

<https://doi.org/10.26565/2079-1747-2026-37-02>

УДК 681.2:53.088

**АРТЮХ С.М.**, кандидат технічних наук;

доцент кафедри автоматизації, метрології та енергоефективних технологій

e-mail: [s.m.artyh@karazin.ua](mailto:s.m.artyh@karazin.ua)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0804-6313>

**АРТЮХ А.В.**,

e-mail [nartyh17@gmail.com](mailto:nartyh17@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0396-0934>

**КНЯЗЄВА В.М.**, кандидат технічних наук

доцент кафедри автоматизації, метрології та енергоефективних технологій

e-mail [v.m.kniazieva@karazin.ua](mailto:v.m.kniazieva@karazin.ua)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3106-4897>

<sup>1</sup>*Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна  
майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна.*

## МЕТОДИ ОЦІНКИ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРВАЛЬНИХ СИСТЕМ

У статті розглянуто сучасні методи оцінювання та забезпечення метрологічної надійності інформаційно-вимірвальних систем. Актуальність теми зумовлена широким поширенням інформаційно-вимірвальних систем у багатьох галузях промисловості та виробництва, при цьому особливої уваги набувають завдання забезпечення високого рівня їх метрологічної надійності.

Метою даного дослідження є реалізація методів оцінки та підвищення метрологічного ресурсу, як основного показника метрологічної надійності інформаційно-вимірвальних систем на етапах їх проектування та експлуатації. Рішення поставленого завдання оцінки метрологічної надійності інформаційно-вимірвальних систем здійснюється із застосуванням аналітико - імовірнісного методу прогнозування, що включає математичне моделювання процесу зміни в часі метрологічних характеристик інформаційно - вимірвальних систем, а також статистичне моделювання з урахуванням впливу зовнішніх руйнівних факторів навколишнього середовища. Завдання підвищення метрологічної надійності інформаційно - вимірвальних систем вирішується шляхом введення в їх структуру підсистеми метрологічного контролю.

У роботі докладно описані всі етапи математичного моделювання при реалізації методу оцінки метрологічної надійності інформаційно - вимірвальних систем, а також запропоновано їх оптимальну структуру, що включає підсистему метрологічного контролю з функцією автокорекції результатів вимірювань. Запропоновано та докладно описано елементну базу, на якій оптимально реалізується підсистема метрологічного контролю та корекції результатів вимірювань.

Результати дослідження доцільно використовувати при створенні, удосконаленні та експлуатації інформаційно-вимірвальних систем для забезпечення їхньої точності, надійності та ефективності.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** аналоговий блок, інформаційно-вимірвальна система, метрологічна надійність, метрологічна характеристика, метрологічний ресурс.

**Як цитувати:** Артюх С. М., Артюх А. В., Князева В. М. Методи оцінки та забезпечення метрологічної надійності інформаційно-вимірвальних систем. Машинобудування. 2026. Вип. 37. С. 24-31. <https://doi.org/10.26565/2079-1747-2026-37-02>



## Вступ

Серед різноманітних груп вимірвальних засобів широке поширення в даний час отримали інформаційно-вимірвальні системи (ІВС). Можливість реалізації в ІВС складних алгоритмів вимірювання та обробки отриманої інформації, а також різноманітність виконуваних ними функцій дозволяють використовувати зазначені системи у всіх галузях промисловості та виробництва. Однак з ускладненням ІВС все більшої актуальності набуває завдання забезпечення високого рівня їх метрологічної надійності (МН), що характеризує здатність ІВС зберігати в часі метрологічні характеристики (МХ) у межах встановлених норм [1–3].

Метрологічна надійність є показником якості ІВС. Для кількісної оцінки метрологічної надійності основним показником є метрологічний ресурс (МР), що оцінюється часом перетину реалізації неста-

ціонарного випадкового процесу зміни в часі метрологічних характеристик меж поля допуску [2, 3].

Разом із тим, у процесі експлуатації інформаційно-вимірвальних систем виникає вплив численних дестабілізуючих факторів, зокрема змін умов навколишнього середовища, старіння елементної бази, похибок вимірювань і збоїв у передаванні та обробці даних. Це призводить до зниження точності результатів вимірювань і, як наслідок, до прийняття неефективних рішень.

