



ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з навчальної роботи
Національного технічного
університету України
“Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”
к.філос.н., проф.
Анатолій МЕЛЬНИЧЕНКО

“ 21 ” *травня* 2024 р.

ВИТЯГ

з протоколу № 15 від 16 травня 2024 р. розширеного засідання
кафедри автоматизації та систем неруйнівного контролю
приладобудівного факультету
Національного технічного університету України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

БУЛИ ПРИСУТНІ:

- з кафедри автоматизації та систем неруйнівного контролю: завідувач кафедри д.т.н., доц. Киричук Ю.В.; професор кафедри д.т.н., проф. Куц Ю.В.; професор кафедри д.пед.н., проф. Протасов А.Г.; доцент кафедри к.т.н. доц. Богдан Г.А.; доцент кафедри к.т.н. доц. Петрик В.Ф.; старший викладач к.т.н., Момот А.С.; доцент кафедри, к.т.н., доц. Писарець А.В.; доцент кафедри, к.т.н., доц. Галаган Р.М.; доцент кафедри, к.т.н., доц. Лисенко Ю.Ю.; доцент кафедри, к.т.н., доц. Нечай С.О.; асистент Повшенко О.А.;
- з кафедри технічних та програмних засобів автоматизації НТУУ: професор кафедри д.т.н., проф. Жученко А.І.; доцент кафедри, к.т.н., доцент Сазонов А.Ю.;
- з кафедри інформаційно-вимірювальних технологій: завідувач кафедри д.т.н., доц. Єременко; професор кафедри д.т.н., проф. Здоренко В.Г. ;
- з кафедри комп'ютерно-інтегрованих оптичних та навігаційних систем: професор кафедри д.т.н., проф. Бурау Н.І.; асистент Паздрій О.Я.
- з кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій Черкаського державного технологічного університету: професор кафедри д.т.н., проф. Гальченко В. Я.;
- з кафедри хімічної техніки та промислової екології НТУ «ХПІ»: професор кафедри доктор технічних наук, професор Себко В. В.

СЛУХАЛИ:

1. Повідомлення аспіранта кафедри Автоматизації та систем неруйнівного контролю Левченка Олександра Едуардовича за матеріалами дисертаційної роботи “Автоматизоване керування технологічним процесом хімічного фрезерування з використанням матричних вихрострумів перетворювачів”, поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 15 – Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології. Освітньо-наукова програма Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології

Тему дисертаційної роботи “Автоматизоване керування технологічним процесом хімічного фрезерування з використанням матричних вихрострумів перетворювачів” затверджено на засіданні Вченої ради приладобудівного факультету (протокол № 10/19 від “25” листопада 2019 року) та перезатверджено на засіданні Вченої ради приладобудівного факультету (протокол № 8/23 від “25” вересня 2023 року).

Науковим керівником затверджений д.т.н., проф. Куца Ю. В.

2. Запитання до здобувача.

Запитання по темі дисертації ставили: д.т.н., проф. Бурау Н.І.; д.т.н., проф. Гальченко В.Я.; д.т.н., доцент Єременко В.С.; д.т.н., проф. Здоренко В.Г.; д.пед.н., проф. Протасов А.Г.; к.т.н., доцент Сазонов А.Ю.; д.т.н., проф. Себко В.В.; д.т.н., проф. Черепанська І.Ю.

3. Виступи за обговореною роботою.

В обговоренні дисертації взяли участь: д.т.н., проф. Бурау Н.І.; д.т.н., проф. Гальченко В.Я.; д.т.н., проф. Жученко А.І.; д.т.н., доцент Єременко В.С.; д.т.н., проф. Здоренко В.Г.; д.пед.н., проф. Протасов А.Г.; д.т.н., проф. Себко В.В.; д.т.н., проф. Черепанська І.Ю.

УХВАЛИЛИ:

ПРИЙНЯТИ такий висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертаційного дослідження:

1. Актуальність теми дослідження

Використання вихрострумів методів контролю (ВСК) в автоматизованих системах керування технологічними процесами (АСКТП) дає змогу оцінювати широкий спектр параметрів виробів в дистанційному режимі і сприяє підвищенню ефективності керування. Застосування вихрострумів матриць (ВСМ) у складі АСКТП хімічного фрезерування (ХФ) відкриває нові можливості для контролю більших ділянок поверхонь і швидкого отримання даних про товщину виробів під час травлення, що підвищує точність і якість хімічного фрезерування.

