

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЯКОСТІ КВАЛІМЕТРИЧНОГО ОЦІНЮВАННЯ ПРОДУКЦІЇ ТА КОЕФІЦІЄНТИ ВАГОМОСТІ НА ЇХ ОСНОВІ

© Бойко Т.Г. Гриневич Б.Ю., 2012

Досліджено причини непевності, що супроводжує процес кваліметричного оцінювання, та експериментального стандартного відхилення кількісної оцінки якості виробів. В сумарному кваліметричному стандартному відхиленні виділено складову, яка характеризує якісний рівень оцінюваних виробів. На її основі отримано коефіцієнти вагомості для порівняння однотипної продукції різних виробників

Ключові слова – кваліметричне оцінювання, кількісна оцінка якості, кваліметрична непевність оцінювання, кваліметричне стандартне відхилення кількісної оцінки якості, коефіцієнти вагомості кількісної оцінки якості

Reasons for both uncertainty accompanying the process of qualimetric evaluation and experimental standard deviation of product quality quantitative-assessment are under consideration. The component characterizing a quality-level of the evaluated products is distinguished in the total qualimetric standard deviation. The weight coefficients for the comparison of uniform production from different manufacturers are determined due to the mentioned component.

Key-words: qualimetric evaluation, quality quantitative-assessment, qualimetric uncertainty of evaluation, qualimetric standard deviation of quality quantitative-assessment, weight coefficients of quality quantitative-assessment.

1. Вступ

Якість готового виробу визначається за сукупністю параметрів продукції. Кількісна оцінка якості (КОЯ) у вигляді комплексного показника є результатом спільного опрацювання значень сукупності параметрів або показників властивостей (якості) продукції, виражених через параметри. Отримання КОЯ реалізується через кваліметричне оцінювання, яке відповідно до назви має ознаки вимірювання. Згідно вимог до систем управління вимірюваннями [1] КОЯ продукції може мати практичне застосування лише тоді, якщо супроводжуватиметься характеристиками якості як самого результату КОЯ так і, в цілому, процесу кваліметричного оцінювання. Якщо врахувати, що кваліметричне оцінювання має ознаки як контролю так і вимірювання, то слід виділити характеристики, які виражають загалом ступінь довіри до результатів КО та характеристики точності конкретної КОЯ. В роботі запропоновано виражати ступінь довіри або вірогідність результатів процесу оцінювання такою основною характеристикою як непевність КО, а основною кількісною характеристикою точності КОЯ – кваліметричне стандартне відхилення [2].

2. Складові непевності кваліметричного оцінювання

Вірогідне кваліметричне оцінювання (КО) можна здійснювати лише на основі використання незалежних контрольованих параметрів [3]. В свою чергу ПВ, повинні виражатися безпосередньо або функціонально через параметри виробу і відноситися лише до групи показників, що є вагомими для визначення рівня якості і можуть бути оцінені кількісно. Однак, кількісна оцінка якості (КОЯ) часто отримується на основі тих ПВ, які визначаються простіше, або визначення яких потребує нижчих затрат, але які не достатньо повно характеризують якісні властивості виробу. Очевидно, що

результат такого КО лише з обмеженою вірогідністю характеризуватиме якісний рівень виробу і супроводжується істотною непевністю експериментатора, щодо отриманих результатів [4].

Окрім того оптимальна номенклатура ПВ часто містить так звані невимірювальні показники, які отримують з використанням експертних та органолептичних методів, і які через свою суб'єктивність теж вносять вагомий вклад в непевність кваліметричного оцінювання, проте є важливим джерелом інформації про якісні властивості продукції.

Якість формується в процесі виготовлення продукції і безпосередньо пов'язана з досконалістю технологічного процесу. Будь-який серійне виробництво через вплив на технологічний процес випадкових чи детермінованих факторів супроводжується випадковими відхиленнями параметрів технологічних режимів від їх оптимальних значень (виробничими похибками) і, практично, є неможливим отримати те саме значення параметра у двох виробках, які вважаються ідентичними. Вплив факторів веде до певного розподілу виробничих похибок, що породжує розкид значень параметрів від виробу до виробу. Вказаний розкид фіксується експериментально під час визначення КОЯ і, в свою чергу, теж веде до нашої непевності щодо результатів кваліметричного оцінювання.[2].

