**СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ПІДВИЩЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ**

**Саньков Петро Миколайович**

кандидат технічних наук, професор,

завідувач кафедри екології та охорони навколишнього середовища,

ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій,

м. Дніпро, Україна

ORCID iD: <https://orcid.org/>0000-0002-0898-7992

**Богатов Олег Ігоревич**

кандидат технічних наук, доцент,

завідувач кафедри метрології та безпеки життєдіяльності,

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

м. Харків, Україна

ORCID iD: https:// [orcid.org/0000-0001-7342-7556](http://orcid.org/0000-0001-7342-7556)

**Ткач Наталія Олексіївна**

кандидат технічних наук, доцент,

доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища,

ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій,

м. Дніпро, Україна

ORCID iD: https://orcid.org/0000-0002-2695-398

**Макаренко Євген Євгенович**

магістр публічного управління та адміністрування,

керівник спортивного комплексу ННІ «ПДАБА»,

ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій,

м. Дніпро, Україна

**Анотація**.

У статті розглянуто питання метрологічної надійності інформаційно-вимірювальних систем (ІВС), яка виступає критичним фактором забезпечення точності та достовірності вимірювань у різних галузях науки та техніки. Основна ***мета дослідження*** проаналізувати шляхи підвищення метрологічної надійності ІВС по всім напрямкам процесу збору дослідних даних згідно існуючих алгоритмів вимірювання. Застосування комплексного підходу до підвищення метрологічної надійності інформаційно-вимірювальних систем дозволяє значно покращити якість вимірювань у різних сферах – від промислового контролю до медичних досліджень та наукових експериментів.

**Ключові слова:** **точність вимірювань,** метрологічна надійність, калібрування, математичні методи, фільтрація сигналів, випадкові похибки, **методи резервування та дублювання.**

**Вступ**

Метрологічна надійність інформаційно-вимірювальних систем (ІВС) є критичним фактором забезпечення точності та достовірності вимірювань у різних галузях науки та техніки. Вона визначає здатність системи забезпечувати необхідні метрологічні характеристики протягом заданого часу експлуатації. Недостатня метрологічна надійність може призвести до значних похибок, що негативно впливає на якість прийнятих рішень та ефективність технічних процесів [1].

**Актуальність.** У сучасних інформаційно-вимірювальних системах використовується велика кількість сенсорів, алгоритмів обробки даних і методів калібрування, які потребують постійного вдосконалення. Точність вимірювань безпосередньо впливає на якість технологічних процесів, виробничий контроль, медичну діагностику, наукові дослідження та багато інших сфер. Враховуючи важливість метрологічної надійності, у цій статті розглянуто основні методи її підвищення, їх переваги, недоліки та сфери застосування.

**Основна частина.**

***Підвищення метрологічної надійності інформаційно-вимірювальних систем здійснюється наступним напрямам:***

підвищення точності вимірювань:

застосування методів самодіагностики:

вдосконалення алгоритмів обробки вимірювальної інформації:

автоматизація процесів калібрування:

використання резервування та дублювання.

***Підвищення точності вимірювань.***

Підвищення точності вимірювань є ключовим аспектом метрологічної надійності. Це досягається шляхом використання високоякісних сенсорів, які мають низькі рівні похибок і стабільні характеристики протягом тривалого часу експлуатації. Додатково застосовуються коригувальні алгоритми, які дозволяють компенсувати систематичні похибки та знижувати вплив випадкових похибок. Також проводиться ретельне калібрування, що враховує змінні умови експлуатації. Це досягається за рахунок:

* Використання високоякісних сенсорів та вимірювальних приладів, що характеризуються низькими похибками та високою стабільністю параметрів [2].
* Застосування методів цифрової компенсації похибок, таких як регресійний аналіз та адаптивні фільтри [3].
* Проведення регулярних калібрувань з використанням динамічних коефіцієнтів корекції.
* Оптимізації методів калібрування та періодичного контролю точності приладів. Наприклад, застосування динамічних калібрувальних коефіцієнтів може підвищити точність вимірювань у змінних умовах експлуатації [4].

Переваги цього методу включають значне зменшення систематичних похибок, підвищення стабільності та повторюваності вимірювань, а також можливість використання в складних умовах експлуатації. Однак, основними недоліками є висока вартість якісних сенсорів, складність реалізації коригувальних алгоритмів та необхідність постійного калібрування.

Сфера застосування охоплює контроль якості продукції, наукові дослідження, медичну діагностику та екологічний моніторинг.

