

Рішення
разової спеціалізованої вченої ради
про присудження ступеня доктора філософії

Здобувач ступеня доктора філософії Катаєв Денис Анатолійович,
(власне ім'я, прізвище здобувача)

1978 року народження, громадянство Україна,
(назва держави, громадянином якої є здобувач)

освіта вища: закінчив у 2020 році Національний авіаційний університет
(найменування закладу вищої освіти)

за спеціальністю (спеціальностями) Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(за дипломом)

працює вчителем інформатики в Приватному закладі Міжнародний ліцей «Михайл»,
(посада) (місце основної роботи, підпорядкування, місто)

виконав акредитовану освітньо-наукову програму
«Інформаційно-вимірювальні технології в енергетиці».

Разова спеціалізована вчена рада ДФ 26.223.03 Інституту загальної енергетики НАН України, утворена наказом Інституту загальної енергетики НАН України, м. Київ, від «13» червня 2025 року № 17-осн. зі змінами, внесеними наказом від 05 серпня 2025 року № 23-осн.
(наукової установи, підпорядкування (у родовому відмінку), місто)

у складі:

Голови разової спеціалізованої вченої ради: Світлана КОВТУН – доктор технічних наук, старший дослідник, заступник директора з наукової роботи Інституту загальної енергетики НАН України.

Рецензентів: Юрій КУЦ – доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник відділу моніторингу і діагностики об'єктів енергетики Інституту загальної енергетики НАН України,

Ігор БОГАЧЕВ – кандидат технічних наук, старший дослідник, старший науковий співробітник відділу моніторингу і діагностики об'єктів енергетики Інституту загальної енергетики НАН України.

Офіційних опонентів: Петро РАЙТЕР – доктор технічних наук, професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій та енергетичного менеджменту Івано-Франківського інституту нафти і газу,

Максим БОНДАРЕНКО – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій Черкаського державного технологічного університету.

на засіданні «24» вересня 2025 року прийняла рішення про присудження ступеня доктора філософії з галузі знань «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації»
(галузь знань)

Катаєву Денису Анатолійовичу
(власне ім'я, прізвище здобувача у давальному відмінку)

на підставі публічного захисту дисертації «Software and information complex for improving the accuracy of measurements of geometric parameters of power equipment parts based on a neural network» («Програмно-інформаційний комплекс для підвищення точності вимірювань геометричних параметрів деталей енергетичного обладнання на базі нейронної мережі»)
(назва дисертації)

Дисертацію виконано в Інституті загальної енергетики НАН України, м. Київ.

(найменування закладу вищої освіти (наукової установи), підпорядкування, місто)

Наукові керівники: Артур ЗАПОРОЖЕЦЬ, д-р техн. наук, ст. дослідник, заст. директора з науково-організаційної роботи Інституту загальної енергетики НАН України, КАЦПЖИК Януш (Kasprzyk Janusz) д-р техн. наук, професор, іноземний член НАН України.

(власне ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання, місце роботи, посада)

Дисертаційна робота Катаєва Д.А. є самостійно виконаним науковим дослідженням. Висновки та положення, викладені в тексті роботи, отримані автором самостійно. Основні наукові результати, отримані автором дисертації, наведено у наукових працях, поданих у списку публікацій.

У дисертаційній роботі Катаєва Дениса Анатолійовича отримано нові науково обґрунтовані результати, які в сукупності вирішують важливе науково-технічне завдання підвищення точності вимірювань геометричних параметрів деталей енергетичного обладнання шляхом розроблення й впровадження програмно-інформаційного комплексу з інтегрованою нейронною мережею. Наукова новизна роботи полягає в наступному:

- запропоновано універсальний метод калібрування, що полягає у використанні трьох калібрувальних еталонів в межах однієї процедури, що дає змогу врахувати систематичні похибки при зондуванні поверхні, оцінити здатність координатно-вимірювальної руки стабільно відтворювати одну і ту ж точку в просторі та визначити параметри відтворюваності лінійного переміщення координатно-вимірювальної руки;
- розроблено метод компенсації залишкової кінематичної похибки з використанням одноточкової моделі корекції залишкових похибок, що дало змогу зменшити кінематичну складову залишкової похибки у 4 рази;
- набула подальшого розвитку теорія навчання нейронних мереж, що дозволило автоматично враховувати змінні умови вимірювань та компенсувати вплив дестабілізуючих факторів, що дало змогу зменшити некінематичну складову залишкової похибки у 6 разів.

