

ПОСЛІДОВНИЙ АДАПТИВНИЙ МЕТОД ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ ПРО ПРИДАТНІСТЬ ПРОДУКЦІЇ

CONSISTENT ADAPTIVE METHOD OF DECISION MAKING ABOUT SUITABILITY PRODUCTS

Володарський Є. Т.¹, д-р техн. наук, проф., Кошева Л. О.², д-р техн. наук, проф.,
Клевцова М. О.³, здобувач

¹Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського»,
кафедра автоматизації експериментальних досліджень, Україна; e-mail: vet-1@ukr.net;

²Національний авіаційний університет, кафедра біокібернетики та аерокосмічної медицини, Україна;

³Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського», аспірантура

<https://doi.org/10.23939/istcmtm2018.01.058>

Анотація. Проаналізовано вимоги до підвищення вірогідності оцінки відповідності продукції. Показано, що вірогідність прийняття правильного рішення залежить від невизначеності вимірювання, пов'язаної з результатом вимірювального контролю, та довжиною допускового інтервалу. Встановлено, що найефективнішим методом оцінювання та прийняття рішення щодо відповідності об'єкта є послідовний адаптивний метод, та висвітлено його сутність. Розроблено алгоритм реалізації запропонованого методу. Показано, що застосування методу підвищує ймовірність прийняття правильного рішення про відповідність для кожного контрольованого об'єкта, та, порівняно з відомими методами, істотно не впливає на зменшення продуктивності та підвищення собівартості продукції.

Ключові слова: оцінка відповідності, невизначеність вимірювання, адаптивний метод, послідовний алгоритм, вірогідність, прийняття рішення.

Annotation. The article analyzes the requirements for increasing the probability of conformity assessment of products. It is shown that to increase the probability of measuring inspection traditionally more precise measuring systems are used; perform multiple observations of the investigated quantity, taking for the result of the measurement the average arithmetic value: set tolerance intervals. An analysis was conducted of each of the ways to increase the probability of assessing the compliance of the object and showing the disadvantages of each of them.

It is shown that the results of the evaluation of the object of inspection parameters are inevitably related to the uncertainty due to the imperfection of this procedure, equipment and the influence of external random factors. Reducing this effect is especially important within certain limits around the limit values of the tolerance interval with simultaneous reduction of the volume of additional measurements. Therefore, the decree is about suitability or unsuitability of the object of inspection account should be taken of both the possible uncertainty of the result and the requirements regarding the cost and complexity of the inspection procedure, as well as the given reliability.

To avoid these disadvantages and limitations offered adaptive successive decision-making method for compliance. At the beginning of the decision-making process, based on the actual relationship between the length of the tolerance interval and the uncertainty of measurement, are found the initial relative tolerance limits, upper and lower, which correspond to the probability of making a decision about the correspondence of $p_b = 95\%$. In accordance with these relative tolerance limits determine tolerance limits for the primary measurement, with which the primary measurement result is compared. In the case when the primary measurement result goes beyond the tolerance interval, they pass to the adaptive procedure, performing additional measurements each time until their average value falls within the tolerance interval. Number of successive steps determine for the permissible «residual» probability of making a false decision on the correspondence of the object. This probability depends on the parameters of the probability density function of the investigated quantity.

Application of the method allows increase probability of making a correct decision about compliance for each inspected object and in comparison with known methods, does not significantly affect the decrease in productivity and increase the cost price of the product. The practical use of the algorithm has shown that the 5 additional stages of the research, makes it possible to reduce the probability of false solutions at least thrice, an increase in inspection operations does not exceed 60%.

Key words: conformity assessment, uncertainty of measurement, adaptive method, successive algorithm, probability, decision making.

