

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАНЬ У КВАЛІМЕТРІЇ

© В. Мотало<sup>1</sup>, Б. Стадник<sup>1</sup>, А. Мотало<sup>2</sup>, 2017

<sup>1</sup> Національний університет „Львівська політехніка”, Львів, Україна

<sup>2</sup> Газопромислове управління „Львівгазвидобування”, Львів, Україна

**Вступ.** Введення у метрологічну практику Міжнародного словника з метрології VIM3 [1], який відображає розвиток поняттєво-термінологічного забезпечення сучасної метрології, а також рекомендацій Міжнародного Комітету Мір і Ваг щодо становлення нових задач метрології [2], суттєво розширює сферу дослідження метрології, зокрема, в таких областях людської діяльності, як психологія, медицина, торгівля, промисловість, освіта, соціологія та ін.

Одною із нових сфер дослідження сучасної метрології є *кваліметрія* - наукова галузь, яка виникла на рубежі 60-70-х років минулого століття як результат вимоги науково-технічного прогресу та інноваційних технологій у сфері пізнання фізичних явищ і процесів, а предметом дослідження якої є методологія та проблематика кількісного оцінювання якості продукції. Сьогодні у кваліметрії через специфічність об'єкта дослідження - *продукції* – є низка невирішених теоретичних і методологічних проблем. Зокрема, це проблеми забезпечення єдності і метрологічної простежуваності результатів оцінювання якості продукції та аналізу точності і достовірності отриманих оцінок якості продукції.

Розв'язання цих проблем можливе тільки у комплексному поєднанні методології *кваліметрії* та *метрології*, яка володіє потужним науковим, практичним та законодавчим інструментарієм для досліджень у будь-якій сфері пізнання. Зокрема, мова йде про одиниці, шкали та еталони величин, методи і методики вимірювань величин та оцінювання точності отриманих результатів вимірювань, забезпечення метрологічної простежуваності і взаємного визнання результатів вимірювань, що необхідне для забезпечення *єдності вимірювань* у вказаних вище сферах відповідно до вимог Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» [3], що обумовлює їх актуальність і зумовило тематику даної роботи.

**Метою** даної роботи є аналіз методів вимірювань у кваліметрії та вироблення рекомендацій щодо їх оптимального використання.

**Основними завданнями** досліджень для досягнення цієї мети є:

- ◆ аналіз вимірюваних величин у кваліметрії та специфіки їх вимірювань;
- ◆ аналіз та систематизація методів вимірювань у кваліметрії;
- ◆ аналіз питань оцінювання точності результатів вимірювань у кваліметрії.

**Вимірювані величини у кваліметрії.** Згідно ДСТУ ISO 9000:2015 [4] *продукція* (англ. - *product*) – це результат процесу, тобто сукупності взаємопов'язаних або взаємодіючих видів діяльності, продуктами якого є матеріальні чи нематеріальні блага, що виготовляються, здійснюються чи надаються для задоволення суспільних потреб. Загалом, є чотири узагальнені *категорії продукції*: послуги; інтелектуальна продукція; технічні засоби; перероблені матеріали.

*Якість продукції* (англ. - *product quality*) – сукупність характеристик продукції (процесу, послуги), які стосуються її здатності задовольняти встановлені і передбачені потреби (вимоги).

*Оцінювання якості продукції* – процедура знаходження значень показників якості та рівня якості продукції, які є її кількісними (числовими) характеристиками.

Отже, основними *вимірюваними величинами* у кваліметрії є *одиничні показники якості продукції, комплексні показники якості продукції, рівень якості продукції*.

**Методи вимірювань у кваліметрії.** *Метод вимірювання* (англ. - *method of measurement*) - загальний опис логічної послідовності операцій при вимірюванні [1]. Основою будь-якого вимірювання є порівняння вимірюваної величини з мірою, яка зберігає і відтворює одиницю даної величини.

За *способом використання міри* всі методи вимірювань розділяють на дві групи:

- ◆ методи *різночасного* або *неявного* порівняння з мірою;
- ◆ методи *одночасного* або *безпосереднього, явного* порівняння з мірою.

Методи *різночасного порівняння* з мірою або, як їх ще називають, методи *безпосереднього оцінювання* оснований на використанні вимірювальних приладів, шкали яких градуйовані в одиницях вимірюваних величин. Тобто в даному випадку міра вимірюваної величини *присутня явно* при градуюванні вимірювального приладу, а у процесі вимірювання цим приладом міра фізично відсутня, тобто *присутня неявно*. Звідси походить і назва методів – різночасного порівняння з мірою. Методи різночасного порівняння реалізуються аналоговими та цифровими вимірювальними приладами безпосередньої оцінки.

