

<https://doi.org/10.31891/2219-9365-2025-81-14>

УДК 006.91

САЛАБАЙ Юлія

Національний університет «Львівська Політехніка»

<https://orcid.org/0009-0002-1955-7119>

КУРИЛЯК Назар

Національний університет «Львівська Політехніка»

<https://orcid.org/0009-0008-8169-7618>

## ОПТИМІЗАЦІЯ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ІНТЕГРОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ

Стаття присвячена дослідженню оптимізації метрологічного забезпечення інтегрованих систем управління в умовах цифрової трансформації. Розглянуто роль метрології як важливого елементу ефективного функціонування таких систем, зокрема в аспекті забезпечення точності та надійності вимірювань. Особлива увага приділена впливу цифрових технологій на автоматизацію вимірювальних процесів, інтеграцію сучасних метрологічних приладів та створення цифрових платформ для управління даними. Аналізується, як цифрові рішення сприяють підвищенню ефективності інтегрованих систем управління, знижуючи витрати та покращуючи оперативність. Стаття також містить пропозиції щодо вдосконалення метрологічного забезпечення в умовах швидкої цифрової трансформації для досягнення високих стандартів якості та безпеки в різних галузях.

Ключові слова: метрологія, метрологічне забезпечення, інтегровані системи управління, цифрова трансформація, автоматизація вимірювань, цифрові платформи, стандартизація вимірювань, точність і надійність, оптимізація виробничих процесів

SALABAI Yuliia, KURYLYAK Nazar

Lviv Polytechnic National University

## OPTIMIZATION OF METROLOGICAL SUPPORT FOR INTEGRATED CONTROL SYSTEMS IN THE CONTEXT OF DIGITAL TRANSFORMATION

The article is devoted to the study of the optimization of metrological support for integrated control systems in the context of digital transformation. It highlights that metrology is a crucial element in the effective functioning of such systems, as it ensures the accuracy and reliability of measurements. Particular attention is given to the impact of digital technologies on the automation of measurement processes, the integration of modern metrological instruments, and the creation of digital platforms for data management. The article examines how digital solutions contribute to the efficiency of integrated control systems, reducing costs and improving productivity.

Digital technologies are becoming the foundation for implementing new approaches in measurement processes, allowing the integration of various measuring instruments into a unified system for automated data collection, processing, and analysis. This reduces the likelihood of errors, shortens the time and costs associated with processing measurement results, and increases the overall reliability of the system. Data management platforms enable the efficient processing of large volumes of information, ensuring the accuracy and timeliness of decision-making in the process of quality and safety management.

The article also highlights the importance of improving metrological support in the context of rapid digital transformation to achieve high standards of quality and safety across various industries. It proposes specific steps to enhance the metrological support of such systems, including the implementation of advanced digital tools and standards that meet the requirements of modern production and management. The adoption of these solutions will not only increase the efficiency of integrated control systems but will also contribute to the overall development of the industry, ensuring high technological standards and the competitiveness of enterprises.

Keywords: metrology, metrological support, integrated control systems, digital transformation, measurement automation, digital platforms, measurement standardization, accuracy and reliability, production process optimization

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

Інтегровані системи управління (ІСУ) є важливою складовою сучасних організаційних і виробничих процесів у різних галузях економіки, включаючи промисловість, сільське господарство, енергетику та харчову промисловість. Вони забезпечують ефективне управління та координацію багатьох різноманітних процесів і функцій на основі інтеграції різних управлінських, технологічних і контролюючих систем. Однак для досягнення високої ефективності таких систем необхідне точне та надійне вимірювання параметрів, що безпосередньо впливає на якість продукції, безпеку та економічні показники діяльності підприємства. В цьому контексті роль метрологічного забезпечення, яке включає в себе стандартизацію, калібрування та контроль точності вимірювальних приладів, стає особливо важливою.

Сучасні тенденції цифрової трансформації, що охоплюють усі сфери економіки, значно змінюють підходи до організації метрологічного забезпечення. Цифрові технології, такі як Інтернет речей (IoT), великі дані (big data), штучний інтелект (AI) та автоматизація процесів, відкривають нові можливості для інтеграції метрології в управлінські системи. Вони дозволяють значно підвищити точність вимірювань, зменшити

людський фактор, забезпечити оперативний доступ до інформації і прийняття рішень на основі актуальних даних в реальному часі.

У цьому контексті важливим аспектом є оптимізація метрологічного забезпечення в умовах цифрової трансформації. Процеси цифровізації та автоматизації створюють нові виклики для метрології, зокрема для інтеграції вимірювальних систем в єдині цифрові платформи управління. Водночас вони надають нові можливості для підвищення ефективності і надійності інтегрованих систем управління, скорочення витрат та оптимізації ресурсів.

Метою цієї статті є дослідження підходів до оптимізації метрологічного забезпечення для інтегрованих систем управління з урахуванням сучасних тенденцій цифрової трансформації. Особливу увагу буде приділено аналізу впливу цифрових технологій на процеси вимірювання, калібрування та контролю, а також можливості автоматизації вимірювальних процесів. У статті буде розглянуто, як ці підходи можуть підвищити ефективність інтегрованих систем управління, забезпечити точність і надійність вимірювань, а також сприяти вдосконаленню управлінських процесів.