З іншого боку сам результат процесу вимірювання чи іншого експериментального визначення показників властивостей супроводжується похибками чи випадковими відхиленнями і є ймовірнісною характеристикою. І, хоча, оцінки ПВ виробу можуть бути максимально наближені до своїх істинних значень, але не викликати при цьому відповідної довіри, що теж є джерелом непевності. Окрім того експериментальні дослідження, що виконуються в умовах сучасного масового виробництва є завжди вибірковими і досліджувана вибірка лише з певною ймовірністю характеризує генеральну сукупність або об'єкт дослідження, яким є партія виробів.

В більшості практичних випадків конкретний внесок кожної з вказаних складових в сумарну кваліметричну непевність визначається індивідуальною специфікою КО тої чи іншої продукції. Окрім того підхід до оцінювання і нормування кожної з названих складових є різний. Так в [5] показано, що непевність, яку вносять неоптимальна номенклатура ПВ та вибірковість експериментальних досліджень слід нормувати і оцінювати з врахуванням кваліметричних ризиків; здійснено класифікацію кваліметричних ризиків, виконано їх аналіз та математичне моделювання. А непевності, пов'язані з впливом виробничих похибок на розподіл значень параметрів виробів та випадковим розподілом спостережень, що супроводжує експериментальні дослідження, визначають через кваліметричне стандартне відхилення (кваліметричну невизначеність) [6].

3. Джерела кваліметричного стандартного відхилення. Постановка проблеми

Згідно усталеної метрологічної практики КОЯ, як результат кваліметричного оцінювання, повинна супроводжуватись характеристикою точності оцінювання. В [6] показано, що за таку характеристику доцільно прийняти кваліметричне стандартне відхилення. Його оцінку слід шукати на основі законів розподілу густини імовірності окремих випадкових спостережень за значеннями показників властивостей, що отримують за результатами КО.

Вимірювальний експеримент і знаходження значення вимірюваної величини під час КО є одним з найбільш надійних джерел інформації про якісні властивості товару. Інструментальна складова стандартного відхилення вимірювання порівняно з іншими методами оцінювання є незначною і добре піддається експериментальному визначенню з допомогою статистичного опрацювання результатів. Згадані вже невимірювальні методи - експертні і органолептичні - дають значно суб'єктивніші оцінки, які важче піддаються строгому математичному опису. Однак, можна припустити, що результат оцінювання невимірювальних характеристик, хоча в цілому є менш точним, але за рахунок використання достатньої кількості експериментальних даних та статистичних методів, також супроводжується можливістю визначення кваліметричного стандартного відхилення, що надаватиметься для подальшого опрацювання і порівняння з характеристиками точності аналогічних методів.

Оцінка стандартного відхилення є наслідком спільного опрацювання результатів досліджень як окремого зразка так і різних одиниць продукції, оскільки, від зразка до зразка чи від

партії до партії значення ПВ теж змінюється випадково. Крім того дослідження виконуються з різною метою в різний час з використанням різної інструментальної бази (наприклад вимірювання виконані відділом технічного контролю підприємства і випробувальною лабораторією органу сертифікації), що теж може вносити розкид в значення показників властивостей.

