

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректора з навчальної роботи
Національного технічного
університету України
“Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”
к.філос.н., доц.



Анатолій МЕЛЬНИЧЕНКО

20 20 р.

ВИТЯГ

з протоколу № 13 від 13 лютого 2020 р. розширеного засідання
кафедри приладів і систем неруйнівного контролю

Національного технічного університету України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

БУЛИ ПРИСУТНІ:

- з кафедри приладів і систем неруйнівного контролю: завідувач кафедри, д.п.н., к.т.н., проф. Протасов А.Г., проф., д.т.н., проф. Маєвський С.М., проф., д.т.н., проф. Куц Ю.В., доц., к.т.н., доц. Баженов В.Г., доц., к.т.н., доц. Петрик В.Ф., доц., к.т.н., доц. Галаган Р.М., ст. викладач, к.т.н. Муравйов О.В., ст. викладач, к.т.н. Богдан Г.А.; ст. викладач, к.т.н. Лисенко Ю.Ю.

- з інших кафедр КПІ ім. Ігоря Сікорського:

- з кафедри інформаційно-вимірюваних технологій: в.о. завідувача кафедри, д.т.н., доц. Єременко В. С., проф., д.т.н., проф. Защепкіна Н.М.;

- з кафедри приладів і систем орієнтації та навігації: завідувач кафедри, д.т.н., проф. Бурау Н.І.;

- з кафедри автоматизації теплоенергетичних процесів: доц., к.т.н., доц. Степанець О. В.

Запрошені з інших організацій:

- Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України: с.н.с., к.т.н. Бондаренко О. Г.;

- Інститут технічної теплофізики НАН України: с.н.с., д.т.н. Ковтун С. І.

СЛУХАЛИ:

1. Повідомлення аспіранта кафедри приладів і систем неруйнівного контролю Момота Андрія Сергійовича за матеріалами дисертаційної роботи “Удосконалення методу визначення характеристик дефектів багатошарових матеріалів за результатами активного теплового

контролю”, поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань *Автоматизація та приладобудування* за спеціальністю 151 *Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології*.

Тему дисертаційної роботи “Удосконалення методу визначення характеристик дефектів багатошарових матеріалів за результатами *активного теплового контролю*” затверджено на засіданні Вченої ради приладобудівного факультету, (протокол № 9/16 від “31” жовтня 2016 року).

Науковим керівником затверджений к.т.н., доцент Галаган Р. М.

2. Запитання до здобувача.

Запитання по темі дисертації ставили:

д.т.н., проф. Маєвський С.М., д.т.н., проф. Куц Ю.В., д.п.н., проф. Протасов А.Г., д.т.н., доц. Єременко В.С., д.т.н., проф. Бурау Н.І., к.т.н., доц. Баженов В.Г., д.т.н., проф. Защепкіна Н.М., с.н.с., д.т.н. Ковтун С. І.

3. Виступи за обговореною роботою.

В обговоренні дисертації взяли участь:

д.т.н., доц. Єременко В.С., к.т.н., доц. Степанець О.В., д.т.н., проф. Маєвський С.М., д.т.н., проф. Куц Ю.В., д.п.н., проф. Протасов А.Г., д.т.н., проф. Бурау Н.І., к.т.н., доц. Баженов В.Г., д.т.н., проф. Защепкіна Н.М.

УХВАЛИЛИ:

ВИСНОВОК

про наукову та практичну цінність дисертації
аспіранта кафедри приладів і систем неруйнівного контролю

КПІ ім. Ігоря Сікорського

Момота Андрія Сергійовича

на тему “ *Удосконалення методу визначення характеристик дефектів багатошарових матеріалів за результатами активного теплового контролю*”, поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань *Автоматизація та приладобудування* за спеціальністю 151 *Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології*.

1. Актуальність теми дослідження

В дисертаційній роботі описано та обґрунтовано, що на сьогоднішній день вибори із багатошарових та композиційних матеріалів знаходять все більш широке застосування в авіаційній, автомобільній, машинобудівній та багатьох інших галузях промисловості. Композиційні матеріали застосовуються в складі відповідальних деталей та елементів конструкцій, що знаходяться в складних експлуатаційних умовах. Від якості виробів із таких матеріалів залежить не лише функціонування високовартісного обладнання, але часто і людські життя. Особливості будови композитів, їх різноманіття та широка номенклатура, значний розкид теплофізичних характеристик і складність контролю вимагають постійного удосконалення

методів виявлення і визначення характеристик дефектів. Враховуючи постійно зростаючі темпи та обсяги виробництва, а також підвищення вимог до контролю якості продукції, в дисертації вирішується актуальне науково-технічне завдання автоматизації процесу контролю та удосконалення методу визначення характеристик дефектів, що забезпечуватиме високу інформативність, достовірність і точність.