Вступ

Під оцінкою відповідності розуміють будь-яку діяльність, спрямовану на визначення прямими чи опосередкованими методами того, що продукція (система, послуга) відповідає вимогам певних стандартів або заданим вимогам [1]. У багатьох випадках під оцінкою відповідності розуміють контроль (inspection) як процедуру встановлення, на підставі результатів вимірювання, того, що продукція задовольняє визначені вимоги. Для вимірюваної величини вимоги задають границями поля допуску, які відокремлюють інтервали допустимих значень

вимірюваної величини від критичних (недопустимих). Об'єкт відповідає заданим вимогам, коли значення його властивості (параметра) містяться у межах поля допуску.

Покази вимірювальної системи [2] відображають інформацію про значення контрольованої величини за допомогою моделі вимірювання, яка охоплює ефекти як систематичних, так і випадкових величин (або їх сукупності). Якщо вплив систематичних величин можна врахувати (скорегувати) під час калібрування, то вплив випадкових величин залишається і оцінюється за допомогою невизначеності (непевності) вимірювання. Через невиз-

наченість вимірювання завжди існує ризик (ймовірність) прийняття помилкового рішення про відповідність або невідповідність об'єкта (його параметра) встановленим вимогам на підставі вимірюваного значення. Отже, порівняння інтервалу охоплення з інтервалом допустимих значень (полем допуску) є основою для прийняття рішення про відповідність. Залежно від отриманого результату вимірювання є кілька можливих рішень щодо контрольованої властивості продукції, доцільно приймати рішення про відповідність об'єкта з найбільшою вірогідністю. Необхідність підвищення вірогідності ухваленого рішення підкреслює й низка нормативно-технічних документів, які встановлюють методи підвищення вірогідності прийняття рішення за результатами вимірального контролю параметра контрольованої величини з урахуванням невизначеності, пов'язаної з ним [3–6].

Недоліки

Для підвищення вірогідності вимірального контролю традиційно застосовують такі підходи:

- використовують точніші вимірвальні системи;
- проводять багаторазові спостереження контрольованої величини, приймаючи за результат вимірювання середнє арифметичне значення;
- вводять контрольні допуски (захисні смуги).

За першим підходом підвищення вимог до точності виміральної системи призводить до зростання її складності, тобто до збільшення її вартості, габаритів та ваги, унаслідок чого збільшується час вимірювання, виникає необхідність у залученні відповідного персоналу вищої кваліфікації (настроювачів, контролерів) під час виробництва й експлуатації.

Треба враховувати, що ефективність процедури прийняття рішення про відповідність під час контролю E є функціоналом вірогідності контролю V , продуктивності P та його собівартості C :

$$E = (P, V, C).$$

Отже, у разі підвищення вірогідності зменшується продуктивність і зростає собівартість контролю.

Другий підхід, який реалізується під час проведення багаторазових спостережень контрольованої величини, теж має суттєві недоліки. По-перше, обсяг контрольно-вимірвальних операцій збільшується в Nm разів (N – кількість контрольованих об'єктів, а m – кількість паралельних спостережень), тобто безпосереднє усереднення результатів має надлишковість. По-друге, правильність прийняття рішення залежить від розташування

значення контрольованої величини та пов'язаної з ним невизначеності відносно граничних значень допускової зони. У такому разі може спостерігатися такий діапазон можливих значень вимірюваної величини, у якому неточність вимірювання не впливає на правильність прийняття рішення про відповідність, тобто дійсний стан і рішення про відповідність збігаються (показано на рис. 3).

Реалізація третього підходу введенням інтервалу приймання (acceptance interval), контрольні границі якого віддалені від границь поля допуску (зміщені у середину поля допуску) на захисну смугу

$$w = U = 2u,$$

зменшує ймовірність неправильного прийняття рішення про відповідність вимогам, як показано на рис. 1.

Це правило прийняття рішення установлене за замовчуванням у [7]. Однак введення захисних смуг між границями поля допуску та відповідною прийнятною границею призводить до втрат виробника, які, за певних умов, можуть бути істотними, але треба враховувати параметри закону розподілу можливих значень контрольованої величини.