Методи *одночасного* або *безпосереднього* порівняння з мірою (в подальшому – *методи порівняння*) оснований на використанні міри вимірюваної величини безпосередньо в процесі вимірювання, тобто порівняння вимірюваної величини з величиною, що відтворюється мірою, здійснюється у кожному конкретному вимірюванні. Методи порівняння, у свою чергу, поділяються на декілька видів:

- ◆ за *способом порівняння* з мірою: заміщення; протиставлення; компенсаційний; збігу;
- ◆ за *повнотою порівняння* з мірою: нульовий; диференціальний.

Модельні рівняння основних видів і методів вимірювань у кваліметрії та їх похибок, за якими знаходять невизначеність (непевність) отриманих результатів вимірювань, наведені нижче у таблиці.

Види і методи вимірювання	Модельні рівняння:	
	а) результату вимірювання	б) похибки вимірювання
Прямі вимірювання	$x_{вим} = x_n \cdot 1_x$	$Dx_{вим} = Dx_{n,o} + Dx_{n,кв} + e \sum_{j=1}^m Dx_{n,d,j} + Dx_{мет} \cdot 1_x$
	$x_{вим}$ - результат вимірювання величини $X, 1_x$ ; $x_n$ - показ вимірювального приладу; $Dx_{вим}$ - похибка результату вимірювання величини $X, 1_x$ ; $Dx_{n,o}$ - основна інструментальна похибка вимірювального приладу, $1_x$ ; $Dx_{n,кв}$ - похибка квантування вимірювального приладу, $1_x$ ; $Dx_{n,d,j}$ - $j$ -та додаткова інструментальна похибка вимірювального приладу ( $m$ – число додаткових похибок), $1_x$ ; $Dx_{мет}$ - методична похибка вимірювання величини $X, 1_x$ .	
Непрямі вимірювання	$y_{вим} = f(x_1, \dots, x_n) \cdot 1_y$	$Dy_{вим} = e \sum_{i=1}^n \frac{\partial f}{\partial x_i} Dx_{вим,i} + Dy_{мет} \cdot 1_y$
	$y_{вим}$ - результат вимірювання величини $Y, 1_y$ ; $Dy_{вим}$ - похибка результату вимірювання величини $Y, 1_y$ ; $Dx_{вим,i}$ - сумарна похибка результату вимірювання величини $x_i, 1_{x,i}$ ; $Dy_{мет}$ - методична похибка вимірювання величини $Y, 1_y$ .	
Вимірювання методом заміщення	$x_{вим} = x_m \cdot 1_x$	$Dx_{вим} = Dx_{m,o} + Dx_{m,кв} + e \sum_{j=1}^m Dx_{m,d,j} + (Dx_{к,в,2} - Dx_{к,в,1}) + (Dx_{к,кв,2} - Dx_{к,кв,1}) \cdot 1_x$
	$x_m$ - показ еталонної міри, $1_x$ ; $Dx_{m,o}$ - основна інструментальна похибка еталонної міри, $1_x$ ; $Dx_{m,кв}$ - похибка квантування еталонної міри, $1_x$ ; $Dx_{m,d,j}$ - $j$ -та додаткова інструментальна похибка еталонної міри ( $m$ – число додаткових похибок), $1_x$ ; $Dx_{к,в,1}$ і $Dx_{к,в,2}$ - випадкові складові похибки компаратора у першому і другому зрівноважуваннях схеми, $1_x$ ; $Dx_{к,кв,1}$ і $Dx_{к,кв,2}$ - похибки квантування компаратора у першому і другому зрівноважуваннях схеми, $1_x$ .	

1. *International vocabulary of metrology: Basic and general concepts and associated terms (VIM3)*. JCGM 200:2012 (E/F). – 90 p. 2. *Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society and the Role of the CIPM: A report prepared by the CIPM for the governments of the Member States of the Metric Convention*. - Intergovernmental Organization of the Metric Convention, 2007. - 164 p. 3. *Закон України про метрологію та метрологічну діяльність, №1314-VII від 05.06.2014р.* / Верховна Рада України. – Офіц. вид.– К.: Парлам. вид-во, 2014. – 28 с. – (Бібліотека офіційних видань).