ПОСЛІДОВНИЙ АДАПТИВНИЙ МЕТОД ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ ПРО ПРИДАТНІСТЬ ПРОДУКЦІЇ

CONSISTENT ADAPTIVE METHOD OF DECISION MAKING ABOUT SUITABILITY OF PRODUCTS

Володарський Є.Т.[1], д.т.н. проф., Кошева Л.О.[2], д.т.н., проф., Клєвцова М.О.[3], здобувач

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

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

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

Анотація

У статті здійснено аналіз вимог до підвищення вірогідності оцінки відповідності продукції. Показано, що вірогідність прийняття вірного рішення залежить від невизначеності вимірювання, пов'язаної з результатом вимірювального контролю, та довжиною допускового інтервалу. Встановлено, що найбільш ефективним методом оцінювання та прийняття рішення щодо відповідності об'єкта є послідовний адаптивний метод та показана його сутність. Розроблено алгоритм реалізації запропонованого методу. Показано, що застосування методу дозволяє підвищити ймовірність прийняття вірного рішення про відповідність для кожного контрольованого об'єкта та у порівнянні з відомими методами, суттєво не впливає на зменшення продуктивності та підвищення собівартості продукції.

Abstract

The article analyzes the requirements for increasing the probability of conformity assessment of products. To increase the probability of measuring inspection, there have to be applied more precise measuring systems; performed multiple observations of the investigated quantity. An analysis was conducted for each of the ways.

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 values of the tolerance interval with simultaneous reduction of the quantity of additional measurements.

To avoid limitations, an adaptive successive decision-making method for compliance was offered. At the start of the decision-making process, based on the actual relationship between the length of the tolerance interval and the uncertainty of measurement, there were found the initial relative tolerance limits (upper and lower) that correspond to the 95%-probability of making a decision. In accordance to these relative tolerance limits there were determined 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, an adaptive procedure is passed by performing additional measurements until their average value falls within the tolerance interval. Number of successive steps determines 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.

Ключові слова

Оцінка відповідності, невизначеність вимірювання, адаптивний метод, послідовний алгоритм, вірогідність, прийняття рішення.

Keywords

Conformity Assessment, Uncertainty of Measurement, Adaptive Method, Successive Algorithm, Probability, Decision Making.

1. Вступ

Під оцінкою відповідності розуміють будь-яку діяльність, що здійснюють для визначення прямими чи опосередкованими методами того, що продукція (система, послуга) відповідає вимогам певних стандартів або заданим вимогам [1]. В багатьох випадках під оцінкою відповідності розуміють контроль (inspection) як процедуру встановлення, виходячи з результатів вимірювання, того, що продукція задовольняє заданим вимогам. Для вимірюваної величини вимоги задаються границями поля допуску, які відокремлюють інтервали допустимих значень вимірюваної величини від критичних (недопустимих). Об'єкт відповідає заданим вимогам, коли значення його властивості (параметра) знаходиться в межах поля допуску.

Покази вимірювальної системи [2] відображають інформацію про значення контрольованої величини за допомогою моделі вимірювання, яка включає ефекти як систематичних, так і випадкових величин (або їх сукупності). Якщо вплив систематичних величин можна врахувати (скорегувати) при калібруванні, то вплив випадкових величин залишається і оцінюється за допомогою невизначеності (непевності) вимірювання. Через невизначеність вимірювання завжди існує ризик (ймовірність) прийняття помилкового рішення про відповідність або невідповідність об'єкта (його параметра) встановленим вимогам на підставі виміряного значення властивості об'єкта (його параметра).

Таким чином, порівняння інтервалу охоплення з інтервалом допустимих значень (полем допуску) є основою для прийняття рішення про відповідність. Залежно від отриманого результату вимірювання може існувати кілька можливих рішень щодо контрольованої властивості продукції, при цьому слід приймати рішення про відповідність об'єкта з найбільшою вірогідністю. Необхідність підвищення вірогідності ухваленого рішення підкреслює й наявність низки нормативно-технічних документів, які встановлюють методи підвищення вірогідності прийняття рішення за результатами вимірювального контролю параметра контрольованої величини з урахуванням невизначеності, пов'язаної з ним [3-6].

2. Недоліки

Для підвищення вірогідності вимірювального контролю традиційно застосовують такі підходи:

– використовують більш точні вимірювальні 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 вимірювальної системи призводить до підвищення її складності, тобто до збільшення її вартості, габаритів та ваги. При цьому збільшується час вимірювання, виникає необхідність у залучені відповідного персоналу вищої кваліфікації (настроювачів, контролерів) як під час виробництва, так і експлуатації.