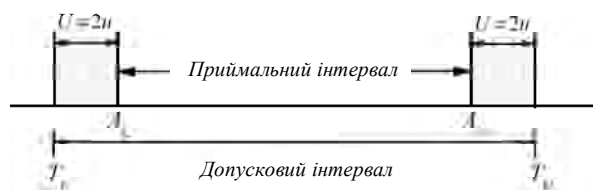


Рис. 1. Приймальний інтервал, утворений за допомогою зменшення поля допуску з кожного боку на величину розширеної невизначеності

Fig. 1. The acceptance interval is formed by decreasing the tolerance interval on each side by the value of the extended uncertainty

Мета роботи

Мета роботи – розроблення методу та алгоритму його реалізації, що забезпечують прийняття рішення щодо оцінки відповідності контрольованого об'єкта з підвищеною вірогідністю.

Матеріали та методи

Коли для оцінювання відповідності достатньо встановити, чи параметр об'єкта міститься у допустимих межах, застосовують процедури контролю. Якість результатів контролю можна характеризувати показниками його достовірності, наприклад, ймовірностями помилок контролю першого роду, які полягають у зарахуванні об'єкта, що відповідає встановленим вимогам, до невідповідних об'єктів, і

помилки другого роду, коли, навпаки, невідповідний вимогам об'єкт зараховують до відповідних. Результати оцінювання показників об'єкта контролю неминуче пов'язані з невизначеністю, спричиненою недосконалістю цієї процедури, обладнання та впливом зовнішніх випадкових чинників. Тому вирішальне правило про придатність або непридатність об'єкта контролювання повинно враховувати одночасно можливу невизначеність результату та вимоги до вартості та трудомісткості під час контролю технологічного процесу щодня виконують численні вимірювання величин, які іноді навіть однорідні, але вимоги до їх допустимих норм можуть змінюватися. Достовірність прийнятих рішень повинна бути не меншою від заданих значень.

Під час контролю, на відміну від вимірювань, випадкові ефекти істотно впливають на результат не в усьому діапазоні можливих значень контрольованої величини. Тому виникає необхідність зменшити цей вплив в певних межах навколо граничних значень допускового інтервалу з одночасним зменшенням обсягу додаткових вимірювань. Для підвищення вірогідності такої процедури необхідно розробити метод контролю на основі послідовної адаптивної процедури прийняття рішень, за якої враховують взаємозв'язок параметрів закону розподілу можливих значень контрольованої величини, випадкових впливів під час вимірювання та довжини допускового інтервалу. За результатами поточної контрольно-вимірвальної операції повинно прийматися рішення про продовження або закінчення контролю з введенням додаткових границь, що забезпечує зниження ймовірності помилкових рішень на кожному додатковому етапі контролю для випадків нормального або рівномірного розподілів випадкової складової похибки вимірвального контролю.

Вважаємо за доцільне обґрунтувати вибір такого методу, а також алгоритм його реалізації.

1. Вибір методу підвищення вірогідності прийняття рішення. Інтервали допустимих значень (поля допусків) бувають двох видів:

- однобічне поле допуску з верхньою T_U або нижньою T_L границями поля допуску;
- двобічне поле допуску з верхньою та нижньою T_U, T_L границями поля допуску.

Треба зазначити, що однобічні поля допусків насправді двобічні – одна границя задана у явному вигляді (її значення записують у відповідних нормативних документах), інша у неявному вигляді з фізичних або теоретичних причин. На рис. 2 наведено ситуацію, коли значення параметра Y характеризує властивості об'єкта після вимірювання, представлені найкращою оцінкою $\eta_m = y$ та пов'язаною з

нею стандартною невизначеністю $u_m = u$. Значення Y , які відповідають вимогам, лежать в інтервалі $\eta \leq T_U$. Заштрихована площа відповідає ймовірності прийняття помилкового рішення про невідповідність.

