

3. Триелектродна та п'ятиелектродна схема побудови може застосовуватися також в сенсорах для контролю іншого стану об'єктів, зокрема сипких речовин, газів тощо.

4. Використання захисного електрода дає можливість, не змінюючи конструктивних розмірів кондуктометричної комірки, змінювати її сталу зміною площі вікна захисного електрода.

1. [library.abb.com/global/scot/scot203.nsf](http://library.abb.com/global/scot/scot203.nsf). 2. [www.jumo.org.ua/index.php?categoryID=78](http://www.jumo.org.ua/index.php?categoryID=78). 3. Лопатин Б.А. Теоретические основы электрохимических методов анализа. Учебное пособие для университетов. – М.: Высшая школа, 1975. – 295 с. 4. [www.hgcsms.kharkov.ua/ukr/news/Cukryst.doc](http://www.hgcsms.kharkov.ua/ukr/news/Cukryst.doc). 5. Новик А.И. Системы автоматического уравнивания цифровых экстремальных мостов переменного тока. – К: Наук. думка, 1983. – 224 с. 6. Huntley L.E. and Jones R.N. Lumped parameter impedance measurements // *Proceedings of the IEEE*, June 1967.

УДК 621.317.73

Т.Г. Бойко

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра метрології, стандартизації та сертифікації

## ХАРАКТЕРИСТИКИ ЯКОСТІ МЕТОДИК КВАЛІМЕТРИЧНОГО ОЦІНЮВАННЯ

© Бойко Т.Г., 2010

**Досліджено способи встановлення єдиних вимог до норм і правил, необхідних для досягнення єдності та точності кваліметричного оцінювання продукції. Показано, що основною характеристикою точності кваліметричного оцінювання продукції є сумарна невизначеність кількісної оцінки якості.**

**The ways of determining single requirements to norms and rules, necessary for the achievement of coherence and precision in production qualimetric evaluation are investigated. Total uncertainty of quality quantitative estimation is practically supported to be a main characteristic of production qualimetric evaluation accuracy.**

**Постановка проблеми.** Загалом у розвитку кваліметрії простежується тенденція в напрямку об'єктивізації методів отримання кількісної оцінки якості (КОЯ) [1]. Здебільшого, хоча й не завжди, КОЯ продукції практично формується за результатами вимірювання значень фізичних величин. При цьому оцінена (не фактична) якість виробів завжди залежить від якості первинної інформації, тобто точності отриманої оцінки [2].

Специфіка кваліметрії полягає в тому, що одержання КОЯ з метрологічного погляду можна порівняти зі складним опосередкованим вимірюванням, для виконання якого застосовується декілька ЗВТ та допоміжних пристроїв і яке ускладнене безпосереднім втручанням експериментатора. Навіть якщо в практичному застосуванні кваліметрії результат КОЯ трактувати як результат вимірювання, то його точність слід забезпечувати відмінними від класичної метрології методами та засобами, оскільки значення кількісної кваліметричної оцінки не є значенням фізичної величини, для неї не можна встановити одиницю, не існує еталонів і не можна побудувати схему передавання розміру.

Передусім треба зауважити, що кінцевий результат кваліметричного оцінювання продукції отримується за результатами підсумування відносних значень окремих показників з урахуванням

вагових коефіцієнтів. Значення окремих показників, як вже зазначалось, в найкращому випадку одержують за результатами вимірювань значень фізичних величин. Причому сам процес вимірювання не є найвизначальнішим з погляду похибки кінцевого результату. Значно вагоміший внесок у сумарну похибку інших стадій отримання КОЯ, а саме процедур відбору проб чи зразків, підготування їх до експерименту, переведення результатів окремих оцінок за одиничними показниками властивостей продукції (ПВП) в сумарну (узагальнену) оцінку. Врахування всіх стадій кваліметричного оцінювання продукції дає підставу зарахувати його не до вимірювання якості, а до кількісного аналізу якості [3]. Можна провести аналогію з кількісним хімічним аналізом, який, до того ж, може входити складовою в отримання КОЯ, коли кінцевий результат розраховують з використанням емпіричної градуовальної залежності; кваліметричний результат отримують з використанням емпіричної залежності, що об'єднує окремі оцінки за одиничними ПВП [1].

Продовжуючи аналогію зі згаданим вже кількісним хімічним аналізом, виділимо ще одну особливість кваліметрії, якою є важливість ролі людського фактора. Участь експериментатора необхідна і для конвенціонального процесу вимірювання, але для останнього не має такого вирішального значення. Встановлення експертних оцінок, отримання органолептичних результатів аналізу, визначення вагових коефіцієнтів, процес відбирання і приготування проб – це ще не повний перелік ситуацій, коли на результат вимірювання впливатиме суб'єктивний фактор. А отже, кваліфікація, ступінь відповідальності і навіть настрої працівників теж слід враховувати, коли отримують оцінку точності або якості кваліметричного оцінювання.

