

АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ВИДІВ ВИМІРЮВАНЬ У КВАЛІМЕТРІЇ

ANALYSIS OF METHODS AND TYPES OF MEASUREMENTS IN QUALIMETRY

*Андрій Мотало,
Газопромислове управління “Львівгазвидобування”, Україна
Б. Стадник, В. Мотало,
Національний університет “Львівська політехніка”, Україна*

*Andriy Motalo,
Gas industry management “LvivGazvydobuvannya”, Ukraine
B. Stadnyk, V. Motalo
Lviv Polytechnic National University, Ukraine*

Анотація

Розглянуті і проаналізовані шляхи поєднання методології метрології та кваліметрії - наукової галузі, предметом вивчення якої є кількісне оцінювання якості продукції. З позиції сучасного розвитку світової метрології розглянуті види вимірюваних величин у кваліметрії та методи їх вимірювань. Розроблена концепція вибору методів вимірювань величин у кваліметрії з урахуванням специфіки досліджуваних об'єктів та методика оцінювання точності отриманих результатів вимірювань, що суттєво розширює можливості кваліметрії щодо забезпечення єдності вимірювань, підвищення точності та достовірності отриманих результатів вимірювань характеристик якості продукції.

Ключові слова: кваліметрія, метрологія, методи вимірювань, якість продукції, показник якості продукції, рівень якості продукції, оцінки точності результатів вимірювань

Abstract

In the framework of the Fourth Industrial Revolution Industry - “Industry 4.0”, metrology becomes an integral part of the production process, the characteristic feature of which is the development and merger of automated production, data exchange and manufacturing technology into a single self-regulated a system with the least or no human intervention in the production process. Measurement, testing and quality control will no longer be considered as a parallel procedure, but rather an integral part of the manufacturing process. Functions of metrology are substantially expanding. One of the new areas of research in modern metrology is qualimetry - the scientific field, the subject of study of which is the quantitative assessment of product quality. Today in qualimetry due to the specificity of the object of research - production - there are a number of unresolved theoretical and methodological problems. In particular, it is a problem of ensuring unity and metrological traceability of the results of product quality assessment and analyzing the accuracy and reliability of the product quality estimates obtained. Solving these problems, according to the authors, is possible only in a complex combination of the methodology of metrology and qualimetry. Metrology, the science of measurement and its application, has the strong scientific, practical and legal tools, which allows research in any field of knowledge. Analysis of the ways of solving these problems is the subject of this study.

Analysis of the difference between the key concepts of metrology and qualimetry - “measurement” and “evaluation” are developed. From the standpoint of modern development of world metrology, types of measurable quantities in qualimetry and methods of their measurement are considered. In order to effectively combine the methodology of qualimetry and metrology in the field of qualimetry, it is advisable to use the basic measurement methods and the main provisions of the representative theory of measurement.

Effective using of scientific foundations of modern metrology in the field of qualimetry, in particular, measurement methods, measurement methods and methods for determining the accuracy of measurement results taking into account the specificity of the research object requires further research.

Keywords: Qualimetry, Metrology, Measurement Method, Product Quality, Product Quality Index, Estimation of Accuracy of Measurement Results.

Вступ. В руслі Четвертої промислової революції “Промисловість 4.0” (англ. - *The Fourth Industrial Revolution “Industry 4.0”*) метрологія стає невід’ємною інтегрованою частиною виробничого процесу, характерною рисою якого є розвиток і злиття автоматизованого виробництва, обміну даних і виробничих технологій в єдину саморегульовану систему, з якнайменшим або взагалі відсутнім втручанням людини у виробничий процес [1].

Вимірювання, тестування та контроль якості більше не розглядаються як паралельна процедура, а скоріше як невід'ємна частина виробничого процесу. Відповідно суттєво розширюються функції метрології та сфера її дослідження, зокрема, в таких областях людської діяльності, як психологія, медицина, торгівля, промисловість, освіта, соціологія та ін., що відображено у рекомендацій Міжнародного Комітету Мір і Ваг щодо становлення нових задач метрології [2].

Одною із нових сфер дослідження сучасної метрології є *кваліметрія* - наукова галузь, що 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 [3]. За загальноприйнятим означенням, *кваліметрія* - наукова дисципліна, що вивчає методологію і проблематику кількісного *оцінювання якості* об'єктів будь-якої природи - абстрактних і конкретних, продуктів праці і продуктів природи, матеріальних і ідеальних, морського і неживих, товарів і послуг, предметів і процесів. 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 сфері *кваліметрії* відповідно до вимог Закону України "Про метрологію та метрологічну діяльність" [4].