Отже значення, отримані в результаті досліджень ПВ продукції, мають значний розкид. Очевидно, що для нас важливим є оцінювати не лише ступінь близькості отриманих характеристик виробу до оптимальних значень, але й ступінь впевненості в отриманих характеристиках виробу. Тому кількісну оцінку якості (точності) КО слід формувати з врахуванням спостережуваної (оціненої) мінливості (розкиду) результату визначення показників властивостей. Спостережувана мінливість від виробу до виробу може бути виражена дисперсією або законом розподілу імовірності значень показників. Додатній квадратний корінь з дисперсії в метрології трактується як стандартне відхилення або стандартна невизначеність. Згідно [7], невизначеність – величина, яка характеризує розсіювання результатів спостережень, що є наслідком недосконалості методів і засобів вимірювання, а також властивості самої вимірюваної величини згідно прийнятої метрологічної моделі. Це визначення можна поширити і на результати спостережень, що отримується під час КО, з тою відмінністю, що кваліметричне стандартне відхилення характеризує розсіювання результатів спостережень внаслідок недосконалості методів і засобів оцінювання та власних властивостей самого об'єкту оцінювання. Тому, слід розрізняти розсіювання, пов'язане з процесом експериментального визначення, кількісну оцінку якої назвемо кваліметричне стандартне відхилення експерименту (EQU) і позначимо u_1 та розсіювання пов'язане з властивостями об'єкта оцінювання – кваліметричне стандартне відхилення об'єкта (OQU) - u_2 .

Ідея дослідження полягає в тому, що в моделі сумарного кваліметричного стандартного відхилення можна виділити дві складові, одна з яких буде свідчити про якість самого процесу оцінювання, а друга про якісний рівень оцінюваної партії виробів. Забезпечивши певне граничне значення першої складової, другу складову можна кількісно оцінити і використати для визначення коефіцієнтів вагомості окремого ПВ для порівняння однотипної продукції різних виробників за цим показником.

Оцінка стандартного відхилення (стандартної невизначеності) вимірювань за типом А обчислюється статистично на основі результатів багаторазових спостережень [7,8]. З використанням того самого алгоритму можна отримати і кваліметричне стандартне відхилення.

4. Опрацювання результатів спостережень з метою отримання значень коефіцієнтів вагомості

Нехай з метою визначення коефіцієнтів вагомості окремого показника властивості, що характеризує однотипну продукцію різних виробників, організовано спільне дослідження об'єктів кваліметричного оцінювання, до якого залучено p виробників продукції. Результат отримується за дослідженням m зразків, над кожним з яких виконується по n спостережень. Як наслідок кожним k -тим виробником отримано m груп прямих багаторазових спостережень по n спостережень в кожній групі.

За спостереженнями показника властивості продукції k -го виробника знаходять КОЯ j -го зразка у вигляді:

$$\bar{q}_{kj} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_{kji}, \quad (1)$$

де q_{kji} – i -те спостереження в j -тому зразку за продукцією k -го виробника.

А оцінка за сукупністю m зразків має вигляд

$$\bar{q}_k = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \bar{q}_{kj} = \frac{1}{mn} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n q_{kji}. \quad (2)$$

де q_{kji} – i -те спостереження в j -тому зразку продукції k -го виробника; \bar{q}_{kj} – середнє за n спостереженнями значення ПВ в j -тому зразку продукції k -го виробника.

При цьому оцінка сумарної дисперсії КОЯ за всіма m зразками продукції k -го виробника шукатиметься як:

$$u^2_A(\bar{q}_k) = \frac{1}{mn(mn-1)} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n (q_{kji} - \bar{q}_k)^2. \quad (3)$$

В формулі (3) можна виділити внутрішньогрупову і міжгрупову складові дисперсії [7], перша з яких пов'язана з мінливістю всередині групи з n спостережень, а друга з мінливістю від групи до групи серед m груп спостережень. Для цього сумарну оцінку дисперсії слід подати у вигляді

$$u^2_A = u_1^2 + u_2^2 \quad (4).$$

Міжгрупова складова дисперсії за продукцією k -того виробника буде описуватися виразом

$$u_2^2(\bar{q}_k) = \frac{1}{mn(mn-1)} \sum_{j=1}^m n(\bar{q}_{kj} - \bar{q}_k)^2. \quad (5)$$

За міжгруповою складовою дисперсії отримуємо оцінку ОКУ – кваліметричного стандартного відхилення об'єкта, яким є партія продукції k -того виробника. Введемо поняття ступеня довіри до результатів кваліметричного оцінювання кожного окремого виробника за окремим ПВ, для оцінки якого застосуємо поняття вагомості w_k показника властивості, що характеризує продукцію k -го виробника. Тоді середнє зважене за результатами дослідження продукції всіх p виробників матиме вигляд:

$$\bar{q}_w = \frac{\sum_{k=1}^p w_k \bar{q}_k}{\sum_{k=1}^p w_k} = \frac{1}{W} \sum_{k=1}^p w_k \bar{q}_k, \quad (6)$$

де $W = w_1 + w_2 + \dots + w_k + \dots + w_p$ – сума вагомостей показників властивостей, що характеризують продукцію кожного з p виробників.