Відтак актуальним стає питання створення та удосконалення методів оцінки і забезпечення метрологічної надійності інформаційно-вимірвальних систем, що дозволяють підвищити їх ефективність та стабільність функціонування і представлені у даному дослідженні.

## 1. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Сучасні дослідження у сфері метрологічної надійності інформаційно-вимірвальних систем зосереджені на підвищенні точності вимірювань, забезпеченні стабільності метрологічних характеристик у процесі експлуатації та розробці ефективних методів оцінювання похибок і невизначеності.

У роботах останніх років [1, 3] значна увага приділяється проблемам забезпечення метрологічної надійності на етапі проектування ІВС. Зокрема, показано, що використання математичних моделей та формалізованого опису процесів перетворення сигналів дозволяє прогнозувати метрологічні характеристики систем ще до їх фізичної реалізації. У дослідженнях [5] також підкреслюється, що ключовим фактором є врахування впливу аналого-цифрових перетворювачів, які суттєво визначають загальну похибку системи.

Важливим напрямом є розробка методів контролю та підтримання метрологічної надійності в процесі експлуатації. Сучасні підходи базуються на використанні методів діагностики, автоматизованого контролю та статистичної обробки результатів вимірювань. Зокрема [4], запропоновано методи контролю функціонування ІВС, що дозво-

ляють оперативно виявляти відхилення метрологічних характеристик і забезпечувати своєчасне калібрування вимірвальних каналів.

Окрему групу досліджень [6] становлять роботи, присвячені організації метрологічного забезпечення ІВС. У них розглядаються питання структурування вимірвальних каналів, стандартизації процедур повірки та оптимізації метрологічного обслуговування. Встановлено, що комплексний підхід до організації метрологічного забезпечення дозволяє суттєво підвищити надійність функціонування систем у реальних умовах експлуатації.

У сучасних публікаціях [10] також активно досліджуються статистичні методи оцінювання метрологічної надійності, зокрема методи дисперсійного аналізу, які застосовуються для оцінювання стабільності параметрів ІВС та виявлення джерел похибок. Це дозволяє підвищити обґрунтованість прийняття рішень щодо технічного стану системи та необхідності її калібрування.

Суттєвий розвиток отримали підходи, пов'язані з цифровізацією та інтеграцією інформаційно-вимірвальних систем у складні технічні комплекси [12, 15]. Сучас-

ні дослідження орієнтовані на створення розподілених ІВС, у яких особливу роль відіграють методи дистанційного калібрування, самодіагностики та забезпечення простежуваності вимірювань. У цьому контексті актуальними є питання оцінювання невизначеності вимірювань та забезпечення єдності вимірювань у цифрових середовищах [11, 13].

Теоретичні та практичні дослідження [2] свідчать про те, що, метрологічна надійність ІВС визначається в основному метрологічною надійністю аналогових блоків (АБ), які формують їхній склад. Саме в аналогових блоках протікають основні процеси обробки та перетворення вимірюваних фізичних величин.

Доведено [3], що елементна база (ЕБ),

що становить аналогові блоки, має тенденцію до старіння, і, як результат, до відхилення значень своїх параметрів від номінальних. Це призводить до спотворення вихідних сигналів ІВС, а отже, до зростання похибки вимірювання  $\delta$ , що є основною метрологічною характеристикою будь-яких вимірвальних засобів.

Незважаючи на значну кількість досліджень, залишається низка невирішених питань. Зокрема, потребують подальшого розвитку методи комплексної оцінки метрологічної надійності ІВС з урахуванням впливу зовнішніх факторів, старіння елементів та змін режимів роботи. Також актуальним є вдосконалення методів адаптивного метрологічного забезпечення, які враховують змінні умови експлуатації.

## 2. Постановка проблеми

Вплив на інформаційно-вимірвальні системи зовнішніх дестабілізуючих факторів навколишнього середовища значно прискорює процеси старіння елементної бази аналогових блоків, що призводить до зниження метрологічного ресурсу як основного показника метрологічної надійності інформаційно-вимірвальних систем.

