

## **ВИСНОВОК**

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення  
результатів дисертації «Удосконалення методик калібрування засобів  
вимірювання та відтворення електричного опору»  
здобувача ступеня доктора філософії  
Семеніхіна Валерія Сергійовича  
за спеціальністю 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка  
галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування**

Науковий семінар проведений на засіданні кафедри Інформаційно-вимірювальних технологій «30» березня 2024 р., протокол № 10.

**1. Актуальність теми дисертації.** Електричні вимірювання на даний час є одним з найбільш поширених видів вимірювань. Виконання робіт в області електричних вимірювань передбачає не тільки розробку ефективних методів вимірювання та способів обробки вимірювальної інформації, а також і дослідження питань простежуваності результатів вимірювання до електричних одиниць SI та оцінювання характеристик їх точності. Однією з найважливіших областей електричних вимірювань є область вимірювання електричного опору.

Незважаючи на наявність великої кількості методик калібрування засобів вимірювальної техніки електричного опору в багатьох з них відсутні процедури оцінювання невизначеності вимірювань, які в цій області мають свої специфічні особливості.

У зв'язку з цим тема дисертаційного дослідження “Удосконалення методик калібрувань засобів вимірювання і відтворення електричного опору” є актуальною, а її вирішення – доцільним і своєчасним.

**2. Зв'язок теми дисертації з державними програмами, науковими напрямами університету та кафедри.** Тема дисертації відповідає науковому напряму кафедри Інформаційно-вимірювальних технологій Харківського національного університету радіоелектроніки, а саме науковому напряму «розробка інформаційно-вимірювальних технологій»; дисертація виконана в рамках науково-дослідної роботи: «Розробка процедур системи управління калібрувальної лабораторії», № держреєстрації 0121U107763 для ТОВ "Калібрувальна лабораторія "Метрологія" у якій автор брав участь як виконавець; термін виконання з 12.2020 до 12.2021.

**3. Мета і завдання дослідження.** Метою дисертаційної роботи є розробка процедур оцінювання невизначеності вимірювань при калібруванні засобів вимірювання та відтворення електричного опору на основі методу ексцесів.

Для досягнення поставленої мети у дисертаційній роботі передбачається виконання наступних задач:

- проаналізувати існуючі засоби вимірювання та відтворення електричного опору та методи їх калібрування;

- розробити процедури оцінювання невизначеності вимірювань для існуючих методів калібрування засобів вимірювання та відтворення електричного опору на основі методу ексцесу;

- експериментально та за допомогою численного моделювання перевірити розроблені процедури оцінювання невизначеності вимірювань.

#### **4. Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів**

Дисертаційна робота є закінченим, самостійно виконаним науковим дослідженням. Здобувачем виконано весь комплекс теоретичних та експериментальних досліджень, пов'язаних з удосконаленням методик калібрування засобів вимірювання та відтворення електричного опору – основні теоретичні співвідношення, експеримент, обробка результатів. Особистий внесок здобувача у наукові праці виконані у співавторстві конкретизовано у списку праць, наведеному нижче (п.8).

**5. Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків, рекомендацій.** Обґрунтованість і достовірність отриманих результатів дисертаційної роботи підтверджується теоретичним обґрунтуванням базових положень, результатами апробації, відповідністю результатів, а також моделювання розрахунку експериментальних результатів, їх відповідністю результатам, отриманими із застосуванням класичних методів.

**6. Ступінь новизни основних результатів дисертації порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру:**

- вперше обґрунтована доцільність використання методу ексцесів для отримання оцінок розширеної невизначеності вимірювань під час калібрування засобів вимірювання та відтворення електричного опору;

- удосконалені існуючі методики калібрування засобів вимірювання та відтворення значень електричного опору шляхом розробки процедур оцінювання невизначеності вимірювань на основі методу ексцесів;

- вперше розроблена методика ідентифікації неполіноміальних калібрувальних залежностей з урахуванням інструментальних невизначеностей ЗВТ;

- вперше розроблена методика компенсації похибок відліку при калібруванні аналогових омметрів з нелінійною шкалою;

- отримала подальший розвиток методика корегування міжкалібрувального інтервалу ЗВТ за результатами їх перекалібрувань;

- удосконалена методика оцінювання ймовірності відповідності відкаліброваних мір електричного опору та омметрів постійного струму вимогам технічної документації.

