <http://conferencepb.kpi.ua/conferencepb2026/>

Матеріали доповідей прорецензовані.

Рекомендовано до публікації на засіданні Наукового комітету конференції та Вченої ради ПБФ КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Відповідальний редактор – Т. Р. Ключко, ст. наук. співр., канд.техн.наук, доц.
Технічне коригування – А. В. Писарець – доц., канд.техн.наук, доц.

Збірник матеріалів XXV Міжнародної науково-технічної конференції “ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи”, ФРП, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 12 – 13 травня 2026 р., Київ, Україна, 2026, 482 с.

Видано на замовлення ФРП КПІ ім. Ігоря Сікорського.

НАУКОВИЙ КОМІТЕТ

1. Г.С. Тимчик – проф., д.т.н., голова комітету
2. С.Л. Лакоза – доц., к.т.н., заст. голови комітету
3. М.В. Філіппова - доц, к.т.н., декан ФРП
4. М.О. Безуглий – проф., д.т.н., перший проректор
5. Н.І. Бурау – проф., д.т.н., зав.каф.
6. Ю.В. Киричук - проф., д.т.н., зав.каф.
7. В.С. Єременко – доц, д.т.н., зав.каф.
8. Н.В. Стельмах - доц, к.т.н., зав.каф.
9. В.С. Антонюк – проф., д.т.н.
10. Н.М. Защепкіна – проф., д.т.н.
11. А.Г. Протасов – проф., к.т.н., д.п.н.
12. Ю.М. Туз – проф., д.т.н.
13. І.В. Коробко - проф, д.т.н., дир. ІАТ
14. Paweł Komada – Ph.D., Deputy Director of Institute of Electronics and Information Technology, Lublin University of Technology, Poland
15. Andrzej Dzierwa, – Prof., D.Sc., Technology Department of Manufacturing Processes and Production Engineering, Rzeszow University of Technology, Poland
16. Arturs Medvids – Prof., Dr. Sc., Head of the Laboratory of Semiconductor Physics, Institute of Technical Physics, [Riga Technical University](#), Latvia
17. Serge Zhuiykov – Prof., Dr. Sc., Ghent University, Belgium, Director of Environmental and Energy Research Centre Ghent University, Yeonsu-Gu, Incheon, South Korea
18. J. Ronald H. Rovira – PhD, Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), (Quito, Ecuador)
19. Jong Sun-Gil – Ph.D., President of WIT (Асоціація промислових наук та технологій), South Korea
20. Artak Sahradyan – Prof., Dr. Sc., Armenian State Pedagogical University after Khachatur Abovyan (Yerevan, Armenia)

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

1. Т.Р.Ключко – к.т.н., доц., голова комітету
2. С.А.Мураховський – к.т.н., доц., секція № 1
3. В.І.Микитенко – д.т.н., проф., секція № 2
4. О.В. Волошко – ст. викладач, секція № 3
5. С.О.Нечай – к.т.н., доц., секція № 4
6. К.М. Божко – к.т.н., доц., секція № 5
7. Н.В.Безугла – к.т.н., доц., секція № 6
8. А.С. Момот – Ph.D, ст.викладач, секція № 7
9. А.В.Писарець – к.т.н., доц., секція № 8
10. В.М. Зайцев – ст. викладач, секція № 9
11. М.В.Добролюбова – к.т.н., доц., секція № 10
12. В.М. Мокійчук – к.т.н., доц., секція № 11

Збірник матеріалів XXV Міжнародної науково-технічної конференції ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи, 12 - 13 травня 2026 р., Київ, ФРП КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2026. 482 с.

Збірник містить тези доповідей, які присвячені актуальним проблемам стану вітчизняного та світового приладобудування.

Розглянуто теоретичні та практичні питання створення інформаційних технологій, автоматизованих навігаційних, інтегрованих оптично-електронних систем, надточних контрольно-вимірювальних приладів систем автоматизації, зокрема в галузі ресурсозбереження.

Обговорено проблеми розвитку автоматизації сучасних технологічних процесів, аналітичного та екологічного приладобудування, сучасних технологій створення інформаційних систем біологічних та медичних досліджень для забезпечення медичної галузі, проблеми автоматизації неруйнівного контролю та діагностики та питання, пов'язані з підготовкою фахівців із цієї галузі. Щодо змісту праць, опублікованих у збірнику, відповідальність мають їх автори.

Proceeding of XXV International scientific and technical conference INSTRUMENT MAKING: state and prospect, 12-13 May 2026, Kyiv, IMF of Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2026. 482 p.

The proceeding includes thesis of conference reports related to actual problems of the modern development of native and world instrument making.

Theoretical and practical issues of creating information technologies, automated navigation, integrated optical-electronic systems, high-precision control and measuring instruments of automation systems, in particular in the field of resource conservation, for discussion are offered.

Many problems of development of modern technological processes automation, analytical and ecological instrumentation, modern technologies of creation of biological and medical researches information systems to support the medical field, the problems of non-destructive testing and diagnostics automation and issues related to training of specialists in this field are discussed. The authors are responsible for the content of the works published in the collection.

З М І С Т

СЕКЦІЯ 1

КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ НАВІГАЦІЇ І КЕРУВАННЯ

<i>Мураховський С. А.</i> МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЧУТЛИВИМ ЕЛЕМЕНТОМ ГІРОТЕОДОЛІТА	13
<i>Ляховой К. Ю., Гришанова І. А.</i> АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОФІЛЮВАННЯ РЕАКТИВНОГО СОПЛА В RHINO GRASSHOPPER	14
<i>Хутко М. Ю.</i> МОДАЛЬНЕ КЕРУВАННЯ КУТОМ КРЕНУ БЕЗПЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТА ЗІ СПОСТЕРІГАЧЕМ СТАНУ	20
<i>Медведь Ю. Г., Сайко В. Г.</i> АНАЛІЗ ФОРМУВАННЯ ЧАСОВИХ ЗАТРИМОК У МЕРЕЖАХ З ПРОСТОРОВО-РОЗПОДІЛЕНИМИ ПОВІТРЯНИМИ ВУЗЛАМИ	26
<i>Shelemakha V., Tsybulnyk S.</i> MODELING OF A GEOMETRIC SEGMENTATION ALGORITHM BASED ON LASER SCANNING DATA	32
<i>Потапов Д. І., Гришанова І. А.</i> ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ	37
<i>Иценко А. Ю., Гришанова І. А.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГЕОМЕТРІЇ КРИЛА НА ПОСІДНАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИРОДНОГО ЛАМІНАРНОГО ПОТОКУ ТА ЛІТАЮЧОГО КРИЛА	43

СЕКЦІЯ 2

ОПТИЧНІ ТА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ ПРИЛАДИ І СИСТЕМИ.ФОТОНІКА