Таким чином, мають місце два основних завдання дослідження:

1) розробка методу оцінки метрологічної надійності інформаційно-вимірвальних систем на етапі проектування з урахуванням впливу зовнішніх факторів навколишнього середовища;

2) розробка методу підвищення метрологічної надійності ІВС на етапі їх експлуатації, що реалізується власне у

структурі інформаційно-вимірвальної системи.

Завдання оцінки метрологічної надійності ІВС вирішується шляхом побудови математичних моделей, що пов'язують процеси зміни метрологічних характеристик ІВС із зміною параметрів комплектуючих елементів досліджуваних аналогових блоків, а також на математичному моделюванні залежностей параметрів елементної бази аналогових блоків від зовнішніх дестабілізуючих факторів навколишнього середовища.

**Метою роботи** є реалізація методів оцінки та підвищення метрологічного ресурсу як основного показника метрологічної надійності інформаційно-вимірвальних систем на етапах їх проектування та експлуатації.

## 3. Виклад основного матеріалу

Оцінка метрологічної надійності при проектуванні аналогових блоків ІВС здійснюється з використанням методу аналітико-імовірнісного прогнозування [1-3]. В основу даного методу покладено аналіз нестационарних випадкових процесів зміни в часі метрологічних характеристик аналогових блоків ІВС на основі їх математичних моделей. Такі математичні моделі будуються з використанням статистичного моделювання значень метрологічних характеристик за даними про зміну

параметрів елементної бази аналогових блоків у процесі подальшої експлуатації.

В даному дослідженні в якості основних факторів навколишнього середовища розглядаються температура  $T$ , вологість  $F$ , тиск  $P$  і радіаційний вплив  $E$ .

Початковим етапом методу оцінки метрологічної надійності аналогових блоків ІВС є побудова математичних моделей функціонування блоку, що досліджується:

$$y(\vec{\xi}, \vec{\varphi}, t) = f(x, \vec{\xi}, \vec{\varphi}, t) \quad (1)$$

де  $y(\vec{\xi}, \vec{\varphi}, t)$  – значення вихідного сигналу аналогових блоків;  $x$  – вхідний сигнал;  $t$  – час експлуатації ІВС;  $\vec{\xi} = \{\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n\}$  – вектор параметрів комплектуючих елементів,  $n$  – кількість елементів аналогових блоків;

$\vec{\varphi} = \{\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_m\}$  – вектор дестабілізуючих факторів навколишнього середовища,  $m$  – кількість даних факторів.

Далі проводиться моделювання елементної бази розглянутого аналогового блоку:

$$\xi_j(\vec{\varphi}, t) = f(\vec{\varphi}, t, \xi_{0j}) \quad (2)$$

Тут  $\xi_j(\vec{\varphi}, t)$  – значення параметру  $j$ -го комплектуючого елементу аналогового блоку в момент часу  $t$  і при впливі факторів навколишнього середовища  $\vec{\varphi}$ ;  $\xi_{0j}$  – номінальне значення даного елементу,  $j = 1, \dots, n$ .

Наступним етапом є побудова математичної моделі метрологічних характеристик аналогових блоків у вигляді:

$$S(\vec{\xi}, \vec{\varphi}, t) = f(x, \vec{\xi}, \vec{\varphi}, t). \quad (3)$$

Як уже зазначалося вище, основними факторами навколишнього середовища є температура  $T$ , вологість  $F$ , тиск  $P$  і радіаційний фон  $E$ . Тоді вираз (3) набуде наступного вигляду:

$$S = f(x, \vec{\xi}, T, F, P, E, t). \quad (4)$$

Модель (4) є важливою складовою вихідних даних для проведення процедури статистичного моделювання, що полягає в послідовному розрахунку характеристик закону розподілу значень параметрів елементної бази досліджуваних аналогових блоків та моделюванні метрологічних характеристик у різних тимчасових перерізах області контролю [2, 7]. Результатом даної процедури є сукупність значень математичного очікування метрологічних характеристик аналогових блоків у різні моменти часу експлуатації  $m_S(t_1), \dots, m_S(t_i), \dots, m_S(t_K)$  і значень середньоквадратичного відхилення  $\sigma_S(t_1), \dots, \sigma_S(t_i), \dots, \sigma_S(t_K)$  при варіюванні значень зовнішніх факторів навколишнього середовища [1-3],  $i=1, \dots, K$ ,  $K$  – число тимчасових перерізів в області контролю.