Потреба поєднання методології *метрології* та *кваліметрії* і зумовила тематику даної роботи та її актуальність.

1. Аналіз відмінностей ключових понять метрології та кваліметрії - "вимірювання" та "оцінювання".

Дане питання проаналізоване у відповідності із Міжнародним словником з метрології VIM3 [5], який відображає розвиток поняттєво-термінологічного забезпечення сучасної метрології. Насамперед мова йде про розширене трактування ключового поняття метрології - "вимірювання" і пов'язаних з ним понять "величина" та "вимірювана величина":

- ◆ *вимірювання* (англ. - *measurement*) – процес експериментального визначення одного або декількох значень величини, які обґрунтовано можуть бути приписані величині;

- ◆ *вимірювана величина* (англ. - *measurand*) - величина, що підлягає вимірюванню;

- ◆ *величина* (англ. - *quantity*) - властивість явища, тіла або речовини, що може бути виражена кількісно у вигляді числа із відмінною (відмітною) ознакою як *основою для порівняння*.

Основою для порівняння (англ. - *reference*) може бути еталон, одиниця вимірювання (одиниця величини), методика вимірювання, стандартний зразок або їх комбінації.

Такий підхід до сфери дослідження сучасної метрології відображає відхід від звуженого трактування поняття вимірюваної величини лише як "*фізичної величини*" згідно з чинним ДСТУ 2681-94 [6], оскільки фізична величина є тільки однією із ряду можливих вимірюваних величин – фізичних, хімічних, біологічних, психологічних, соціологічних, економічних, а також *оцінок якості продукції*, що є особливо актуальним у сфері *кваліметрії*.

Вимірювання у своїй сутності передбачають порівняння вимірюваної величини з мірою, а також опис вимірюваної величини відповідно до передбачуваного використання результату вимірювання, методик вимірювання і калібровану вимірювальну систему, яка функціонує відповідно до регламентованої методики вимірювань та з урахуванням умов вимірювань. Детальний опис вимірюваної величини (специфікація) вимагає знання роду величини, опису явища, тіла або речовини, яким властива ця величина, включаючи будь-які суттєві складові, у т.ч. і хімічні.

Отже, поняття "*вимірювання*" безпосередньо пов'язане з такими поняттями, як *результат вимірювання*, *єдність вимірювань*, *точність вимірювань*, *метрологічна простежуваність* результатів *вимірювань* та іншими ключовими поняттями *метрології*, що дозволяє порівнювати результати вимірювань характеристик ідентичних об'єктів, отримані в різних лабораторіях, різними методами і засобами, в різних умовах, а також реалізувати умову метрологічної простежуваності результатів вимірювань.

Зазначені вище ознаки поняття "*вимірювання*" зовсім не властиві поняттю "*оцінювання*", що входить до означення сутності кваліметрії. *Оцінювання якості продукції* – процедура знаходження значень показників якості та рівня якості продукції, які є її кількісними (числовими) характеристиками, причому, як зазначено у [7], "... у кваліметрії вимірювання відносних показників завжди здійснюються тільки на основі аналітичних, соціологічних та експертних методів без використання яких би то не було технічних засобів. Тобто методи вимірювання в метрології і кваліметрії - якісно різні". Отже, застосовуючи поняття "*оцінювання*" у процедурі дослідження якості продукції неможливо об'єктивно порівняти результати дослідження якості ідентичної продукції, отримані в різних лабораторіях, різними методами і засобами, в різних умовах та здійснити метрологічну простежуваність результатів оцінювання якості продукції. Це, природно, суттєво звужує можливості кваліметрії щодо об'єктивності та достовірності отриманих оцінок якості продукції.

Однак із наведеного вище аналізу основних термінів метрології видно, що сьогодні є змога використати методологію метрології у сфері кваліметрії і, тим самим, суттєво підвищити її ефективність.

2. Мета роботи та основні завдання досліджень. *Метою* даної роботи є аналіз шляхів поєднання методології *кваліметрії* та *метрології*, зокрема, 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 і видів вимірювань у кваліметрії;
- ◆ аналіз питань оцінювання точності результатів вимірювань у кваліметрії.

