

ВИСНОВОК

**про наукову новизну, теоретичне та практичне
значення результатів дисертації**

СТОРЧАКА АНАТОЛІЯ ВЯЧЕСЛАВОВИЧА

**на тему: «Система вихрострумового вимірювання приповерхневих радіаль-
них профілів електрофізичних характеристик циліндричних об'єктів»**

для здобуття ступеня доктора філософії

за спеціальністю 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

Публічна презентація наукових результатів дисертації Сторчака Анатолія Вячеславовича відбулася на засіданні кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій (далі – ПМКТ) Черкаського державного технологічного університету (далі – ЧДТУ) 6 березня 2025 року, протокол № 7.

ПРИСУТНІ:

Бондаренко М.О., завідувач кафедри ПМКТ, д-р техн. наук, професор;

Базіло К.В., професор кафедри ПМКТ, д-р техн. наук, професор;

Гальченко В.Я., професор кафедри ПМКТ, д-р техн. наук, професор;

Тичков В.В., доцент кафедри ПМКТ, канд. техн. наук, доцент;

Топтун А.В., асистент кафедри ПМКТ, д-р філософії;

Трембовецька Р.В., професор кафедри ПМКТ, д-р техн. наук, професор;

Туз В.В., доцент кафедри ПМКТ, канд. техн. наук, доцент;

Філімонов С.О., доцент кафедри ПМКТ, канд. техн. наук, доцент;

Фауре Е.В., проректор з науково-дослідної роботи та міжнародних зв'язків, д-р техн. наук, професор;

Федоров Є.Є., професор кафедри статистики та прикладної математики, д-р техн. наук, професор;

Голуб С.В., завідувач кафедри програмного забезпечення автоматизованих систем, д-р техн. наук, професор;

Куц Ю.В., професор кафедри автоматизації та систем неруйнівного контролю Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», д-р техн. наук, професор;

Заболотний О.В., декан факультету систем управління літальними апаратами Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут", д-р техн. наук, професор;

Сторчак А.В., здобувач ступеня доктора філософії за спеціальністю 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» 4-го року навчання;

Антоненко С.В., здобувач ступеня доктора філософії за спеціальністю 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» 4-го року навчання;

Тичков Д.В., здобувач ступеня доктора філософії за спеціальністю 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» 4-го року навчання;
Тичкова Н.Б., здобувач ступеня доктора філософії за спеціальністю 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» 4-го року навчання;
Усенко Є.А., здобувач ступеня доктора філософії за спеціальністю 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» 2-го року навчання.

Тему дисертації «Система вихрострумowego вимірювання приповерхневих радіальних профілів електрофізичних характеристик циліндричних об'єктів» затверджено на засіданні вченої ради факультету електронних технологій, автотранспорту та машинобудування 21 жовтня 2024 року (протокол № 6). Науковий керівник: д-р техн. наук, професор Гальченко Володимир Якович – призначений наказом Черкаського державного технологічного університету від 13 вересня 2024 року № 266/04.

1. Актуальність теми дослідження.

Актуальність дослідження зумовлена потребою у неруйнівному контролі якості металевих виробів та моніторингу критичних станів промислового обладнання. Приповерхневі зміни мікроструктури матеріалу під впливом деформацій, обробки тиском, термохімічної обробки та інших технологічних процесів значно впливають на його фізико-механічні характеристики, такі як твердість, пластичність, міцність та теплопровідність. Зокрема, наявність цих змін може призводити до трансформацій поверхневих властивостей, що важливо для забезпечення надійності та довговічності роботи обладнання.

Отримання інформації про профілі електропровідності та магнітної проникності у приповерхневих зонах дає змогу оцінювати фізико-механічні характеристики матеріалу без його пошкодження, що є ключовим у багатьох промислових галузях. Вихрострумний метод вимірювання зарекомендував себе як ефективний інструмент для таких завдань, оскільки він дозволяє з високою точністю відстежувати зміни електрофізичних параметрів у матеріалах з різними механічними та структурними властивостями.