Слід враховувати, що ефективність процедури прийняття рішення про відповідність під час контролю Е є функціоналом вірогідності контролю В, продуктивності П та його собівартості С:

$$E = (П, В, С).$$

Отже, при підвищенні вірогідності, зменшується продуктивність і підвищується собівартість контролю.

Другий підхід, який реалізовується під час проведення багаторазових спостережень контрольованої величини теж має суттєві недоліки. По-перше, обсяг контрольно-вимірювальних операцій збільшується в Nm разів (N – число контрольованих об'єктів, а m – число 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, де неточність вимірювання не впливає на правильність прийняття рішення про відповідність, тобто дійсний стан і рішення про відповідність співпадають (можна побачити на рис.3).

При реалізації третього підходу шляхом введення інтервалу приймання (acceptance interval), контрольні границі якого відстоять 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 відповідній приймальній границі веде до втрат виробника, які, за певних умов, можуть бути суттєвими. При цьому треба враховувати параметри закону розподілу можливих значень контрольованої величини.

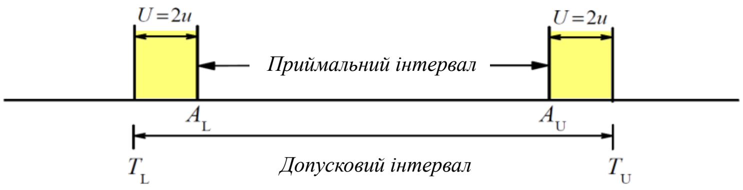

Рис.1. Приймальний інтервал утворений за допомогою зменшення поля допуску з кожного боку на величину розширеної невизначеності
Figure 1. The acceptance interval is formed by decreasing the tolerance interval on each side by the value of the extended uncertainty

.

3. Мета роботи

Метою роботи є розроблення методу та алгоритму його реалізації, що забезпечують прийняття рішення щодо оцінки відповідності контрольованого об’єкту з підвищеною вірогідністю.

4. Матеріали та методи

Коли для оцінки відповідності достатньо встановити, чи знаходиться параметр об'єкта у допустимих межах, застосовують процедури контролю. Якість результатів контролю можна характеризувати показниками його достовірності, наприклад, ймовірностями помилок контролю першого роду, які полягають у віднесенні об'єкта, що відповідає встановленим вимогам, до числа невідповідних об'єктів, і помилок другого роду, коли, навпаки, невідповідного встановленим вимогам об'єкта відносять до числа відповідних. Результати оцінки показників об'єкта контролю неминуче пов'язані з невизначеністю, обумовленою недосконалістю цієї процедури, обладнання та впливом зовнішніх випадкових чинників. Тому вирішальне правило про придатність або непридатність об'єкта контролювання має враховувати одночасно можливу невизначеність результату та вимоги до вартості та трудомісткості виконання процедури контролю, а також до заданої достовірності.
На виробництві при контролі технологічного процесу щодня виконують численні вимірювання величин, які можуть бути навіть однорідними, але вимоги до їх допустимих норм можуть змінюватися. При цьому достовірність рішень, що приймаються, має бути не менше заданих значень.
При контролі, на відміну від вимірювань, випадкові ефекти суттєво впливають на результат не в усьому діапазоні можливих значень контрольованої величини. Тому виникає необхідність зменшення цього впливу 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 при вимірюванні та довжини допускового інтервалу. За результатами поточної контрольно-вимірювальної операції має прийматися рішення про продовження або закінчення контролю з введенням додаткових границь, що забезпечує зменшення ймовірності помилкових рішень на кожному додатковому етапі контролю для випадків нормального або рівномірного розподілів випадкової складової похибки вимірювального контролю.
Вважаємо за доцільне обґрунтувати вибір такого методу, а також алгоритм його реалізації.
4.1. 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 відзначити, що однобічні поля допусків насправді є двобічними – одна границя задана у явному вигляді, (її значення записують у відповідних нормативних документах), інша границя задана у неявному вигляді, виходячи з фізичних або теоретичних причин. На рис 2. наведена ситуація, коли значення параметра Y характеризує властивості об’єкта після вимірювання, представлена найкращою оцінкою $\eta_m = y$ та пов’язаною з нею стандартною невизначеністю $u_m = u$. Значення Y, які відповідають вимогам, лежать в інтервалі $\eta \le T_U$. Заштрихована площина відповідає ймовірності прийняття помилкового рішення про невідповідність.