<i>Денисюк В. Ю.</i> ОПТИЧНІ СПЕКТРАЛЬНІ МЕТОДИ КОНТРОЛЮ СКЛАДУ РЕЧОВИН ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ПРОМИСЛОВOSTІ	49
<i>Танчук В. С., Колобродов В. Г.</i> АРХІТЕКТУРА ГЕТЕРОГЕННОЇ МУЛЬТИСЕНСОРНОЇ СИСТЕМИ ВІЯВЛЕННЯ БПЛА З ВИКОРИСТАННЯМ АДАПТИВНОГО ЗЛИТТЯ ДАНИХ НА РІВНІ РІШЕНЬ	55
<i>Бортнік В. А., Боровицький В. М.</i> КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КАМЕР ОБРОБКИ ПОДІЙ	60
<i>Shyshkin V. A., Borovytsky V. M.</i> HIGH-POWER LEDs CHARACTERIZATION FOR INTEGRATING-SPHERE LIGHT SOURCES	63
<i>Кравченко І. В.</i> ЗАСОБИ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ	65
<i>Кучеренко О. К.</i> КОМПЕНСАЦІЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ НА ЯКІСТЬ РОБОТИ ТЕЛЕВІЗІЙНИХ СИСТЕМ НАВЕДЕННЯ	66
<i>M.S. Mamuta, I.V. Kravchenko, O.D. Mamuta,</i> YOLO AI MODELS TRAINING FOR OBJECT DETECTION IMPROVEMENT	70
<i>Sokurenko V. M., Sokurenko O. M.</i> GLOBAL OPTIMIZATION TESTER: A COMPUTER PROGRAM FOR AUTOMATED STATISTICAL ANALYSIS OF CONTINUOUS GLOBAL OPTIMIZATION ALGORITHMS	72
<i>Муkyтенко В. І.</i> FUSION OF THERMAL AND POLARIMETRIC IMAGES	77
<i>Чиж І. Г.</i> ЗУМ-ПРОЄКЦІЙНІ ОПТИЧНІ СИСТЕМИ НА НЕРУХОМИХ ВАРІОЛІНЗАХ	81

СЕКЦІЯ 3

КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ПРИЛАДІВ

<i>Дмитро Манзюк, Іван Синявський, Михайло Безуглий. АВТОМАТИЗОВАНИЙ МОНІТОРИНГ АТМОСФЕРНОГО АЕРОЗОЛЮ ПАНОРАМНИМИ ПОЛЯРИМЕТРАМИ</i>	87
<i>Біліщук В. Б. ДОСЛІДЖЕННЯ ЧИСЛОВОГО ІНТЕГРУВАННЯ РІВНЯНЬ ОБЕРТОВОЇ КРАПЛІ В СЕРЕДОВИЩІ LABVIEW</i>	90
<i>Polushko M. M, Shevchenko V. V. INTELLIGENT SYSTEM FOR CONTROLLING SURFACE ROUGHNESS PARAMETERS OF PARTS BASED ON MULTI- TASK NEURAL NETWORKS</i>	93
<i>Будник Г. А., Безуглий М. О. ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ЗАСТОСУВАННЯ СФЕРИЧНОЇ АПРОКСИМАЦІЇ ЕЛІПСОЇДАЛЬНИХ РЕФЛЕКТОРІВ У ФОТОМЕТРИЧНИХ ПРИСТРОЯХ БІОМЕДИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ</i>	96
<i>Bukovskyi O. M., Vysloukh S. P. JUSTIFICATION FOR THE DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR AN AUTOMATED SYSTEM FOR MONITORING THE PARAMETERS OF INTERBLOCK ELECTRICAL CONNECTIONS</i>	100
<i>Філіппова М. В., Демченко М. О. ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКІВ У СКЛАДАЛЬНОМУ ВИРОБНИЦТВІ</i>	104
<i>Лісовець С. М ПРОГРАМОВАНІ РЕЛЕ В АВТОМАТИЗАЦІЇ ДІЯЛЬНОСТІ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА</i>	106
<i>Романенко К. А., Безуглий М. О. РОЗРОБЛЕННЯ СТЕНДУ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ДИНАМІЧНОГО ГЕОМЕТРИЧНОГО КАЛІБРУВАННЯ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНОГО ПОЛЯРИМЕТРА</i>	108
<i>Rudkovskyi I. E., Stelmakh N. V. ANALYSIS OF MODERN APPROACHES TO THE STUDY OF RESIDUAL LIMB PROPERTIES IN PROSTHETICS</i>	112
<i>Гук П. М., Барандич К. С. АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ БУДІВЛІ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ</i>	115
<i>Sergii Vysloukh, Oksana Voloshko. CLASSIFICATION AND PATTERN RECOGNITION IN MODELING PRODUCTION PROCESSES AND SYSTEMS</i>	117
<i>Nagorniy A. I., Bezuhla N.V. IMAGE-BASED SYSTEM FOR ASSESSING PLANT DAMAGE SEVERITY TO FORM A DIFFERENTIATED APPLICATION RATE OF PLANT PROTECTION PRODUCTS</i>	122
<i>Oksana Voloshko, Ruslan Ivanenko. OPTIMIZATION OF PRODUCTION SYSTEMS ..</i>	125

СЕКЦІЯ 4

ПРИЛАДИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

<i>Безвесільна О. М., Толочко Т. О., Гриневич М. С. БАЛІСТИЧНИЙ ГРАВІМЕТР ..</i>	128
<i>Саурова Т. А. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМІВ РОЗСПІВАННЯ ЕЛЕКТРОНІВ В АНТИМОНІДІ ІНДІО</i>	130
<i>Ходєєв А. А., Заболотний О. В. КОНТРОЛЬ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВОДНО-ПАЛИВНОЇ ЕМУЛЬСІЇ З ОЦІНКОЮ РОЗМІРУ КРАПЕЛЬ ДИСПЕРСНОЇ ФАЗИ ЗА ДОПОМОГОЮ ДАТЧИКІВ КАЛАМУТНОСТІ</i>	132
<i>Питель І. Д., Івах Р. ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА ТЕРМОПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ОПОРУ БЕЗ ДЕМОНТАЖУ</i>	135