Особливо важливою є можливість застосування вихрострумowego методу для об'єктів циліндричної форми, оскільки прохідні вихрострумові перетворювачі забезпечують можливість визначення радіальних профілів електропровідності та магнітної проникності, що є особливо цінним для труб, валів та інших циліндричних деталей. Незважаючи на значний науковий внесок у цю галузь, запропоновані методики не завжди відповідають сучасним вимогам точності й швидкості вимірювання.

Відтак, існує потреба у розробленні нових підходів, що дозволили б визначати профілі електричної провідності та магнітної проникності з високою точністю та у реальному часі за єдиний цикл вимірювання. Це надає можливість оперативного контролю стану матеріалу і його характеристик без порушення цілісності об'єкта дослідження. У зв'язку з цим, запропоноване дослідження спрямоване на розв'язання цих задач, що обумовлює його актуальність і значущість у науковому та практичному аспектах.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконана на кафедрі приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій Черкаського державного технологічного університету в період 2018 – 2024 років у межах ініціативних науково-дослідницьких робіт за темами: “Обернені задачі вихрострумowego контролю: моделі, алгоритми, методи оптимізації”, номер держреєстрації №0120U103875; “Розробка, дослідження експрес-методів вихрострумowego вимірювання профілів електрофізичних параметрів об'єктів, що пройшли технологічні операції зміцнення поверхні”, номер держреєстрації №0122U200836, що відповідає напрямам досліджень, які започатковані в ЧДТУ. Здобувач як виконавець брав безпосередню участь в виконанні наведених досліджень.

Метою дисертаційної роботи є створення системи вихрострумowego спільного вимірювання обох приповерхневих радіальних профілів електрофізичних характеристик циліндричних об'єктів контролю, реалізованої із застосуванням експрес-методу, який передбачає апріорне накопичення даних щодо них у нейромережевій сурогатній моделі та наступне її використання для підвищення точності вимірювань у динамічній таблиці другого рівня при швидкому пошуку розв'язку задачі за технологією Lookup tables.

Досягнення означеної мети передбачає виконання наступних завдань:

- 1) Проведення аналізу предметної області, а саме існуючих методів та засобів вимірювання приповерхневих профілів електрофізичних характеристик об'єктів контролю (ОК), виявлення їх недоліків та обґрунтування перспективних нових підходів до підвищення швидкодії, ефективності та точності їх визначення.
- 2) Обґрунтування та розроблення низки багатовимірних комп'ютерних однорідних планів експериментів (ПЕ) з гарантовано низькими показниками розбіжностей на основі квазівипадкових R-послідовностей Робертса, що забезпечують введення апріорної інформації щодо умов вимірювань профілів ОК з врахуванням найбільш впливових факторів.
- 3) Створення засобів формування навчальних вибірок для побудови сурогатної моделі на основі «точної» математичної моделі фізичного процесу взаємодії електромагнітного поля з циліндричними ОК та однорідних ПЕ.

4) Розроблення методу створення апроксимаційної нейромережевої сурогатної моделі процесу вихрострумowego контролю циліндричних ОК прохідними трансформаторними перетворювачами, що є високопродуктивним засобом для швидкого розв'язку оберненої вимірювальної задачі визначення профілів, в тому числі як носій і накопичувач апіорної інформації.

5) Розроблення експрес-методу та апаратної і програмної складових системи для вимірювання профілів електричної провідності та магнітної проникності у масштабі реального часу.

6) Впровадження результатів досліджень в практику промислових підприємств. В процесі реалізації поставлених завдань були застосовані наступні методи досліджень: для опису процесів вихрострумowego контролю циліндричних об'єктів – теорія електромагнітного поля, теорія інтегрального числення, теорія диференціальних рівнянь у частинних похідних, спеціальні функції математичної фізики, теорія матриць, чисельні методи, метод моделювання, теорія похибок; для створення однорідних ПЕ – теорія планування експериментів, методи математичної статистики, методи обчислювальної геометрії; для створення нейромережевих сурогатних моделей – теорія оптимізації, методи штучного інтелекту, методи машинного навчання, методи математичної статистики, теорія похибок. Для підтвердження обчислювальної ефективності запропонованих методів та визначення їх точності використані комп'ютерні експерименти.