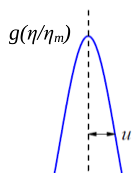

Рис.2. Поле допуску з одиночною верхньою границею T_U.

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

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

$$p_в = \Phi(z),$$

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

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

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

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

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

Виходячи із значення показника вимірювальних 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 було 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

$$p_в = \Phi\left(\frac{T_U - y}{u}\right) - \Phi\left(\frac{T_L - y}{u}\right) \tag{2}$$

До відповідних відносять об'єкти (параметри), значення вимірюваної величини яких знаходиться у допусковому інтервалі $T = T_U - T_L$. Введемо для величини, що знаходиться у допусковій зоні відносну величину

$$\tilde{y} = \frac{y - T_L}{T}, \tag{3}$$

яка приймає значення

$$\tilde{y} = \begin{cases} 0 \text{ при } y = T_L \\ 1 \text{ при } y = T_U \end{cases} .$$

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

$$p_в = \Phi[4c_m(1 - \tilde{y})] - \Phi(-4c_m\tilde{y}) = p_в(\tilde{y}, c_m). \tag{4}$$

На рис.3. наведена діаграма яка показує, за яких співвідношень c_m та $\tilde{y}$ значення ймовірності відповідності $p_в$ залишається сталим і рівним 95% для $0 \le \tilde{y} \le 1$.

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 $p_в \ge 95\%$ буде тільки для відносних контрольованих величин у діапазоні 0,45 ≤ $\tilde{y}$ ≤ 0,55. Для розширення діапазону можливих контрольованих значень треба збільшувати значення c_m. Прямим шляхом для досягнення цього є зменшення невизначеності вимірювання *u*.

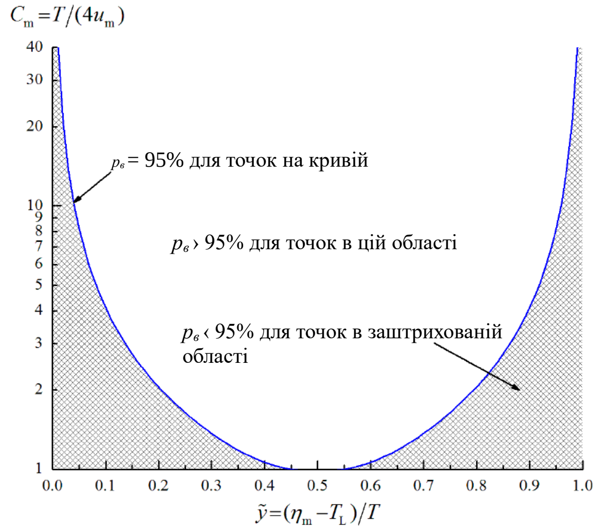

Рис. 3. Діаграма, яка показує, за яких співвідношень c_m та $\tilde{y}$ значення ймовірності відповідності $p_в$ залишається сталим і рівним 95%

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

4.2. Сутність адаптивного методу. Як показала практика, не у всіх випадках можна досягти наведених співвідношень. Так, на малопотужних підприємствах, наприклад, кондитерських фабриках, асортимент продукції може змінюватися два і більше разів за добу. При цьому компоненти – складові продукції можуть залишатися незмінними, але допускові інтервали на них змінюються. Оскільки засоби вимірювання на технологічній лінії залишаються тими самими, то й інструментальна складова невизначеності вимірювання залишається тією самою. Це призводить до зміни c_m, що своєю чергою впливає на ймовірність відповідності та з рештою, на вірогідність прийняття вірного рішення за результатами контролю.

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

На початку процедури прийняття рішення, виходячи з реального 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 $p_в$ = 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 контрольного 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 знаходиться у межах

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

то з ймовірністю $p_в \ge 95$ % приймається 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 графіку (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 (6), де вихідними величинами є $\tilde{y}_{2\mathrm{L}}$ та $\tilde{y}_{2\mathrm{U}}$, які знаходять з графіка (рис.3) для c_{m1}. Знову перевіряють виконання нерівності, але з іншими контрольними границями

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

За умови її виконання приймається рішення про відповідність.

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

Число додаткових вимірювань для кожного контрольованого об'єкту залежить від ймовірності попадання $i+1$ середнього значення між контрольними границями цього інтервалу за умови, що на попередньому етапі середнє значення знаходилося між контрольними границями i-го контрольного інтервалу, але ймовірність відповідності була менше 0,95.