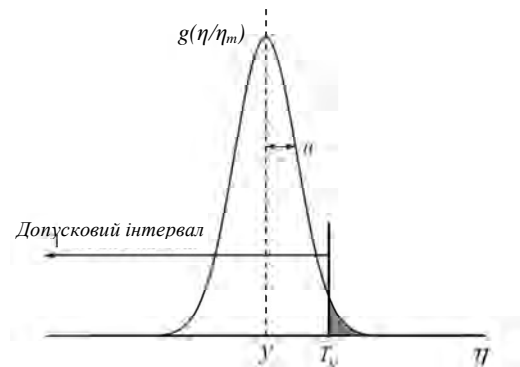


Рис. 2. Поле допуску з однією верхньою границею T_U

Fig. 2. The tolerance field with a single upper limit of T_U

Ймовірність відповідності об'єкта нормам (технічним вимогам) запишеться як

$$p_v = \Phi(z),$$

де $z = (T_U - y)/u$; $\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2}} \int_0^z e^{-t^2/2} dt$.

У документі [5] вводиться параметр, який характеризує якість вимірювання відносно вимог до об'єкта контролю, що задається за допомогою допуску. Цей параметр називається *показником вимірвальних можливостей* і визначається як

$$c_m = \frac{T_U - T_L}{4u_m} = \frac{T}{2U}, \quad (1)$$

де $U = 2u_m$ – розширена невизначеність (непевність) з коефіцієнтом охоплення $k = 2$.

З рівності випливає, що $c_m > 4$, якщо $u_m \leq T/16$. Коефіцієнт 4 вибирають за умови використання інтервалу охоплення $[\eta_m - 2u_m, \eta_m + 2u_m]$.

На основі значення показника вимірвальних можливостей c_m можна за заданих границь поля допуску (T_L, T_U) обчислити апріорну ймовірність відповідності об'єкта заданим нормам. Розглянемо випадок з двостороннім полем допуску, оскільки показано, що одностороннє поле допуску є окремим випадком двостороннього.

Для нормального закону розподілу можливих відхилень результатів вимірювання η_m від величини y , що вимірюється, ймовірність відповідності обчислюється як

$$p_v = \Phi\left(\frac{T_U - y}{u}\right) - \Phi\left(\frac{T_L - y}{u}\right). \quad (2)$$

До відповідних належать об'єкти (параметри), значення вимірюваної величини яких міститься у допусковому інтервалі $T = T_U - T_L$. Введемо для

величини, розміщеної у допусковій зоні, відносно величину

$$\tilde{y} = \frac{y - T_L}{T}, \quad (3)$$

яка набуває значення

$$\% = \begin{cases} 0, \text{ якщо } y = T_L \\ 1, \text{ якщо } y = T_U \end{cases}$$

Підставляючи вираз (3) у вираз (1), отримаємо залежність, яка зв'язує ймовірність відповідності та показник вимірювальних можливостей, що враховує відносне значення контрольованої величини

$$p_v = \Phi[4c_m(1 - \tilde{y})] - \Phi(-4c_m\tilde{y}) = p_v(\tilde{y}, c_m) \quad (4)$$

На рис. 3 наведено діаграму, що показує, за яких співвідношень c_m та \tilde{y} значення ймовірності відповідності p_v залишається сталим і дорівнює 95 % для $0 \leq \% \leq 1$.

Крива поділяє області відповідності (заштриховані) та невідповідності (незаштриховані). Як випливає з рис. 3, за $c_m = 1$ ($u_m = T/4$), значення, що відповідають ймовірності $p_v \geq 95$ %, будуть тільки для відносних контрольованих величин у діапазоні $0,45 \leq \% \leq 0,55$. Для розширення діапазону можливих контрольованих значень треба збільшувати значення c_m , найпростіше досягти цього, зменшивши невизначеність вимірювання u .

