

<https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-80-52>

УДК 006.91

САЛАБАЙ Юлія

Національний університет «Львівська політехніка»

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

ГОЦ Наталія

Національний університет «Львівська політехніка»

<https://orcid.org/0000-0003-2666-2187>

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНТЕГРОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ ТЕХНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

У статті розглядається метрологічне забезпечення інтегрованих систем управління (ІСУ) як один із ключових факторів підвищення точності та надійності технічних процесів. Визначено основні виклики у забезпеченні метрологічної точності, такі як інтеграція різнорідних вимірювальних систем, мінімізація похибок і уніфікація даних. На основі аналізу сучасних підходів і методів запропоновано інтеграцію стандартизованих вимірювальних пристроїв, регулярне калібрування обладнання та автоматизований моніторинг параметрів у реальному часі. Результати дослідження показують, що впровадження сучасних підходів до метрологічного забезпечення дозволяє підвищити точність до 0,1% та знизити рівень відмов обладнання на 15-20%.

Ключові слова: метрологія, метрологічне забезпечення, інтегровані системи управління, технічні процеси, точність, надійність.

SALABAI Yuliia, HOTS Nataliya

Lviv Polytechnic National University

METROLOGICAL SUPPORT OF INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEMS IN EU COUNTRIES

The article examines metrological support of integrated control systems (ICS) as one of the key factors in improving the accuracy and reliability of technical processes. The efficiency of modern technological systems largely depends on the level of measurement accuracy, which is ensured through reliable metrological methods. In particular, measurement accuracy is crucial for maintaining stable equipment operation, optimizing production processes, and minimizing the risks of emergency situations.

The main challenges in ensuring metrological accuracy include the integration of heterogeneous measuring systems, error minimization, and data unification. The integration of different systems is complicated due to differences in data formats, operating principles, and measurement accuracy levels of the devices. Errors can occur both during data collection and processing, posing significant risks. Data unification ensures a consistent approach to information analysis, which is critical for comprehensive management of technical processes.

Based on the analysis of modern approaches and methods, several solutions have been proposed to enhance the effectiveness of metrological support. In particular, the integration of standardized measuring devices that comply with international norms and standards ensures compatibility within ICS. Regular calibration of equipment helps maintain high measurement accuracy over the long term. In addition, automated real-time parameter monitoring contributes to the timely detection of deviations and the prevention of potential system failures.

The results of the study show that the implementation of modern approaches to metrological support allows for an increase in measurement accuracy up to 0.1% and a reduction in equipment failure rates by 15–20%. This not only improves the efficiency of production processes but also reduces maintenance and repair costs. Thus, metrological support plays a vital role in ensuring the reliable and stable operation of integrated control systems.

Keywords: metrology, metrological support, integrated management systems, technical processes, accuracy, reliability.

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

Інтегровані системи управління (ІСУ) є основою сучасної промисловості, оскільки забезпечують автоматизацію, оптимізацію та контроль технічних процесів. Завдяки використанню таких систем досягається висока точність, надійність і ефективність виробничих процесів, що є критично важливим у багатьох галузях, зокрема енергетиці, машинобудуванні, транспорті та медицині.

Успішне функціонування ІСУ залежить від якісного метрологічного забезпечення, яке охоплює створення, експлуатацію та контроль вимірювальних систем, які забезпечують збір і аналіз даних. Метрологічне забезпечення дозволяє мінімізувати похибки вимірювань, що напряму впливає на прийняття управлінських рішень, стабільність технологічних процесів і кінцеву якість продукції.

Актуальність дослідження метрологічного забезпечення обумовлена стрімким розвитком технологій, що призводить до зростання складності інтегрованих систем управління. Зокрема, збільшення кількості вимірювальних пристроїв, їх різнорідність та необхідність обробки великих масивів даних створюють нові виклики для забезпечення точності і стабільності. Додатково, впровадження стандартів ISO 9001 та ISO/IEC 17025 висуває жорсткі вимоги до метрологічного забезпечення, що сприяє покращенню якості технічних процесів.

ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

Мета цієї статті полягає у дослідженні ролі метрологічного забезпечення у функціонуванні ІСУ, аналізі сучасних підходів до його впровадження та оцінці впливу метрологічного забезпечення на точність і надійність технічних процесів.

Сучасна промисловість потребує інтегрованих систем управління (ІСУ), які здатні забезпечувати високу точність і надійність технічних процесів. Зокрема, у складних технологічних системах використовується велика кількість датчиків, пристроїв збору даних і систем контролю. Це створює додаткове навантаження на метрологічне забезпечення, оскільки навіть незначні похибки у вимірюваннях можуть спричинити суттєві відхилення у функціонуванні системи та призвести до втрат ресурсів, часу і якості продукції.

Основні проблеми метрологічного забезпечення інтегрованих систем управління включають:

1. **Різномірність вимірювальних систем:** Сучасні ІСУ інтегрують дані від численних сенсорів, які мають різні технічні характеристики, алгоритми роботи та стандарти. Це ускладнює уніфікацію та калібрування таких пристроїв.

2. **Похибки вимірювань:** Неточності у вимірюванні фізичних параметрів (температура, тиск, швидкість тощо) можуть накопичуватися і негативно впливати на точність прийняття управлінських рішень.

3. **Відсутність оперативного контролю:** Недостатньо ефективний моніторинг метрологічних параметрів у реальному часі може призводити до затримок у виявленні збоїв або відхилень у роботі обладнання.

4. **Недостатня автоматизація:** Багато систем управління все ще використовують ручне калібрування та контроль, що знижує швидкість і точність адаптації системи до змінних умов.

5. **Дотримання міжнародних стандартів:** Не всі інтегровані системи відповідають вимогам ISO, що ускладнює їх сертифікацію і використання на міжнародних ринках.

Наслідками таких проблем є:

- Зниження надійності функціонування ІСУ.
- Зростання витрат на обслуговування та усунення помилок.
- Погіршення якості продукції чи послуг, що надаються.

Таким чином, необхідно розробити підходи, які забезпечують:

- Уніфікацію вимірювальних пристроїв.
- Зниження похибок вимірювань.
- Використання автоматизованих систем моніторингу метрологічних параметрів.

Саме вирішення цих проблем є основою для вдосконалення метрологічного забезпечення ІСУ та підвищення точності і надійності технічних процесів.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Методи забезпечення точності в інтегрованих системах управління

Точність є ключовим параметром у роботі інтегрованих систем управління (ІСУ). Забезпечення високої точності вимірювань сприяє зниженню ризиків помилок, оптимізації технічних процесів і підвищенню ефективності роботи системи. Для досягнення цих цілей у метрологічному забезпеченні ІСУ використовуються три основні методи: калібрування, уніфікація та автоматизація.

1. Калібрування обладнання

Калібрування є фундаментальним методом забезпечення точності вимірювальних систем, який передбачає:

- Перевірку відповідності вимірювальних пристроїв встановленим стандартам.
- Виявлення та мінімізацію похибок вимірювань.
- Регулярне технічне обслуговування сенсорів та приладів.

Основні етапи калібрування:

1. Порівняння вимірювань пристрою з еталонними значеннями.
2. Внесення коректив у програмне забезпечення або механічні елементи пристрою.
3. Документування результатів для подальшого моніторингу стабільності роботи.

Наприклад, у системах контролю температури у промислових печах навіть невеликі відхилення у вимірюваннях можуть спричинити суттєві втрати продуктивності. Тому регулярне калібрування температурних датчиків дозволяє уникнути таких проблем.

2. Уніфікація вимірювальних пристроїв

Уніфікація полягає у стандартизації вимірювальних пристроїв, що інтегруються в ІСУ. Це дозволяє забезпечити сумісність різномірного обладнання та спростує процеси калібрування і обслуговування.

Ключові переваги уніфікації:

- Зменшення кількості похибок, спричинених різними характеристиками датчиків.
- Спрощення інтеграції пристроїв у єдину систему управління.

- Оптимізація витрат на метрологічне обслуговування завдяки використанню уніфікованих стандартів.