Як відомо, дисперсія суми випадкових величин дорівнює сумі їх дисперсій. Тому:

$$\begin{aligned} u_2^2[\bar{q}_w] &= u^2 \left[\frac{1}{W} \sum_{k=1}^p w_k \bar{q}_k \right] = \frac{1}{W^2} \sum_{k=1}^p u^2[w_k \bar{q}_k] = \frac{1}{W^2} \sum_{k=1}^p w_k^2 u^2[\bar{q}_k] = \\ &= \frac{1}{W^2} \sum_{k=1}^p (w_k u \bar{q}_k)^2 \end{aligned} \quad (7)$$

І результат середнього зваженого \bar{q}_w за результатами дослідження продукції всіх виробників і його дисперсія $u_2^2[\bar{q}_w]$ не матимуть в подальшому застосування для кваліметричного оцінювання, але будуть використані для обґрунтування походження коефіцієнтів вагомості.

Значення вагомостей повинні бути такими, щоби оцінка (7) була ефективною. Так відбувається, коли оцінка набуває мінімального значення. Для цього перепишемо вираз (7) у такому вигляді:

$$(Wu_{\bar{q}_w})^2 = \sum_{k=1}^p (w_k u_{\bar{q}_k})^2 = \quad (8)$$

$$= (w_1 u_{\bar{q}_1})^2 + (w_2 u_{\bar{q}_2})^2 + \dots + (w_{p-1} u_{\bar{q}_{p-1}})^2 + [(W - w_1 - w_2 - \dots - w_{p-1}) u_{\bar{q}_p}]^2$$

Очевидно, що для забезпечення мінімальності виразу (8), який є сумою квадратів, повинна виконуватись умова

$$\frac{\partial (Wu_{\bar{q}_w})^2}{\partial w_k} = 0,$$

де $k = 1, 2, \dots, p-1$ – всі окремі показники властивостей.

Знайшовши часткову похідну від виразу (8) за w_1 і прирівнявши її до нуля:

$$\frac{\partial (Wu_{\bar{q}_w})^2}{\partial w_1} = 2w_1 u_{\bar{q}_1}^2 - 2(W - w_1 - w_2 - \dots - w_{p-1}) u_{\bar{q}_p}^2 = 2w_1 u_{\bar{q}_1}^2 - 2w_p u_{\bar{q}_p}^2 = 0,$$

отримаємо

$$w_1 u_{\bar{q}_1}^2 = w_p u_{\bar{q}_p}^2.$$

Аналогічно, взявши похідні за іншими змінними приходимо до висновку, що:

$$w_1 u_{\bar{q}_1}^2 = w_2 u_{\bar{q}_2}^2 = \dots = w_k u_{\bar{q}_k}^2 = \dots = w_p u_{\bar{q}_p}^2 = const.$$

і умова $u_{\bar{q}_w} \rightarrow \min$ забезпечується тоді, коли задовольняється пропорція:

$$w_1 / w_2 / \dots / w_p = u_{\bar{q}_1}^{-2} / u_{\bar{q}_2}^{-2} / \dots / u_{\bar{q}_p}^{-2}. \quad (9)$$

5. Висновки

КО повинно забезпечувати необхідний ступінь довіри споживача, а КОЯ супроводжуватися характеристиками точності оцінювання, що знаходяться в певних гранично допустимих межах. Запропоновано виражати ступінь довіри або вірогідність результатів процесу оцінювання такою основною характеристикою як непевність КО. Виділено п'ять основних складових кваліметричної непевності, а саме: непевність пов'язана з вибором номенклатури показників властивостей; непевність через застосування невимірювальних методів оцінювання; непевність через вибірковість експериментальних досліджень; непевність, яку вносить розкид значень параметрів від виробу до виробу; та непевність пов'язана з похибками чи випадковими відхиленнями експериментального визначення показників властивостей.