<i>Зінченко М. О.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ, ЩО ВІДБУВАЮТЬСЯ У БЕЗПРОВОДОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ	137
<i>Корендій В. М., Федунішин Н. М., Пасіка В. Р., Угрин Л. С., Похмурська А. В.</i> АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ МЕХАНІЗМІВ РУЧНОГО КЕРУВАННЯ ПЕДАЛЯМИ АВТОМОБІЛЯ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ СХЕМИ ОДНОРУЧНОГО КЕРУВАННЯ ТРЬОМА ПЕДАЛЯМИ	142
<i>Безвесільна О. М., Подчащинський Ю. О., Чепюк Л. О.</i> КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ОБЛАДНАННЯМ ДЛЯ ПАКУВАННЯ	148
<i>Подчащинський Ю. О., Магалецький Я. В., Чепюк Л. О.</i> КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ	150
<i>Подчащинський Ю. О., Чепюк Л. О., Лугових О. О., Наумчук В. А.</i> АНАЛІЗ ВИМОГ ДО КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ГАЗОРОЗПОДІЛЬНОЇ СТАНЦІЇ	153
<i>Подчащинський Ю. О., Чепюк Л. О., Криворучко М. Г.</i> КЛАСИФІКАЦІЯ ДЖЕРЕЛ ПОХИБОК ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ У КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ ВИМІРЮВАННЯ КУТОВОЇ ШВИДКОСТІ	155

СЕКЦІЯ 5

АНАЛІТИЧНЕ ТА ЕКОЛОГІЧНЕ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

<i>Маслов В.П., Качур Н.В., Дорожнинська Г.В., Федоренко А.В.</i> “SMART” ЗОЛЬ-ГЕЛЬ НАНОПОКРИТТЯ ДЛЯ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ І МЕДИЦИНИ.....	158
<i>Єременко В.С., Маркіна О.М., Петров В.В., Мельниченко Д.С.</i> АНАЛІЗ ДАНИХ В ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ МОНІТОРИНГУ ВОДНИХ РЕСУРСІВ НА ОСНОВІ ГЛИБИННОГО НАВЧАННЯ	162
<i>Божко К.М., Мушкет К.Я., Однорог О.В., Сидоренко С.Ю.</i> ОЦІНЮВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ПОТУЖНОСТІ ДЕФЕКТІВ СОНЯЧНОЇ ПАНЕЛІ	166

СЕКЦІЯ 6

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА ТА ТЕХНОЛОГІЇ БІОМЕДИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

<i>Малецький Є.В.</i> СКЛАД ТА МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОДУЛЯ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ НАЗЕМНОГО РОБОТИЗОВАНОГО КОМПЛЕКСУ ЕВАКУАЦІЇ В УМОВАХ БПЛА-ЗАГРОЗ.....	172
<i>Лобур Ю.В., Линник Р.І., Вонсевич К.П.</i> ОСОБЛИВОСТІ МУЛЬТИСЕНСОРНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ ФОРМИ ОБ'ЄКТІВ МАНІПУЛЯЦІЇ В РОБОТИЗОВАНИХ ПРОТЕЗАХ ВЕРХНІХ КІНЦІВОК.....	175
<i>Бурковський Є.О., Шмиголь А.Л., Вонсевич К.П.</i> СИСТЕМА АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ ВІБРОТАКТИЛЬНИМ ЗВОРОТНИМ ЗВ'ЯЗКОМ НА ОСНОВІ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ БІОНІЧНОЇ КІНЦІВКИ.....	180
<i>Яненко О.П., Гайдай Л.</i> РОЗГЛЯД ПРОЦЕСІВ ВЗАЄМОДІЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ ДІЕЛЕКТРИЧНОГО ІМПЛАНТАНТА ТА БІОТКАНИНИ	185

<i>Корендій В.М., Дурняк М.Р., Кривуляк І.І., Гелетій В.М., Гембара Н.О., Похмурська А.В.</i> КОНСТРУКЦІЯ АНТРОПОМОРФНОГО СИМУЛЯТОРА ЛЮДСЬКОЇ ДОЛОНІ ТА КІНЕМАТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЙОГО МОДУЛЬНОГО ПАЛЬЦЯ	189
<i>Соколькова А.О.</i> ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ІНТЕГРАЦІЇ ТОМОГРАФІЧНИХ ТА РИНОМАНОМЕТРИЧНИХ ДАНИХ У РИНОЛОГІЇ.....	194
<i>Вялков В.А., Терещенко М.Ф.</i> СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЮ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНОЮ СИСТЕМОЮ ЛАЗЕРНОЇ МЕДИЦИНИ.....	197
<i>Дейнеко Б.С., Терещенко М.Ф.</i> СТРУКТУРА ТА АЛГОРИТМИ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ВАКУУМНОЇ ТА УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ОЧИСТКИ РАН.....	201
<i>Терещенко М.Ф., Пащина Ю.В.</i> АДАПТИВНИЙ КОМБІНОВАНИЙ МАГНІТОТЕРАПЕВТИЧНИЙ АПАРАТ.....	207
<i>Ткачук Р.М.</i> ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ РЕЄСТРАЦІЇ ЕРГ І ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАХВОРЮВАНЬ ОКА ТА НОРМАЛІЗАЦІЇ ВНУТРІОЧНОГО ТИСКУ.....	211
<i>Дунаєвський В.І., Борковська Л.В., Котовський В.Й., Орел В.Б., Орел В.Е., Назарчук С.С.</i> ТЕМПЕРАТУРНО-БІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ДІАБЕТИЧНОЇ СТОПИ У ХВОРИХ НА ЦУКРОВИЙ ДІАБЕТ.....	217
<i>Serdiuk O., Stelmakh N.</i> CLASSIFICATION AND ANALYSIS OF MEDICAL IMAGE SEGMENTATION METHODS FOR CUSTOM-MADE PROSTHETICS.....	223
<i>Klotchko T.R., Rozumnyak R.L., Zhigii D.V.</i> ROBOTIC MECHATRONIC PLATFORM FOR A HEALTHCARE FACILITY	227
<i>Цвігун М.Б., Терещенко М. Ф.</i> АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ФОКУСНОЇ ВІДСТАНІ АПЛІКАТОРА ЛАЗЕРА.....	232
<i>Лукашевич В.С., Комарова О.С., Звонарьова М.І., Гордієнко В.І.</i> ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОВЖИНИ КОРОТКОГО БАГАТОМОДОВОГО ОПТИЧНОГО ВОЛОКНА НА ОДНОРІДНІСТЬ СВІТЛОВОГО ПОТОКУ ПРИ БАГАТОЕМІТЕРНОМУ ЛАЗЕРНОМУ ДІОДНОМУ ЗБУДЖЕННІ.....	238