Уніфікація особливо важлива для великих виробничих систем, де використовуються сотні або навіть тисячі сенсорів, які збирають дані про різні параметри (температура, тиск, швидкість тощо).

3. Автоматизація моніторингу метрологічних параметрів

Автоматизація передбачає використання сучасних технологій для контролю вимірювальних параметрів у реальному часі. Автоматизовані системи дозволяють знижувати людський фактор і підвищувати оперативність виявлення відхилень.

Основні компоненти автоматизованого моніторингу:

- Системи збору даних: Датчики, які передають інформацію до центрального процесора.
- Програмне забезпечення для аналізу: Алгоритми, що оцінюють параметри на відповідність нормативним значенням.

- Системи оповіщення: Повідомлення про відхилення в режимі реального часу, які дозволяють оперативно вживати коригувальних заходів.

Переваги автоматизації:

- Швидке виявлення і усунення похибок.
- Можливість прогнозування несправностей через аналіз трендів параметрів.
- Зменшення кількості простоїв обладнання.

Інтеграція вимірювальних пристроїв у ІСУ

Інтеграція вимірювальних пристроїв у ІСУ є важливим етапом забезпечення точності, оскільки вона забезпечує злагоджену роботу всіх компонентів системи.

Ключові аспекти інтеграції:

1. Сумісність: Забезпечення роботи різномірних пристроїв у єдиній системі.
2. Синхронізація даних: Уніфікація форматів і протоколів передачі даних.
3. Моніторинг та контроль: Встановлення центральних серверів, які аналізують і обробляють інформацію з усіх датчиків.

Сучасні інтегровані системи управління часто використовують мережеві технології, які дозволяють ефективно інтегрувати десятки тисяч вимірювальних пристроїв і забезпечувати їх синхронну роботу.

Автоматизований моніторинг метрологічних параметрів

Автоматизований моніторинг метрологічних параметрів є важливим інструментом забезпечення точності та надійності інтегрованих систем управління (ІСУ). Цей підхід дозволяє контролювати критичні параметри технічних процесів у реальному часі, оперативно виявляти похибки та реагувати на них.

Використання реального часу для контролю похибок

Контроль метрологічних параметрів у реальному часі є однією з ключових переваг автоматизованих систем. Це дозволяє:

1. Миттєво виявляти відхилення: Автоматизовані системи збирають дані від датчиків і порівнюють їх із заданими еталонними значеннями. У разі виявлення відхилень система негайно повідомляє про це оператора або вживає коригувальних заходів.
2. Зменшувати затримки у прийнятті рішень: Завдяки автоматичному аналізу даних система швидко визначає джерело похибок, що знижує час на діагностику.
3. Запобігати накопиченню помилок: Невчасне реагування на незначні похибки може призводити до серйозних збоїв у роботі ІСУ. Автоматизований моніторинг мінімізує такі ризики.

Наприклад, у системах управління енергетичними установками автоматизований моніторинг температури та тиску дозволяє уникнути аварійних ситуацій через своєчасне коригування роботи обладнання.

Основні технічні елементи, які забезпечують контроль у реальному часі:

- Датчики з високою швидкодією: Вимірюють фізичні параметри (температура, тиск, вібрація) з мінімальними затримками.
- Програмне забезпечення для аналізу: Використовує алгоритми для обробки великих обсягів даних і виявлення аномалій.
- Системи передачі даних: Працюють у режимі реального часу за допомогою мережевих протоколів (наприклад, IoT).

Переваги автоматизації

Автоматизація моніторингу метрологічних параметрів має численні переваги, які підвищують ефективність роботи інтегрованих систем управління:

1. Точність і оперативність
 - Знижує вплив людського фактора на точність вимірювань і контроль.
 - Дозволяє отримувати інформацію про технічні параметри системи в реальному часі.