За результатами статистичного моделювання будується математична модель змін у часі метрологічних характеристик виду [2-4]:

$$\begin{cases} m_S(T, F, P, E, t), \\ \psi_{\pm\sigma}(T, F, P, E, t) = \\ = m_S(T, F, P, E, t) + c \cdot \sigma_S(T, F, P, E, t) \end{cases} \quad (5)$$

де  $c$  – коефіцієнт, що вибирається в залежності від рівня довірчої ймовірності,  $c = 3$  при  $P = 0,9973$  з урахуванням нормального закону розподілу метрологічної характеристики.

Екстраполяцією залежностей (5) на область майбутніх значень часу експлуатації оцінюється метрологічний ресурс досліджуваного аналогового блоку як основний показник метрологічної надійності ІВС. Точність результатів прогнозування, очевидно, залежить від адекватності побудованих математичних моделей для елементної бази досліджуваного блоку.

Таким чином, пропонується вирішувати завдання оцінки метрологічної надійності аналогового блоку ІВС на етапі їх проектування.

Другим не менш важливим завданням є розробка методу підвищення метрологічної надійності ІВС. Здійснювати цей метод пропонується на етапі експлуатації ІВС із застосуванням математичної моделі (5), розробленої на етапі проектування аналогових блоків ІВС. Метод ґрунтується на введенні в ІВС автономної підсистеми метрологічного контролю [4–6], що реалізується із застосуванням окремих датчиків, які вимірюють значення параметрів навколишнього середовища, і мікропроцесорного пристрою, що здійснює обробку вимірвальних процедур.

Такий підхід забезпечить ряд переваг:

- контроль метрологічних характеристик ІВС протягом усього періоду експлуатації з урахуванням впливу зазначених зовнішніх дестабілізуючих факторів навколишнього середовища;
- побудова та коригування математичної моделі зміни у часі метрологічних характеристик з урахуванням параметрів навколишнього середовища;
- контроль дрейфу МХ та можливість достовірного прогнозування моменту настання метрологічної відмови;
- оптимальне призначення термінів проведення профілактичних робіт та чергових перевірок.

При реалізації запропонованого методу проводиться обчислення похибки при вимірюванні, і далі обчислюється

відповідна величина поправки, що компенсує цю похибку. На вхід аналогового блоку подається зразковий сигнал  $x_{oi}(t)$  завчасно відомого значення [2]. Мікропроцесорний пристрій (МПП) порівнює вихідне значення зразкового сигналу  $y_{oi}(t)$  і його справжню величину  $x_{oi}(t)$ . За отриманими даними МПП обчислює основну відносну похибку вимірювання  $\delta$ . Структуру

такої підсистеми показано на рис. 1, у якій: К- комутаційний пристрій; ПП-первинні перетворювачі; П – підсилювач; АЦП – аналого-цифровий перетворювач; МПП – мікропроцесорний пристрій; ПФЗС – пристрій формування зразкових сигналів;  $R_M$  – оператор масштабування;  $R_F^{-1}$  – оператор градуювального перетворення;  $R_{кор}$  – оператор корекції.

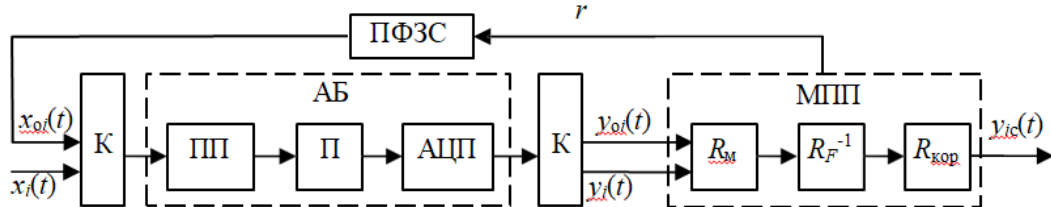


Рис. 1 – Структура системи формування зразкових сигналів

Fig. 1 – Structure of the sample signal generation system

На пристрій комутації одночасно подаються зразковий  $x_{oi}(t_i)$  і вимірюваний  $x_i(t_i)$  сигнали, що відповідають моменту часу  $t_i$ . Далі ці сигнали перетворюються в досліджуваному аналоговому блоці, і на виході аналогового блоку формуються вимірні значення зразкового  $y_{oi}(t_i)$  і досліджуваного  $y_i(t_i)$  сигналів. За даними значеннями обчислюється основна відносна похибка вимірювання зразкового сигналу  $\delta_{oi}(t_i)$ :