#### **7. Практична цінність результатів дослідження та їх впровадження**

Результати дослідження можуть бути застосовані в галузі Автоматизації та приладобудування, в метрологічній діяльності при проведенні робіт з калібрування ЗВТ та у навчальному процесі:

- на основі методу ексцесів розроблені бюджети невизначеності вимірювань, які можуть слугувати основою для створення програмних засобів

для автоматизації оцінювання невизначеності вимірювань при калібруванні всіма методами калібрування ЗВТ електричного опору;

- удосконалені процедури валідації методик калібрування мір електричного опору та омметрів постійного струму;

- запропоновано алгоритм порівняння значень розширеної невизначеності, отриманих методом ексцесів з результатами, розрахованими веб-додатком NIST Uncertainty Machine для відсутнього в ньому рівня довіри 0,9545;

- розроблено методики визначення міжкалібрувального інтервалу та оцінювання невизначеності вимірювань під час калібрування ЗВТ в рамках НДДКР 20-04 (державний реєстраційний номер 0121U107763) для ТОВ “Калібрувальна лабораторія “Метрологія”;

- розроблено методики калібрування омметрів та мір електричного опору для калібрувальної лабораторії приватного підприємства “Науково-виробничий центр оцінки відповідності “Юг”;

- методика ідентифікація неполіноміальної калібрувальної залежності з урахуванням інструментальних невизначеностей ЗВТ впроваджена в навчальний процес на кафедрі ІВТ ХНУРЕ, де вона використовується під час виконання курсової роботи за дисципліною “Основи метрології та вимірювальних технологій”.

**8. Перелік наукових праць, які відображають основні результати дисертації.** За темою дисертації опубліковано 17 друкованих праць, у тому числі: 7 статей – у наукових періодичних фахових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection, 10 – у матеріалах апробаційного характеру (3 проіндексовані у базах даних Scopus).

1. Zaharov I., Botsiura O., Semenikhin V. Study of reading errors at calibrating analog ohmmeters // Ukrainian Metrological Journal. 2024. No. 1. P. 17–22, doi: <https://doi.org/10.24027/2306-7039.1.2024.300870>. (*Web of Science*)

*Особистий внесок:* Досліджено особливості калібрування омметрів з нелінійною шкалою, отримано варази для оцінювання невизначеності поправок на всі складові похибки відліку для лінійної і нелінійної шкал омметра, розроблено алгоритм оцінювання числового значення вимірюваного опору за нелінійною шкалою омметра.

2. Igor Zakharov, Olesia Botsiura, Oleksandr Zakharov, Iryna Zadorozhna, Valerii Semenikhin, Oleg Novoselov. Main stages of calibration of measuring instruments // Ukrainian Metrological Journal. 2023. No. 3. P. 9–15, doi: <https://doi.org/10.24027/2306-7039.3.2023.291862>. (*Web of Science*)

*Особистий внесок:* Описано основні етапи калібрування ЗВТ, подано зміст вимірювального експерименту з наведенням основних методів вимірювання, які можна використовувати при калібруванні засобів вимірювання та матеріальних мір.

3. Igor Zakharov, Valerii Semenikhin, Oleksandr Zakharov, Svitlana Shevchenko. Features of measurement uncertainty evaluation during calibration of

digital ohmmeters // Ukrainian Metrological Journal. 2023. No. 2. P. 22–27, doi: <https://doi.org/10.24027/2306-7039.2.2023.286713> . (*Web of Science*)

*Особистий внесок:* Уточнено модель вимірювань; складено бюджет невизначеності, що включає ексцеси вхідних та вимірюваної величин; проведено оцінювання невизначеності вимірювань при калібруванні цифрового омметра типу 2318; розроблено алгоритм визначення розширеної невизначеності веб-додатком NIST Uncertainty Machine для відсутнього рівня довіри 0,9545.

4. Zakharov I., Neyezhnikov P., Semenikhin V., Warsza Z. Measurement Uncertainty Evaluation of Parameters Describing the Calibrated Curves // USA, Philadelphia, May 23-27, 2022. In book “Advances in Intelligent Systems and Computing”, Vol. 1427, Springer, 2022, pp. 391-398, doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-03502-9\\_38](https://doi.org/10.1007/978-3-031-03502-9_38) . (*Web of Science*)

*Особистий внесок:* Розроблено рішення оцінки невизначеності параметрів, визначених для неполіноміальної залежності, з урахуванням інструментальних невизначеностей для вимірюваних значень.

5. Zakharov I., Botsyura O., Semenikhin V. Method of kurtosis in estimating the measurement uncertainty during calibration of the electrical resistance measures using a potentiometer // Ukrainian Metrological Journal, 2021, No 2, 30-34, doi: <https://doi.org/10.24027/2306-7039.2.2021.236078> . (*Web of Science*)

*Особистий внесок:* Проаналізовано існуючі методи вимірювань при калібруванні мір електричного опору; розраховано зміщення оцінок вимірюваної величини і сумарної стандартної невизначеності, обумовлені нелінійністю моделі вимірювань; проведено оцінювання невизначеності вимірювань під час калібрування однозначної міри електричного опору P331; виявлено домінуючі внески невизначеностей. (*Web of Science*)

6. Zakharov I., Botsiura O., Semenikhin V., Fomenko V. Considering of the input quantities distributions in the procedure for measurements uncertainty evaluating on the example of resistance box calibration // Ukrainian Metrological Journal, 2020, No 4, с. 3-8, doi: <https://doi.org/10.24027/2306-7039.4.2020.224189>.