Об'єктом дослідження є процеси вихрострумowego вимірювального контролю струмопровідних об'єктів.

Предмет дослідження – вихрострумова система та експрес-метод вимірювання приповерхневих радіальних профілів електрофізичних характеристик циліндричних об'єктів прохідними перетворювачами.

2. Формулювання наукового завдання, нове розв'язання якого отримано в дисертації.

У дисертаційній роботі вирішено науково-технічну задачу, яка полягає у розробленні та впровадженні системи одночасного сумісного вихрострумowego вимірювання приповерхневих радіальних профілів електрофізичних характеристик (електропровідності та магнітної проникності) циліндричних об'єктів в реальному масштабі часу в результаті застосування експрес-методу, котрий використовує технологію Lookup tables із динамічно згенерованою таблицею другого рівня, отриману завдяки нейромережевим сурогатним моделям із апіорним накопиченням інформації щодо процесу контролю, та гарантуючу більш високу точність вимірювань профілів чим із використанням таблиці першого рівня.

3. Наукові положення, розроблені особисто дисертантом, їхня новизна.

Дисертаційне дослідження містить у собі наступні наукові положення, розроблені особисто дисертантом:

- *вперше розроблено експрес-метод вимірювання радіальних приповерхневих профілів електричної провідності та магнітної проникності в об'єктах циліндричної форми, який відрізняється тим, що при застосуванні технології Lookup tables для швидкого пошуку цих розподілів по результатам однократного вимірювання прохідним вихрострумовим перетворювачем системи контролю використовується додатково додана згенерована динамічним способом із застосуванням високопродуктивної сурогатної моделі з апіорним накопиченням інформації таблиця другого рівня, що дозволило забезпечити одночасне сумісне визначення профілів у реальному масштабі часу із більш високою чим у первинній LUT-таблиці точністю реконструкції профілів;*
- *вперше виконано обґрунтування та розроблення низки комп'ютерних однорідних планів експериментів, які відрізняються їх створенням на основі квазівипадкових R-послідовностей Робертса та введенням в них надлишкової апіорної інформації щодо врахування кожного окремо та всієї сукупності разом найбільш вагомих для формування сигналу вихрострумового перетворювача факторів, що дозволило завдяки покращеній об'ємної гомогенності планів та всіх їх 2D-проекцій із гарантовано низькими показниками центрованої та циклічної розбіжностей забезпечити, окрім створення максимально сприятливих умов для точної побудови нейромережевої сурогатної моделі, завчасне накопичення в них в числовому вигляді вичерпної інформації щодо прозорого відображення в моделі прихованих закономірностей, притаманних процесу вихрострумового вимірювання;*
- *вперше створено метод побудови сурогатної моделі процесу вихрострумового контролю циліндричних об'єктів прохідними трансформаторними перетворювачами, який відрізняється реалізацією її на основі двох дійснозначних повнозв'язних глибоких нейронних мереж із загальними входами та роздільними виходами окремо для дійсної та уявної частин ЕРС перетворювача, тобто результатом розщеплення однієї комплексозначної нейромережі, та виконанням нею також функцій носія і накопичувача апіорної інформації, що дало можливість, окрім високоточної апроксимації електродинамічної моделі, фактично внаслідок швидкого розв'язку рівнянь Максвелла, причому без явної інформації щодо них та методах їх розв'язання, з високою обчислювальною продуктивністю в реальному масштабі часу динамічно створювати таблиці другого рівня в методі Lookup tables для забезпечення необхідної точності відтворення профілів.*

4. Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, які захищаються.

Наукові положення, висновки та рекомендації роботи обґрунтовано достатньою мірою. Обґрунтованість отриманих теоретичних результатів дисертації базується на використанні теорії електромагнітного поля, теорії інтегрального числення, теорії диференціальних рівнянь у частинних похідних, спеціальних функцій математичної фізики, теорії матриць, чисельних методів, методів моделювання, теорії похибок, теорії планування експериментів, методів математичної статистики, методів обчислювальної геометрії, теорії оптимізації, методів штучного інтелекту, методів машинного навчання.