$$\delta_{oi}(t_i) = \frac{y_{oi}(t_i) - x_{oi}(t_i)}{x_{oi}(t_i)}, \quad = 1, \dots, k, \quad (6)$$

де  $k$  – число тимчасових перерізів, у яких відбувається вимірювання.

Корекція вимірюваного сигналу  $y_i(t_i)$  здійснюється оператором  $R_{кор}$  з використанням обчисленого за зразковим сигналом значення похибки  $\delta_{oi}(t_i)$ . У результаті на виході ІВС формується скоригований сигнал  $y_{ic}(t_i)$ . Нижче алгоритм корекції розглянуто докладніше.

Виразувавши похибка вимірювання  $\delta_{oi}(t_i)$  для зразкового сигналу  $x_{oi}(t_i)$  відповідно з (6), справедливо використовувати цю величину і для робочого сигналу  $x_i(t_i)$  [4-6], тобто, приймаємо, що  $\delta_i(t_i) = \delta_{oi}$

( $t_i$ ). Тоді дійсне значення вимірюваної величини  $y_{ид}(t_i)$  обчислюється за таким виразом:

$$\delta_i(t_i) = \frac{y_i(t_i) - y_{ид}(t_i)}{y_{ид}(t_i)} \quad (7)$$

Звідси виходить наступне:

$$y_{ид}(t_i) = \frac{y_i(t_i)}{\delta_i(t_i) + 1} \quad (8)$$

Далі розраховується значення основної абсолютної похибки  $\Delta_i(t_i)$ :

$$\Delta_i(t_i) = y_{ид}(t_i) - y_i(t_i) \quad (9)$$

Розраховане значення  $\Delta_i(t_i)$  записується у записуючий пристрій ІВС для подальшого аналізу змін метрологічних характеристик.

На наступному етапі здійснюється формування відповідної поправочної величини  $z_i(y_i)$ . Величина поправки дорівнює абсолютній похибці ІВС зі зворотним знаком:

$$z_i(y_i) = -\Delta_i(t_i).$$

Далі поправочне значення  $z_i(y_i)$  розраховується з вимірної величини  $y_i(t_i)$ , в результаті чого на виході ІВС формується скориговане значення цієї величини  $y_{ic}(t_i)$ :

$$y_{ic}(t_i) = y_i(t_i) - z_i(y_i). \quad (10)$$

## Висновки

Запропонована методика має значну перевагу, яка полягає у можливості корекції моделі зміни в часі метрологічних характеристик аналогових блоків ІВС з урахуванням умов експлуатації. Для реалізації даної переваги необхідно записувати значення досліджуваних метрологічних характе-

стик, розраховані за математичними моделями на етапі проектування, а також фіксувати значення метрологічних характеристик, отриманих при реалізації методу з використанням зразкових сигналів на етапі експлуатації. Також має здійснюватися запис значень зовнішніх чинників

навколишнього середовища, відповідних значень метрологічних характеристик, таким чином, в інформаційно-вимірвальних системах відбувається формування бази даних, що містить усі вказані величини.

Отже, запропоновані доповнення

структури інформаційно-вимірвальної системи дозволяє на стадії експлуатації реалізувати метод оцінки і підвищення метрологічного ресурсу як основного показника метрологічної надійності аналогових блоків у інформаційно-вимірвальних системах загалом.

### Конфлікт інтересів

Автори заявляють, що конфлікту інтересів щодо публікації рукопису немає. Крім того, автори повністю дотримувались етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію.