**Характеристики якості кваліметричного оцінювання продукції.** Якщо, все ж, трактувати кваліметрію як розділ метрології, то отримання КОЯ повинно мати свою систему управління [4] або, застосовуючи пряму аналогію з вимірюваннями, своє метрологічне забезпечення. Очевидно, що управління процесом кваліметричного оцінювання необхідно ґрунтувати як на специфічних, відмінних від класичних метрологічних заходах, так і на добре відомих і випробуваних процедурах, зокрема розробленні та атестації відповідних методик.

Основне призначення будь-якої атестованої методики полягає у забезпеченні характеристик точності експериментального дослідження, виконаного за цією методикою, не гіршої від нормованої, тобто визначеної під час атестації методики і вказаної в атестаті. Відомо [5], що у випадку оцінювання якості виконання вимірювань застосовують такі характеристики, як правильність, відтворюваність, збіжність і узагальнене якісне поняття – точність вимірювань, мірою якого є зворотна характеристика – похибка. Основуючись на припущенні, що термін “кваліметрія” буквально зараховує визначення КОЯ до певної сфери вимірювань, можна зробити висновок, що коректним буде і застосування відносно кваліметрії метрологічних норм і правил, а саме таких фундаментальних понять, як забезпечення якості та єдності кваліметричного оцінювання. Тоді можна припустити також, що показниками якості виконання КОЯ будуть аналогічні характеристики [2].

Виникає питання – як оцінити точність КОЯ, і яке ввести поняття для кількісної міри точності такої оцінки? З урахуванням вищесказаного, а також щоби уникнути суперечності з традиційним для вимірювань поняттям похибки як різниці між виміряним й умовно-істинним значеннями, вважатимемо за доцільне застосовувати поняття “невизначеність (непевність) кількісної оцінки якості продукції” або коротше – *кваліметрична невизначеність (непевність)* як характеристика розкиду значень, що можуть обґрунтовано бути приписані КОЯ. Очевидно, що її результуючу оцінку слід шукати на основі розподілів похибок вимірювання або відхилень оцінок значень окремих показників.

Підсумовування  $m$  складових похибок вимірювань за умови  $m \geq 3$  та незалежності причин, що їх спричинили, загалом є однією з фундаментальних метрологічних проблем, широко відображено у спеціальній літературі [6] і вирішується переважно арифметичним або геометричним підсумуванням. За аналогією, в першому наближенні, кваліметричну невизначеність слід шукати на основі сумарних розподілів систематичних та випадкових відхилень (похибок) складових окремих показників властивостей. Однак, якщо врахувати, що кількість окремих показників властивостей, за

якими знаходять КОЯ, є доволі істотною ( $\sim 10 \div 20$ ), а значення похибок вимірювання значень окремих показників може становити кілька процентів, то, очевидно, що за таких умов відносна кваліметрична невизначеність (непевність) може сягати значення, близького до 100 %. Очевидно, що оцінювання такої точності позбавлене сенсу.

Оскільки під час встановлення КОЯ кінцеву оцінку (узагальнений комплексний показник) отримують з використанням декількох простих одиничних показників властивостей та їх коефіцієнтів ваги, бальних оцінок корисності тощо, а також логічних та арифметичних операцій, які пов'язують ці показники, то, фактично, її можна вважати сумою *нормалізованих* за певними шкалами значень цих окремих показників. Причому результат визначення кожного ПВП супроводжується значенням показника точності. Для того, щоби знайти спосіб об'єднати і значення ПВП і їх характеристики точності, пропонується застосувати базові положення теоретичної метрології. Зокрема, з урахуванням зробленого раніше припущення, відповідно до якого термін кваліметрія буквально відносить визначення КОЯ до певної сфери вимірювань, можна застосувати відносно кваліметричного оцінювання продукції (КОП) типовий поділ за видами вимірювань. Визначення позиції КОП у вказаній класифікації дає можливість застосувати базове метрологічне правило, відповідно до якого вид вимірювань і вираз, за яким визначається оцінка результату вимірювання (у кваліметрії – КОЯ), визначають форму підсумовування складових похибок визначення окремих значень фізичних величин (у кваліметрії – окремих ПВП).

Очевидно, що серед кількісних методів в кваліметрії для наших досліджень придатний лише комплексний метод отримання узагальненого показника якості, як такий, що має формалізовану математичну форму зведення в єдине окремих значень ПВП у вигляді функціональної залежності

$$Q = f(q_1, q_2, \dots, q_n),$$

де  $q_1, q_2, \dots, q_n$  – значення окремих показників властивостей.