Для підтвердження обчислювальної ефективності запропонованих методів та визначення їх точності використано комп'ютерні експерименти. Результати досліджень також верифіковані на експериментальних даних.

5. Рівень теоретичної підготовки здобувача, його особистий внесок у розв'язання конкретного наукового завдання. Рівень обізнаності здобувача з результатами наукових досліджень інших учених.

Дисертантом виконано змістовне дослідження предметної області, розглянуто основні методи визначення профілів електрофізичних властивостей об'єктів контролю, а також сучасний математичний апарат для розв'язання обернених вимірювальних задач. На основі опрацювання значної кількості літературних джерел, наукових публікацій, патентного пошуку автором роботи в максимальній мірі враховано наукові досягнення в обраному напрямку досліджень. Отримані результати свідчать про ґрунтовні теоретичні знання дисертанта в області інформаційно-вимірювальної техніки.

6. Наукове та практичне значення роботи.

Наукове значення роботи полягає в розробленні експрес-методу непрямого вимірювання радіальних профілів електрофізичних властивостей циліндричних об'єктів в реальному масштабі часу на основі вихрострумового методу неруйнівного контролю. З практичної точки зору це дозволяє створити вимірювальну систему для контролю якості проведення різноманітних технологічних операцій зміцнення поверхні циліндричних деталей, яка також може використовуватися для моніторингу та діагностики стану технічних об'єктів.

7. Використання результатів роботи.

Результати дисертаційного дослідження знайшли практичне впровадження в навчальному процесі кафедри приладобудування, мехатроніки та

комп'ютеризованих технологій Черкаського державного технологічного університету; кафедри виробництва приладів приладобудівного факультету НТУУ “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, а також використані у діяльності промислових підприємств ТОВ “АРМАНД ТРЕЙД” (м. Черкаси); АТ “УКРЗАЛІЗНИЦЯ”, служба вагонного господарства, виробничий підрозділ “ЕКСПЛУАТАЦІЙНЕ ВАГОННЕ ДЕПО ЗНАМ’ЯНКА” (м. Знам’янка, Кіровоградська область).

8. Повнота викладу матеріалів дисертації.

За матеріалами дисертаційного дослідження опубліковано 27 наукових праць, у тому числі 8 наукових статей, із яких: 2 статті у виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України; 5 статей у періодичних наукових виданнях, включених до наукометричних баз Web of Science та/або Scopus. Інші 19 публікацій – у матеріалах конференцій.

Повний перелік наукових публікацій:

- [1]. V. Y. Halchenko, R. V. Trembovetska, V. V. Tychkov, and A. V. Storchak, “Nonlinear surrogate synthesis of the surface circular eddy current probes”, *Przegląd Elektrotechniczny*, vol. 95, no. 9, pp. 76–82, 2019, Indexed in SCOPUS, Web of Science, EBSCO, INSPEC, BAZTECH, ISSN: 0033-2097. DOI: 10.15199/48.2019.09.15. [Online]. Available: <http://pe.org.pl/articles/2019/9/15.pdf>.
- [2]. В. Я. Гальченко, В. В. Тичков, А. В. Сторчак та Р. В. Трембовецька, “Відновлення приповерхневих радіальних профілів електрофізичних характеристик циліндричних об’єктів при вихрострумових вимірюваннях із наявністю апріорних даних. Формування вибірки для побудови сурогатної моделі”, *Український метрологічний журнал*, № 1, с. 35—50, 2020, Indexed in Web of Science, ISSN: 2306-7039. DOI: 10.24027/2306-7039.1.2020.204226.
- [3]. V. Y. Halchenko, R. V. Trembovetska, V. V. Tychkov, and A. V. Storchak, “The construction of effective multidimensional computer designs of experiments based on a quasi-random additive recursive rd-sequence”, *Applied Computer Systems*, vol. 25, no. 1, pp. 70–76, 2020, Indexed in Web of Science, ISSN: 2255-8683. DOI: 10.2478/acss-2020-0009.
- [4]. В. Я. Гальченко, А. В. Сторчак, Р. В. Трембовецька та В. В. Тичков, “Створення сурогатної моделі для відновлення приповерхневих профілів електрофізичних характеристик циліндричних об’єктів”, *Український метрологічний журнал*, № 3, с. 27—35, 2020, Indexed in Web of Science, ISSN: 2306-7039. DOI: 10.24027/2306-7039.3.2020.216824.
- [5]. В. Я. Гальченко, А. В. Сторчак, В. В. Тичков та Р. В. Трембовецька, “Вимірювання приповерхневих радіальних профілів електрофізичних характеристик циліндричних об’єктів вихрострумовим методом із