У результаті обговорення презентації дисертаційної роботи Катаєва Дениса Анатолійовича «Software and information complex for improving the accuracy of measurements of geometric parameters of power equipment parts based on a neural network» вважається, що:

- 1) дисертаційна робота Катаєва Д.А. є кваліфікаційною науковою працею, виконаною ним особисто, в якій розв'язано важливе наукове завдання з розроблення та впровадження програмно-інформаційного комплексу для підвищення точності вимірювань геометричних параметрів деталей енергетичного обладнання. У роботі створено математичні та програмні моделі, що забезпечують компенсацію некінематичної складової похибки вимірювань на основі методів машинного навчання та штучного інтелекту. Основні положення та результати дослідження, викладені в тексті дисертації, отримано автором самостійно;
- 2) дисертація Катаєва Д.А. має наукову новизну, теоретичну й практичну значущість, відповідає вимогам пунктів 5–7 «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 року № 44. Фактів академічного плагіату, фабрикації або фальсифікації у тексті дисертації та в опублікованих наукових працях не виявлено;
- 3) Катаєвим Д.А. за темою дисертації опубліковано 9 наукових праць, з яких 6 висвітлюють основні наукові результати, і 3 наукових праці засвідчують апробацію результатів на міжнародних наукових конференціях. Усі публікації відповідають вимогам пункту 8 вищезазначеного Порядку.

Здобувач має 9 наукових публікацій за темою дисертації, з них 6 публікації, що відповідають вимогам пунктів 8, 9 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії:

1. Квасніков, В. П., & Катаєв, Д. А. (2022). Методи підвищення точності вимірювань за

- допомогою координатно вимірювальної руки. *Центральноукраїнський науковий вісник ЦНТУ*, 6(1), 52–60. [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.6\(37\).1.52-60](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.6(37).1.52-60). (фахове видання, категорія Б, ISSN 2664-262X).
2. Квасніков, В. П., Катаєв, Д. А., & Квашук, Д. М. (2022). Методи підвищення надійності вимірювань за допомогою координатно – вимірювальної руки в режимі реального часу. *Проблеми інформатизації та управління*, 4(72), 35–41. <https://doi.org/10.18372/2073-4751.72.17459>. (фахове видання, категорія Б, ISSN 2073-4751);
 3. Катаєв, Д. А., Квашук, Д. М., & Думбрава, С. М. (2023). Точність вимірювання механічних величин з використанням теорії нечітких множин. *Проблеми інформатизації та управління*, 1(73), 4–14. <https://doi.org/10.18372/2073-4751.73.17638>. (фахове видання, категорія Б, ISSN 2073-4751);
 4. Zaporozhets, A., & Kataiev, D. (2024). Method of Compensating for Instrumental Uncertainty in Measurements Using a Coordinate Measuring Arm. *System Research in Energy*, 1(76), 45–53. <https://doi.org/10.15407/srenergy2024.01.045>. (фахове видання, категорія Б, ISSN 2786-7633);
 5. Shkvarnytska, T., Yehorov, S., Kataiev, D., Kataieva, M., & Molchanova, K. (2024). Synthesis of analog matched filters for signals of different durations. *Science and technology today*, 4(32), 858–870. [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-4\(32\)-858-870%20](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-4(32)-858-870%20). (фахове видання, категорія Б, ISSN 2786-6025);
 6. Kasprzyk, J., Zaporozhets, A., & Kataiev, D. (2025). Development of an artificial neural network for information and measurement system for controlling the geometric dimensions of power equipment. *System Research in Energy*, 1(81), <https://doi.org/10.15407/srenergy2025.01.074>. (фахове видання, категорія Б, ISSN 2786-7633);
- 3 тези доповідей, опублікованих у збірниках матеріалів міжнародних науково-практичних конференцій, які відбувалися в Україні:
7. Катаєв, Д. А. (2022). Удосконалення методів підвищення точності позиціонування координатно-вимірювальної руки. *AVIATION IN THE XXI-st CENTURY - Safety in aviation and space technology*. September 28-30, 2022, <https://conference.nau.edu.ua/index.php/Congress/Congress2022/schedConf/presentations>;
 8. Катаєв, Д. А. (2023). Аналіз методів підвищення точності вимірювального сигналу координатно-вимірювальної руки. *AVIA-2023*. <https://conference.nau.edu.ua/index.php/AVIA/AVIA2023/schedConf/presentations>;
 9. Катаєв, Д. А. (2023). Застосування нейромереж для підвищення точності координатно - вимірювальної руки. *Інтегровані інтелектуальні робото технічні комплекси: шістнадцята міжнародна науково – практична конференція* (с. 123–126). [https://nau.edu.ua/ua/event/2023/hvi-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-integrovani-intelektualni-roboto-tehnicni-kompleksi-\(iirtk-2023\)](https://nau.edu.ua/ua/event/2023/hvi-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-integrovani-intelektualni-roboto-tehnicni-kompleksi-(iirtk-2023));
- У дискусії взяли участь (голова, рецензенти, офіційні опоненти, інші присутні) та висловили такі зауваження:
- 1) у другому розділі дисертації автор описує розробку кінематичної моделі з використанням параметрів Денавіта-Хартенберга. Було б доцільно навести більш розгорнуте обґрунтування вибору саме цієї моделі, враховуючи сучасні альтернативні методи кінематичного моделювання (наприклад, моделі, засновані на методі скінченних елементів або альтернативні кінематичні моделі з меншою кількістю параметрів). Доцільно також проаналізувати переваги й недоліки запропонованого методу у порівнянні з іншими підходами;
 - 2) у третьому розділі автором детально представлено структуру та алгоритми роботи розробленого програмно-інформаційного комплексу. Водночас, потребує додаткового пояснення питання інтеграції цього комплексу із вже існуючими промисловими системами автоматизованого контролю якості деталей. Було б доцільним висвітлити основні технічні та програмні вимоги для такої інтеграції, зокрема питання сумісності протоколів передачі даних;
 - 3) у четвертому розділі дисертації розглядається методика підготовки даних для навчання нейронних мереж. Автором недостатньо уваги приділено обґрунтуванню вибору конкретних методів нормалізації та генерації синтетичних даних. Потрібно було б чіткіше вказати, як ці підходи впливають на загальну ефективність навчання та точність

