

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

**Національний науковий центр «Інститут метрології»
м. Харків**

**Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»**

Матеріали Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених

**«Метрологічні аспекти прийняття рішень
в умовах роботи на техногенно небезпечних
об'єктах»**

Згідно з планом проведення міжнародних, всеукраїнських науково-практичних та науково-методичних конференцій і семінарів на базі Харківського національного автомобільно-дорожнього університету у 2025 році (Посвідчення УкрІНТЕІ № 799 від 09 грудня 2024 року)

**4 листопада 2025 р.
м. Харків, Україна**

Організаційний комітет конференції

Богомолів Віктор Олександрович	- голова організаційного комітету, ректор ХНАДУ (м. Харків), професор
Дмитрієв Ілля Андрійович	- заступник ректора з наукової роботи ХНАДУ (м. Харків), професор
Єфіменко Олександр Володимирович	- декан механічного факультету ХНАДУ (м. Харків), професор
Богатов Олег Ігоревич	- відповідальний секретар конференції, завідувач кафедри метрології та безпеки життєдіяльності ХНАДУ (м. Харків), доцент

ЗМІСТ

	Стор.
Секція 1 Вимірювальні інформаційні технології на техногенно небезпечних об'єктах	
Ганус А. В., Роянов О. М. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ ЗАГАЗОВАНOSTІ РЕЗЕРВУАРІВ ЗБЕРІГАННЯ ПАЛИВА	7
Дьомінов Д. І. ВИКОРИСТАННЯ ЛОКАЛЬНОЇ КОРЕЛЯЦІЇ МІЖ СИГНАЛАМИ У ВІКНАХ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ШВИДКИХ ЗМІНЮВАНЬ ПАРАМЕТРІВ СИГНАЛУ	10
Клягін П. В. ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИЗНАЧЕННЯ КОНТУРІВ ОБ'ЄКТІВ В МАТРИЦІ ВІДЕОКАМЕРИ НА ОСНОВІ ОЦІНКИ ЕВКЛІДОВОЇ ВІДСТАНІ МІЖ РЯДКАМИ І СТОВПЦЯМИ ПІДМАТРИЦЬ	12
Лабур Р. Ю., Богатов О. І. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЦІНЮВАННЯ МЕТРОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ ІЗ ГЕТЕРОГЕННИМИ ДАТЧИКАМИ	14
Масляник Д. К., Петрукович Д. Є. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПОБУДОВИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ	17
Перевозник П. О., Медведовська Я. С. ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	21
Петровський І. М., Медведовська Я. С. ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ АЛГОРИТМІВ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ ПРИ НИЗЬКОМУ СПІВВІДНОШЕННІ СИГНАЛ/ШУМ	25
Сокач А. І., Кравцов М. М. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОГНОЗУВАННЯ КЛІМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА МАШИНОБУДІВНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ	29
Філатов Є. А., Кравцов М. М. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ ПОВІТРЯ У ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОМУ ЦЕХУ МАШИНОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА	34
Хоменко Ю. С. МОДЕЛЬ РОЗПІЗНАВАННЯ НАЗЕМНИХ ОРІЄНТИРІВ АВТОНОМНИМИ МОБІЛЬНИМИ РОБОТАМИ З ВИКОРИСТАННЯМ ФРАКТАЛЬНОЇ РОЗМІРНОСТІ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНОЇ ДОСТОВІРНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ	39
Шевченко Я. С., Богатов О. І. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ ПРОГНОЗУВАННЯ МЕТРОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ ВИМІРЮВАЛЬНИХ КАНАЛІВ У ДИНАМІЧНОМУ РЕЖИМІ	42