СЕКЦІЯ 7

НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ, ТЕХНІЧНА ТА МЕДИЧНА ДІАГНОСТИКА, ПІДГОТОВКА ФАХІВЦІВ ГАЛУЗІ

<i>Feoklistov D., Bohdan H.</i> METHODS OF SELF-INDICATION OF TEMPERATURE IN MEMS SENSORS.....	244
<i>Падій М.О., Богдан Г.А.</i> АЛГОРИТМІЧНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИСОКОТОЧНОЇ ЛОКАЛІЗАЦІЇ МОБІЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ	245
<i>Гальченко В.Я., Станкевич О.С., Трембовецька Р.В., Тичков В.В.</i> КОНЦЕПЦІЯ НАПОВНЕННЯ ІНФОРМАТИВНОСТІ ОЗНАК ПРИ ВИХРОСТРУМОВІЙ ІДЕНТИФІКАЦІЇ МАРОК ФЕРОМАГНІТНИХ МЕТАЛІВ	248
<i>Семенов П.О., Яворський І.М., Юзефович Р.М., Личак О.В., Мацько І.Й.</i> ВІБРАЦІЙНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ОБЕРТОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ МЕХАНІЗМІВ ПОРТАЛЬНИХ КРАНІВ	253
<i>Стешенко Я.В.</i> ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ АРХІТЕКТУР НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ РЕГРЕСІЙНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ	254
<i>Galagan R.</i> IMPROVING THE RELIABILITY OF ULTRASONIC TESTING FOR MATERIALS WITH HETEROGENEOUS STRUCTURE	257

Сбродов Є.В., Юзефович Р.М., Торба Ю.І. ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АНАЛІЗУ ВІБРОСИГНАЛІВ БАГАТОВАЛЬНИХ АВІАЦІЙНИХ ГТД НА ОСНОВІ КАСКАДНОЇ ПНВП-ДЕКОМПОЗИЦІЇ	260
Панченко О.А., Несін В.В. ЗАСТОСУВАННЯ БЮДЖЕТНИХ ЕНДОСКОПІЧНИХ USB ВІДЕОКАМЕР ПРИ ОГЛЯДІ ВНУТРІШНІХ ПОВЕРХОНЬ БАЛОНІВ ДЛЯ ДІОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ	262
Muraviov O.V., Nahornyi M.D. THERMAL STABILIZATION OF IMAGE QUALITY IN MEDICAL THERMAL IMAGING SYSTEMS	265
Лесковець Б.В., Богдан Г.А. ЗАСТОСУВАННЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНОГО RGB/LIDAR КОНТРОЛЮ ДЛЯ ОЦІНКИ ТРІЩИН БЕТОННИХ ПОВЕРХОНЬ	268
Яворський І.М., Хміль Р.І., Юзефович Р.М., Личак О.В., Трохим Г.Р. ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ СТОХАСТИЧНОЇ ПОВТОРЮВАНOSTІ ОБЕРТОВИХ МЕХАНІЗМІВ МЕТОДАМИ ТЕОРІЇ ТА СТАТИСТИКИ ПНВП	270
Momot A. PROSPECTS FOR THE USE OF LARGE LANGUAGE MODELS IN NON-DESTRUCTIVE TESTING	271
Юзефович Р.М., Комарницький Б.Р., Яворський І.М., Личак О.В., Слєпко Р.Т. ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ОБЕРТОВИХ МЕХАНІЗМІВ ПІДДАНИХ НАВОДНЕННЮ	275
Глабець С.Н., Єременко В.С. ВПЛИВ ПОВЕРХНЕВИХ ДЕФЕКТІВ ПОЛІЕТИЛЕНОВИХ ТРУБ НА РЕЗУЛЬТАТИ КОНТРОЛЮ ДИФРАКЦІЙНО-ЧАСОВИМ МЕТОДОМ	276
Юзефович Р.М., Пелинець Р.І., Яворський І.М., Личак О.В., Шарамга Р.В. ЗАСТОСУВАННЯ БІПЕРІОДИЧНИХ ВИПАДКОВИХ НЕСТАЦІОНАРНИХ ПРОЦЕСІВ У ВІБРАЦІЙНІЙ ДІАГНОСТИЦІ ОБЕРТОВИХ МЕХАНІЗМІВ	282
Довженко О.П., Якуніна Н.О., Лук'яненко Е.В. БАГАТОКАНАЛЬНИЙ КОСМЕТОЛОГІЧНИЙ УЛЬТРАЗВУКОВИЙ ПРИЛАД	283
Momot A., Yakunina N. ANALYSIS OF THE CHARACTERISTICS OF PVDF MATERIAL SELECTION FOR BROADBAND ULTRASONIC TRANSDUCERS	285
Учанін В.М., Іващенко К.А. СТВОРЕННЯ ВИХРОСТРУМОВОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ПОДВІЙНОГО ДИФЕРЕНЦІЮВАННЯ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ВНУТРІШНІХ ТРІЩИН В ЗОНІ ЗАКЛЕПОК НА НАДНИЗЬКИХ РОБОЧИХ ЧАСТОТАХ	289
Muraviov O.V. AUTONOMY OF UAVS: LEVELS, FUNCTIONAL FEATURES, AND DEVELOPMENT PROSPECTS	293
Петренко Д.В., Протасов А.Г. АДАПТИВНІ СТРАТЕГІЇ CURRICULUM LEARNING ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ MAPLESS-НАВІГАЦІЇ МОБІЛЬНИХ ПЛАТФОРМ	297
Momot A. ANALYSIS OF MODELS FOR IMAGE SEGMENTATION IN MAGNETIC PARTICLE NON-DESTRUCTIVE TESTING	301
Мінаков С.М., Учанін В.М., Мінаков А.С. БЕЗКОНТАКТНИЙ МАГНІТОАІЗОТРОПНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНЬ ЗВАРНИХ КОНСТРУКЦІЙ	305
Muraviov O.V. PASSIVE OPTICAL ATHERMALIZATION OF DIOPTRIC INFRARED OBJECTIVES	306
Сучков Г.М., Кальницький М.Е., Курандо О.Г. ЕЛЕКТРОМАГНІТНО - АКУСТИЧНА ТЕХНОЛОГІЯ ПРОДУКТИВНОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЮ ФЕРОМАГНІТНИХ МЕТАЛОВИРОБІВ ЗНАЧНИХ РОЗМІРІВ	310
Galagan R. METHODS FOR SOLVING INVERSE PROBLEMS IN ULTRASONIC NON-DESTRUCTIVE TESTING USING CLASSICAL AND MACHINE LEARNING APPROACHES	313

Фриз М.Є., Воробець І.В. МОДЕЛІ ШУМОВИХ СИГНАЛІВ У ЗАДАЧАХ ПРОМИСЛОВОГО АКУСТИЧНОГО МОНІТОРИНГУ	316
Орлов С.В., Тарасенко Я.В., Грічанюк О.М., Сотченко А.М. ОЦІНКА ПРИДАТНОСТІ МЕТОДІВ ГЛИБИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ВІЗУАЛЬНО-ОПТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ДРУКОВАНИХ ПЛАТ У ПРОЦЕСІ ЛАБОРАТОРНИХ ВИПРОБУВАНЬ	318
Зайцева Л.В. АНАЛІТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ СТРУКТУРНОЇ АНІЗОТРОПІЇ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЮ АУСТЕНІТНИХ СТАЛЕЙ	320
Рибіцький І.В., Головатюк О.І., Запека В.Ю. РОЗРОБЛЕННЯ ВИМОГ ЩОДО АКУСТИЧНОГО КОНТРОЛЮ СТВОЛІВ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ СИСТЕМ	322
Сайко В.Г., Комаров В.О., Коломійцев О.В. ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БОЙОВИХ ЛІТАКІВ	328
Трохим Г.Р., Юзефович Р.М., Личак О.В., Черчик Г.Т. ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ КУЛЬОК У ПРАЦЮЮЧОМУ ПІДШИПНИКУ КОЧЕННЯ ЗА ВІБРАЦІЙНИМ СИГНАЛОМ	334