Інтеграція систем ВСМ з відповідними засобами оброблення їх сигналів у АСКТП ХФ дає змогу підвищити ефективність таких систем. Основні напрями інтеграції ВСМ у АСКТП включають розробку спеціалізованих автоматизованих засобів керування параметрами технологічного процесу хімічного фрезерування, удосконалення методів та алгоритмів опрацювання сигналів ВСМ, розроблення апаратно-програмних засобів отримання та опрацювання сигналів ВСМ, інтеграцію з системами штучного інтелекту для аналізу даних.

Незважаючи на значний розвиток ВСК, ще лишається недостатньо дослідженими ряд питань, пов'язаних з формуванням та комплексною інтерпретацією даних ВСМ для адаптації у автоматизованих системах керування технологічними процесами. Потреба в більш досконалих підходах до аналізу вихрострумів сигналів є актуальною задачею, що вимагає подальших наукових розробок для оптимізації процесів обробки електропровідних матеріалів.

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

Робота відповідає основним напрямкам діяльності Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» і мала безпосередній зв'язок з проектами, що виконувались на кафедрі приладів і систем неруйнівного контролю та кафедрі автоматизації та систем неруйнівного контролю, і виконувалась в рамках договору про співпрацю між КПІ ім. Ігоря Сікорського (м. Київ) та Фізико-механічним інститутом ім. Г.В. Карпенка НАН України (м. Львів). Автор був співвиконавцем ініціативного проекту “Дослідження вихрострумів методу неруйнівного контролю з використанням імпульсного збудження перетворювача”, Державний реєстраційний номер: 0116U004742, 2018 р.

3. Наукова новизна отриманих результатів

У дисертації вперше одержані такі нові наукові результати:

1. Вперше обґрунтовано новий підхід до використання технології ВСК з перетворювачами матричного типу в АСКТП ХФ, що включає концепцію використання технології ВСК з перетворювачами матричного типу, моделі інформаційних сигналів ВСМ, метод опрацювання сигналів ВСМ за допомогою дискретного перетворення Гільберта, вторинні інформативні ознаки, отримані з дискретної фазової характеристики сигналів ВСМ, що дає змогу підвищити ефективність процесу хімічного фрезерування.

2. Набуло подальшого розвитку використання вторинних інформативних ознак сигналів ВСМ у виді векторів кругових статистик, які отримуються з дискретної фазової характеристики сигналів ВСМ, що дає змогу підвищити ефективність процесу хімічного фрезерування за рахунок підвищення точності визначення товщини виробів.

3. Запропоновано багатовимірну модель сигналів ВСМ за гармонічного збудження її елементів, в якій враховано неідентичність характеристик перетворювачів ВСМ, що дає змогу обґрунтувати необхідність виконання операцій нормалізації сигналів в каналах їх опрацювання.

4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи, впровадження

1. Запропоновано формалізований опис процедури визначення товщини об'єкту керування в процесі ХФ на основі вихрострумowego методу з перетворювачами екранного типу, що дало змогу коректно використати технологію матричного ВСК в АСКТП ХФ.

2. Розроблено двоконтурну АСКТП ХФ, що включає контур регулювання температури травника в заданих межах та контур керування із засобом ВСК, який реалізує зворотний зв'язок в системі через прецизійне вимірювання товщини виробу для автоматичної зупинки процесу хімічного фрезерування при досягненні необхідної товщини, що в сукупності забезпечує високу якість та повторюваність цього технологічного процесу.

3. В роботі розроблено складові методичного та алгоритмічно-програмного забезпечення підтримки роботи вихрострумowego засобу визначення товщини керувального об'єкту, а саме:

- методику та алгоритмічно-програмне забезпечення, яке реалізує метод аналізу сигналів ВСМ за допомогою дискретного перетворення Гільберта, що дає змогу формувати вибірки характеристик сигналів значних обсягів та визначати вторинні інформативні ознаки сигналів ВСМ;
- два варіанта структурно-логічних схем автоматизованих систем нормування каналів ВСМ на основі використання фільтра Гільберта та синхронних детекторів, які забезпечують вирівнювання амплітуднофазових характеристик каналів ВСМ, що дає змогу підвищити точність формування управляючих сигналів в АСКТП ХФ;
- методику та алгоритмічне забезпечення, яке дає змогу виконати операції нормалізації комплексних коефіцієнтів передачі вимірювальних каналів засобу ВСК з ВСМ, і на цій основі підвищити точність визначення товщини керувального об'єкту в процесі хімічного фрезерування.