***Застосування методів самодіагностики.***

Методи самодіагностики передбачають використання алгоритмів автоматичного виявлення збоїв та відхилень у роботі вимірювальних систем. Вони дають змогу оцінювати стан сенсорів і приладів в режимі реального часу, що значно збільшує рівень метрологічної надійності. Самодіагностика дозволяє автоматично виявляти та усувати збоїв у роботі ІВС, що особливо важливо для критичних систем. Основні підходи:

* Використання контрольних сигналів і тестових впливів для оцінки стану сенсорів.
* Автоматичне порівняння результатів вимірювань з еталонними значеннями [5].
* Застосування статистичних методів оцінки відхилень [6] та використання штучного інтелекту для прогнозування неполадок.

Основною перевагою цього підходу є оперативне виявлення та усунення неполадок, що знижує ризики неправильних вимірювань. Крім того, автоматизація діагностики дозволяє мінімізувати людський фактор. Проте, метод потребує значних обчислювальних ресурсів і може спричиняти хибні спрацьовування, що потребує додаткових перевірок.

Методи самодіагностики використовуються у промисловості, медичному обладнанні та системах моніторингу складних технологічних процесів.

***Вдосконалення алгоритмів обробки вимірювальної інформації.***

Даний метод передбачає використання математичних алгоритмів та цифрової обробки сигналів для підвищення якості та точності вимірювань. Математичні методи обробки сигналів відіграють важливу роль у підвищенні метрологічної надійності. Серед них:

* Фільтрація вимірюваних сигналів для усунення шумів і перешкод за допомогою фільтра Калмана [7]. Зокрема, застосування фільтра Калмана дозволяє прогнозувати зміни сигналу та компенсувати похибки в реальному часі.
* Використання методів штучного інтелекту для виявлення аномальних значень та самокорекції вимірювань. Машинне навчання дозволяє розпізнавати нестандартні ситуації та коригувати результати вимірювань. [8].
* Корекція систематичних похибок на основі багатовимірного аналізу даних.

Застосування методів фільтрації, аналізу великих даних і нейронних мереж дозволяє зменшити вплив шумів, виявити та коригувати аномальні значення.

Основною перевагою цього методу є суттєве зменшення випадкових похибок, що забезпечує підвищену точність і стабільність вимірювань. Проте, висока обчислювальна складність та необхідність регулярного оновлення алгоритмів є суттєвими недоліками.

Сфера застосування: високоточні вимірювання, дослідницькі лабораторії, автоматизовані виробничі системи.

***Автоматизація процесів калібрування.***

Сучасні ІВС використовують автоматичні методи калібрування та забезпечити безперервний контроль метрологічних характеристик приладів, що дозволяє зменшити похибки, пов’язані з людським фактором. Основні підходи:

* Використання вбудованих еталонних сигналів для самокалібрування.
* Реалізація адаптивних алгоритмів коригування вимірювань у режимі реального часу.
* Регулярне оновлення калібрувальних характеристик у базі даних системи.

Цей метод забезпечує високу точність та повторюваність калібрування, що є ключовим фактором у підтримці метрологічної відповідності приладів. Водночас, його впровадження потребує значних фінансових вкладень і спеціалізованого програмного забезпечення.

Автоматизація калібрування знаходить застосування у виробництві, лабораторних дослідженнях та медичних системах контролю.

***Використання резервування та дублювання.***

Для підвищення надійності застосовуються методи резервування вимірювальних каналів та обробки інформації:

* Використання надлишкових сенсорів і приладів з метою дублювання вимірювань.
* Алгоритми багатоканальної обробки даних для усунення відмов одиничних елементів.
* Впровадження методів голосування та адаптивного вибору найбільш достовірних даних.

Використання резервних вимірювальних каналів та дублювання даних дозволяє забезпечити безперервність процесу вимірювань та підвищити надійність інформації.

До основних переваг цього методу належить підвищення стійкості до відмов, забезпечення безперервності вимірювань і підвищення довіри до отриманих результатів. Проте, його реалізація потребує додаткового обладнання та ускладнює обробку даних.

Цей метод широко застосовується в авіаційних, космічних та промислових автоматизованих системах, де необхідна висока надійність вимірювань.

***Порівняльний аналіз методів підвищення метрологічної надійності інформаційно-вимірювальних систем.***

Методи підвищення метрологічної надійності мають різні переваги та обмеження. Застосування високоточних сенсорів і алгоритмічних методів дозволяє зменшити похибки, тоді як методи самодіагностики та резервування спрямовані на підвищення безвідмовності та безперервності вимірювань. Автоматизація калібрування є особливо ефективною для довготривалого забезпечення стабільності систем.