СЕКЦІЯ 8

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ. ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ. ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОБЛІКУ ЕНЕРГОНОСІЇВ

Реуцький Є. А., Піндус Н. М. ОЦІНЮВАННЯ ВЛИВУ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ПОХИБКУ ВИМІРЮВАНЬ ОБ'ЄМУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ	337
Драчук О. О. УДОСКОНАЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ ШЛЯХОМ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ ТА ОБ'ЄМУ	339
Горжій І. В., Писарець А. В. ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ БАГАТОЛІНІЙНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ ОБЛІКУ ГАЗУ	342
Середюк О. Є., Труфан М. М. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ОБЛІКУ ЕНЕРГОНОСІЇВ НА ОСНОВІ МЕТОДУ ПОДВІЙНОГО КОНТРОЛЮ ТА МАШИННОГО НАВЧАННЯ	344
Боднар Р. Т. ВИЗНАЧЕННЯ ЗМОЧУВАНOSTІ НАФТОНОСНИХ ПОРІД РОЗЧИНАМИ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН	349
Боднар Р. Т., Середюк О. Є. ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМУ РІДКИХ НАФТОПРОДУКТІВ В ЦИЛІНДРИЧНИХ НАХИЛЕНИХ РЕЗЕРВУАРАХ	353
Гришанова І. А. МАЙБУТНЄ ВИТРАТОМЕТРІЇ: ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ, ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ТА КВАНТОВІ ТЕХНОЛОГІЇ	357
Бугайчук М. І, Роман В. І. МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ НАВЧАЛЬНИХ ДАНИХ ДЛЯ МАШИННОГО НАВЧАННЯ В ЗАДАЧАХ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ	361
Романчук А. Г., Яворський А. В., Цих В. С., Ковбанюк М. А. ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ КЕРУВАННЯ СИСТЕМОЮ ОПАЛЕННЯ В ГРОМАДСЬКІЙ БУДІВЛІ	363
Лось В. Ю. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ АЛГОРИТМІВ НЕІНТРУЗИВНОГО МОНІТОРИНГУ НАВАНТАЖЕННЯ ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ БУДІВЕЛЬ	366
Pysarets O., Pysarets A. INCREASING ENERGY INDEPENDENCE IN AN APARTMENT BUILDING	369

Єфименко В. С., Запорожець А. О., Декуша О. Л. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ПОТЕНЦІАЛУ СОНЯЧНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ В УМОВАХ МІСЬКОЇ ЗАБУДОВИ	371
Ткачов А. К., Яганов П. О., Черненко В. В. АНАЛІТИЧНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ТОЧКИ МАКСИМАЛЬНОЇ ПОТУЖНОСТІ СОНЯЧНОГО ЕЛЕМЕНТА ЗА ПАРАМЕТРАМИ НАПРУГИ ХОЛОСТОГО ХОДУ ТА СТРУМУ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ	374
Кульчак А. М., Цих В. С., Яворський А. В. ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ МОДУЛІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ЕФЕКТИВНОСТІ	379
Rybchyn B. R., Krynytskyi O. S. INFORMATION AND MEASUREMENT TECHNOLOGIES FOR ESTIMATING FLICKER AND VOLTAGE PARAMETERS USING SIMPLIFIED SIGNAL PROCESSING ALGORITHMS	382
Knyazevich D. D., Matsiuk I. V., Krynytskyi O. S. INFORMATION AND MEASUREMENT TECHNOLOGIES FOR DIAGNOSING SOLAR PANELS AND THERMOELECTRIC MODULES BY CURRENT-VOLTAGE CHARACTERISTICS ...	385

СЕКЦІЯ 9

МЕТРОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИМІРЮВАННЯ МАСИ

Ціпоренко С.В. ЗАКОНОДАВЧІ АСПЕКТИ ЗВАЖУВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ.....	389
Клос І. М., Івах Р. М. ВИБУХОЗАХИЩЕНА ПРОДУКЦІЯ ТЗОВ НВП “ТЕХНОВАГИ”	395
Хомутенко Д. Г., Зайцев В. М. ПРИЛАД ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ СКЛЮВАННЯ БІТУМУ, ЯК ПОКАЗНИКА НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ТРІЩИНОСТІЙКОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОНУ	397
Курочкін О.О. ОПТИЧНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ДЕФОРМАЦІЙ І ПЕРЕМІЩЕННЯ В ТУНЕЛЯХ НА ОСНОВІ ВОЛОКОННИХ РЕШІТОК БРЕГГА.....	400
Pohuliaiko O. MEASUREMENT ACCURACY AND RELIABILITY IN ENGINE TESTING	401
Pohuliaiko O. CHANGE IN RESISTANCE OF STRAIN GAUGES WHEN OPERATING AT HIGH TEMPERATURES	402
Pohuliaiko O. TEMPERATURE STABILITY AND OXIDATION OF STRAIN GAUGE GRID ALLOYS IN HIGHTEMPERATURE STATIC AND DYNAMIC TESTING	408

СЕКЦІЯ 10

АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Білокур М. О., Сенаторов В. М. МЕТОДИКА ВИБОРУ ПРОТОТИПУ НА ЕТАПІ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУВАННЯ ПРИЛАДУ.....	409
Козир О. В., Богачев І. В., Дмитрієва Т. Д. УЛЬТРАЗВУКОВІ МАГНІТОСТРИКЦІЙНІ ВИМІРЮВАННЯ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ВІРТУАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ.....	412
Козир О. В., Zygmunt L. Warsza, Єременко В. С. ДОСЛІДЖЕННЯ ЧУТЛИВОСТІ КОНТРОЛЬНИХ КАРТ ШУХАРТА ДО ВЕЛИЧИН ПОСТІЙНОГО ЗМІЩЕННЯ.....	414
Нікулін С. С., Заболотний О. В. РОЗШИРЕННЯ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ FPV-ДРОНІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ HARDWARE-IN-THE-LOOP.....	419
Смолін Ю. О. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ В ЛІНІЯХ ЗВ'ЯЗКУ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ.....	424