4. Розроблено та досліджено апаратні складові засобу ВСК з ВСМ, а саме:

- прототип чотириелементного ВСМ, що складається з чотирьох параметричних накладних ВСП і може бути використаний для формування керувальних впливів, за якими відбувається зупинка процесу травлення;
- прототип засобу ВСК на платформі Red-Pitaya що реалізує методологію опрацювання даних за допомогою дискретного перетворення Гільберта для аналізу характеристик сигналів ВСМ, відслідковуючи динаміку зміни їх амплітудно-фазових характеристик.

5. Апробація результатів дисертації

Основні положення та результати були представлені на таких міжнародних конференціях та семінарах: 17-й Міжнародний науково-технічний семінар "Невизначеність вимірювань: наукові, прикладні, нормативні та методичні аспекти" (UM-2020), м. Харків, Україна, 2020; XX Міжнародна науково-технічна конференція «Приладобудування: стан і перспективи», м. Київ,

Україна, 2021; XXI Міжнародна науково-технічна конференція «Приладобудування: стан і перспективи», м. Київ, Україна, 2022; XXII Міжнародна науково-технічна конференція «Приладобудування: стан і перспективи», м. Київ, Україна, 2023; 16-та Міжнародна науково-практична конференція «Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси (ІРТК-2023)», м. Київ, Україна, 2022; International Journal “NDT Days”, BSNDT, Sozopol, Bulgaria, 2023.

6. Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами науково-технічної експертизи дисертація Левченка О.Е. визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень.

7. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача

За результатами досліджень опубліковано 13 наукових публікацій, у тому числі:

- 0 одноосібних монографій, 0 одноосібних розділів у колективних монографіях;

- 4 статей у наукових фахових виданнях України за спеціальністю, 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології.

в т.ч. 3 статей у яких число співавторів (разом із здобувачем) більше двох осіб;

- 1 стаття у періодичних наукових виданнях проіндексованих у базах Scopus та/або Web of Science Core Collection із зазначенням квартилю видання (якщо такий є);

- 0 патентів України на винахід, що пройшли кваліфікаційну експертизу;

- 0 патентів України на корисну модель;

- 8 тез виступів на наукових конференціях;

- 0 статей, що додатково відображають результати дисертації.

1. Редька М.О., Куц Ю.В., Левченко О.Е., Близнюк О.Д. Метод виявлення сигналів вихрострумової дефектоскопії малої обчислювальної ресурсоемності // Технічна діагностика та неруйнівний контроль, – №2 (2020), 22–25. (ISSN: друковане - 0235-3474, наукове видання України, категорія Б, спеціальність 151, індексується в Google Scholar). *Здобувачем проведено моделювання процесу виявлення сигналів ВСД за їх фазою.*
2. Куц Ю.В., Учанин 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. (ISSN: друковане - 0235-3474, наукове видання України, категорія Б, спеціальність 151, індексується в Google Scholar) *Здобувачем проаналізовано формування сигналів ВСП та їх опрацювання за допомогою дискретного перетворення Гільберта.*