3. Вимірювані величини у кваліметрії. Згідно ДСТУ ISO 9000:2015 [8] *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.

Узагальненою характеристикою продукції є її *якість* (англ. - *product quality*) – сукупність характеристик продукції (процесу, послуги), які стосуються її здатності задовольняти встановлені і передбачені потреби (вимоги) [9]. Однак, поняття “*якість продукції*” не відповідає означенню поняття “*величина*” згідно [5] і, відповідно, не є вимірюваною величиною. Термін “*якість*” можна вживати з такими прикметниками, як низька, хороша або висока [8].

Як видно із аналізу чинних НД [8, 9] та літературних джерел [3, 10], числовими оцінками якості продукції є *одиничні абсолютні показники* якості P_i , які дорівнюють відповідним властивостям досліджуваної продукції $p_i, i=1, 2, \dots, n$, де n - число показників, *відносні показники* якості K_i , а також *комплексні показники* якості продукції і *рівень якості* продукції, які і є основними *вимірюваними величинами* у кваліметрії.

4. Класифікація методів вимірювань у кваліметрії. Для ефективного поєднання методології *кваліметрії* та *метрології* у сфері кваліметрії доцільно використати основні методи вимірювань та основні положення репрезентативної теорії вимірювання. *Метод вимірювання* (англ. - *method of measurement*) - загальний опис логічної послідовності операцій при вимірюванні [5, 11]. Основою будь-якого вимірювання є порівняння вимірюваної величини з мірою, яка зберігає і відтворює одиницю даної величини. Отже, міра вимірюваної величини завжди присутня у процесі вимірюванні, однак її присутність та методика використання проявляються по-різному, що покладено в основу класифікації методів вимірювань. Отже, методи вимірювань доцільно класифікувати за такими ознаками:

- ◆ *за способом використання міри* (англ. - *by the way of using the measure*);
- ◆ *за способом порівняння з мірою* (англ. - *by the way of comparison the measure*);
- ◆ *за повнотою порівняння з мірою* (англ. - *by the completeness of comparison with the measure*).

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

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

Методи *різничасного, неявного порівняння* з мірою або, як їх ще називають, методи *безпосереднього вимірювання* основані 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 і походить назва методів – різничасного порівняння з мірою. Методи різничасного порівняння реалізують аналоговими та цифровим вимірювальними приладами, шкали яких градуйовані в одиницях вимірюваної величини.

Методи *одночасного* або *безпосереднього, явного порівняння* з мірою (в подальшому – *методи порівняння*) основані 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 такі види:

- ◆ *за способом порівняння* з мірою:
 - метод вимірювання заміщенням, метод заміщення (англ. - *substitution method of measurement*);
 - метод вимірювання протиставленням, метод протиставлення (англ. - *opposition method of measurement*);
 - компенсаційний метод вимірювання, компенсаційний метод (англ. - *compensation method of measurement*);
 - метод вимірювання доповненням, метод доповнення (англ. - *complementary method of measurement*);
 - метод збігу (англ. - *coincidence method of measurement*);
 - резонансний метод вимірювання, резонансний метод (англ. - *resonance method of measurement*);
- ◆ *за повнотою порівняння* з мірою:

- нульовий метод вимірювання, нульовий метод (англ. - null method of measurement);
- диференціальний метод вимірювання, диференціальний метод (англ. - differential method of measurement).

5. Аналіз основних видів вимірювань у кваліметрії. Відповідно до загальної класифікації вимірювань згідно із ДСТУ 2681-94 [6] та означенням вимірювання згідно із VIM3 [5] у кваліметрії, як і загалом у метрології, є змога використати такі види вимірювань:

- ◆ прями вимірювання (англ. - direct measurements);
- ◆ непрямі вимірювання (англ. - indirect measurements):
 - опосередковані вимірювання (англ. - mediated (indirect) measurements);
 - сукупні вимірювання (англ. - aggregate (indirect) measurements);
 - сумісні вимірювання (англ. - compatible (indirect) measurements).

Дана класифікація видів вимірювань, а також методика вимірювання та методика оцінювання точності результатів вимірювань ґрунтуються на аналізі понять “*модель вимірювання*” та “*функція вимірювання*”.

Модель вимірювання (англ. - *measurement model, model of measurement, model*) - математичний зв'язок між усіма величинами, про які відомо, що вони беруть участь у вимірюванні.