### Список використаних джерел:

1. Денисюк В. Ю. Оцінка метрологічної надійності аналого-цифрового блоку перетворювача інформаційно-вимірвальних систем на етапі його проектування. *Приладобудування: стан і перспективи*: матеріали XXIV міжнар. наук.-техн. конф. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025. С. 419–421.
2. Денисюк В. Ю. Проблеми забезпечення точності та метрологічної надійності інформаційно-вимірвальних систем. *Приладобудування: стан і перспективи*: матеріали XXIII міжнар. наук.-техн. конф. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. С. 345–349.
3. Яцук В. О., Яцук Ю. В. Забезпечення метрологічної надійності вимірвальних систем у реальному масштабі часу. *Вимірвальна техніка та метрологія*. Львів : Львівська політехніка, 2019. Т. 80, № 2. С. 64–72. DOI: <https://doi.org/10.23939/istcmtm2019.02.064>
4. Науменко А., Бабіч О., Короткий Є. Аналіз методів організації метрологічного забезпечення інформаційно-вимірвальних систем управління об'єктів. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2019. № 5(57). С 28-34. DOI: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2019.5.025>
5. Зашепкіна Н. М., Шульга О. В., Наконечний О. А. Метрологічне забезпечення інформаційно-вимірвальних систем: навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 176 с.
6. Штефан І. Ю., Штефан Н. В. Проблеми метрологічного забезпечення інформаційно-вимірвальних систем. *Актуальні проблеми автоматики та приладобудування*. Харків : НТУ «ХПІ», 2016. С. 176–177.
7. Distributed measurement system calibration method with automatic networking mechanism / Zhang Xiaohui, Zhang Jiaying, Liu Qing, Li Jintong, Jia Kun, Lin Binfeng. *Measurement Science and Technology*. 2024. Vol. 35. No 4. DOI: <https://doi.org/10.1088/1361-6501/ad2149>
8. A fast calibration method for distributed measurement systems / Qing Liu, Jiaming Lv, Jiaying Zhang, Jintong Li, Jiawei Li, Ting Shang. *AIP Advances*. 2023. № 13 (9). 095213. DOI: <https://doi.org/10.1063/7.0001205>
9. ДСТУ EN ISO 10012:2022. Системи керування вимірюваннями. Вимоги до процесів вимірювання та вимірвального обладнання. [Чинний від 2023 -12-31]. Київ, 2023. (Інформація і документація).
10. Розвиток системи забезпечення метрологічної надійності засобів вимірвальної техніки / М. Микійчук, Н. Лазаренко, С. Лазаренко, А. Різник. *Вимірвальна техніка та метрологія*. 2019. № 3. С. 53–57. DOI: <https://doi.org/10.23939/istcmtm2019.03.053>
11. Вітковський В. Реалізація підходу з використанням характеристичних функцій для оцінювання невизначеності вимірювань. *Ukrainian Metrological Journal*. 2022. № 1. С. 38-43. DOI: <https://doi.org/10.24027/2306-7039.1.2022.258818>
12. Kok Gertjan, Marcel van Dijk. Measurement Uncertainty Evaluation: Differences Between Virtual Experiments and the Standardized Approach. *Metrology*. 2025. Vol. 5, no. 4. Pp. 59. DOI: <https://doi.org/10.3390/metrology5040059>
13. Кузьменко Т. М. Оцінювання невизначеності вимірювань лінійних розмірів при вимірюванні деталей точної механіки у випробувальних лабораторіях. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2021. Vol. 32 (71), part 2, no 2. Pp. 8-12. DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.2-2/02>

14. Коцюба А. М. Оцінювання невизначеності вимірювання за результатами контрольних вимірювань з використанням стандартних зразків. *Системи обробки інформації*. 2017. Вип. 6. С. 51-53.

