# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

**Державний обліковий номер:** 0824U002905

**Особливі позначки:** відкрита

**Дата реєстрації:** 22-08-2024

**Статус:** Наказ про видачу диплома

**Реквізити наказу МОН / наказу закладу:** № НСВС/72/24 від 26.09.2024

## II. Відомості про здобувача

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Левченко Олександр Едуардович
2. Oleksandr Levchenko

**Кваліфікація:**

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-3914-1818

**Вид дисертації:** доктор філософії

**Аспірантура/Докторантура:** так

**Шифр наукової спеціальності:** 151

**Назва наукової спеціальності:** Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології

**Галузь / галузі знань:** автоматизація та приладобудування

**Освітньо-наукова програма зі спеціальності:** Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

**Дата захисту:** 10-09-2024

**Спеціальність за освітою:** Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

**Місце роботи здобувача:**

**Код за ЄДРПОУ:**

**Місцезнаходження:**

**Форма власності:**

**Сфера управління:**

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Сектор науки:** Не застосовується

## III. Відомості про організацію, де відбувся захист

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** ДФ 26.002.188; ID 6547

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070921

**Місцезнаходження:** проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Сектор науки:** Університетський

## IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070921

**Місцезнаходження:** проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Сектор науки:** Університетський

## V. Відомості про дисертацію

**Мова дисертації:** Українська

**Коди тематичних рубрик:** 50.47

### Тема дисертації:

1. Автоматизоване керування технологічним процесом хімічного фрезерування з використанням матричних вихрострумових перетворювачів
2. Automated control of the technological process for chemical milling using eddy current array probes

### Реферат:

1. Дисертація присвячена розробленню та дослідженню системи автоматизованого керування технологічним процесом хімічного фрезерування з використанням матричних вихрострумових перетворювачів. Сучасний етап розвитку промислового виробництва характеризується зростанням його інтенсивності разом з підвищенням вимог щодо якості продукції, раціонального використання ресурсів та енергоефективності. Це актуалізує процеси удосконалення методів та засобів автоматизації виробничих технологічних процесів.

Успішне розв'язання питань автоматизації керування виробничими процесами потребує інтеграції досягнень в різних галузях знань. Важливою складовою автоматизованих систем керування технологічними процесами (АСКТП) є засоби, що здійснюють оцінювання регульованої величини і формують сигнали керування. Розроблено двоконтурну систему автоматичного керування (САК) для АСКТП хімічного фрезерування (ХФ) виробів з алюмінієвих сплавів. Перший контур керує температурою травника для підтримки швидкості травлення. Другий контур забезпечує зупинку процесу за результатами вимірювання товщини виробу засобами вихрострумового контролю (ВСК). Розглянуто використання технології ВСК з вихрострумовими матрицями (ВСМ), що дозволяє контролювати процес травлення на значних поверхнях виробів, підвищити ефективність обробки та забезпечити високу якість продукції. Переваги технології ВСК для використання в АСКТП ХФ включають: - перетворення неелектричних параметрів в електричні сигнали; - відсутність механічного контакту з об'єктом; - забезпечення доступу травника до поверхні виробу; - робота в широкому діапазоні параметрів; - керування за результатами контролю товщини виробу Зазначено, що потенціал ВСК для використання в АСКТП ХФ недостатньо розкритий. Перспективним є використання вихрострумових перетворювачів матричного типу, що підвищує продуктивність та надійність контролю. Інформаційними параметрами сигналів ВСМ є амплітуда та фазовий зсув. Орієнтація на побудову годографів створює труднощі для автоматизації ВСК. Параметри сигналів часто чутливі до зовнішніх впливів, що обмежує їх використання для формування керувальних впливів. Існує актуальна задача розроблення нових автоматизованих методів та засобів ВСК з матричними перетворювачами для створення САК в АСКТП ХФ. Розроблено багатовимірну модель сигналів ВСМ з можливістю застосування дискретного перетворення Гільберта. Розглянуто структурно-логічну схему формування та опрацювання сигналів ВСМ. Використання перетворення Гільберта дозволяє отримувати значні обсяги інформації, синхронно обчислювати амплітудну та фазову характеристики сигналів. Запропоновано застосовувати індикаторну функцію для аналізу сигнальних полів на значних ділянках поверхні виробу. Розроблено методику моделювання, опрацювання і аналізу інформативних параметрів сигналів ВСМ на основі дискретного перетворення Гільберта. Програмно-алгоритмічне забезпечення дозволяє оцінювати взаємозв'язки між характеристиками сигналу та керованими параметрами. Розглянуто технологію прототипування для створення засобів ВСК. На базі платформи Red Pitaya розроблено прототип системи ВСК для використання в САК процесом ХФ. Запропоновано архітектуру програмного забезпечення системи. Розроблено вихрострумовий перетворювач матричного типу на основі друкованих плат. Експериментальні дослідження підтвердили ефективність технології ВСК з ВСМ. Запропоновано оцінювати ефективність ВСМ за допомогою коефіцієнта, що враховує зменшення часу контролю та підвищення чутливості. Розроблено методику та алгоритм опрацювання сигналів ВСМ з нормалізацією комплексних коефіцієнтів передачі каналів для підвищення чутливості. Створено прототип системи ВСК з ВСМ, що реалізує запропоновану методику. Експериментальні випробування підтвердили ефективність технології. Обґрунтовано перспективи використання нейромережевих технологій для синтезу САК на основі ВСК. Використання штучних нейромереж може значно підвищити ефективність АСКТП за відсутності прямих зв'язків між характеристиками об'єкта та параметрами сигналів ВСМ.