- отримуваних результатів, а також провести порівняльний аналіз різних технік попередньої обробки даних;
- 4) у дисертації недостатньо висвітлено вплив зовнішніх умов (температурні коливання, вібрації, електромагнітні завади тощо) на точність вимірювань після компенсації нейромережею. Було б доцільно навести додаткові експериментальні дані щодо поведінки запропонованого програмного комплексу за умов істотних змін навколишнього середовища, що є важливим фактором для оцінки стабільності вимірювань у виробничих умовах;
 - 5) хоча дисертація містить значну кількість ілюстративного матеріалу, певні результати експериментальних досліджень представлені переважно у вигляді таблиць. Було б доцільно також навести графічне порівняння точності запропонованого комплексу з існуючими аналогами або традиційними методами компенсації похибок, що дало б змогу більш наочно оцінити переваги запропонованого підходу;
 - 6) в описі алгоритму калібрування (розділ 2) автором пропонується використання саме трьох еталонів. Варто було б більш детально обґрунтувати як зміна кількості еталонів може вплинути на точність калібрування та складність процедури;
 - 7) у розділі 3 дисертації автором детально обґрунтовано вибір архітектури нейронної мережі та наведено результати для значної кількості варіантів моделей. Проте було б доцільно зазначити у тексті дисертації, чому було обрано саме ці типи нейронних мереж і не розглядалась можливість застосування інших перспективних типів мереж, таких як рекурентні (RNN) або згорткові (CNN), які могли б додатково підвищити точність компенсації похибок;
 - 8) у четвертому розділі недостатньо висвітлено аналіз чутливості нейронної мережі до варіації окремих гіперпараметрів (кількість шарів, кількість нейронів, темп навчання тощо). Рекомендується надати більш глибокий аналіз впливу цих параметрів на точність та стабільність навчання нейромережі;
 - 9) у п'ятому розділі при описі результатів навчання нейронних мереж було б доцільно додати додаткові графічні залежності (графіки навчання), які б наочно демонстрували динаміку зміни точності мережі та процесу збіжності під час навчання;
 - 10) у п'ятому розділі представлено результати експериментальних досліджень ефективності запропонованого програмно-інформаційного комплексу лише для окремих типів функцій активації. Потребує додаткового пояснення, чому не було проведено більш розширений порівняльний аналіз ефективності використання різних функцій втрат (loss functions) та їх вплив на кінцеву точність і швидкість навчання нейронної мережі;
 - 11) у роботі недостатньо уваги приділено питанню швидкодії розробленого комплексу, зокрема впливу часу обробки даних нейронною мережею на загальну продуктивність вимірювального процесу, що є важливим для практичного використання розробленого рішення в реальних умовах виробництва;
 - 12) у вступі (с. 10–13) автор наводить інформацію щодо практичної значущості отриманих результатів, проте не зазначає конкретних кількісних показників економічної чи виробничої ефективності впровадження розробленого комплексу на підприємствах, що могло б суттєво посилити обґрунтування практичної цінності дослідження;
 - 13) у першому розділі (с. 15–27) подано аналіз сучасних підходів до компенсації похибок, однак відсутній детальний порівняльний аналіз переваг і недоліків цих методів, що могло б краще обґрунтувати вибір підходу на основі нейронних мереж;
 - 14) у другому розділі дисертаційної роботи (с. 28–35), присвяченому побудові кінематичної моделі координатно-вимірювальної руки із використанням параметрів Денавіта–Хартенберга, однак недостатньо уваги приділено аналізу чутливості моделі до зміни початкових параметрів, що має ключове значення для оцінки стабільності та надійності результатів вимірювань у реальних умовах експлуатації;
 - 15) у третьому розділі (с. 64–78) описано процес створення нейромережевої моделі, однак недостатньо уваги приділено обґрунтуванню вибору методу оптимізації та стратегії зупинки процесу навчання нейронної мережі, що є важливим для забезпечення ефективності та відтворюваності результатів;
 - 16) у четвертому розділі (с. 95–102) запропоновано алгоритми генерації синтетичних наборів даних, проте не розглянуто вплив кількості та типу шуму на якість навчання нейронної мережі. Аналіз такого впливу суттєво підвищив би прикладну цінність