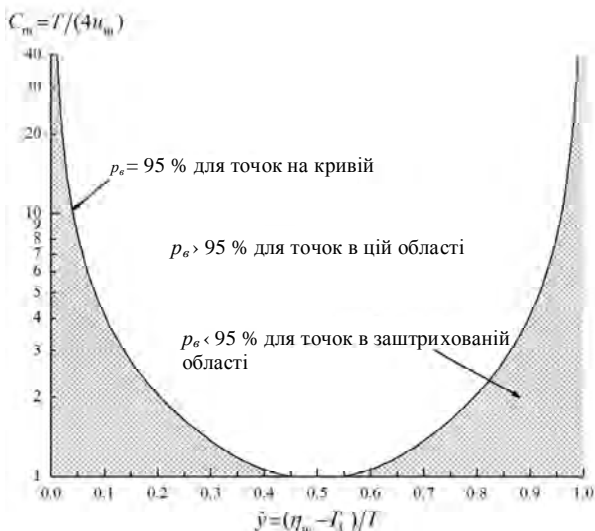


Рис. 3. Діаграма, що показує, за яких співвідношень c_m та \tilde{y} значення ймовірності відповідності p_e залишається сталим і дорівнює 95 %

Fig. 3. A diagram showing the relationship between c_m and \tilde{y} for in which probability of conformity p_e is constant and equal to 95 %

2. Сутність адаптивного методу. Як показала практика, не у всіх випадках можна досягти наведених співвідношень. На малопотужних під-

приємствах, наприклад, кондитерських фабриках, асортимент продукції може змінюватися два і більше разів за добу. Компоненти – складові продукції можуть залишатися незмінними, але допускові інтервали на них змінюються. Оскільки засоби вимірювання на технологічній лінії використовують ті самі, то й інструментальна складова невизначеності вимірювання теж залишається тією самою. Це призводить до зміни c_m , що своєю чергою впливає на ймовірність відповідності та, зрештою, на вірогідність прийняття правильного рішення за результатами контролю.

Для уникнення вищенаведених недоліків та обмежень пропонуємо адаптивний послідовний метод прийняття рішення про відповідність (метод адаптивних контрольних границь).

На початку процедури прийняття рішення, ураховуючи реальне співвідношення довжини допускового інтервалу та невизначеності вимірювання (рис. 3), визначають вихідні відносні контрольні границі \tilde{y}_{1L} та \tilde{y}_{1U} , які відповідають ймовірності прийняття рішення про відповідність $p_v = 95$ %.

На підставі виразу (3) знаходять відносні значення цих контрольних границь:

$$\tilde{y}_{1L} = \frac{A_{1L} - T_L}{T}; \tilde{y}_{1U} = \frac{A_{1U} - T_L}{T},$$

з урахуванням яких визначають контрольні границі для первинного контрольованого вимірювання:

$$A_{1L} = \tilde{y}_{1L} + T_L, \quad (5)$$

$$A_{1U} = \tilde{y}_{1U} + T_L. \quad (6)$$

З цими контрольними граничними значеннями порівнюють первинний результат вимірювання η_{1m} . Якщо він у межах

$$A_{1L} \leq \eta_{1m} \leq A_{1U}, \quad (7)$$

то з ймовірністю $p_e \geq 95$ % приймають рішення про відповідність об'єкта (параметра) заданим нормам і на цьому процедура контролю закінчується.

Якщо нерівність (7) не виконується, то переходять до процедури адаптивного визначення контрольних границь і порівняння з ними обчисленого середнього значення отриманих результатів двох паралельних спостережень

$$\bar{\eta}_2 = \frac{\eta_{1m} + \eta_{2m}}{2},$$

Значення ж відносних контрольних границь знаходять з того самого графіка (рис. 3) для

$$c_{m1} = T/4u_{m1},$$

де $u_{m1} = u_m/\sqrt{2}$.

Абсолютні значення наступних контрольних границь A_{2L} та A_{2U} обчислюють за виразами (5) та

(б), вихідними величинами у яких є \tilde{y}_{2L} та \tilde{y}_{2U} , що знаходять з графіка (рис. 3) для c_{m1} . Знову перевіряють виконання нерівності, але з іншими контрольними границями

$$A_{2L} \leq \bar{\eta}_2 \leq A_{2U}.$$

За умови її виконання приймають рішення про відповідність.

У протилежному випадку здійснюють третє вимірювання і середнє значення трьох вимірювань $\bar{\eta}_3$ порівнюють з новими розрахованими границями A_{3L} та A_{3U} і т. д.