*Особистий внесок:* Розроблено метод ексцесів і закону поширення розширеної невизначеності для застосування у процедурі оцінювання невизначеності вимірювань, записано модель прямого вимірювання значення опору міри опору за допомогою зразкового омметра, описані процедури оцінювання невизначеності вимірювань, наводяться бюджети невизначеності для кожного із методів; проведено експеримент з оцінювання невизначеності цими методами при калібрування магазину опору P33.

7. Zaharov I., Botsiura O., Semenikhin V. Measurement uncertainty evaluation by kurtosis method at calibration of electrical resistance standards using a comparator // Ukrainian Metrological Journal. 2020. No. 1. P. 12–16, doi: <https://doi.org/10.24027/2306-7039.1.2020.204166> . (*Web of Science*)

*Особистий внесок:* Проаналізовано модель передачі розміру одиниці опору при калібруванні мір електричного опору за допомогою компаратора;

описано процедуру оцінювання розширеної невизначеності вимірювань на основі методу ексцесів, складено бюджет невизначеності; проведено експеримент, оцінено значення опору міри електричного опору P321, що калібрувалась, сумарна стандартна та розширена невизначеності, коефіцієнт охоплення для рівня довіри 0,9545.

Тези доповідей:

8. Zakharov I.; Botsiura O.; Zadorozhna I.; Semenikhin V.; Diakov D.; Grokhova G., "Measuring Instruments Calibration: Advanced Realisation of Key Elements" 2023 XXXIII International Scientific Symposium Metrology and Metrology Assurance (MMA), Sozopol, Bulgaria, 2023, pp. 1-6. IEEE. (*Scopus*)

9. I. Zakharov and V. Semenikhin, "Procedure for Determining the Inter-Calibration Interval of Measuring Instruments," 2022 XXXII International Scientific Symposium Metrology and Metrology Assurance (MMA), Sozopol, Bulgaria, 2022, pp. 1-4. IEEE. (*Scopus*)

10. Semenikhin V., Zakharov I. The influence of uncertainty on the choice of the calibration interval of measuring instruments // Uncertainty in Measurement: Scientific, Normative, Applied and Methodical Aspects (UM-2022): Thesis of report XIX International Scientific and Technical Seminar, Sofia, Bulgaria, December 7-8, 2022, pp. 35-36.

11. I. Zakharov, P. Neyezhnikov and V. Semenikhin, "Identification of Non-Polynomial Calibration Dependence Accounting for Instrumental Uncertainties of Measuring Instruments" 2021 13th International Conference on Measurement, Bratislava, Slovakia, 2021, pp. 151-154. (*Scopus*)

12. Захаров И.П., Семенихин В.С., Фоменко В.Д. Корректировка межкалибровочного интервала средства измерений по результатам перекалибровок // Theses of reports XVIII International Scientific and Technical Seminar "Measurement Uncertainty: Scientific, Normative, Applied and Methodical Aspects", Kharkov, December 13-14, 2021, pp. 27.

13. Захаров И.П. Оценивание неопределенности измерений методом эксцессов при калибровке мер электрического сопротивления с помощью потенциометра / И. П. Захаров, О. А. Боцюра, В. С. Семенихин // Метрологія, інформаційно-вимірювальні технології та системи (МІВТС-2021). Тези доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції, 20-21 травня 2021, Харків, 2021. - С. 32.

14. Семенихин В.С. Процедура оценивания неопределенности измерений при калибровке магазина сопротивления / В.С. Семенихин, В.Д.Фоменко, научный руководитель – профессор Захаров И.П. // Радиоэлектроника та молодь у XXI столітті: матеріали 25-го Міжнар. молодіжн. форуму, 20-22 квітня 2021 р. – Харків : ХНУРЕ, 2021. – Т. 4. – С. 137–138.

15. Анікін В.В., Колбасін О.І., Маслоva Н.М., Коробчанська О.І., Семенихин В.С. Масштабування одиниці електричного опору в державному первинному еталоні України // "Матеріали XII Міжнародної науково-технічної конференції "МЕТРОЛОГІЯ ТА ВИМІРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА"

("МЕТРОЛОГІЯ–2020")." Український метрологічний журнал/Ukrainian Metrological Journal 2A (2020): с. 44.