Секція 2 Пристрої і методи вимірювання та контролю параметрів потенційно небезпечних процесів. Метрологічне забезпечення безпеки життєдіяльності	
Бугайчук Н. Р., Тичков В. В., Гальченко В. Я., Трембовецька Р. В. ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИХРОСТРУМОВИХ ВИМІРЮВАНЬ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МЕТАЛЕВИХ ВИРОБІВ НА КОНВЕЄРНИХ ЛІНІЯХ	47
В'яла О. А., Коваль А. О. АДАПТИВНА ФІЛЬТРАЦІЯ ШУМІВ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ	53
Коршун Є. А., Тичков В. В., Гальченко В. Я., Трембовецька Р. В. ПРОЕКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ КОНТРОЛЮ ВОДНИХ РЕСУРСІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ІОНСЕЛЕКТИВНИХ СЕНСОРІВ	58
Рудаков С. В., Старченко М. В. МЕТОДИКА ВИЯВЛЕННЯ МІСЦЬ ПОШКОДЖЕННЯ КАБЕЛЬНИХ ВИРОБІВ НА ЕНЕРГЕТИЧНИХ КОМПЛЕКСАХ	62
Тичков Д. В., Бондаренко М. О. ПОБУДОВИ, АНАЛІЗ ТА ВИБІР ОПТИМАЛЬНИХ РЕГРЕСІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ДОСЛІДЖЕНЬ В СЕРЕДОВИЩІ DATA MINING WORKSPACES	67
Тичкова Н. Б., Гальченко В. Я., Трембовецька Р. В., Тичков В. В. РОЗРОБКА МЕТОДУ ОДНОЧАСНОГО ВИЗНАЧЕННЯ РОЗПОДІЛІВ МАТЕРІАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ В ПРИПОВЕРХНЕВІЙ ЗОНІ ПЛАСКИХ СТРУМОПРОВІДНИХ ОБ'ЄКТІВ	71
Коваль Д. О., Штих С. О., Коваль А. О. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЦІНЮВАННЯ ТА КОРЕКЦІЇ ПОХИБОК ЮСТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ	76
Секція 3 Проблемні питання прийняття рішень	
Бажан Є. С., Грайворонська І. В. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАХИЩЕНОСТІ ДАНИХ У ПРОЦЕСІ ПРОМИСЛОВОЇ ОБРОБКИ	80
Блажко С. С., Олійник Л. Г., Коваль О. А. МЕТОД ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ ВИМІРЮВАНЬ В МУЛЬТИСЕНСОРНІЙ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІЙ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІЙ СИСТЕМІ ТИСКУ	83
Стрелець В. В., Рябов О. Д., Коваль О. А. МЕТОД ПОЯСНЮВАЛЬНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ІНТЕРПРЕТАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ ОБРОБКИ ДАНИХ ВИМІРЮВАНЬ	87
Ус М. О., Грайворонська І. В. ЗАСТОСУВАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОБРОБКИ ДАНИХ	91
Швидкий М. О., Роянов О. М. СПОСОБИ ОБРОБКИ ДАНИХ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПРОМИСЛОВИХ ЗОН	93

Шнурко І. О., Петрукович Д. Є. ПРОГНОЗУВАННЯ ДЕГРАДАЦІЇ СЕНСОРІВ ТЕМПЕРАТУРИ В СИСТЕМІ ДОРОЖНЬОЇ МАШИНИ	96
Ялова К. А. ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У АІ-АСИСТОВАНИЙ ДІАГНОСТИЦІ ЗАХВОРЮВАНЬ ШКІРИ	100
Секція 4 Ліквідація наслідків аварій на техногенно небезпечних об'єктах	
Богомол Д. С., Черепньов І. А., Пісня Л. А. АНАЛІЗ НАСЛІДКІВ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ПЕСТИЦИДІВ НА ПРАЦІВНИКІВ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА	107
Волчанов Д. В., Кравцов М. М. ЕКОЛОГІЧНІ ІННОВАЦІЇ В АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ: ШЛЯХ ДО ЗМЕНШЕННЯ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ	111
Курилюк О. М. ЛІКВІДАЦІЯ НАСЛІДКІВ АВАРІЙ НА ТЕХНОГЕННО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ ЗА ДОПОМОГОЮ АВТОНОМНОЇ МОБІЛЬНОЇ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ КОМБІНОВАНОЇ ДІЇ	114
Нечаус А. О., Кравцов М. М. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДАТЧИКІВ ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ	117
Попко С. О., Черепньов І. А., Пісня Л. А. СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА ТЕХНІКА ЯК ПРИЧИНА ПОЖЕЖ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ	123
Сальник О. В., Табуненко В. О. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ВІЙСЬКОВИХ ОБ'ЄКТІВ В УМОВАХ БОЙОВИХ ДІЙ	126
Толмачов Д. М., Кравцов М. М. ЕКОЛОГІЧНІ ІННОВАЦІЇ В АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ: ШЛЯХ ДО ЗМЕНШЕННЯ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ	131
Яровий О. В., Кравцов М. М. ЗАСТОСУВАННЯ ДРОНІВ І РОБОТОТЕХНІКИ ПІД ЧАС ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ АВАРІЙ НА ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТАХ	135