Кількість додаткових вимірювань для кожного контрольованого об'єкта залежить від ймовірності потрапляння $i+1$ середнього значення між контрольними границями цього інтервалу за умови, що на попередньому етапі середнє значення містилося між контрольними границями i -го контрольованого інтервалу, але ймовірність відповідності була меншою за 0,95.

Кількість об'єктів, для яких після первинного вимірювання буде прийнято рішення про відповідність, визначається площею під кривою розподілу можливих значень контрольованої величини між значеннями A_{1L} та A_{1U} .

Ймовірність закінчення процедури оцінювання відповідності залежить не тільки від співвідношення між $c_m = T/4u_m$, а й від СКВ технології виробництва.

У такий спосіб, на відміну від відомих методів, оцінюють відповідність кожного з контрольованих об'єктів. Кількість послідовних етапів визначають за допустимою «залишковою» ймовірністю прийняття помилкового рішення про відповідність об'єкта. Ця ймовірність залежить від параметрів закону розподілу контрольованої величини.

3. Алгоритм реалізації запропонованого методу. У загальному випадку алгоритм, за яким реалізується метод, можна подати так:

1. На основі зі значення u_m , яке залежить від метрологічних характеристик засобів вимірювання, що використовують у контрольних вимірюваннях, обчислюють вихідне значення $c_m = T/4u_m$.

2. Встановлюють на основі залежності, наведеної на рис. 3, первинні відносні значення контрольних границь \tilde{y}_{1L} та \tilde{y}_{1U} .

3. На підставі виразів (5) та (6) знаходять абсолютні значення первинних контрольних границь.

4. Порівнюють результат вимірювання η_{1m} з абсолютними значеннями первинних контрольних границь.

За умови виконання нерівності (7) об'єкт, з ймовірністю не менше ніж 95 %, визнають відповідним.

За умови невиконання нерівності (7) переходять до послідовної процедури зменшення невиз-

наченості вимірювання та знаходження додаткових контрольних границь.

5. Знаходять на $(i+1)$ -му етапі середнє значення як

$$\bar{\eta}_{i+1} = \frac{i\bar{\eta}_i}{i+1} + \frac{x_{i+1}}{i+1}, \quad (i = \overline{0, n}). \quad (8)$$

6. Порівнюють середній результат з контрольними границями $A_{(i+1)L}$ та $A_{(i+1)U}$, знайденими за

$$u_{m(i+1)} = u_m / \sqrt{i+1}.$$

Якщо на n -му етапі ймовірність прийняття рішення про відповідність у межах граничних значень T_L та T_U залишається меншою за 95 %, то приймають рішення про невідповідність об'єкта.

Результати й обговорення

Застосування адаптивних алгоритмів на основі послідовного аналізу, основною перевагою яких є зменшення кількості додаткових контрольованих операцій, забезпечує задану вірогідність контролю. Для реалізації алгоритму необхідно послідовно, залежно від результату на поточному етапі, вводити додаткові допускові інтервали, довжина яких визначається параметрами закону розподілу випадкових величин, що супроводжують вимірювання контрольованих параметрів, щодо яких відбувається зіставлення результату вимірювання параметра об'єкта і приймається рішення про закінчення або продовження процедури контролю. Якщо результат вимірювання контрольованого параметра після проведення поточного етапу досліджень не потрапив у зону додаткових границь, невизначеність існує і приймають рішення щодо проведення додаткових досліджень цього об'єкта та зіставлення результатів на кожному наступному етапі з «новими» граничними значеннями додаткових границь. Якщо ж результат вимірювання міститься у межах додаткових границь, приймають відповідне вірогідне рішення згідно з розробленими адаптивними алгоритмами і контроль об'єкта закінчується.

Практичне використання алгоритму показало, що п'ять додаткових етапів досліджень дають можливість зменшити ймовірність помилкових рішень як мінімум утричі, збільшення обсягу контрольованих операцій не перевищує 60 %. Для досягнення того самого результату за традиційною процедурою доводиться збільшити обсяг контрольних процедур не менше ніж на 95 %.