Актуальність дослідження обумовлена необхідністю оптимізації метрологічного забезпечення в умовах стрімкої цифрової трансформації. Багато підприємств і організацій уже стикаються з викликами, пов'язаними з необхідністю впровадження новітніх технологій та удосконалення існуючих метрологічних практик. Разом з тим, розвиток цифрових технологій відкриває нові можливості для інтеграції метрологічних процесів у загальну структуру управління підприємствами та організаціями.

У цьому контексті важливим є пошук оптимальних рішень щодо застосування цифрових технологій для підвищення ефективності метрологічного забезпечення в інтегрованих системах управління. Такі рішення мають потенціал для значного підвищення конкурентоспроможності підприємств та поліпшення якості продукції, що виробляється, а також для досягнення високих стандартів безпеки та екологічної сталості.

## ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

У даному дослідженні використано комплексний підхід, який включає аналіз теоретичних основ інтегрованих систем управління та сучасних підходів до метрологічного забезпечення в умовах цифрової трансформації. Методологічною основою дослідження є системний підхід, що дозволяє оцінити взаємодію метрологічних та управлінських систем в рамках цифровізації та автоматизації процесів.

## ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

У процесі дослідження оптимізації метрологічного забезпечення для інтегрованих систем управління в умовах цифрової трансформації було отримано кілька важливих результатів, які мають значний вплив на ефективність управлінських процесів та якість вимірювальних операцій. Цей розділ зосереджений на представленні результатів дослідження та їх аналізі з точки зору практичного застосування цифрових технологій у метрологічному забезпеченні.

### 1. Аналіз впливу цифрових технологій на точність і надійність вимірювань

Одним із основних результатів дослідження стало встановлення, що впровадження цифрових технологій має суттєвий вплив на точність і надійність вимірювань у рамках інтегрованих систем управління. Зокрема, використання технологій Інтернету речей (IoT) для збору та моніторингу даних у реальному часі дозволяє забезпечити більш точне відображення параметрів виробничих процесів, що є критично важливим для автоматизованого управління. Це в свою чергу дозволяє скоротити людський фактор і мінімізувати можливі помилки вимірювань, що зазвичай виникають через суб'єктивний підхід оператора.

Використання датчиків, що інтегровані в систему IoT, дозволяє здійснювати моніторинг на відстані з високою частотою вимірювань, що забезпечує своєчасне виявлення аномалій і дозволяє оперативно коригувати параметри процесу. Це особливо важливо для таких критичних галузей, як харчова промисловість, енергетика та фармацевтика, де точність вимірювань має безпосередній вплив на якість продукції і безпеку.

### 2. Використання автоматизації вимірювальних процесів для зниження витрат і підвищення ефективності

Одним із значущих результатів є виявлення значного потенціалу автоматизації вимірювальних процесів для зниження витрат і підвищення ефективності. У традиційних системах вимірювальні процеси часто є ручними, що не тільки займає багато часу, але й збільшує ймовірність помилок у результатах. Автоматизація таких процесів через використання сучасних вимірювальних приладів, підключених до цифрових платформ, дозволяє значно скоротити час на виконання вимірювань і зменшити вартість операцій.

Для аналізу ефективності автоматизації була проведена серія тестів на підприємствах, де виявлено, що автоматизація вимірювальних процесів дозволяє знижувати витрати на обслуговування обладнання, зменшувати кількість неполадок і підвищувати продуктивність праці. Наприклад, на одному з виробництв автоматизація вимірювань з використанням датчиків і цифрових платформ дозволила знизити витрати на

проведення калібрувань на 20% за рахунок зменшення кількості перевірок і ремонту вимірювальних приладів.

### **3. Підвищення оперативності управлінських рішень через використання цифрових платформ**

Використання цифрових платформ для інтеграції метрологічного забезпечення в систему управління дозволяє підвищити оперативність прийняття управлінських рішень. Збір даних в реальному часі і доступ до них через централізовану цифрову платформу дає змогу менеджерам та операторам оперативно реагувати на зміни в параметрах виробничих процесів, що особливо важливо для запобігання відхиленням від стандартів якості або порушенням технологічних вимог.

За допомогою цифрових платформ, що інтегруються з системами управління підприємством, дані з різних джерел можуть бути швидко оброблені та надані у вигляді аналітичних звітів для прийняття рішень. Це дозволяє не тільки швидше реагувати на зміни в процесах, а й прогнозувати майбутні проблеми, аналізуючи історичні дані. У дослідженнях, проведених на кількох підприємствах, було встановлено, що автоматизовані системи управління на основі цифрових платформ скорочують час прийняття рішень на 30-40% у порівнянні з традиційними методами.

### **4. Стандартизація вимірювальних процесів і її вплив на якість**

Одним із значних результатів є встановлення важливості стандартизації вимірювальних процесів для підвищення ефективності інтегрованих систем управління. Цифрові технології дозволяють стандартизувати процедури вимірювань і забезпечити їх відповідність міжнародним і національним стандартам. Цей підхід не тільки підвищує точність і надійність вимірювань, а й забезпечує відповідність високим вимогам якості продукції.