- застосуванням апіорних даних”, *Український Метрологічний Журнал*, № 1, с. 5–11, 2022, Indexed in Web of Science, ISSN: 2306-7039. DOI: 10.24027/2306-7039.1.2022.258678. url: <https://er.chdtu.edu.ua/handle/ChSTU/4118>.
- [6]. R. V. Trembovetska, V. Y. Halchenko, V. V. Tychkov, and A. V. Storchak, “Linear synthesis of uniform anaxial eddy current probes with a volumetric structure of the excitation system”, *International Journal “NDT Days”*, vol. 3, no. 4, pp. 184–190, 2020. Закордонне видання. [Online], ISSN: 2603-4018. Available: <https://www.bg-s-ndt.org/journal/vol3/JNDTD-v3-n4-a01.pdf>.
- [7]. В. Я. Гальченко, Р. В. Трембовецька, В. В. Тичков та А. В. Сторчак, “Методи створення метамоделей: стан питання”, *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 4 (151), с. 74—88, 2020. Фахове видання категорії Б, ISSN: 1997-9266. DOI: 10.31649/1997-9266-2020-151-4-74-88.
- [8]. Р. В. Трембовецька, В. Я. Гальченко, В. В. Тичков та А. В. Сторчак, “Оцінка точності нейромережових метамоделей кругових накладних вихрострумових перетворювачів”, *Вісник Черкаського державного технологічного університету*, № 2, с. 18—29, 2019. Фахове видання категорії Б, ISSN: 2306-4412. DOI: 10.24025/2306-4412.2.2019.171272.
- [9]. A. V. Storchak and V. Y. Halchenko, “Research of eddy current processes of testing objects: Surface rectangular tangential probe”, in *Наукове видання Проблеми інформатизації: Тези доповідей п'ятої міжнародної науково-технічної конференції*, Cherkasy State Technological University (ChSTU), Черкаси, Баку, Бельсько-Бяла, Полтава, Nov. 13–15, 2017, p. 95.
- [10]. А. В. Сторчак, В. В. Тичков, Р. В. Трембовецька та В. Я. Гальченко, “Нейромережеве моделювання в задачах відновлення електрофізичних параметрів циліндричних об'єктів при вихрострумовому контролі”, в *Метрологічні аспекти прийняття рішень в умовах роботи на техногенно-небезпечних об'єктах: Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція здобувачів вищої освіти і молодих учених*, Харківський національний автомобільно-дорожній університет (ХНАДУ), Харків, 1-2 листоп. 2018, с. 71-73.
- [11]. V. V. Tychkov, V. Y. Halchenko, and A. V. Storchak, “Neurocomputing with tandem architecture”, in *Проблеми інформатизації: Восьма Міжнародна науково-технічна конференція*, Cherkasy, Kharkiv, Baku, Bielsko-Biala, Nov. 26–27, 2020, p. 97.
- [12]. А. В. Сторчак, В. Я. Гальченко, В. В. Тичков та Р. В. Трембовецька, “Інверсія штучних нейронних мереж в обернених задачах вихрострумової структуроскопії”, в *Матеріали XV міжнародної конференції “Контроль і управління в складних системах (КУСС-2020)”*, Вінницький національний технічний університет (ВНТУ), Вінниця, 8—10 жовт. 2020. URL: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/30624>.