У загальному вигляді модель вимірювання - це рівняння $h(Y, X_1, \dots, X_n) = 0$, де Y - вихідна величина в моделі вимірювання є *вимірюваною величиною*, значення якої має бути отримано виходячи із інформації про вхідні величини в моделі вимірювань X_1, \dots, X_n .

У складніших випадках, коли є дві або більше вихідні величини, як у разі сукупних та сумісних вимірювань, модель вимірювань складається із більше ніж одного рівняння.

Функція вимірювань (англ. - *measurement function*) - функція величин, значення якої, обчислене з використанням відомих значень вхідних величин в моделі вимірювань, є вимірним значенням вихідної величини в цій моделі вимірювань.

Якщо модель вимірювань $h(Y, X_1, \dots, X_n) = 0$ може бути записана в явному вигляді як $Y = f(X_1, \dots, X_n)$, де Y – вихідна величина в моделі вимірювань, то функція f є функцією вимірювань. У загальному випадку f може позначати алгоритм, за яким для значень вхідних величин x_1, \dots, x_n виходить відповідне єдине значення вихідної величини $y = f(x_1, \dots, x_n)$.

Функція вимірювань також використовується у процедурі аналізу точності вимірювання для обчислення *непевності (невизначеності)*, (англ. - *uncertainty* [12]) вимірювань $u(y_{вим}), I_y$, пов'язаної з вимірним значенням $y_{вим}, I_y$ величини Y .

Основою для *порівняння* (англ. - *reference*) відповідно до VIM3 [5] чи *мірою* величини у процедурі вимірювань у кваліметрії є *стандартний (базовий, еталонний) зразок* із характеристиками, встановленими у процедурі його метрологічної атестації. Числові значення характеристик еталонного зразка встановлюють згідно ДСТУ ГОСТ ISO 5725-1:2005 [13] як прийняті *еталонні значення* (англ. - *accepted reference value*) - значення, які використовують як узгоджений еталон для порівняння і які визначають як:

- a) теоретичне або встановлене значення, основане на наукових принципах;
- b) приписане або сертифіковане значення, основане на експериментальних даних деяких національних або міжнародних організацій;
- c) узгоджене (на основі консенсусу) або атестоване значення, основане на спільній експериментальній роботі, що проводиться науковим чи інженерним колективом;
- d) математичне сподівання вимірюваної величини, тобто середнє значення сукупності результатів вимірювань - лише у випадку, коли a), b) і c) недоступні.

Отже, як видно із проведеного вище аналізу, у сфері кваліметрії є змога використати всі теоретичні, практичні, законодавчі та наукові засади сучасної метрології, зокрема, методи вимірювань, методики вимірювань та методики оцінювання точності результатів вимірювань.

6. Аналіз методики вимірювань у кваліметрії та аналіз точності результатів вимірювань характеристик якості продукції. *Методика вимірювання, процедура вимірювання* (англ. - *standard operating procedure - SOP*) - сукупність процедур і правил, виконання яких забезпечує одержання результату вимірювання з потрібною точністю [5]. *Вимірювальна задача* у практичній метрології, загалом, складається із трьох етапів [14]:

- ◆ підготування вимірювального експерименту;
- ◆ проведення вимірювального експерименту;
- ◆ опрацювання результатів вимірювального експерименту.

На етапі *підготування вимірювального експерименту* основними вимірювальними операціями у процедурі вимірювання є:

- ◆ аналіз і опис вимірюваної величини X з урахуванням роду величини, опису явища, тіла або речовини, яким властива ця величина;

- ◆ вибір методу вимірювання та необхідних засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) для його реалізації;
- ◆ аналіз умов проведення вимірювального експерименту і формування модельного рівняння вимірювання для знаходження результату вимірювання $x_{вим}, 1_x$;
- ◆ формування модельного рівняння систематичної похибки результату вимірювання $\Delta x_{вим}, 1_x$ з урахуванням усіх чинників (інструментальних похибок ЗВТ $\Delta x_{інст}, 1_x$ та методичних похибок $\Delta x_{мет}, 1_x$), що впливають на точність результату вимірювання;
- ◆ розроблення методики вилучення всіх методичних похибок $\Delta x_{мет}, 1_x$;
- ◆ знаходження непевності результату вимірювання $u(x_{вим}), 1_x$ з урахуванням випадкових похибок.