- отриманих результатів;
- 17) у дисертації недостатньо уваги приділено аналізу потенційних ризиків і обмежень застосування розробленого програмно-інформаційного комплексу в умовах значних змін навколишнього середовища (наприклад, екстремальні температурні коливання, вібрації тощо), що могло б суттєво підвищити практичну надійність запропонованих рішень;
 - 18) у першому розділі дисертації (стор. 25, стор. 28) наведено таблиці (табл. 1.1, табл. 1.2), що описують фактори виникнення кінематичних і некінематичних похибок, проте відсутні посилання на конкретні літературні джерела, що значно посилює аргументацію автора;
 - 19) при розгляді математичних моделей компенсації похибок (стор. 27-32) відсутні конкретні числові приклади розрахунків похибок. Їх наведення дозволило б краще оцінити практичну ефективність запропонованих підходів;
 - 20) у другому розділі (стор. 38-42) докладно описано кінематичну модель на основі параметрів Денавіта–Хартенберга, але не вистачає графічних матеріалів (наприклад, схем чи 3D-візуалізації), які значно полегшили б сприйняття цієї моделі;
 - 21) у розділі 3 (п. 3.3, стор. 76-80) зазначено використання Python і бібліотек PyTorch, NumPy, SciPy тощо для розроблення програмного комплексу, але відсутні технічні характеристики використаного апаратного забезпечення, на якому виконувалось навчання нейронної мережі, що є важливим для оцінки швидкодії та масштабованості системи;
 - 22) у розділі 4 (п. 4.1, с. 83-89) описано методи генерації синтетичних даних для нейромережі, але відсутній порівняльний аналіз отриманих синтетичних даних із експериментально отриманими реальними даними, що могло б додатково підтвердити коректність запропонованих підходів;
 - 23) у експериментальному розділі 5 (стор. 105-125) недостатнім є представлення графіків, які ілюструють динаміку процесу навчання нейронної мережі (наприклад, залежності помилок навчання і тестування), що дало б більш детальне уявлення про ефективність тренування мережі;
 - 24) у роботі загалом відсутній окремий підрозділ, у якому були б чітко визначені обмеження застосованих методів, а також окреслені конкретні напрями майбутніх досліджень, що могло б суттєво розширити перспективність роботи;

Вказані вище зауваження мають рекомендаційний характер і не знижують наукової та практичної цінності роботи.

Результати відкритого голосування:

«За» 5 членів ради,
«Проти» немає членів ради.

На підставі результатів відкритого голосування разова спеціалізована вчена рада присуджує

Катаєву Денису Анатолійовичу

(власне ім'я, прізвище, здобувача у давальному відмінку)

ступінь доктора філософії з галузі знань

«Електроніка, автоматизація та електронні комунікації»

(галузь знань)

за спеціальністю

175 – Інформаційно-вимірювальні технології

(код і найменування спеціальності (спеціальностей) відповідно до Переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти)

Відеозапис трансляції захисту дисертації додається.

Голова разової спеціалізованої вченої ради



Світлана КОВТУН
(власне ім'я та прізвище)