Shevkun S. M., Kvasnikov V. P., Dobroliubova M. V., Shevkun M. S. EVALUATION OF TIME CONSTANT MEASUREMENT UNCERTAINTY DURING CALIBRATION OF PRECISION RESISTANCE STANDARDS USING THE NATIONAL STANDARD OF THE UNITS OF ELECTRICAL CAPACITANCE AND DISSIPATION FACTOR.....	428
Шевченко К. Л., Яненко О. П. ОЦІНЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЕННЯ МАТЕРІАЛІВ, ЩО КОНТАКТУЮТЬ ІЗ ТКАНІНАМИ ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ.....	431

СЕКЦІЯ 11

МЕТРОЛОГІЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Онуфрієнко Д. М., Сучков Г. М. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ АДИТИВНОГО ШУМУ НА ТОЧНІСТЬ КЛАСИФІКАЦІЇ ЗАШУМЛЕНИХ ВЕЙВЛЕТ-СПЕКТРІВ СИГНАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ CNN.....	437
Григоренко І. В., Лашков А. Г., Григоренко С. М. АНАЛІЗ І ВИБІР МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ТА ВІРОГІДНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ МАКАРОННИХ ВИРОБІВ.....	442
Григоренко І. В., Лиска С. В. МЕТОДИКА ДИНАМІЧНОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЮ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ТВЕРДОГО СИРУ	445
Жигло С.В. МЕТОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ ТА ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ У ВИСОКОШВИДКІСНОМУ ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ.....	448
Коломієць Л.В., Кузнєцов В.Ф., Кузнєцова Л.В. ЕКОМЕНЕДЖМЕНТ ТА МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТИ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ АВТОЗАПРАВНИХ СТАНЦІЙ.....	451
Bovt V.V. DIGITAL ROLE-BASED MANAGEMENT AND COMMUNICATION SYSTEM FOR METROLOGICAL SUPPORT	453
Бандурка А. М., Карпаш О. М. УДОСКОНАЛЕННЯ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗЕНІТНОЇ САМОХІДНОЇ АРТИЛЕРІЙСЬКОЇ УСТАНОВКИ	456
Юношев Д. Є., Штефан Н. В. РОЗВИТОК СТАНДАРТИЗАЦІЇ ЩОДО ЯКОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	458
Кондратенко В.О. ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ПІД ЧАС ВИМІРЮВАНЬ ТЕМПЕРАТУРИ ТЕРМОМЕТРАМИ ІНФРАЧЕРВОНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ	459
Новосьолов О.А. ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ КОНТРЕКСЦЕСІВ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ДОСТОВІРНОЇ ОЦІНКИ РОЗШИРЕНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ПІД ЧАС КАЛІБРУВАННЯ РОБОЧИХ ЕТАЛОНІВ	463
Хомяк Ю. В., Носков М. С., Дроздова Т. В. ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ВИХРОСТРУМОВОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ДЛЯ ВИМІРУ ТОВЩИНИ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ПОКРИТТІВ	466
Денисюк В. Ю. МЕТРОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ПРОЦЕДУРИ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ В ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ	471
Юла О.В., Засядько А.А., Рижков О.В. ОСОБЛИВОСТІ КОМПЛЕКСНОГО ВИКОРИСТАННЯ ДОПЛЕРІВСЬКИХ РАДАРНИХ СИСТЕМ ТА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ В ТРАЄКТОРНИХ ВИМІРЮВАННЯХ	477
Засядько А.А., Швець С.І., Кот О.Б. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ ТА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ ТРАЄКТОРНИХ ВИМІРЮВАНЬ	480

УДК 620.179.147:620.186:519.853] (02)

КОНЦЕПЦІЯ НАПОВНЕННЯ ІНФОРМАТИВНОСТІ ОЗНАК ПРИ ВИХРОСТРУМОВІЙ ІДЕНТИФІКАЦІЇ МАРОК ФЕРОМАГНІТНИХ МЕТАЛІВ

*Гальченко В.Я., Станкевич О.С., Трембовецька Р.В., Тичков В.В.,
Черкаський державний технологічний університет,
м. Черкаси, Україна
E-mail: v.halchenko@chdtu.edu.ua*

У промисловості трапляються ситуації, які потребують підтвердження марки матеріалу металу, сортування виробів за марками, що складають типові сценарії проведення ідентифікації. Одним з найбільш ефективних методів ідентифікації, котрий використовується в промисловості завдяки багатьом його перевагам над іншими, є вихрострумове випробування [1]. Якщо в контексті вихрострумowego методу контролю розглядати марку матеріалу не як якийсь гіпотетичний параметр, то її можна сприймати як сукупність певних властивостей, зокрема електропровідності, магнітної проникності, мікроструктури, хімічного складу, термічного та напруженого стану. Отже, вона може трактуватися як своєрідний відгук на зондування металевого об'єкту спостереження електромагнітним полем, тобто марка не може бути визначеною в результаті прямих вимірювань вихрострумowymi перетворювачами.

Задача ідентифікації металів вихрострумowym методом передбачає можливість виконання як для немагнітних матеріалів, частіше за все кольорових, так і феромагнітних. Проте, задача є складнішою для класифікації магнітних матеріалів по маркам. Загалом складність проблеми обумовлена низкою чинників. Різні марки матеріалів можуть мати дуже близькі електропровідності σ , магнітні проникності, які характеризуються перекривними залежностями $\mu(H)$. Окрім цього, значним є вплив на відгук матеріалу неконтрольованих факторів, котрі можна зарахувати до шумових перешкод вимірюванням. До них слід віднести варіації повітряного зазору між вимірювальним перетворювачем та поверхнею об'єкту спостереження, а також локальні зміни геометрії останнього. Їх вплив на відгук матеріалу може бути іноді більшим, ніж викликаний різницею між марками.

Задача ідентифікації марки матеріалу формулюється як задача багатокласової класифікації за визначеними інформаційними ознаками з отриманням дискретного результату. При цьому властивості об'єкту спостереження оцінюють неточно, адже достатнім є визначення на основі міжкласової відстані в просторі ознак приналежності до одного із класів, тобто внутрішньокласова варіабельність властивостей об'єкту ігнорується. Математично вибір класу CL відбувається за наступною формулою через визначення найбільшої ймовірності P відношення до нього за умови зафіксованого вимірювання y_{meas} :

$$CL = \arg \max_{CL} P(CL | y_{meas})$$

Для визначеності зазначимо нетривіальні приклади складної класифікації магнітних металів при вихрострумових випробуваннях об'єктів, де використання простих загальноприйнятих інформаційних ознак не призводить до бажаного результату і потрібні інші більш ефективні підходи. Наприклад, класифікація низьколегованих сталей з близькими властивостями, класифікація сталей з різним вмістом вуглецю тощо. Для всіх цих випадків характерним є слабка інформативність ознак класифікації, коли різні причини фізичної природи призводять до відбору з перетворювачів майже нерозрізнювальних вимірювальних сигналів. Основним недоліком більшості відомих підходів до класифікації у вихрострумовому контролі є їх орієнтація на розпізнавання класів без урахування фізичної неоднозначності вимірювань, нелінійності магнітних властивостей об'єктів.