15. Harris P. M., Cox M.G. On a Monte Carlo method for measurement uncertainty evaluation and its implementation. *Metrologia*. 2014, Vol. 51(4), P. 176–182. DOI: <https://doi.org/10.1088/0026-1394/51/4/S176>

Отримано: 06.04.2026 / Переглянуто: 13.05.2026 / Прийнято: 25.05.2026 / Опубліковано: 30.05.2026

**ARTIUKH S.**, Candidate of Technical Sciences;

Associate Professor of the Department of Automation, Metrology and Energy Efficient Technologies

e-mail: [s.m.artyh@karazin.ua](mailto:s.m.artyh@karazin.ua)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0804-6313>

**ARTIUKH A.**,

e-mail [nartyh17@gmail.com](mailto:nartyh17@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0396-0934>

**KNIAZIEVA V.**, Candidate of Technical Sciences,

Associate Professor of the Department of Automation, Metrology and Energy Efficient Technologies

e-mail [v.m.kniazieva@karazin.ua](mailto:v.m.kniazieva@karazin.ua)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3106-4897>

<sup>1</sup>*V.N. Karazin Kharkiv National University*  
Svobody square, 4, Kharkiv, 61022, Ukraine

## METHODS FOR EVALUATING AND ENSURING THE METROLOGICAL RELIABILITY OF INFORMATION AND MEASUREMENT SYSTEMS

This article examines modern methods for evaluating and ensuring the metrological reliability of information and measurement systems. The relevance of this topic stems from the widespread use of information and measurement systems in many industrial and manufacturing sectors, with particular emphasis placed on ensuring a high level of their metrological reliability.

The aim of this study is to implement methods for assessing and improving metrological life, as the primary indicator of the metrological reliability of information and measurement systems during their design and operation phases. The task of assessing the metrological reliability of information and measurement systems is solved using an analytical-probabilistic forecasting method, which includes mathematical modeling of the process of changes over time in the metrological characteristics of information measurement systems over time, as well as statistical modeling that accounts for the influence of external destructive environmental factors. The task of improving the metrological reliability of information and measurement systems is solved by introducing a metrological control subsystem into their structure.

This paper provides a detailed description of all stages of mathematical modeling involved in implementing a method for assessing the metrological reliability of information and measurement systems, and proposes an optimal structure for such systems, including a metrological control subsystem with a function for automatic correction of measurement results. The element base on which the metrological control and measurement result correction subsystem is optimally implemented is proposed and described in detail.

The results obtained can be used in the design, modernization, and operation of information and measurement systems to ensure a high level of accuracy, reliability, and efficiency in their operation.

**KEYWORDS:** analog unit, information and measurement system, metrological reliability, metrological characteristic, metrological lifetime.

**In cites:** Artiukh S., Artiukh A., Kniazieva V. (2026). Methods for evaluating and ensuring the metrological reliability of information and measurement systems. *Engineering*, (37), 24-31. <https://doi.org/10.26565/2079-1747-2026-37-02> ( in Ukraine)

### Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of the manuscript. In addition, the authors fully complied with ethical standards, including plagiarism, data falsification, and double publication.