- [13]. В. В. Тичков, А. В. Сторчак, В. Я. Гальченко та Р. В. Трембовецька, “Застосування нейромережі з «тандем»-архітектурою для розв’язку оберненої задачі при вихрострумовому вимірювальному контролі”, в *Проблеми енергоефективності та автоматизації в промисловості та сільському господарстві: Міжнародна науково-практична on-line конференція*, Кропивницький державний технічний університет (КДТУ), Кропивницький, 11-12 листоп. 2020, с. 148-150.
- [14]. А. В. Сторчак, В. В. Тичков, Р. В. Трембовецька та В. Я. Гальченко, “Побудова математичної моделі прямої задачі в проблемі реконструкції електрофізичних параметрів циліндричних об’єктів контролю вихрострумовим методом”, в *Non-Destructive Testing in Context of the Associated Membership of Ukraine in the European Union (NDT-UA 2018): 2-nd scientific conference with international participation*, Ukrainian Society for Non-Destructive Testing (USNDT), т. 2, Lublin, Poland, 15-19 жовт. 2018, с. 50-51.
- [15]. А. В. Сторчак, Р. В. Трембовецька, В. Я. Гальченко та В. В. Тичков, “Комп’ютерне моделювання вихрострумового контролю багат шарових циліндричних виробів”, в *Обробка сигналів і негаусівських процесів: VII Міжнародної науково-практичної конференції*, Черкаський державний технологічний університет (ЧДТУ), Черкаси, 23-24 трав. 2019, с. 179-182.
- [16]. В. В. Тичков, Р. В. Трембовецька, В. Я. Гальченко та А. В. Сторчак, “Постановка проблематики комп’ютерного моделювання вихрострумового контролю циліндричних провідних виробів”, в *Обробка сигналів і негаусівських процесів: VII Міжнародної науково-практичної конференції*, Черкаський державний технологічний університет (ЧДТУ), Черкаси, 23-24 трав. 2019, с. 183-185.
- [17]. А. В. Сторчак, Р. В. Трембовецька, В. Я. Гальченко та В. В. Тичков, “Моделювання вихрострумового контролю циліндричних виробів із неперервним розподілом електрофізичних параметрів”, в *Датчики, прилади та системи-2019: VIII Міжнародна науково-технічна конференція*, ФОП Гордієнко Є. І., Черкаси, Херсон, Лазурне, 16-20 вер. 2019, с. 9-12.
- [18]. В. Я. Гальченко, В. В. Тичков, Р. В. Трембовецька та А. В. Сторчак, “Сурогатне моделювання в задачах ідентифікації параметрів об’єктів контролю”, в *Інформатика, математика, автоматика (ІМА-2019): науково-практична конференція*, Сумський державний університет (СДУ), Суми, 23-26 квіт. 2019, с. 189.
- [19]. В. Я. Гальченко, Р. В. Трембовецька, В. В. Тичков та А. В. Сторчак, “Розв’язок ресурсоемних обернених задач електротехніки методами сурогатної оптимізації”, в *Фізика, електроніка, електротехніка (ФЕЕ-2019): науково-практична конференція*, Сумський державний університет (СДУ), Суми, 23-26 квіт. 2019, с. 135.