Аналіз тенденцій в динаміці досліджень в цьому напрямку дозволяє виокремити еволюцію наповнення інформативності класифікаційних ознак, яка схематично виглядає наступною «електропровідність або магнітна проникність, отримані на одній частоті - одночасне вимірювання σ , і μ в одному одночастотному випробуванні (σ - μ meter) – овердетермінація зазначених параметрів при багаточастотних вимірюваннях». Отож, більш достовірна ідентифікація можлива лише за умови цілеспрямованого наповнення інформативності ознак. Для магнітних металів проблема полягає в тому, що параметри σ і μ впливають на сигнал одночасно, причому μ є нелінійною, частотнозалежною і гістерезисною класифікаційною ознакою. Якщо під інформативністю вважати здатність вимірювального сигналу однозначно відображати шукані розширені властивості об'єкту, то логічним є подальше наповнення інформативності ознак, але без застосування складних технік вихрострумових випробувань, зокрема багаточастотних. Хоча це дозволяє зменшити взаємну кореляцію впливів електропровідності та магнітної проникності на сигнал перетворювача, забезпечує алгоритмічне придушення перешкоджаючих шумових ефектів та в результаті більш впевнене сортування матеріалів внаслідок додаткового інформаційного наповнення ознак, що обумовлено застосуванням низки різних частот, все ж таки існує затребуваність реалізації цих переваг у більш простих за виконанням підходах.

Авторами пропонується нова концепція використання при ідентифікації металів інверсійних ознак, що забезпечує їх повніше інформаційне наповнення при одночастотних випробуваннях. Під інверсією даних вихрострумового відгуку об'єкта розумітимемо виділення із відповідних сигналів перетворювачів, на котрі впливають множинні небажані перешкоджаючі фактори, інформації щодо профілів електрофізичних властивостей його матеріалу, тобто розподілів електропровідності та магнітної проникності вздовж глибини проникнення електромагнітного поля в товщу матеріалу.

Отже, результуючи, можна стверджувати, що ефективна ідентифікація марок металів можлива при успішному виконанні двох завдань. Перше з яких

полягає у максимізації коефіцієнта «сигнал-шум» та відповідно зменшенні варіацій вихідного сигналу вихрострумів перетворювачів, викликаних неконтрольованими факторами, без застосування алгоритмів процесінгу відібраних сигналів. Ця проблема отримання «інформаційно чистих» сигналів безпосередньо з перетворювачів була вирішена авторами у попередніх дослідженнях [2-7], де ними був запропонований метод робастного параметричного проєктування оптимальних конструкцій накладних перетворювачів на основі алгоритму Тагучі, який забезпечує їх зазначені властивості. Цей метод у вказаних публікаціях був послідовно узагальнений на вихрострумові вимірювачі електропровідності, магнітної проникності, товщиноміри металевих пластин, діелектричних та металевих покриттів на немагнітних та феромагнітних основах, вимірювачі геометричних аномалій, де продемонстрував свою ефективність та високу цільову спрямованість. Метод може бути доволі легко адаптований для перетворювачів, які задіяні для ідентифікації марок металів, при врахуванні відповідних перешкоджаючих вимірюванням факторів.

Друге завдання також досліджувалося авторами та їх результати опубліковані відповідно в статтях [8-13]. В них цілеспрямовано вдосконалювався інноваційний оптимізаційний інверсійний метод розв’язання обернених задач визначення профілів електрофізичних властивостей матеріалу об’єктів спостереження за відібраними сигналами вихрострумів перетворювачів, причому як накладних [8-13], так і прохідних [14, 15]. Різновиди методу, який оснований на застосуванні сурогатних нейромережових моделей із накопиченням в них апріорної інформації щодо об’єктів контролю та отриманих із залученням високоякісних комп’ютерних однорідних планів багатофакторних експериментів на квазівипадкових LP_r та R -последовностях відповідно Соболя та Робертса [16, 17] із низькими розбіжностями, дозволили виконувати відновлення профілів σ і μ . Проте, вони виявилися доволі обчислювально затратними із-за значної розмірності простору пошуку профілів, не дивлячись на впровадження технік машинного навчання PCA та Kernel PCA щодо її скорочення.

Отже, існує виправдана стійка необхідність подальшого вдосконалення чисельних технік інверсії електрофізичних властивостей об’єктів випробувань. Нова концепція передбачає для переходу на більш вищий ступінь інформативної наповненості ознак класифікації застосування з цією метою генеративної моделі штучного інтелекту, зокрема генеративно-змагальної нейронної мережі GAN [18-24]. Вона виконуватиме функцію формування інверсійних ознак за відібраним сигналом вихрострумів перетворювача із наступною класифікацією марки металу в їх просторі. Такий вибір є обґрунтованим оскільки GAN здатна навчатися складній взаємодії σ та μ , причому формування інформативності відбувається на рівні розподілів ознак. Вже натренований генератор GAN використовується для синтетичного

відтворення властивостей матеріалу в неперервному просторі, тобто “GAN-inversion”. Отож, генератор GAN навчається створювати фізично достовірні профілі провідності та проникності, які відповідають реальним. Після його завершення генератор може швидко відновлювати властивості матеріалу з нових вимірювань без застосування чисельних методів інверсії. GAN використанням регуляризаційних технік забезпечує «розумне» обмеження на відновлені профілі, створюючи їх фізично правдоподібними. Все це дозволяє виконувати ідентифікацію матеріалу по маркам.