Тичкова Н. Б., аспірантка
Гальченко В. Я., д.т.н., професор
Трембовецька Р. В., д.т.н., професор
Тичков В. В., к.т.н., доцент
кафедра приладобудування, мехатроніки
та комп'ютеризованих технологій
Черкаський державний технологічний університет

РОЗРОБКА МЕТОДУ ОДНОЧАСНОГО ВИЗНАЧЕННЯ РОЗПОДІЛІВ МАТЕРІАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ В ПРИПОВЕРХНЕВІЙ ЗОНІ ПЛАСКИХ СТРУМОПРОВІДНИХ ОБ'ЄКТІВ

Вихрострумний аналіз мікроструктури матеріалів є ключовим методом у різних сферах науки, техніки та промисловості через унікальні властивості та здатність провести детальну перевірку якості матеріалів, визначення профілів їх властивостей і виявлення мікроструктурних відхилень під час технологічних операцій, зокрема поверхневого зміцнення. До значущих факторів, які впливають на розподіл вихрових струмів і результати вимірювань, відносяться характеристики об'єкта контролю, такі як електропровідність і магнітна проникність, а також його форма, розмір і конфігурація; частота електромагнітного поля, що визначає глибину проникнення струмів; та зазор між котушкою і об'єктом. У цьому дослідженні розглядається метод одночасного визначення профілів електропровідності та магнітної проникності за допомогою накладного вихрострумного перетворювача з наступним аналізом на базі алгоритмів сурогатної оптимізації та нейронних метамоделей скороченої розмірності. Визначення цих профілів дозволяє робити висновки про мікроструктурні характеристики об'єкта. Отже, задача реконструкції профілів на основі

прямих вимірювань амплітуди і фази сигналів є багатопараметричною та оберненою вимірювальною задачею зі складною постановкою.

Об'єктом дослідження цієї роботи є процес одночасного визначення профілів матеріальних властивостей об'єктів контролю за допомогою вихрострумowego методу. Предметом дослідження виступає метод сумісного визначення приповерхневих профілів електрофізичних параметрів металевих об'єктів з використанням вихрострумowego аналізу, що базується на апіорному накопиченні інформації у сурогатних моделях скороченої розмірності.

Метою статті є дослідження ефективності запропонованого методу, який одночасно визначає профілі електропровідності та магнітної проникності в приповерхневій зоні плоских об'єктів контролю. Це дослідження проведено за допомогою комп'ютерних експериментів із застосуванням сурогатної оптимізації у РСА-просторі скороченої розмірності та накопичення апіорної інформації про основні фактори, що формують сигнал накладного вихрострумowego перетворювача. При цьому розглядається варіація вимірності компактного підпростору з метою підвищення точності моделювання та оптимізації.

При моделюванні вихрострумowym методом вимірювання об'єкту контролю (ОК) вважається таким, що має нескінченні геометричні розміри, а середовище – лінійним, однорідним і ізотропним. Визначення профілів електропровідності (ЕП) і магнітної проникності (МП) проводиться чисельними методами на основі даних, отриманих за допомогою накладного вихрострумowego перетворювача (ВСП).

Алгоритм розв'язання оберненої задачі базується на електродинамічній моделі процесу вихрострумowego контролю, котра враховує, що приповерхнева зона ОК з різними структурними особливостями, наприклад, за рахунок технологічних операцій зміцнення, імітується як багат шарова система, де кожен шар має власні постійні матеріальні параметри.

Безперервність профілів ЕП і МП моделюється великою кількістю таких шарів.

Електромагнітне поле генерується котушкою генератора ВСП із синусоїдальним струмом з певною кутовою частотою ω . Котушка має прямокутний поперечний переріз обмежених розмірів із рівномірною густиною струму та кількістю витків, тоді як вимірювальна котушка ВСП має нескінченно малий переріз.