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

Дисертаційну роботу виконано на кафедрі приладів і систем неруйнівного контролю Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» відповідно до ініціативної науково-дослідної роботи: «Розробка інтелектуальних систем аналізу теплових полів» (ДР №0119U103757).

3. Наукова новизна отриманих результатів.

У дисертації вперше одержані такі нові наукові результати:

- 1) Запропоновано метод автоматизованої обробки послідовності термограм, отриманих у результаті активного теплового контролю багатошарових матеріалів, який використовує нейромережеві технології для аналізу температурних профілів у кожній точці об'єкту та дозволяє одночасно проводити класифікацію знайдених дефектів, вимірювати їх глибину залягання та розкрити.
- 2) Набув подальшого розвитку метод синтезу нейронної мережі прямого розповсюдження зі зворотним поширенням помилки, який враховує залежності достовірності контролю та точності дефектометрії від архітектури та алгоритмів навчання нейронної мережі, що дозволило обґрунтувати вибір кількості прихованих прошарків нейронної мережі, кількості нейронів у цих прошарках та оптимального за показником середньоквадратичної помилки мережі алгоритму навчання.
- 3) Удосконалено метод формування навчального набору даних, який враховує залежності достовірності класифікації дефектів у багатошарових матеріалах, похибок визначення їх глибини залягання і розкриття від параметрів вибірки навчальних сигналів, що дозволило мінімізувати час навчання нейронної мережі без погіршення достовірності автоматизованої класифікації дефектів та точності дефектометрії.

4. Теоретичне та практичне значення результатів дисертації

Практичне значення одержаних в дисертаційній роботі результатів полягає в тому, що здобувачем самостійно було розроблено алгоритмічне і програмне забезпечення реалізації підсистеми визначення характеристик дефектів за результатами активного теплового контролю із використанням вдосконаленого методу на базі нейромережевих технологій, що дозволило автоматизувати класифікацію дефектів, підвищити точність теплової дефектометрії і достовірність контролю у порівнянні з існуючими методами. В дисертації розроблено віртуальний інтерфейс користувача, який містить інструменти для проведення дефектометрії, що дало змогу покращити ефективність аналізу результатів контролю. Експериментально визначено

архітектуру та параметри нейромереж, за яких досягається найвища достовірність класифікації дефектів та точність дефектометрії. Розроблено експериментальний стенд та дослідні зразки для проведення активного теплового контролю і аналізу результатів із використанням удосконаленого методу на основі нейромережових технологій, що дозволило відпрацювати програмні алгоритми та підтвердити ефективність даного удосконаленого методу визначення характеристик дефектів.

5. Використання результатів роботи

Удосконалений дисертації метод визначення характеристик дефектів може бути використаний під час проектування підсистем аналізу даних автоматизованих систем теплової дефектоскопії і дефектометрії композиційних матеріалів чи інших об'єктів контролю в різноманітних галузях промисловості, або застосовуватися в якості стенду для дослідження існуючих та розробки нових методик теплового неруйнівного контролю.

Результати дисертаційної роботи, зокрема, методичне забезпечення щодо проектування та програмної реалізації нейромережових модулів класифікації та вимірювання параметрів дефектів, рекомендації щодо методики активного теплового неруйнівного контролю, розроблений експериментальний стенд та виготовлені тестові зразки із багатошарових композиційних матеріалів зі штучними дефектами використовуються в начальному процесі кафедри приладів і систем неруйнівного контролю Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

6. Особиста участь автора в одержанні наукових та практичних результатів, що викладені в дисертаційній роботі полягає в наступному:

- обґрунтовано використання нейромережових модулів для автоматизації визначення типу, глибини залягання та розкриття дефектів;
- обґрунтовано та синтезовано структуру автоматизованої системи аналізу результатів активного теплового контролю із застосуванням удосконаленого методу визначення характеристик дефектів;
- досліджено архітектури нейронних мереж для вирішення задач АТНК та визначено вплив параметрів навчання на ефективність роботи нейромережових модулів;
- розроблено експериментальний стенд та дослідні зразки для дослідження ефективності роботи удосконаленого методу визначення характеристик дефектів багатошарових матеріалів;
- розроблено рекомендації щодо проведення контролю виробів із багатошарових та композиційних матеріалів з використанням створеної системи на базі удосконаленого методу визначення характеристик дефектів.