- [20]. Р. В. Трембовецька, В. Я. Гальченко, В. В. Тичков та А. В. Сторчак, “Методи побудови метамоделей для сурогатної оптимізації”, в *Інформатика, математика, автоматика (ІМА-2020): науково-практична конференція*, Сумський державний університет (СДУ), Суми, 20-24 квіт. 2020, с. 243-244.
- [21]. А. В. Сторчак, В. Я. Гальченко, В. В. Тичков та Р. В. Трембовецька, “Аналіз досліджень щодо реконструкції електрофізичних параметрів об’єктів при вихрострумівому контролі”, в *Метрологічні аспекти прийняття рішень в умовах роботи на техногенно-небезпечних об’єктах: Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція здобувачів вищої освіти і молодих учених*, Харківський національний автомобільно-дорожній університет (ХНАДУ), Харків, 4-5 листоп. 2019, с. 121-125.
- [22]. А. В. Сторчак, В. Я. Гальченко, Р. В. Трембовецька та В. В. Тичков, “Реконструкція профілів характеристик матеріалу циліндричних об’єктів шляхом розв’язку оберненої задачі вихрострумівого вимірювального контролю”, в *Information Technologies in Education, Science and Technology (ITEST-2020): V International Scientific-Practical Conference*, Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, 21-23 трав. 2020, с.34-36.
- [23]. В. В. Тичков, А. В. Сторчак, В. Я. Гальченко та Р. В. Трембовецька, “Ідентифікація електрофізичних характеристик об’єктів із використанням «м’яких обчислень»”, в *Фізика, електроніка, електротехніка (ФЕЕ-2020): науково-практична конференція*, Сумський державний університет (СДУ), Суми, 20-24 квіт. 2020, с. 143-144.
- [24]. В. Я. Гальченко, Р. В. Трембовецька, В. В. Тичков та А. В. Сторчак, “Аналіз методів розв’язку нелінійних обернених задач та їх застосування до проектування вихрострумівих перетворювачів”, в *XXI Міжнародна конференція з математичного моделювання (МКММ-2020)*, Херсонський національний технічний університет (ХНТУ), Херсон, 14-18 вер. 2020, с. 44.
- [25]. В. Я. Гальченко, Р. В. Трембовецька, В. В. Тичков та А. В. Сторчак, “Побудова ефективних багатовимірних комп’ютерних планів експерименту”, в *Information Technologies in Education, Science and Technology (ITEST-2020): V International Scientific-Practical Conference*, Черкаський державний технологічний університет (ЧДТУ), Черкаси, 21-23 трав.2020, с. 116-121.
- [26]. Р. В. Трембовецька, В. Я. Гальченко, В. В. Тичков та А. В. Сторчак, “Синтез об’ємних структур системи збудження вихрострумівих перетворювачів”, в *Матеріали XV міжнародної конференції “Контроль і управління в складних системах (КУСС-2020)”*, Вінницький національний технічний університет (ВНТУ), Вінниця, 8-10 жовт. 2020. URL: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/30647>.

[27]. А. В. Сторчак та В. Я. Гальченко, “Система вихрострумowego вимірювання приповерхневих радіальних профілів електрофізичних характеристик циліндричних об’єктів”, в *Датчики, прилади та системи-2024: VIII Міжнародна науково-технічна конференція*, збірник праць, Черкаський державний технологічний університет (ЧДТУ), Черкаси, 30-31 трав. 2024, с. 56-59.

У публікаціях, підготовлених в співавторстві, здобувачеві належать такі результати: у праці [1] – створення нейромережевої сурогатної моделі; у [2] – створення програм обчислення сигналу від вихрострумових перетворювачів, проведення числових розрахунків; у [3] – візуалізація планів експерименту за допомогою діаграм Вороного, огляд методів створення квазівипадкових послідовностей; у [4] – створення сурогатної моделі прохідного перетворювача при контролі циліндричних об’єктів; у [5] – запропоновано експрес метод пошуку профілів в таблицях зі довідниковими зразками; у [6] – створення комп’ютерного однорідного квазі-плану експерименту; у [7] – обчислення інформативності та адекватності MLP сурогатної моделі; у [8] – розраховані статистичні показники для оцінки адекватності та інформативності метамodelей накладного кругового вихрострумowego перетворювача для однієї із трьох декомпозиційних підобластей; у [9] – створення програм обчислення сигналу від вихрострумowego перетворювача, проведення числових розрахунків; у [10]-[13] - проведено пошук та аналіз інформації про створення сурогатних modelей на основі глибоких нейромереж, проведено серію числових експериментів; [14]-[17] – створено програми для обчислення сигналу вихрострумowego перетворювача на основі «точної» електродинамічної моделі, проведена їх верифікація; [18]-[20] - створено нейромережеву сурогатну модель процесу вихрострумowego контролю об’єктів прохідним вихрострумowym перетворювачем; [21]-[24] – проведена частина числових експериментів та аналіз результатів дослідження; [25], [26] – формування частини вибірок квазівипадкових послідовностей та розрахунок їх статистичних показників; [27] – проведені числові експерименти та аналіз їх результатів.

Результати аналізу роботи, в тому числі за допомогою перевірки тексту дисертації з використанням системи TURNITIN на пошук та аналіз текстових збігів, свідчать про відповідність дисертації принципам академічної доброчесності.