Провівши аналогію між певним видом вимірювань (прямі, непрямі – опосередковані, сумісні сукупні) та одержанням узагальненого показника якості як кваліметричної оцінки, можна припустити, що отримання КОЯ слід зарахувати до опосередкованих вимірювань, коли значення шуканої фізичної величини знаходять за функціональною залежністю, що має певний фізичний зміст і пов'язує кілька інших різномісних фізичних величин. Тоді сумарна невизначеність без урахування кореляційних зв'язків шукатиметься як

$$u_{\Sigma}^2(Q) = \sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial f(q_i)}{\partial q_i} \right)^2 u^2(q_i),$$

де  $u(q_i)$  – стандартні невизначеності окремих значень ПВП.

В ідеальному випадку вигляд функції  $f(q_1, q_2, \dots, q_n)$  повинен бути об'єктивним і відомим. Однак для більшості практичних ситуацій застосовують суб'єктивний спосіб утворення комплексного показника за принципом середнього зваженого арифметичного, геометричного, гармонічного, квадратичного або медіани. Зауважимо, що поняття середнього є одним із центральних у математичній статистиці, яке нероздільно пов'язане з поняттями генеральної сукупності і вибірки. Наголосимо, що суб'єктивним тут залишається лише вибір логіки усереднення, і найважливішим питанням є питання найдоцільнішого виду середнього, але не ставиться під сумнів сам принцип знаходження узагальненого показника якості, яким є усереднення.

Найчастіше застосовується КОЯ адитивного характеру, що формується простим підсумуванням відносних значень фізичних величин, які у виразі для узагальненого показника якості втрачають свій первісний фізичний зміст і стають так званими одиничними ПВП, тобто однойменними, оскільки додавати можна лише однойменні величини.

Припустимо, що для  $n$  ПВП значення вагових коефіцієнтів є однаковими і дорівнюють  $1/n$ . Тоді, в найпростішому випадку арифметичного підсумування, дія над окремими одиничними ПВП полягає в знаходженні середньоарифметичного значення вибірки з  $n$  елементів. Справді, якщо прийняти, що генеральна сукупність всіх можливих значень ПВП є  $N$ , і узагальнений показник

якості, визначений на їх основі, є математичним сподіванням (істинним значенням) КОЯ, позбавленим випадкового відхилення, то результат підсумування скінченної вибірки  $n$  є лише оцінкою математичного сподівання КОЯ. Але якщо припустити, що викладені міркування правильні, то всі  $n$  вибірових значень одиничних ПВП є нічим іншим, як окремими результатами спостереження – оцінками того самого істинного значення КОЯ. Тому можна вважати знаходження узагальненого показника якості аналогом прямих вимірювань з багаторазовими спостереженнями за однією і тією самою величиною, якою є якість окремого зразка (або кількох зразків) продукції, за умови різного ступеня ваги або довіри до окремого спостереження. Окрім того, специфікою таких вимірювань є їх виконання в різних умовах, за різними методиками, різними засобами та операторами (метрологічним аналогом є прями різночасні вимірювання з багаторазовими спостереженнями). Цей висновок веде до застосування відповідного способу опрацювання результатів окремих спостережень. В класичній метрології такий спосіб опрацювання результатів застосовують під час так званих рандомізованих вимірювань одного і того самого значення вимірюваної величин, що виконуються, наприклад, різними вимірювальними лабораторіями [7].

**Характеристики якості базових зразків продукції.** Іншим, не менш важливим елементом забезпечення належної якості методик КОП, є необхідність застосування нормованих базових зразків та базових зразків характеристик властивостей продукції. Слід розмежовувати зразки характеристик властивостей продукції, рівень якості яких умовно приймається за 100 % і відносно яких визначається КОЯ – так звані базові або еталонні зразки та зразки, необхідні для оцінювання характеристик точності методики кваліметричного оцінювання, – так звані нормовані базові зразки продукції, які, за аналогією із ЗВТ, можна назвати стандартними зразками продукції. Разом з методиками, їх слід вважати найважливішим засобом забезпечення якості виконання КОЯ. Загалом це повинні бути зразки продукції, спеціально приготовані матеріали або речовини для атестації методик КОП, оцінки статистичних характеристик вимірювального процесу, внутрішньолабораторного та зовнішнього контролю якості лабораторій. Значення окремого показника в стандартному зразку повинно бути відомим з певною похибкою.

Серед стандартних зразків можна виділити зразки, що відтворюють значення окремого показника, та зразки, які є аналогом досліджуваної продукції. Необхідність застосування останніх зумовлена впливом відбору і приготування таких зразків на точність виконання експерименту. Показниками якості стандартних зразків є стабільність, однорідність та адекватність конвенційній пробі.