Дисертаційна робота виконана на кафедрі приладів і систем неруйнівного контролю, науковий керівник к.т.н., доцент кафедри приладів і систем неруйнівного контролю Галаган Р. М.

Розглянувши звіт подібності щодо перевірки на плагіат, рецензенти дійшли висновку, що дисертаційна робота Момота А.С. є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

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

За результатами досліджень опубліковано 14 наукових праць, у тому числі 5 статей у наукових фахових виданнях (з них 1 стаття у періодичних наукових виданнях інших держав, які входять до ОЕСР та/або Європейського Союзу), 9 тез доповідей в збірниках матеріалів конференцій.

Список публікацій здобувача:

1. Момот А.С. Реалізація нейромережових алгоритмів класифікації технічного стану композиційних матеріалів за результатами акустичного контролю / А. С. Момот, Р. М. Галаган. // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2017. – №1. – С. 43–46.

Здобувачем розроблено нейромережову систему класифікації технічного стану композиційних матеріалів, обґрунтовано ефективність застосування нейронних мереж в якості систем підтримки прийняття рішень у неруйнівному контролі.

2. Момот А.С. Аналіз методів цифрової обробки термограм / А. С. Момот, Р. М. Галаган. // Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Серія приладобудування. – 2018. – №55. – С. 108–117.

Здобувачем проведено аналітичний огляд існуючих методів цифрової обробки термограм, встановлено переваги використання нейронних мереж перед традиційними методами

3. Momot A. S. Analysis of application of neural networks to improve the reliability of active thermal NDT / A. S. Momot, R. M. Galagan. // KPI Science News. – 2019. – №1. – pp. 7–14.

Здобувачем проведено комп'ютерне моделювання активного теплового контролю сталеві пластина та обґрунтовано можливість підвищення достовірності контролю із застосуванням нейронних мереж.

4. Momot A. S. Statistical analysis of thermal nondestructive testing data / A. S. Momot, R. M. Galagan. // Advanced Information Systems. – Kharkiv. – 2019. – №3. – pp. 58–62.

Здобувачем проведено кореляційний, регресійний та дисперсійний аналіз взаємозв'язків між інформативними параметрами теплового контролю.

5. Momot A. Influence of architecture and training dataset parameters on the neural networks efficiency in thermal nondestructive testing / A. Momot, R. Galagan. // Sciences of Europe. – 2019. – №44. – pp. 20–25. (Входить до Index Copernicus та інших).

Здобувачем проведено формування навчальних множин вхідних даних з різними характеристиками, навчено моделі нейронних мереж та

встановлено вплив розглянутих параметрів на ефективність розробленої системи.

6. Momot A. S. The use of ART-2 neural network for processing information signals of non-destructive testing / A.S. Momot, R.M. Galagan. // proc. 2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON) Kiev, 29 May-2 June 2017 / IEEE. – 2017. – pp. 981–985.

Здобувачем обґрунтовано можливості застосування нейронних мереж для обробки інформаційних сигналів неруйнівного контролю, реалізовано та досліджено алгоритми нейронної мережі для класифікації технічного стану об'єкту.

7. Момот А.С. Застосування нейромережевих технологій для вирішення обернених задач неруйнівного контролю / А. С. Момот, Р. М. Галаган. // XVI Міжнародна науково-технічна конференція «Приладобудування: стан і перспективи», 16-17 травня 2017 р., м. Київ, Україна : збірник тез доповідей. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – С. 144.

Здобувачем проаналізовано сучасний стан та тенденції розвитку методів вирішення зворотних задач теплового неруйнівного контролю, обґрунтовано необхідність застосування нейронних мереж в задачах теплової дефектометрії.

8. Момот А.С. Теплова томографія із застосуванням штучних нейронних мереж / А. С. Момот, Р. М. Галаган. // XVII Міжнародна науково-технічна конференція «Приладобудування: стан і перспективи», 15-16 травня 2018 р., м. Київ, Україна : збірник тез доповідей. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – С. 178-179.

Здобувачем обґрунтовано можливість застосування нейронних мереж для побудови теплових томограм, проведено комп'ютерне моделювання процесу теплової дефектометрії із застосуванням нейронних мереж.

9. Momot A. S. The Use of Backpropagation Artificial Neural Networks in Thermal Tomography / A.S. Momot, R.M. Galagan. // proc. 2018 IEEE First International Conference on System Analysis & Intelligent Computing (SAIC) Kiev, 8-12 October 2018 / IEEE. – 2018. – pp. 1–6.