Для аналітичного моделювання процесу застосовується модифікована електродинамічна модель Uzal-Cheng-Dodd-Deeds, адаптована Theodoulidis, що дозволяє враховувати складні структурні особливості об'єкта контролю під час вихрострумowego дослідження.

При моделюванні вихрострумowego контролю застосовується комплексна методологія, що включає такі основні етапи:

1. Отримання точного розв'язку прямої електродинамічної задачі взаємодії квазістаціонарного електромагнітного поля, згенерованого накладним вихрострумовим перетворювачем (ВСП), із струмопровідним пласким об'єктом контролю (ОК) з кусково-постійними профілями матеріальних характеристик та обчисленням сигналу ВСП.

2. Планування комп'ютерних експериментів для дослідження та аналізу.

3. Створення метамоделей (проксі-моделей) за допомогою глибоких повнозв'язних багат шарових персептронів (MLP-нейронних мереж) з врахуванням апріорної інформації щодо характеристик ОК.

4. Розв'язання оберненої задачі визначення профілів електропровідності та магнітної проникності із застосуванням оптимізаційного популяційного метаввристичного алгоритму пошуку глобального екстремуму, який працює на основі сурогатної моделі.

Цей підхід дозволяє ефективно інтерпретувати вимірювальні сигнали ВСП та відновлювати профілі матеріальних властивостей у багат шаровій

приповерхневій зоні об'єктів контролю з високою точністю. Така методологія ґрунтується на детальних математичних моделях, сучасних методах штучного інтелекту та глобальних оптимізаційних алгоритмах, що дає змогу враховувати складні структурні особливості матеріалів і точніше управляти процесом вимірювань.

План обчислювальних експериментів враховує всі основні фактори, що впливають на формування вихідного сигналу накладного вихрострумowego перетворювача. До них належать матеріальні характеристики об'єкта контролю, частота електромагнітного поля зондування, а також повітряний зазор між ВСП та ОК. Збір інформації про ці фактори на попередньому етапі дозволяє акумулювати додаткові дані про ОК, які використовуються у створенні сурогатної моделі за допомогою глибоких нейронних мереж.

Оптимізація в цій моделі здійснюється не у повному проєктному просторі, розмірність якого залежить від кількості умовних шарів у приповерхневій зоні ОК, а у скороченому просторі зменшеної розмірності, що зберігає майже всі властивості повного простору при незначній втраті інформації. Це компактне представлення забезпечується за рахунок застосування методу головних компонент (РСА). Такий підхід підвищує ефективність та точність процесу відновлення профілів матеріальних властивостей об'єкта контролю.

При виконанні оптимізації в задачі вихрострумowego контролю можна знайти баланс між обчислювальною складністю та точністю розв'язку, регулюючи розмірність скороченого простору пошуку. Цей простір має меншу розмірність за рахунок збереження ключових властивостей вихідного простору, який визначається подвійною кількістю умовних шарів приповерхневої зони об'єкта контролю. Після оптимізації за допомогою скороченого простору відбувається зворотне проєціювання результатів у первинний проєктний простір, що дозволяє визначити шукані профілі електропровідності та магнітної проникності з високою точністю. Такий

підхід знижує обчислювальні витрати, зберігаючи при цьому достатню точність відновлення профілів матеріальних властивостей.

Проведені комп'ютерні експерименти чітко показали ефективність запропонованого методу визначення профілів матеріальних характеристик плоских об'єктів контролю при використанні технік сурогатної оптимізації в скороченому РСА-просторі. Використання найважливішої апіорної інформації щодо об'єктів у процесі вихрострумового контролю дозволило достовірно і точно відновлювати мікроструктурні особливості матеріалів, підтверджуючи надійність підходу та його прикладну значущість у дослідженнях матеріалознавства та контролю якості матеріалів.

Список використаної літератури:

1. Halchenko, V. Ya., Trembovetska, R. V., Tychkov V. V., & Tychkova, N. B. (2024). 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. doi:10.24425/aee.2024.148864

2. 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. Vol. 29, Issue 4, pp. 767-780. <https://doi.org/10.3846/mma.2024.20022>.

3. 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. DOI: 10.2478/lpts-2024-0021