3. 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 вихрострумowego контролю. Частина 2. Отримання вторинних діагностичних ознак та приклади реалізації // Технічна діагностика та неруйнівний контроль, – №3 (2021), 7–13. (ISSN: друковане - 0235-3474, наукове видання України, категорія Б, спеціальність 151, індексується в Google Scholar). *Здобувачем проаналізовано отримані з фази сигналів вторинних інформаційних ознак та їх використання для опрацювання даних ВСК.*
4. Левченко О.Е. Використання платформи RedPitaya в технології прототипування автоматизованих систем вихрострумowego контролю // Вісник КПІ. Серія ПРИЛАДОБУДУВАННЯ, Вип. 66(2), (2023), XX-XX. (ISSN: друковане - 0201-744X; 0321-2211, наукове видання України, категорія Б, спеціальність 151, індексується в BASE, OpenAIRE, WorldCat, Index Copernicus, Google Scholar).
5. Zhong Mei, Yurii Kuts, Orest Kochan, Iuliia Lysenko, Oleksandr Levchenko Halyna Vlach-Vyhrynovska. Using signal phase in computerized systems of non-destructive testing // Measurement science review, 22, (2022), No 1, 32-43. (ISSN: електронне – 1335-8871, країна: Словачька Республіка, індексується в Scopus, Impact Factor[^] 1,985, Qufrtile: Q3). *Здобувачем проаналізовано отримані з фази сигналів статистики та їх використання у вихрострумowego контролі.*
DOI: <https://doi.org/10.2478/msr-2022-0004> ()
6. Куц Ю.В., Лисенко Ю.Ю., Левченко О.Е., Редька М.О. Виразення 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. *Здобувачем проаналізовано використання кругових статистик в опрацюванні результатів фазових вимірювань.*
7. Левченко О.Е. Використання матричних вихрострумowych 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.
8. Лисенко Ю.Ю., Куц Ю.В., Левченко О.Е. Імпульсний вихрострумовой контроль із застосуванням багатоелементних перетворювачів // XXI Міжнародна науково-технічна конференція «Приладобудування: стан і перспективи». Збірник матеріалів конференції. – Київ, Україна. – 17 - 18 травня 2022. – С.207-209. *Здобувачем проведені вимірювальні експерименти з отримання сигналів ВСП.*
9. 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. *Здобувачем проаналізовано стандарти в частині використання гнучких ВСМ для аналізу об'єктів складної форми.*

10. Левченко О.Е., Лисенко Ю.Ю., Куц Ю.В. Застосування платформи Redpitaya в автоматизованих системах вихрострумowego неруйнівного контролю // XXII Міжнародна науково-технічна конференція «Приладобудування: стан і перспективи». Збірник матеріалів конференції. – Київ, Україна. – **16 - 17 травня 2023.** – С.270. *Здобувачем проаналізовано особливості застосування платформи Red Pitaya у ВСК.*
11. 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 (ІРТК-2023)». – Київ, Україна. – **23-24 травня 2023.** – С. 91-92. *Здобувачем проаналізовано чинники, що впливають на чутливість та роздільну здатність ВСМ.*
12. 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. *Здобувач брав участь у проведенні експериментів та обробленні отриманих експериментальних даних.*
13. 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. *Здобувачем запропоновано технологію вихрострумowego контролю на основі платформи Red Pitaya.*

Якість та кількість публікацій відповідають “Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44”.

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Левченка О.Е. “Автоматизоване керування технологічним процесом хімічного фрезерування з використанням матричних вихрострумowych перетворювачів”, що подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології за своїм науковим рівнем, новизною отриманих результатів, теоретичною та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам, що пред'являють до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії та відповідає напряму наукового дослідження освітньо-наукової програми КПІ ім. Ігоря Сікорського Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології.

РЕКОМЕНДУВАТИ:

1. Дисертаційну роботу "Автоматизоване керування технологічним процесом хімічного фрезерування з використанням матричних вихрострумів перетворювачів", подану Левченком Олександром Едуардовичем на здобуття наукового ступеня доктора філософії, до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

2. Вченій раді КПІ ім. Ігоря Сікорського утворити разову спеціалізовану вчену раду у складі:

Голова:

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих оптичних та навігаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського
Бурау Надія Іванівна

Члени:

Рецензенти:

доктор технічних наук, професор, професор кафедри «Інформаційно-вимірювальних технологій» КПІ ім. Ігоря Сікорського
Здоренко Валерій Георгійович

доктор технічних наук, професор, професор кафедри автоматизації та систем неруйнівного контролю КПІ ім. Ігоря Сікорського
Черепанська Ірина Юріївна

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор, професор кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій Черкаського державного технологічного університету **Гальченко Володимир Якович**

доктор технічних наук, професор, професор кафедри хімічної техніки та промислової екології НТУ «Харківський політехнічний інститут»
Себко Вадим Вадимович.

Головуючий на засіданні
професор кафедри автоматизації та систем неруйнівного контролю
д. пед. н., проф.



Анатолій ПРОТАСОВ

Вчений секретар
кафедри автоматизації та систем неруйнівного контролю
к.т.н., доцент



Наталія НАЗАРЕНКО