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

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 існуючих методів, оцінюється відповідність кожного з контрольованих об'єктів. Число послідовних етапів визначають за допустимою «залишковою» ймовірністю прийняття помилкового рішення про відповідність об'єкта. Ця ймовірність залежить від параметрів закону розподілу контрольованої величини.

4.3. Алгоритм реалізації пропонованого методу. У загальному випадку алгоритм, за яким реалізується метод можна подати наступним чином.

1. Виходячи із значення u_m, яке залежить від метрологічних характеристик засобів вимірювання, що використовують при контрольних вимірюваннях, обчислюють вихідне значення $c_m = T/4u_m$.
2. Встановлюють на основі залежності, наведеної на рис. 3, первинні відносні значення контрольних границь $\tilde{y}_{1\mathrm{L}}$ та $\tilde{y}_{1\mathrm{U}}$.
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 95%, визнається відповідним.

За умови невиконання нерівності (7) переходять до послідовної процедури зменшення невизначеності вимірювання та знаходження додаткових контрольних границь.

5. Визначають на $(i+1)$-у етапі середнє значення як

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

6. Порівнюють середній результат з контрольними границями $A_{(i+1)\mathrm{L}}$ та $A_{(i+1)\mathrm{U}}$, які були знайдені за

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

Якщо на n-му етапі ймовірність прийняття рішення про відповідність в межах граничних значень T_L та T_U залишається менше 95%, то приймається рішення про невідповідність об'єкту.

5. Результати і обговорення

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

Практичне використання алгоритму показало, що 5 додаткових етапів досліджень, дає можливість зменшити ймовірність помилкових рішень як мінімум у 3 рази, збільшення контрольно-вимірювальних операцій при цьому не перевищує 60%. Для досягнення того самого результату за традиційною процедурою збільшення обсягу контрольних процедур має бути не менше ніж на 95%.

6. Висновки

Наведений вище метод дозволяє не проводити процедуру контролю у повному обсязі для всіх можливих значень контрольованої величини, оскільки покроково 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 може бути оцінена невизначеність, то не потрібно змінювати прилади (та їх характеристики). Така процедура контролювання не обтяжується підвищенням вартості контролю, а невизначеність відразу пов’язується з ймовірністю відповідності об’єкта. Тому з одночасним підвищенням ймовірності прийняття вірного рішення, у порівнянні з відомими методами, не суттєво зменшується продуктивність та несуттєво підвищується собівартість продукції.

Конфлікт інтересів

Не існує будь-якого фінансового або іншого можливого конфлікту, що стосується 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_-slovnik-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/IES 17000:2007. Otsinyuvannya vidpovidnosti. Slovnik terminiv i zagal'ni printsipi (ISO/IES 17000:2004, IDT). [On-line]. Available: http://document.ua/ocinyuvannja-vidpovidnosti_-slovnik-terminiv-i-zagalni-princ-nor9019.html. Accessed on: 2007.
[2] Joint Committee for Guides in Metrology. JCGM 200:2008, *International vocabulary of metrology - Basic and general concepts and associated terms (VIM)*, 2008.
[3] DSTU ISO 10576-1:2006. Statistichni metodi. Nastanovi shchodo otsinyuvannya vidpovidnosti zadanim vimogam. Chast. 1. Zagal'ni polozhennya (ISO 10576-1:2003, IDT). [On-line]. Available: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=50933. Accessed on: 2006.
[4] IEC GUIDE *115*:2007 | IEC Webstore. Application of uncertainty of measurement to conformity assessment activities in the electrotechnical sector. [On-line]. Available: https://webstore.iec.ch/publication/7524. Accessed on: 2007.
[*5]* Joint Committee for Guides in Metrology. JCGM 106:2012 "Evaluation of measurement data – The role of ... – BIPM. [On-line]. Available: https://www.bipm.org/utils/.. ./jcgm/ JCGM_106_2012_E.pdf, 2012.
[*6]* OIML G 19. The role of measurement uncertainty in conformity assessment decisions in legal metrology. [On-line]. Available: https://www.oiml.org/en/files/pdf_g/g019-e17.pdf, 2017.
[7] International Organization for Standardization. ISO 14253-1:2013 Geometrical Product Specifications GPS - Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment - Part 1: Decision rules for proving conformity or nonconformity with specifications. [On-line]. Available: https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14253:-1:ed-2:v1:en,

2013.