Модельні рівняння двох основних видів вимірювань у кваліметрії та відповідних систематичних похибок, за якими знаходять непевність $u(x_{вим}), 1_x$ отриманих результатів вимірювань характеристик якості продукції, наведені нижче у таблиці.

Таблиця. Модельні рівняння результатів вимірювання, систематичної похибки та непевності (невизначеності) результатів вимірювання характеристик якості продукції
Table. Model equations of the result of measurement, systematic error and uncertainty of the result of measurement of product quality characteristics

Види вимірювання	Модельні рівняння:	
	а) результату вимірювання	б) систематичної похибки вимірювання
Прямі вимірювання (англ. - <i>direct measurement</i>)	$x_{вим} = x_n, 1_x$	$Dx_{вим} = Dx_{n,o} + Dx_{n,кв} + \sum_{j=1}^m \overset{\overset{m}{\mathbf{a}}}{\mathbf{a}} Dx_{n,o,j} + Dx_{мет}, 1_x$
	$x_{вим}$ - 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 ; $Dx_{n,o,j}$ - j -та додаткова інструментальна похибка вимірювального приладу (m – число додаткових похибок), 1_x ; $Dx_{мет}$ - методична похибка вимірювання величини $X, 1_x$.	
	Комбінована стандартна непевність результату <i>прямого вимірювання</i> за типом В: $u_{cB}(x_{вим}) = \sqrt{u_B^2(x_{вим})_{\Delta x_{n,o}} + u_B^2(x_{вим})_{\Delta x_{n,кв}} + \sum_{j=1}^m u_B^2(x_{вим})_{\Delta x_{n,o,j}} + u_B^2(x_{вим})_{\Delta x_{мет,заз}}}, 1_x$ де $u_B(x_{вим})_{\Delta x_{n,o}}$ - стандартна непевність результату вимірювання за типом В, спричинена невилученою систематичною похибкою (НСП) $Dx_{n,o}, 1_x$; $u_B(x_{вим})_{\Delta x_{n,кв}}$ - стандартна непевність результату вимірювання за типом В, спричинена НСП $Dx_{n,кв}, 1_x$; $u_B(x_{вим})_{\Delta x_{n,o,j}}$ - стандартна непевність результату вимірювання за типом В, спричинена НСП $Dx_{n,o,j}, 1_x$; $u_B(x_{вим})_{\Delta x_{мет,заз}}$ - стандартна непевність результату вимірювання за типом В, спричинена неповною корекцією методичної похибки $Dx_{мет}, 1_x$.	
Непрямі вимірювання (англ. - <i>indirect measurement</i>)	$y_{вим} = f(x_1, \dots, x_n), 1_y$	$Dy_{вим} = \sum_{i=1}^n \frac{\partial Y}{\partial x_i} \times Dx_{вим,i} + Dy_{мет}, 1_y$
	$y_{вим}$ - 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 $Y, 1_y$.	
	Комбінована стандартна непевність результату <i>непрямого вимірювання</i> за типом В: $u_{cB}(y_{вим}) = \sqrt{\sum_{i=1}^n C_i^2 u_{cB}^2(x_{вим,i}) + u_B^2(y_{вим})_{\Delta y_{мет,заз}}}, 1_y$ де $u_{cB}(x_{вим,i})$ - комбінована стандартна непевність за типом В результату вимірювання величини x_i ; $C_i = \frac{\partial Y}{\partial x_i}$ - коефіцієнти вагомості складових $u_{cB}(x_{вим,i})$; $u_B(y_{вим})_{\Delta y_{мет,заз}}$ - стандартна непевність результату вимірювання за типом В, спричинена неповною корекцією методичної похибки $Dy_{мет}, 1_y$.	
Примітка. 1. Наведені у таблиці формули відповідають вимірюванням із одноразовими спостереженнями без урахування випадкових похибок.		

2. Формули для знаходження комбінованої стандартної непевності результату вимірювання за типом В наведені за умови відсутності кореляції між складовими.

Висновки. 1. Поєднання методології кваліметрії і метрології суттєво розширює можливості кваліметрії щодо забезпечення єдності вимірювань, підвищення точності та достовірності отриманих результатів вимірювань характеристик якості продукції.

2. Ефективне використання всіх теоретичних, практичних, законодавчих та наукових засад сучасної метрології у сфері кваліметрії, зокрема, методів вимірювань, методики вимірювань та методики оцінювання точності результатів вимірювань з урахуванням специфічності об'єкта дослідження - *продукції* – потребує подальшого аналізу та дослідження.