З названих складових лише дві останні можна оцінити експериментально. Для цього запропоновано використати спостережуваний під час експерименту розподіл значень, виражений кваліметричним стандартним відхиленням, в якому слід виділити дві складові – кваліметричне стандартне відхилення експерименту - EQU і кваліметричне стандартне відхилення об'єкта - OQU. Такий поділ даватиме можливість не тільки диференційовано оцінити точність КОЯ, а й врахувати другу складову у вигляді коефіцієнта вагомості під час розрахунку комплексного показника якості.

Для оцінювання коефіцієнтів вагомості запропоновано використати КОЯ однотипної продукції різних виробників за окремим ПВ. При цьому результати КО, отримані певним виробником для власних об'єктів, слід вважати окремою сукупністю спостережень, що підлягають спільному опрацюванню з результатами оцінювання інших виробників. В результаті отримують так звану середньозважену оцінку, що усереднено характеризує продукцію всіх виробників. За результатами математичного моделювання її OQU показано, що така оцінка є ефективною за умови сталого добутку квадрата кожного окремого OQU та ваги, яка характеризує ступінь довіри до результатів КО окремого виробника. Отже значення ваг або інакше коефіцієнтів вагомості [9]

продукції різних виробників, відносяться як значення обернені до квадратів кваліметричних стандартних відхилень, що отримані експериментально для їх продукції.

Застосування таких КВ забезпечить більшу вірогідність кваліметричної оцінки та більш адекватне порівняння якості однотипної продукції.

1. Системи управління вимірюваннями. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання (ISO 10012:2003, IDT): ДСТУ ISO 10012:2005. – [Чинний від 2007-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 26 с. – (Національний стандарт України)

2. Бойко Т.Г. Отримання коефіцієнтів вагомості для кількісної оцінки якості продукції за складовими невизначеності оцінювання / Т.Г. Бойко, Б.Ю. Гриневич // Вимірювальна техніка і метрологія – 2011. – № 72. – С. 111-116.

3. Бойко Т.Г. Аналіз складових вірогідності результатів оцінювання якісного рівня продукції / Т.Г. Бойко, Т.З. Бубела // Метрологія – 2006: V Міжн. наук.-техн. конф. Харків 10-12 жовтня 2006 р.: доповідь. – наукові праці конференції. – 2006. – т. 1. – С. 55–57.

4. Т. Бойко. Забезпечення довіри споживача до результатів оцінювання якісного рівня продукції // Вимірювальна техніка і метрологія – 2008. - № 69. С. 138-142.

5. Бойко Т.Г. Формування теоретичних та нормативно-технічних засад оцінювання якісного рівня продукції: автореф. дис. док-ра. техн. наук: 05.01.02 / Т.Г.Бойко; [Національний університет "Львівська політехніка"]. – Львів, 2010. – 34 с.

6. Boyko T. Uncertainty of Measurement Results in the Process of Product Qualitative Level Identification / Taras Boyko, Tetiana Bubela // Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications: Proceedings of the 6th IEEE International Workshop 15-17 September 2011.: thesis. – Prague, Czech Republic, 2011. – P. 586-589.

7. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement: First edition. – ISO, Switzerland, - 1993. – 101 p.

8. Метрологія та вимірювальна техніка: підруч. [для студ. вузів електротехнічних спец.] / [Є.С. Поліщук, М.М. Дорожовець, В.О. Яцук, В.М. Ванько, Т.Г. Бойко]; за ред. проф. Є.С. Поліщука. – Львів: Бескид Біт, 2003. – 544 с.

9. Бойко Т.Г. Моделювання кількісної оцінки якості продукції з врахуванням невизначеності оцінювання / Т.Г. Бойко // Математичне та імітаційне моделювання систем (МОДС '2010): п'ята наук.-практ. конф. з міжн. участю 21–25 червня 2010 р.: тези доповіді. – К., 2010. – С. 78–79