Стабільність передбачає, що зміна відтворюваної характеристики від моменту атестації до моменту застосування є малою порівняно з власною похибкою (відхиленням) стандартного зразка, і виражається як термін придатності зразка.

Характеристику однорідності доцільно використовувати, коли КОЯ застосовують до продукції у вигляді фасованого однорідного матеріалу, такої як продукти харчування, мийні засоби, паливо-мастильні матеріали. Її слід трактувати як випадкову величину і виражати як ступінь відхилення від однорідного стану у вигляді стандартного відхилення.

Адекватність стандартного зразка полягає в ступені близькості всіх його фізико-хімічних властивостей до аналогічних ПВП конвенційної проби.

**Висновки.** Особливо важливу роль у кваліметрії відіграє можливість порівняння результатів оцінювання продукції різних виробників, виконаних з використанням різного обладнання в різних лабораторіях, що за своєю суттю є аналогом предмета метрології – забезпечення єдності вимірювань. Реалізація такої можливості забезпечується розв'язанням аналогічних з метрологічними задач – гарантування точності та вірогідності кількісної оцінки якості, забезпечення вимог єдності отримання КОЯ в різних лабораторіях і вимог щодо зіставлення результатів оцінювання.

За аналогією до вимог, нормованих міжнародним стандартом [8], стосовно управління вимірюваннями, кваліметричне оцінювання продукції теж повинно бути регламентоване власною системою управління, що є необхідною умовою забезпечення єдності КОП. Очевидно, що для

цього найважливішою вимогою є розроблення, формалізація у вигляді нормативного документа та атестація методики виконання КОЯ.

Для кваліметричної оцінки є рівноцінними як характеристики точності, так і вірогідність отриманого результату, що повинно бути відображено в методиках виконання КОЯ. Кількісну оцінку точності виконання кваліметричного оцінювання продукції зручно ґрунтувати на понятті кваліметричної невизначеності (непевності). Розрахунок кваліметричної сумарної невизначеності під час виконання КОП доцільно здійснювати за припущення, що метрологічним аналогом отримання КОЯ є прамі вимірювання з багаторазовими спостереженнями.

Важливим елементом системи управління КОП повинна бути наявність базових зразків продукції, зокрема стандартних зразків, необхідних для атестації методик кваліметричного оцінювання.

1. Азгальдов Г.Г. *Теория и практика оценки качества товаров: Основы кваліметрии*. – М.: Экономика, 1982. – 248 с. 2. Бойко Т.Г. *Забезпечення єдності і точності кваліметричного оцінювання продукції* // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка” “Автоматика, вимірювання та керування”. – 2009. – № 639. – С. 175–179. 3. Гриневич Б.Ю., Бойко Т.Г., Приймачук І.М. *Методи досліджень об’єктів кваліметрії* // Матеріали V Міжнародної конференції “Стратегія якості в промисловості і освіті”, 6 – 13 червня 2009 р., Варна, Болгарія. – Дніпропетровськ–Варна. – 2009. – С. 128–130. 4. Бойко Т.Г., Бубела Т.З., Микійчук М.М. *Формування нормативної бази управління якістю вимірювань в Україні (новий стандарт ДСТУ ISO 10012)* // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2005. – № 2. – С. 30–33. 5. *ДСТУ ГОСТ ИСО 5725-1:2005 Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювання. Частина 1. Основні положення та визначення*. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 31 с. 6. Поліщук Є.С., Дорожовець М.М., Стадник Б.І., Івахів О.В., Бойко Т.Г., Ковальчик А. *Засоби та методи вимірювань неелектричних величин: Підручник / За ред. проф. Є.С. Поліщука* – Львів: Бескид Біт, 2008. – 618 с. 7. *Обозовський С.С. Теоретичні основи інформаційно-вимірювальної техніки. Загальні питання і теорія похибок*. – К.: НМК ВО, 1991. – 223 с. 8. *ДСТУ ISO 10012:2005 Системи управління вимірюваннями. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання (ISO 10012:2003, IDT)* // – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 26 с.

УДК 621.317

М.М. Микійчук

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра метрології, стандартизації та сертифікації

## ВИМОГИ ДО ТОЧНОСТІ КОНТРОЛЮ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

© Микійчук М.М., 2010

**Розглянуто питання погодження точності вимірювання технологічних параметрів з точністю вимірювання показників якості продукції.**

**Harmonisation of measuring accuracies for both technological parameters and production quality indices is under consideration in the proposed paper.**

**Актуальність проблеми.** Всякий процес серійного виробництва супроводжується похибками виготовлення, і практично неможливо отримати абсолютно однакове значення параметра в двох виробах.