2. The dissertation is devoted to the development and research of an automated control system for the chemical milling process using eddy current array probes. Modern industrial production requires improved automation methods for production processes and advanced technical solutions to optimize technological conditions. Successful automation of industrial processes integrates achievements from various fields such as automatic control theory, information technologies, and non-destructive testing. A two-circuit automatic control system for chemical milling (CM) of aluminum alloy products was developed. The first circuit controls pickle temperature to maintain etching speed. The second circuit stops the process based on product thickness measurements using ECT. The concept of integrating ECA tools into APCS is further developed. ECA technology allows control of etching on large product surfaces, increases efficiency, optimizes resource use, and ensures high product quality. Advantages of ECT technology for chemical milling APCS include: Converting non-electrical parameters to electrical signals No mechanical contact with the object Allowing pickle access to the entire product surface Operation in a wide range of technological parameters Control based on product thickness measurements The

potential of ECT for APCS use is not fully explored. Using ECA probes is promising for creating ECT devices, increasing testing performance and detailed analysis. This is achieved by reducing testing time, optimizing signal processing, adaptive change of excitation parameters, and applying modern data processing algorithms. Information parameters of ECA signals are amplitude, phase shift, and frequency, usually represented as hodographs. This creates difficulties for ECT automation in process control systems. Signal parameters are often sensitive to external influences, limiting their direct use for forming control actions. There is an urgent task to develop new automated methods and tools for ECT with ECA probes for APCS. A preliminary analysis of ECA signals identified unused resources of ECT for APCS use. The work analyzes recent publications on ECT automation, considers including ECT subsystems in APCS, and develops a multidimensional model of ECA signals using the discrete Hilbert transform (DHT) for complex signal analysis. The structural and logical diagram of ECA signal processing is considered. Using DHT in ECT-based control systems allows obtaining more digital information about objects, calculating signal characteristics, and expanding possibilities for forming control signals. Prototyping technology for ECT tools is considered. A prototype ECT system for chemical milling control was developed on the Red Pitaya platform. The system responds to material heterogeneities and generates control signals. The software architecture includes data processing algorithms. An ECA probe with flat spiral coils was developed using printed circuit board technology. A methodology for processing ECA signals, including normalization of complex transfer coefficients, was developed to increase sensitivity to technological parameters in APCS. Experimental studies confirmed the high performance of ECT technology with ECA probes. The effectiveness of ECA is evaluated using an efficiency coefficient accounting for reduced testing time and increased sensitivity. A prototype ECT system using ECA was created, implementing the proposed methodology. Tests on samples with various defects confirmed its effectiveness in flaw detection. Prospects for using neural network technologies for synthesizing automatic control systems based on ECT are substantiated. Using artificial neural networks can increase APCS efficiency in the absence of direct links between object characteristics and ECA signal parameters.

**Державний реєстраційний номер ДіР:**

**Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:** Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

**Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:** Освоєння нових технологій транспортування енергії, впровадження енергоефективних, ресурсозберігаючих технологій, освоєння альтернативних джерел енергії

**Підсумки дослідження:** Теоретичне узагальнення і вирішення важливої наукової проблеми

**Публікації:**


- Редька М.О., Куц Ю.В., Левченко О.Е., Близнюк О.Д. Метод виявлення сигналів вихрострумової дефектоскопії малої обчислювальної ресурсоємності // Технічна діагностика та неруйнівний контроль, – №2 (2020), 22–25.
- Куц Ю.В., Учанін В.М., Лисенко Ю.Ю., Левченко О.Е. Застосування перетворення Гільберта для аналізу сигналів автоматизованого вихрострумового контролю. Частина 1. Теоретичні аспекти використання перетворення Гільберта у вихрострумовому контролі // Технічна діагностика та неруйнівний контроль, – №3 (2021), 7–13.
- Куц Ю.В., Учанін В.М., Лисенко Ю.Ю., Петрик В.Ф., Левченко О.Е., Богдан Г.А. Застосування перетворення Гільберта для аналізу сигналів автоматизованого вихрострумового контролю. Частина 2. Отримання вторинних діагностичних ознак та приклади реалізації // Технічна діагностика та неруйнівний контроль, – №3 (2021), 7–13.