Висновки

Наведений вище метод дає змогу не здійснювати процедуру контролю у повному обсязі для всіх можливих значень контрольованої величини, оскільки покровоко визначається момент первинного

потрапляння контрольованої величини у послідовно обчислений контрольований інтервал, що може сигналізувати про припинення подальшої процедури контролювання. Оскільки для кожного об'єкта контролювання індивідуально можна оцінити невизначеність, то не потрібно змінювати прилади (та їх характеристики). Така процедура контролювання не обтяжена підвищенням вартості контролю, а невизначеність відразу пов'язується з ймовірністю відповідності об'єкта. Тому з одночасним підвищенням ймовірності прийняття правильного рішення, порівняно з відомими методами, неістотно зменшується продуктивність та несуттєво зростає собівартість продукції.

Конфлікт інтересів

Не існує будь-якого фінансового або іншого можливого конфлікту стосовно роботи.

Список літератури

1. ДСТУ ISO/IEC 17000:2007. Оцінювання відповідності. Словник термінів і загальні принципи (ISO/IEC 17000:2004, IDT) [Електронний ресурс]. – Режим доступу http://document.ua/ocinyuvannja-vidpovidnosti_-slovník-terminiv-i-zagalni-princ-nor9019.html
2. International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms(VIM), JCGM 200 : 2008, Joint Committee for Guides in Metrology(JCGM), 2008,.
3. ДСТУ ISO 10576-1:2006. Статистичні методи. Настанови щодо оцінювання відповідності заданим вимогам. Частина 1. Загальні положення (ISO 10576-1:2003, IDT) [Електронний ресурс]. – Режим доступу http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=50933
4. IEC GUIDE 115:2007. Application of uncertainty of measurement to conformity assessment activities in the electrotechnical sector (Застосування невизначеності вимірювання до оцінювання відповідності при діях у електротехнічному секторі).

5. JCGM 106:2012. Evaluation of measurement data – The role of measurement uncertainty in conformity assessment (Оцінювання даних вимірювання – Роль невизначеності вимірювань в підтвердженні відповідності).

6. OIML G 19. The role of measurement uncertainty in conformity assessment decisions in legal metrology. (Роль невизначеності вимірювання у прийнятті рішень з оцінки відповідності у сфері законодавчої метрології).

7. International Organization for Standardization. ISO 14253-1:1998 Geometrical Product Specifications GPS – Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment. – Part 1: Decision rules for proving conformance or non-conformance with specifications. Geneva, 1998.

References

1. DSTU ISO/IEC 17000:2007. Otsinyuvannya vidpovidnosti. Slovník terminiv i zagal'ni printsipi (ISO/IEC 17000:2004, IDT). – [Yeľektronniy resurs]. – Rezhim dostupu http://document.ua/ocinyuvannja-vidpovidnosti_-slovník-terminiv-i-zagalni-princ-nor9019.html
2. International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms(VIM), JCGM 200 : 2008, Joint Committee for Guides in Metrology(JCGM), 2008.
3. DSTU ISO 10576-1:2006. Statistichni metodi. Nastanovi shchodo otsinyuvannya vidpovidnosti zadanim vimogam. Chastina 1. Zagal'ni polozhennya (ISO 10576-1:2003, IDT). – [Yeľektronniy resurs]. – Rezhim dostupu http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=50933
4. IEC GUIDE 115:2007. Application of uncertainty of measurement to conformity assessment activities in the electrotechnical sector.
5. JCGM 106:2012. Evaluation of measurement data – The role of measurement uncertainty in conformity assessment.
6. OIML G 19. The role of measurement uncertainty in conformity assessment decisions in legal metrology.
7. International Organization for Standardization. ISO 14253-1:1998 Geometrical Product Specifications GPS – Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment – Part 1: Decision rules for proving conformance or non-conformance with specifications. Geneva, 1998.