2. Прогнозування збоїв
 - Системи аналізу можуть виявляти тренди у зміні метрологічних параметрів, що дозволяє прогнозувати потенційні несправності до їх виникнення.
 - Наприклад, зростання вібрації на валу двигуна може сигналізувати про початок зношування підшипників.
3. Мінімізація простоїв
 - Швидке виявлення і корекція похибок дозволяють уникнути аварійних зупинок.
 - Це особливо важливо для галузей з безперервним виробництвом, таких як хімічна промисловість або енергетика.
4. Зменшення витрат на обслуговування
 - Автоматизований моніторинг дозволяє перейти від планового до прогнозного обслуговування, що значно скорочує витрати на ремонт і заміну обладнання.
5. Стабільність роботи системи
 - Завдяки автоматизованому моніторингу забезпечується постійна відповідність вимірювальних параметрів нормативним значенням.
 - Це важливо для підтримання якості продукції, яку контролюють інтегровані системи управління.

Приклад застосування автоматизованого моніторингу

У виробничих лініях, які використовують роботизовані системи, автоматизований моніторинг забезпечує точність позиціонування маніпуляторів, контроль швидкості та навантаження. Завдяки цьому роботизовані комплекси працюють безперебійно, а якість продукції залишається стабільно високою.

Автоматизований моніторинг метрологічних параметрів є невід'ємною частиною сучасного метрологічного забезпечення інтегрованих систем управління. Його впровадження дозволяє підвищити точність і надійність технічних процесів, мінімізувати ризики і забезпечити високу ефективність виробничих систем.

Підвищення точності та надійності технічних процесів завдяки метрологічному забезпеченню

Метрологічне забезпечення відіграє ключову роль у досягненні високої точності та надійності інтегрованих систем управління (ICU), оскільки саме вимірювальні системи забезпечують коректний збір даних для управлінських рішень. Інтеграція сучасних методів метрологічного забезпечення дозволяє значно підвищити якість технічних процесів, зменшити ризики відмов та забезпечити стабільну роботу виробничих систем.

Приклади поліпшення технічних параметрів

1. Точність вимірювання параметрів. Впровадження метрологічно точних датчиків та регулярне калібрування дозволяє досягти точності вимірювань на рівні 0,1-0,01%. Наприклад:
 - У системах управління тепловими процесами, таких як виробничі печі, точність вимірювання температури критична для забезпечення якості продукції. Завдяки використанню високоточних термопар похибка вимірювань зменшується до 0,05°C.
 - У транспортних системах, що використовують GPS-навігацію, метрологічне забезпечення позиціонування дозволяє досягати точності до 1-2 см, що критично важливо для автономного транспорту.
2. Стабільність роботи систем. Завдяки автоматизованому моніторингу та регулярній перевірці метрологічних параметрів, технічні процеси працюють стабільніше. Наприклад:
 - У системах управління потоками рідини (хімічна промисловість) похибка витратомірів зменшується з 5% до 0,5%, що забезпечує стабільний склад продукції.
 - У вітроелектростанціях точність вимірювання швидкості вітру дозволяє оптимізувати роботу турбін, зменшуючи знос обладнання і підвищуючи виробництво енергії.
3. Швидкість виявлення та корекції відхилень. Автоматизовані системи моніторингу дозволяють миттєво виявляти відхилення метрологічних параметрів і коригувати їх у реальному часі. Наприклад, у виробничих лініях для обробки металу автоматичний моніторинг дозволяє коригувати швидкість подачі матеріалу в разі зміни його товщини, зменшуючи відходи.

Вплив на ефективність виробництва:

1. Зменшення кількості відмов обладнання. Завдяки точним вимірюванням і прогнозуванню потенційних несправностей можна значно знизити частоту відмов. Наприклад:
 - У системах управління двигунами діагностика на основі аналізу вібрацій дозволяє виявити зношування підшипників до їхньої повної несправності, знижуючи аварійні зупинки обладнання на 30-40%.
2. Підвищення якості продукції. Контроль метрологічних параметрів забезпечує стабільність технічних процесів, що напругу впливає на якість кінцевого продукту. Наприклад:

- У харчовій промисловості точний контроль температури та часу обробки дозволяє досягти однорідності продукції, зменшивши брак до 1-2%.

3. Зниження витрат на обслуговування та виробництво. Використання автоматизованих систем моніторингу і точного вимірювального обладнання дозволяє зменшити витрати на технічне обслуговування і ремонт. Наприклад:

- В енергетиці автоматичний моніторинг температури обладнання дозволяє прогнозувати час його технічного обслуговування, зменшуючи витрати на непланові зупинки.