Література

- [1] Arnold, W., Goebbels, K., & Kumar, A. (2023). *Non-destructive Materials Characterization and Evaluation*. Berlin, Germany:: Springer.
- [2] Halchenko, V.Y., Trembovetska, R. & Tychkov, V. Reducing noise levels in eddy current measurements using self-differential probes of the substrate conductivity under a layer of conductive coating in moved objects. *Sci Rep* (2026). <https://doi.org/10.1038/s41598-026-42808-1>
- [3] Halchenko, V. Y., Trembovetska, R., Tychkov, V., & Kovtun, V. (2025). Robust parameter design of eddy current meters for the electrical conductivity of materials and products of considerable thickness. *Measurement*, 119218. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2025.119218>
- [4] Halchenko, V.Y., Trembovetska, R., Tychkov, V. *et al.* Robust Parameter Design of Eddy Current Measuring Devices for Magnetic Permeability of a Moving Strip of Ferromagnetic Rolled Metal. *J Nondestruct Eval* 45, 12 (2026). <https://doi.org/10.1007/s10921-025-01295-6>
- [5] Halchenko VY, Trembovetska R, Tychkov V, Kovtun V (2026) Eddy current measurements of dielectric coating thickness on a weakly magnetic substrate within the medium frequency range. *PLoS One* 21(1): e0340200. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0340200>
- [6] Halchenko V. Ya., Trembovetska R.V., Tychkov V.V. Robust parameter design of surface eddy current probes. The case of measuring geometric anomalies in a stationary test object. *Tekhnichna Elektrodynamika*. 2025 (5). pp. 76-88. <https://doi.org/10.15407/techned2025.05.076>
- [7] Halchenko V. Ya., Trembovetska R.V., Tychkov V.V. Application of Taguchi Method in Design of Surface Eddy Current Probes for Diagnostics of Power Equipment. *Problemele energeticii regionale*. 2024, 4 (64), pp. 10-20. <https://doi.org/10.52254/1857-0070.2024.4-64.02>
- [8] V. Ya. Halchenko, R. V. Trembovetska, V. V. Tychkov and N. B. Tychkova. Surrogate methods for determining of profiles of material properties of planar test objects with accumulation of apriori information about them. *Archives of Electrical Engineering*, 73(1):183–200, 2024. <https://doi.org/10.24425/ae.2024.148864>
- [9] Halchenko V.Ya., Trembovetska R.V., Tychkov V.V., Tychkova N.B. Reconstruction of electrophysical parameters distribution during eddy current measurements of structural features of planar metal objects. *Latvian journal of physics and technical sciences*. Vol 61. - № 3 - 2024. – P. 61-75. <https://doi.org/10.2478/lpts-2024-0021>
- [10] Halchenko V.Ya., Trembovetska R.V., Tychkov V.V., Tychkova N.B. (2024) The inverse problem of determining of electrophysical parameters profiles in eddy-current structuroscopy using apriori information on multifrequency sensing. *Mathematical Modelling and Analysis*. Volume 29, Issue 4, pp. 767–780. <https://doi.org/10.3846/mma.2024.20022>.
- [11] Halchenko, V. Y., Trembovetska, R. V., & Tychkov, V. V. (2025). Computer-economical optimization method for solving inverse problems of determining electrophysical properties of objects in eddy current structuroscopy. *Electrical Engineering & Electromechanics*, (1), 39–47.

<https://doi.org/10.20998/2074-272X.2025.1.06>

- [12] Halchenko, V.Y.; Trembovetska, R.; Tychkov, V.; Kovtun, V.; Tychkova, N. Application of Reduced Order Surrogate Models in Compatible Determination of Material Properties Profiles by Eddy Current Method. *Electronics* 2025, 14, 212. <https://doi.org/10.3390/electronics140102122025>
- [13] Halchenko, V., Trembovetska, R., Tychkov, V. Indirect simultaneous eddy-current measurements of subsurface profiles of electrophysical properties of planar objects using apriori knowledge about them. *Metrol. Meas. Syst.*, Vol. 32 (2025) No. 1, pp. 1–15 <https://doi.org/10.24425/mms.2025.152781>
- [14] В. Я. Гальченко, А. В. Сторчак, В. В. Тичков, Р. В. Трембовецька. Вимірювання приповерхневих радіальних профілів електрофізичних характеристик циліндричних об'єктів вихрострумовим методом із застосуванням апіорних даних. *Український метрологічний журнал*. - 2022. - № 1. - С. 5-11. <https://doi.org/10.24027/2306-7039.1.2022.258678>
- [15] В. Я. Гальченко, А. В. Сторчак, В. В. Тичков, Р. В. Трембовецька. Створення сурогатної моделі для відновлення приповерхневих профілів електрофізичних характеристик циліндричних об'єктів. *Український метрологічний журнал*. - 2020. - № 3. - С. 27-35. <https://doi.org/10.24027/2306-7039.3.2020.216824>
- [16] Halchenko V., Trembovetska R., Tychkov V. and Tychkova N. (3923) Construction of Quasi-DOE on Sobol's Sequences with Better Uniformity 2D Projections. *Applied Computer Systems*, Vol.28 (Issue 1), pp. 21-34. <https://doi.org/10.2478/acss-2023-0003>
- [17] Гальченко В. Я., Кошовий М. Д., Трембовецька Р. В. Однорідні плани багатофакторних експериментів на квазівипадкових R - послідовностях Робертса для сурогатного моделювання у вихрострумовій структуроскопії. *Радіоелектроніка, інформатика, управління*. – 2022. - № 3. – С. 22-30. <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2022-3-2>
- [18] Xu, X.; Li, Y.; Du, L.; Huang, W. Inverse Design of Nanophotonic Devices Using Generative Adversarial Networks with the Sim-NN Model and Self-Attention Mechanism. *Micromachines* 2023, 14, 634. <https://doi.org/10.3390/mi14030634>
- [19] Chen, C. T., & Gu, G. X. (2020). Generative deep neural networks for inverse materials design using backpropagation and active learning. *Advanced Science*, 7(5), 1902607. <https://doi.org/10.1002/advs.201902607>
- [20] Gui, J., Sun, Z., Wen, Y., Tao, D., & Ye, J. (2021). A review on generative adversarial networks: Algorithms, theory, and applications. *IEEE transactions on knowledge and data engineering*, 35(4), 3313-3332. <https://doi.org/10.1109/TKDE.2021.3130191>
- [21] Machhindranath M. Dhane, Shobhankumar D.M, Lakshmi Janardhana R.C, Ramesh T Accelerating Inverse Problem Solutions with Generative Adversarial Networks. *Communications on Applied Nonlinear Analysis*. Vol. 31 No. 1 (2024) 365 – 375 <https://doi.org/10.52783/cana.v31.6093>
- [22] Ledig, C., Theis, L., Huszár, F., Caballero, J., Cunningham, A., Acosta, A., Aitken, A., Tejani A., Totz J., Wang Z., & Shi, W. (2017). Photo-realistic single image super-resolution using a generative adversarial network. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 4681-4690). <https://doi.org/10.48550/arXiv.1609.04802>
- [23] Dimakis, A. G., Bora, A., Van Veen, D., Jalal, A., Vishwanath, S., & Price, E. (2022). Deep generative models and inverse problems. *Mathematical Aspects of Deep Learning*, 400, 47. <https://doi.org/10.1017/9781009025096.010>
- [24] Mardani, M., Gong, E., Cheng, J. Y., Vasanawala, S. S., Zaharchuk, G., Xing, L., & Pauly, J. M. (2018). Deep generative adversarial neural networks for compressive sensing MRI. *IEEE transactions on medical imaging*, 38(1), 167-179. <https://doi.org/10.1109/TMI.2018.2858752>