Здобувачем обґрунтовано доцільність використання нейронних мереж зворотного поширення помилки в задачах теплової томографії, проведено комп'ютерне моделювання процесу активного теплового контролю та побудовано теплову томограму.

10. Момот А. С. Нейромережева система теплової дефектометрії / А. С. Момот. // II науково-технічна конференція “НК в контексті асоційованого членства України в ЄС” 15-19 жовтня 2018, м. Люблін, Польща: збірник тез доповідей. – Люблін: УТ НКТД, 2018. – С. 23-26.

11. Момот А.С. Статистический анализ взаимосвязей между информативными параметрами активного теплового неразрушающего контроля / А. С. Момот, Р. М. Галаган. // Приборостроение-2018: материалы 11-й Международной научно-технической конференции, 14-16 ноября 2018 года, Минск, Республика Беларусь. – Минск: БНТУ, 2018. – С. 139-141.

Здобувачем проведено комп'ютерне моделювання активного теплового контролю, здійснено кореляційний, регресійний та дисперсійний аналіз взаємозв'язків інформативних параметрів теплового контролю.

12. Momot A. S. Thermal defectometry of composite materials using artificial neural networks / A. S. Momot. // XVIII Міжнародна науково-технічна конференція «Приладобудування: стан і перспективи», 15-16 травня 2019 р., м. Київ, Україна: збірник тез доповідей. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – С. 154-155.

13. Momot, A. Defect classification in active thermal testing with the use of neural networks / A. Momot // Матеріали III науково-технічної конференції «Неруйнівний контроль в контексті асоційованого членства України в Європейському Союзі» з міжнародною участю – NDT – UA 2019, 17-19 вересня 2019 року, м. Київ, Україна. – Київ : УТ НКТД, 2019. – С. 16-18

14. Момот, А. С. Дослідження ефективності нейронних мереж в активному тепловому контролі в залежності від характеристик навчальної вибірки / А. С. Момот, Р. М. Галаган // 9-а Національна науково-технічна конференція і виставка «Неруйнівний контроль та технічна діагностика – UkrNDT-2019», 19-21 листопада 2019 р., м. Київ, Україна: збірник доповідей. – Київ : УТ НКТД, 2019. – С. 229-231.

Здобувачем проведено навчання нейронних мереж класифікації та визначення глибини залягання і розкриву дефектів, встановлено вплив обсягу та якості навчальної вибірки на результати роботи відповідних мереж.

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Момота А.С. “Удосконалення методу визначення характеристик дефектів багатошарових матеріалів за результатами активного теплового контролю”, яка подана на здобуття ступеня доктора філософії, за своїм науковим рівнем та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам пп.9, 10, 11 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. № 167, та відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми КПІ ім. Ігоря Сікорського зі спеціальності *151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології*.

РЕКОМЕНДУВАТИ дисертаційну роботу “Удосконалення методу визначення характеристик дефектів багатошарових матеріалів за результатами активного теплового контролю”, подану Момотом Андрієм Сергійовичем на здобуття ступеня доктора філософії, до захисту.

Пропонується призначити:

Головою разової спеціалізованої вченої ради **Тимчика Григорія Семеновича**, д.т.н., професора, декана приладобудівного факультету Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”.

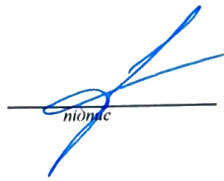
Офіційними опонентами:

1. **Сучкова Григорія Михайловича**, д.т.н., професора, Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут".

2. Ковтун Світлану Іванівну, д.т.н., старшого наукового співробітника Інституту технічної теплофізики НАН України.

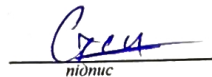
Рецензенти:

Д.т.н., доц., завідувач кафедри інформаційно-вимірювальних систем



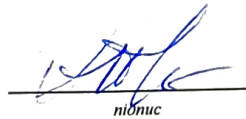
Єременко В. С.

К.т.н., доц., доцент кафедри автоматизації теплоенергетичних процесів



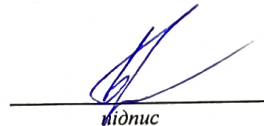
Степанець О. В.

Головуючий на засіданні завідувач кафедри приладів і систем неруйнівного контролю д.пед.н., професор



Протасов А. Г.

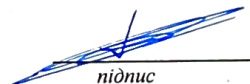
Вчений секретар кафедри приладів і систем неруйнівного контролю, к.т.н.



Богдан Г. А.

ПОГОДЖЕНО:

Декан приладобудівного факультету



Тимчик Г. С.