Комплексне застосування всіх розглянутих методів дає змогу досягти найвищого рівня метрологічної надійності, забезпечуючи точність, стійкість і довговічність вимірювальних систем.

Порівняльний аналіз методів підвищення метрологічної надійності інформаційно-вимірювальних систем наведено у таблиці 1.

Таблиця 1. Порівняльний аналіз методів підвищення метрологічної надійності інформаційно-вимірювальних систем

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Метод** | **Основна мета** | **Переваги** | **Недоліки** | **Сфера застосування** |
| Підвищення точності | Покращення точності вимірювань | Висока точність, стабільність | Висока вартість, потреба в регулярному калібруванні | Контроль якості вимірювань |
| Самодіагностика | Виявлення неполадок | Оперативне усунення проблем, автоматичне виявлення збоїв | Додаткові ресурси, складність реалізації | Оцінка стабільності вимірювань |
| Вдосконалення алгоритмів | Підвищення достовірності вимірювань | Усунення шумів, виявлення аномалій | Велика обчислювальна складність | Аналіз точності вимірювань |
| Автоматизація калібрування | Контроль метрологічних характеристик | Мінімізація людського фактору | Висока вартість впровадження | Автоматичний контроль приладів |
| Резервування | Підвищення стійкості до відмов | Безперервність вимірювань | Збільшення вартості системи | Безперервний контроль вимірювань |

**Висновки**

Підвищення метрологічної надійності інформаційно-вимірювальних систем є важливим завданням, що вимагає комплексного підходу та впровадження сучасних технологій. В ході дослідження було розглянуто основні методи, які дозволяють підвищити точність, стабільність та достовірність вимірювань. Кожен із розглянутих методів має свої переваги та обмеження, однак їх поєднання дозволяє досягти максимального ефекту.

Основні висновки дослідження:

**1. Підвищення точності вимірювань –** ключовий фактор у забезпеченні метрологічної надійності. Використання високоякісних сенсорів, методів цифрової компенсації похибок та оптимізації калібрування дозволяє суттєво зменшити систематичні похибки й підвищити стабільність вимірювань.

**2. Застосування методів самодіагностики** – важливий елемент підвищення надійності вимірювальних систем. Самодіагностика забезпечує своєчасне виявлення похибок, зменшуючи ризики отримання некоректних результатів.

**3. Вдосконалення алгоритмів обробки вимірювань** – використання математичних методів, таких як фільтрація сигналів, аналіз великих даних і методи штучного інтелекту, дозволяє підвищити точність і достовірність вимірювань, зменшуючи вплив випадкових похибок.

**4. Автоматизація процесів калібрування** – мінімізує людський фактор і забезпечує довготривале збереження метрологічних характеристик приладів. Це сприяє підвищенню якості вимірювань і зменшенню витрат на обслуговування.

**5. Використання методів резервування та дублювання –** підвищує стійкість систем до відмов і забезпечує безперервність вимірювань. Надлишкові сенсори та алгоритми багатоканальної обробки даних сприяють зменшенню ймовірності отримання некоректних результатів.

Застосування комплексного підходу до підвищення метрологічної надійності інформаційно-вимірювальних систем дозволяє значно покращити якість вимірювань у різних сферах – від промислового контролю до медичних досліджень та наукових експериментів. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розробку нових алгоритмічних рішень, що дозволять ще ефективніше контролювати та коригувати результати вимірювань у режимі реального часу.

**Список використаних джерел**

1. Гречанюк В.Т., Короткий В.В. / Основи метрології та вимірювальної техніки. – Київ: Наукова думка, 2020.

2. ISO 10012:2003. Measurement management systems – Requirements for measurement processes and measuring equipment.

3. Beckwith T.G., Marangoni R.D., Lienhard J.H. / Mechanical Measurements". – Pearson Education, 2018.

4. Taylor J.R. "An Introduction to Error Analysis: The Study of Uncertainties in Physical Measurements". – University Science Books, 1997.

5. Kutz M. "Handbook of Measurement in Science and Engineering". – Wiley, 2015.

Pitarbarg V. "Statistical Methods for Testing, Development, and Manufacturing". – Springer, 2014.

6. Welch G., Bishop G. /An Introduction to the Kalman Filter". – University of North Carolina, 2001.

7. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. / Deep Learning – MIT Press, 2016.