## References

1. Denysiuk, VYu 2025, 'Otsinka metrolohichnoi nadiinosti analoho-tsyfrovoho bloku peretvoriuvacha informatsiino-vymiriuvalnykh system na etapi yoho proiektuvannia' [Evaluation of metrological reliability of the analog-to-digital converter block of information-measuring systems at the design stage ], *Pryladobuduvannia: stan i perspektyvy: materialy XXIV mizhnar. nauk.-tekhn. Konf*, KPI im. Ihoria Sikorskoho, Kyiv, Pp. 419–421.
2. Denysiuk, VYu 2024, 'Problemy zabezpechennia tochnosti ta metrolohichnoi nadiinosti informatsiino-vymiriuvalnykh system' [Problems of ensuring the accuracy and metrological reliability of information and measuring systems ], *Pryladobuduvannia: stan i perspektyvy: materialy XXIII mizhnar. nauk.-tekhn. Konf*, KPI im. Ihoria Sikorskoho, Kyiv, Pp. 345–349.
3. Yatsuk, VO & Yatsuk, YuV 2019, 'Zabezpechennia metrolohichnoi nadiinosti vymiriuvalnykh system u realnomu masshtabi chasu' [Ensuring metrological reliability of measuring systems in real time ], *Vymiriuvalna tekhnika ta metrolohiia*, Vol. 80, no 2, Pp. 64–72. <https://doi.org/10.23939/istcmtm2019.02.064> ( in Ukraine)
4. Naumenko, A, Babich, O & Korotkyi, Ye 2019, 'Analiz metodiv orhanizatsii metrolohichnoho zabezpechennia informatsiino-vymiriuvalnykh system upravlinnia obiektiv' [Analysis of methods for organizing metrological support of information-measuring systems for facility management ], *Systemy upravlinnia, navihatsii ta zviazku*, no 5(57), Pp. 28-34. DOI: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2019.5.025> ( in Ukraine)
5. Zashchepkina, NM, Shulha, OV & Nakonechnyi, OA 2021, *Metrolohichne zabezpechennia informatsiino-vymiriuvalnykh system* [Metrological security of information and measuring systems ], KPI im. Ihoria Sikorskoho, Kyiv,
6. Shtefan, IYu & Shtefan, NV 2016, 'Problemy metrolohichnoho zabezpechennia informatsiino-vymiriuvalnykh system' [Problems of metrological security of information and measuring systems ], *Aktualni problemy avtomatyky ta prylobuduvannia*, Pp. 176–177.
7. Zhang, X, Zhang, J, Liu, Q & Li, J 2024, 'Distributed measurement system calibration method with automatic networking mechanism', *Measurement Science and Technology*, Vol. 35, no 4, Pp. 57-72. DOI: <https://doi.org/10.1088/1361-6501/ad2149>
8. Liu, Q, Zhang, J & Shang, T 2023, 'A fast calibration method for distributed measurement systems', *AIP Advances*, no 13 (9), 095213. DOI: <https://doi.org/10.1063/7.0001205>
9. DSTU EN ISO 10012:2022. Systemy keruvannia vymiriuvanniamy. Vymohy do protsesiv vymiriuvannia ta vymiriuvalnogo obladnannia (Chynnyi vid 2023-12-31) [Measurement control systems. Requirements for measurement processes and measurement equipment ], Kyiv.
10. Mykyichuk, M, Lazarenko, N, Lazarenko, S & Riznyk, A 2019, 'Rozvytok systemy zabezpechennia metrolohichnoi nadiinosti zasobiv vymiriuvanoi tekhniki' [Development of a system for ensuring metrological reliability of measuring techniques ], *Vymiriuvalna tekhnika ta metrolohiia*, no 3, Pp. 53–57. DOI: <https://doi.org/10.23939/istcmtm2019.03.053> ( in Ukraine)
11. Vitkovskiyi, V 2022, 'Realizatsiia pidkhodu z vykorystanniam kharakterystychnykh funksi dlia otsiniuvannia nevyznachenosti vymiriuvan' [Implementation of the approach using characteristic functions to estimate the uncertainty of measurements ], *Ukrainian Metrological Journal*, no 1, Pp. 38-43. DOI: <https://doi.org/10.24027/2306-7039.1.2022.258818> ( in Ukraine)
12. Kok, G & van Dijk, M 2025, 'Measurement uncertainty evaluation using virtual experiments', *Metrology*, Vol. 5(4), Pp. 56-64. DOI: <https://doi.org/10.3390/metrology5040059>
13. Kuzmenko, TM 2021, 'Otsiniuvannia nevyznachenosti vymiriuvan liniinykh rozmiriv pry vymiriuvanni detalei tochnoi mekhaniky u vyprobuvalnykh laboratoriiakh' [Estimation of the uncertainty of linear measurement measurements when measuring precision mechanical parts in testing laboratories ], *Vcheni zapysky TNU imeni V.I. Vernadskoho. Seriya: Tekhnichni nauky*, Vol. T. 32 (71), part. 2, no 2, Pp. 8-12. DOI: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.2-2/02> ( in Ukraine)
14. Kotsiuba, AM 2017, 'Otsiniuvannia nevyznachenosti vymiriuvannia za rezultatamy kontrolnykh vymiriuvan z vykorystanniam standartnykh zrazkiv' [Estimation of the uncertainty of the measurement based on the results of control measurements using standard samples ], *Systemy obrobky informatsii*, iss. 6, Pp. 51-53.
15. Harris, PM & Cox, MG 2014, 'On a Monte Carlo method for measurement uncertainty evaluation and its implementation', *Metrologia*, Vol. 51(4), Pp. 176–182. DOI: <https://doi.org/10.1088/0026-1394/51/4/S176>

Submission received: 04.06.2026/Revised: 05.13.2026/Accepted: 05.25.2026/Published: 05.30.2026