- Zhong Mei, Yurii Kuts, Orest Kochan, Iuliia Lysenko, Oleksandr Levchenko, Halyna Vlakh-Vyhrynovska. Using signal phase in computerized systems of non-destructive testing // Measurement science review, 22, (2022), No 1, 32-43.
- Левченко О.Е. Використання платформи Red Pitaya в технології прототипування автоматизованих систем вихрострумового контролю // Вісник КПІ. Серія ПРИЛАДОБУДУВАННЯ, Вип. 66(2), (2023), с. 43-51.
- Куц Ю.В., Лисенко Ю.Ю., Левченко О.Е., Редька М.О. Вираження невизначеності вимірювань фазового зсуву сигналів // 17-й Міжнародний науково-технічний семінар "Невизначеність вимірювань: наукові, прикладні, нормативні та методичні аспекти" (UM-2020). Збірник тез. –Созополь (Болгарія)-Харків (Україна). – 7 -8 вересня. 2020.– С.28-29.
- Левченко О.Е. Використання матричних вихрострумових перетворювачів площинного типу у системах автоматизованого неруйнівного контролю // XX Міжнародна науково-технічна конференція «Приладобудування: стан і перспективи». Збірник матеріалів конференції. – Київ, Україна. – 18 - 19 травня 2021. – С.129.
- Лисенко Ю.Ю., Куц Ю.В., Левченко О.Е. Імпульсний вихрострумовий контроль із застосуванням багатоелементних перетворювачів // XXI Міжнародна науково-технічна конференція «Приладобудування: стан і перспективи». Збірник матеріалів конференції. – Київ, Україна. – 17 - 18 травня 2022.
- Lysenko I., Kuts Y., Mirchev Y., Levchenko O. Analysis of normative documentation on the use of array eddy current probes // XXII Міжнародна науково-технічна конференція «Приладобудування: стан і перспективи». Збірник матеріалів конференції. – Київ, Україна. – 16 - 17 травня 2023. – С.267-269.
- Левченко О.Е., Лисенко Ю.Ю., Куц Ю.В. Застосування платформи Red Pitaya в автоматизованих системах вихрострумового неруйнівного контролю // XXII Міжнародна науково-технічна конференція «Приладобудування: стан і перспективи». Збірник матеріалів конференції. – Київ, Україна. – 16 - 17 травня 2023. – С.270.
- Lysenko I., Kuts Y.,Mirchev Y., Levchenko O. Reviewing challenges in the application of eddy current arrays and their impact on NDT efficiency // 16-та Міжнародна науково-практична конференція «Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси (ІІРТК-2023)». – Київ, Україна. – 23-24 травня 2023.– С. 91-92.
- Iu. Lysenko, Y. Mirchev, Y. Kuts, O. Levchenko, V. Uchanin. Advantages of Using Eddy Current Array for Detection and Evaluation of Defects in Aviation Components // International Journal "NDT Days", BSNDT: Bulgaria, 2023. □ Volume 6, Issue 2. □ 84-88 pp.
- O. Levchenko, Y. Kuts, A. Aleksiev, Iu. Lysenko. Using the Red Pitaya platform in automated eddy current testing // International Journal "NDT Days", BSNDT: Bulgaria, 2023. □ Volume 6, Issue 4. □ 194-201 pp.

**Наукова (науково-технічна) продукція:** методи, теорії, гіпотези; програмні продукти, програмно-технологічна документація

**Соціально-економічна спрямованість:** економія енергоресурсів; економія матеріалів; підвищення автоматизації виробничих процесів

**Охоронні документи на ОПІВ:**

**Впровадження результатів дисертації:** Впроваджено

**Зв'язок з науковими темами:** 0116U004742

## VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Куц Юрій Васильович

2. Yurii Kuts

**Кваліфікація:** д.т.н., професор, 05.11.05

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-8493-9474

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070921

**Місцезнаходження:** проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Сектор науки:** Університетський

## VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

### Офіційні опоненти

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Себко Вадим Вадимович
2. Vadim Sebko

**Кваліфікація:** д.т.н., професор, 05.11.13

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-3561-6281

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

**Код за ЄДРПОУ:** 02071180

**Місцезнаходження:** вул. Кирпичова, буд. 2, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Сектор науки:** Університетський

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Гальченко Володимир Якович
2. Vladimir Y. Halchenko

**Кваліфікація:** д.т.н., професор, 05.11.13

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-0304-372X

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Черкаський державний технологічний університет

**Код за ЄДРПОУ:** 05390336

**Місцезнаходження:** бульвар Шевченка, буд. 460, Черкаси, Черкаський р-н., 18006, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Сектор науки:** Університетський

**Рецензенти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Черепанська Ірина Юріївна
2. Irina Cherepanska

**Кваліфікація:** д. т. н., професор, 05.11.01

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-0741-7194

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070921

**Місцезнаходження:** проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Сектор науки:** Університетський

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Здоренко Валерій Георгійович
2. Valeriy Zdorenko

**Кваліфікація:** д.т.н., професор, 05.19.03

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-6508-4290

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070921

**Місцезнаходження:** проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Сектор науки:** Університетський

## VIII. Заключні відомості

| | |
|---|---|
| **Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради** | Бурау Надія Іванівна |
| **Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні** | Бурау Надія Іванівна |
| **Відповідальний за підготовку облікових документів** | Левченко Олександр Едуардович |
| **Реєстратор** | УкрІНТЕІ |
| **Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності** | Юрченко Тетяна Анатоліївна |