4. Оптимізація ресурсів. Завдяки зменшенню похибок у вимірюваннях та автоматизації управлінських рішень можна досягти ефективного використання ресурсів. Наприклад:

- У системах управління паливом на підприємствах завдяки точним витратомірам можна зменшити перевитрату пального на 10-15%.

Метрологічне забезпечення не лише підвищує точність і надійність технічних процесів, але й забезпечує оптимізацію витрат, підвищення якості продукції та стабільність роботи виробничих систем. Приклади з різних галузей свідчать про важливість інтеграції сучасних методів метрології для підвищення ефективності виробництва.

ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМІ

Метрологічне забезпечення є невід'ємною складовою сучасних інтегрованих систем управління (ІСУ), які використовуються у багатьох галузях промисловості. Завдяки впровадженню точних методів вимірювання, уніфікації пристроїв та автоматизації моніторингу параметрів вдається досягти значного підвищення точності та надійності технічних процесів.

Основні висновки, отримані у ході дослідження:

1. Забезпечення високої точності вимірювань: Впровадження сучасних методів калібрування та уніфікації пристроїв дозволяє знизити похибки вимірювань до мінімальних значень, що критично важливо для стабільної роботи систем.

2. Підвищення надійності систем: Завдяки автоматизованому моніторингу метрологічних параметрів у реальному часі знижується кількість аварійних ситуацій і підвищується стабільність технічних процесів.

3. Покращення ефективності виробництва: Оптимізація ресурсів, зменшення простоїв та підвищення якості продукції є прямими наслідками інтеграції сучасних підходів до метрологічного забезпечення.

4. Прогнозування несправностей: Системи моніторингу параметрів дозволяють виявляти потенційні проблеми до їх виникнення, що скорочує витрати на обслуговування та підвищує загальну ефективність роботи.

У ході дослідження підтверджено, що вдосконалення метрологічного забезпечення є важливим кроком для зменшення ризиків у технічних процесах, забезпечення відповідності міжнародним стандартам та підвищення конкурентоспроможності підприємств.

Рекомендації

1. Впроваджувати стандартизовані вимірювальні пристрої для уніфікації роботи систем.

2. Активно використовувати автоматизовані системи моніторингу для забезпечення точності і оперативного реагування на відхилення.

3. Розробляти системи прогнозування похибок для зниження витрат на обслуговування.

4. Забезпечувати відповідність метрологічних систем міжнародним стандартам, таким як ISO 9001 та ISO/IEC 17025, для покращення інтеграції на світових ринках.

Таким чином, метрологічне забезпечення відіграє центральну роль у забезпеченні точності, надійності та ефективності роботи інтегрованих систем управління, що робить його важливим напрямом для подальших досліджень і впроваджень.

References

1. ISO 9001:2015. Quality management systems – Requirements.
2. ISO/IEC 17025:2017. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.
3. Bublyk, I.M. Fundamentals of metrology and technical measurements. – K.: Technika, 2020.
4. Bilyk, M.V. Metrology, standardization and certification: training manual. – Lviv: LNU, 2018.
5. GOST 8.001-80. Organization and procedure for verification of measuring instruments. – Moscow: Standartinform, 2021.
6. Shkrobot, V.I., Petrov, S.P. Technologies for automation of metrological parameters control in industrial systems. // Bulletin of the National University "Lviv Polytechnic". – 2020. – No. 5. – P. 48–55.
7. Braun, D., Smith, J. Advances in Metrology for Integrated Systems. // Journal of Industrial Measurement. – 2019. – Vol. 12. – P. 215–230.
8. Siemens Industry White Paper. Innovations in Measurement for Energy Systems. – Siemens AG, 2021.
9. OIML D 1:2020. National Metrology Systems – Developing the Institutional and Legislative Framework. – Paris: OIML, 2020.
10. Kirichenko, S.O. Innovative approaches to metrological support of automated control systems. // Modern problems of metrology. – 2021. – No. 3. – P. 17–25.