16. Семеніхін В.С. Аналіз та перспективи діяльності наукового центру електромагнітних вимірювань // "Матеріали XII Міжнародної науково-технічної конференції" МЕТРОЛОГІЯ ТА ВИМІРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА ("МЕТРОЛОГІЯ–2020")." Український метрологічний журнал/Ukrainian Metrological Journal 2A (2020): с. 50.

17. Семеніхін В.С. Шляхи підвищення продуктивності процесу калібрування цифрових мультиметрів / В. С. Семеніхін // Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті : матеріали 24-го Міжнар. молодіж. форуму, 7-9 квіт. 2020р. – Харків : ХНУРЕ, 2020. – Т. 4. – С. 180-181.

Наведені публікації містять результати безпосередньої роботи дисертанта на окремих етапах дослідження, повною мірою відображають основні положення та результати дисертаційної роботи.

**9. Апробація основних результатів дослідження.** Основні результати дисертаційної роботи обговорювались на: XXXIII, XXXII Міжнародному науковому симпозіумі «International Scientific Symposium Metrology and Metrology Assurance (ММА)» (Созопол, Болгарія, 2023, 2022), XIX Міжнародному науковому і технічному семінарі «Measurement Uncertainty: Scientific, Normative, Applied and Methodical Aspects» (Софія, Болгарія, 2022), XVIII Міжнародному науковому і технічному семінарі «Measurement Uncertainty: Scientific, Normative, Applied and Methodical Aspects» (Харків, 2021), 13-й Міжнародній конференції з вимірювань «2021 13th International Conference on Measurement» (Братіслава, Словачія, 2021), VIII Міжнародній науково-технічній конференції «Метрологія, інформаційно-вимірювальні технології та системи (МІВТС-2021)» (Харків, 2021), 25-му і 24-му Міжнародному молодіжному форуму «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті» (Харків, 2021, 2020), XII Міжнародної науково-технічної конференції «МЕТРОЛОГІЯ ТА ВИМІРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА ("МЕТРОЛОГІЯ–2020")» (Харків, 2020).

#### **10. Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення.**

Дисертація підготовлена державною мовою і подана у вигляді спеціально підготовленої наукової праці на правах рукопису, виконана в науковому стилі та має чітку логічну структуру, яка відповідає діючим вимогам, затвердженим Наказом Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 № 40.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел (102 найменування на 11 с.) та двох додатків (на 8 с.), а також містить 43 рисунка та 38 таблиць. Загальний обсяг роботи складає 174 с., з них 133 с. основного тексту.

Порушень академічної доброчесності (академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації) в дисертації не виявлено, про що свідчить аналіз звіту її перевірки на плагіат.

У ході обговорення дисертації до неї не було висунуто жодних зауважень щодо самої суті роботи.

З урахуванням зазначеного, на науковому семінарі кафедри Інформаційно-вимірювальних технологій **ухвалили**:

1. Дисертація Семеніхіна Валерія Сергійовича «Удосконалення методик калібрування засобів вимірювання та відтворення електричного опору» є завершеною науковою працею, у якій розв'язано конкретне наукове завдання, яке полягає у вдосконаленні методик калібрування засобів вимірювання і відтворення електричного опору, що має важливе значення для галузі знань – Автоматизація та приладобудування.

2. У 17 наукових публікаціях повністю відображені основні результати дисертації – 7 статей, які входять до міжнародної наукометричної бази Web of Science Core Collection (з них 6 статей у наукових фахових виданнях України), та 10 тез доповідей, опублікованих у матеріалах міжнародних наукових конференцій (з них 3 проіндексовані у базах даних Scopus).

3. Дисертація відповідає вимогам наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», вимогам 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 та вимогам освітньо-наукової програми «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти за спеціальністю 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка у Харківському національному університеті радіоелектроніки.

4. З урахуванням наукової зрілості та професійних якостей Семеніхіна Валерія Сергійовича дисертація «Удосконалення методик калібрування засобів вимірювання та відтворення електричного опору» рекомендується для подання до розгляду та захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

Рішення прийнято одногосно.

**Головуючий на науковому семінарі кафедри  
Інформаційно-вимірювальних технологій**

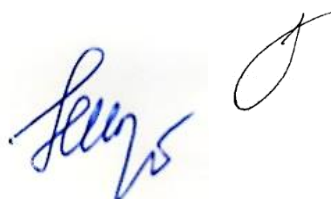
**к.т.н.**



*Інна МОЩЕНКО*

**Експерти:**

**к.т.н., доц.**



*Олег ЗАПОРОЖЕЦЬ*

**к.т.н., доц.**

*Натяля ШТЕФАН*