9. Апробація матеріалів дисертації відбувалась на наступних міжнародних та всеукраїнських наукових конференціях: 5-та Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми інформатизації» (м. Черкаси – Баку – Бельсько-Бяла – Полтава, 2017); Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція здобувачів вищої освіти і молодих учених «Метрологічні аспекти прийняття

рішень в умовах роботи на техногенно-небезпечних об'єктах» (м. Харків, 2018); 2-nd scientific conference with international participation «Non-Destructive Testing in Context of the Associated Membership of Ukraine in the European Union» (Poland, Lublin, 2018); науково-практична конференція «Інформатика, математика, автоматика» (м. Суми, 2019); науково-практична конференція «Фізика, електроніка, електротехніка» (м. Суми, 2019); VII-ма Міжнародна науково-практична конференція «Обробка сигналів і негаусівських процесів» (м. Черкаси, 2019); VIII-ма Міжнародна науково-технічна конференція «Датчики, прилади та системи» (м. Черкаси – Херсон – Лазурне, 2019); Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція здобувачів вищої освіти і молодих учених «Метрологічні аспекти прийняття рішень в умовах роботи на техногенно-небезпечних об'єктах» (м. Харків, 2019); V-th International Scientific-Practical Conference «Information Technologies in Education, Science and Technology» (Cherkasy, 2020); науково-практична конференція «Інформатика, математика, автоматика» (м. Суми, 2020); науково-практична конференція «Фізика, електроніка, електротехніка» (м. Суми, 2020); XXI-а Міжнародна конференція з математичного моделювання (м. Херсон, 2020); Восьма Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми інформатизації» (м. Черкаси – Харків – Баку – Бельско-Бяла, 2020); XV-та міжнародна конференція «Контроль і управління в складних системах», (м. Вінниця, 2020); Міжнародний симпозіум «Проблеми електроенергетики, електротехніки та електромеханіки» (м. Харків, 2020); Міжнародна конференція «Дни на безразрушителния контрол» (м. Созополь, Болгарія, 2020); Міжнародна науково-практична on-line конференція «Проблеми енергоефективності та автоматизації в промисловості та сільському господарстві» (м. Кропивницький, 2020); Міжнародних симпозіумах «Проблеми електроенергетики, електротехніки та електромеханіки» (м. Харків, 2020 та 2023); XI Міжнародна науково-технічна конференція «Датчики, прилади та системи» (м. Черкаси, 2024).

10. Оцінка мови та стилю дисертації.

Дисертацію написано з дотриманням норм і правил граматики, а стиль викладу в ній матеріалів досліджень, наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує легкість і доступність їх сприйняття.

Дисертація повною мірою відповідає пунктам 6–8 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради про присудження ступеня доктора філософії в Черкаському державному технологічному університеті». Робота містить нові науково обґрунтовані результати проведених здобувачем досліджень, які виконують конкретне наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 15 Автоматизація та

приладобудування.

Дисертацію виконано державною мовою та відповідно до наявних вимог щодо оформлення.

11. Відповідність змісту дисертації освітньо-науковій програмі, з якої вона подається до захисту.

Зміст дисертації повністю відповідає спеціальності 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка освітньо-наукової програми «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка».

12. Рекомендація дисертації до захисту.

Враховуючи рівень наукових досліджень, актуальність теми роботи та наукову новизну отриманих результатів, учасники фахового семінару кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій одноголосно ухвалили рішення затвердити висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Сторчака Анатолія Вячеславовича на тему: «Система вихрострумowego вимірювання приповерхневих радіальних профілів електрофізичних характеристик циліндричних об'єктів» для здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування та рекомендувати до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді Черкаського державного технологічного університету для здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка.

У голосуванні брали участь 13 осіб. Результати голосування:

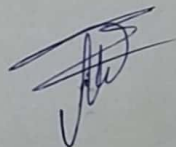
«ЗА» – 13,

«ПРОТИ» – немає,

УТРИМАЛИСЬ – немає.

Головуючий:

завідувач кафедри приладобудування,
мехатроніки та комп'ютеризованих
технологій, д-р техн. наук, професор



Максим БОНДАРЕНКО