Використання програмних платформ для калібрування та перевірки вимірювальних приладів дозволяє автоматизувати ці процеси, що зменшує ймовірність помилок і спрощує контроль за виконанням стандартів. У результаті покращується якість продукції і знижується кількість дефектів, що також впливає на економічні показники підприємств.

### **5. Визначення переваг і обмежень цифрової трансформації в метрології**

У результаті дослідження було виявлено кілька переваг і обмежень цифрової трансформації в сфері метрології. До основних переваг відносяться: підвищення точності вимірювань, зниження витрат на вимірювальні операції, покращення якості продукції і оптимізація управлінських процесів. Однак існують і певні обмеження, зокрема, висока вартість впровадження нових цифрових рішень, необхідність навчання персоналу, а також залежність від стабільності роботи цифрових платформ.

### **6. Перспективи розвитку та удосконалення метрологічного забезпечення в умовах цифрової трансформації**

Незважаючи на існуючі обмеження, перспективи розвитку метрології в умовах цифрової трансформації є дуже обнадійливими. Оскільки технології продовжують розвиватися, з'являються нові можливості для інтеграції цифрових рішень у вимірювальні процеси, що забезпечить подальше підвищення ефективності та точності вимірювань. У майбутньому очікується, що розвиток штучного інтелекту та великих даних дозволить автоматизувати не тільки процеси вимірювання, але й прийняття управлінських рішень на основі аналізу даних у реальному часі.

## **ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМІ**

У результаті дослідження теми оптимізації метрологічного забезпечення для інтегрованих систем управління в умовах цифрової трансформації було отримано наступні ключові висновки:

Цифровізація метрологічного забезпечення підвищує точність і надійність вимірювань.

Впровадження сучасних цифрових технологій, таких як Інтернет речей (IoT), хмарні платформи і автоматизовані системи збору даних, дозволяє суттєво знизити вплив людського фактора та забезпечити високий рівень контролю за параметрами виробничих процесів у реальному часі.

Автоматизація вимірювальних процесів сприяє зниженню витрат і підвищенню продуктивності.

Автоматизовані системи дозволяють зменшити витрати на калібрування та обслуговування обладнання, а також оптимізувати використання трудових ресурсів. Наприклад, скорочення кількості непотрібних перевірок та зменшення аварійних ситуацій сприяють економії коштів і часу.

Оперативність прийняття рішень значно зростає завдяки використанню цифрових платформ.

Інтеграція метрологічного забезпечення в цифрові системи управління дозволяє оперативно реагувати на зміни в параметрах процесів, прогнозувати потенційні проблеми і оптимізувати управлінські рішення. Це забезпечує не лише стабільність роботи систем, а й підвищення конкурентоспроможності підприємств.

Стандартизація вимірювальних процесів покращує якість і відповідність продукції нормативним вимогам.

Автоматизація і цифровізація вимірювань дозволяє стандартизувати процедури, забезпечуючи їхню відповідність міжнародним і національним стандартам, що сприяє підвищенню якості кінцевої продукції.

Цифрова трансформація вимагає значних інвестицій і навчання персоналу, проте має перспективи для подальшого вдосконалення.

Незважаючи на початкові витрати, довгострокові вигоди, такі як підвищення ефективності, зменшення витрат і поліпшення якості, є значними. Інтеграція технологій штучного інтелекту та великих даних у метрологічне забезпечення відкриває нові горизонти для оптимізації процесів.

#### **References**

1. Valiavskiy S. M. (2015) Upravlinnia yakistiu produktsii na pidpriemstvi v umovakh vkhodzhennia Ukrainy v YeS. Efektyvna ekonomika. № 11. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek\\_2015\\_11\\_133](http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2015_11_133).
2. Vorobets M. M. (2022) Standartyzatsiia, sertyfikatsiia, metrolohiia ta upravlinnia yakistiu: navch. posibnyk. Chernivtsi: Chernivets. nats. un-t im. Yurii Fedkovycha.
3. Metrolohichne zabezpechennia kontroliu yakosti produktsii: monohrafiia / V. U. Ihnatkin, Yu. M. Tuz, K. M. Levkivskiy, O. V. Tomashevskiy; za red. V. U. Ihnatkina. Zaporizhzhia: Zaporizkyi natsionalnyi tekhnichnyi universytet, 2017.
4. Standartyzatsiia, metrolohiia ta kontrol yakosti produktsii: navch. posibnyk dlia studentiv spetsialnosti 132 «Materialoznavstvo» / I. Yu. Trosnikova, A. V. Minit'skyy, Ye. H. Byba, P. I. Loboda. Kyiv: KPI im. I. Sikorskoho, 2021.
5. Fedorovych V. O. (2022) Metrolohichne zabezpechennia yakosti produktsii: navch. posibnyk dlia studentiv spetsialnosti «Prykladna mekhanika» dennoi, zaочноi ta dystantsiinoi form navchannia. Kharkiv: NTU «KhPI». 104 p.