Література

1. Metrology and Quality Assurance in Industry 4.0: Jody Muelaner. An Introduction to Metrology and Quality in Manufacturing. - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.engineering.com/AdvancedManufacturing/ArticleID/14896/An-Introduction-to-Metrology-and-Quality-in-Manufacturing.aspx> . - Posted 10.05.2017.
2. Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society and the Role of the BIPM. A report prepared by the CIPM for the governments of the Member States of the Metre Convention. - Intergovernmental Organization of the Metre Convention, 2007. -164 p.
3. Куць В.Р. Кваліметрія: [навчальний посібник] / В.Р. Куць, П.Г. Столярчук, В.М. Друзюк. – Львів: Вид-во Національного університету “Львівська політехніка”, 2012. – 256 с.
4. 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). – (Закон України).
5. International vocabulary of metrology: Basic and general concepts and associated terms (3rd edition - VIM3). - JCGM 200:2008 (E/F). – 90 p.
6. Метрологія. Терміни та визначення: ДСТУ 2681-94. – [Чинний від 1996-01-01]. – К.: Держстандарт України, 1994. – 68 с. - (Державний стандарт України).
7. Азгальдов Г.Г. Метрологія и кваліметрія: вопросы идентификации/ Г.Г. Азгальдов, А.В. Костин // Мир измерений, 2010. - №1. - С. 4–7.
8. Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів: ДСТУ ISO 9000:2015 (ISO 9000:2015, IDT). – [Чинний від 2016-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2015. – 35 с. - (Національний стандарт України).
9. Якість продукції. Оцінювання якості. Терміни та визначення: ДСТУ 2925-94. – [Чинний від 1996-01-01]. – К.: Держстандарт України, 1995. – 27 с. - (Державний стандарт України).
10. Методи та засоби визначення показників якості продукції: [навчальний посібник] /Т.З. Бубела, П.Г. Столярчук, Є.В. Походило та ін.] – Львів: Вид-во Національного університету “Львівська політехніка”, 2012. – 292 с.
11. International Electrotechnical Vocabulary. Electrical and electronic measurements and measuring instruments. Part 311. General terms relating to measurements: IEC 60050-300:2001. – [Execute Date: 2001-07-31]. - Publisher: International Electrotechnical Commission (IEC). - Publication Date: 2001-07-01. – 257 p. - (International standard).
12. Uncertainty of measurement - Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995). - ISO/IEC Guide 98-3:2008. – 120 p.
13. Точність (правильність) і прецизійність методів і результатів вимірювання. Частина 1. Основні положення та визначення: ДСТУ ГОСТ ISO 5725-1:2005 (ГОСТ ISO 5725-1:2003, IDT). - [Чинний від 2005-30-12]. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. –29 с. - (Національний стандарт України).
14. Основи метрології та вимірювальної техніки: [підручник для вузів в двох томах]/ [М. Дорожовець, В. Мотало, Б. Стадник та ін.]; За ред. професора Б.І. Стадника. – Львів: Вид-во Національного університету “Львівська політехніка”. - 2005. - Т2. Вимірювальна техніка. – 656 с.

References

- [1] J. Muelaner. An Introduction to Metrology and Quality in Manufacturing, 2017. [On-line]. Available: <https://www.engineering.com/AdvancedManufacturing/ArticleID/14896/An-Introduction-to-Metrology-and-Quality-in-Manufacturing.aspx>. Ac.: May 10, 2017.
- [2] “Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society and the Role of the BIPM”, A report prepared by the CIPM for the governments of the Member States of the Metre Convention and Intergovernmental Organization of the Metre Convention, 2007.
- [3] V. Kuts, P. Stoliarchuk, V. Druziuk. *Qualimetry*. Lviv, Ukraine: Publ. House Lviv Polytech. Nat. Un., 2012.
- [4] Law of Ukraine on metrology and metrological activity, no.314-VII, 05.06.2014, Bul. of Gen. Council of Ukraine, no.30, p.1008, 2014.
- [5] International vocabulary of metrology: Basic and general concepts and associated terms (3rd edition - VIM3). JCGM 200:2008.
- [6] Derzhstandart Ukrainy, DSTU 2681-94. Metrolohiia. Terminy ta vyznachennia, Kyiv, Ukraine, 1994.
- [7] H. Azghaldov, A. Kostyn, “Metrolohiya u kvalymetryia: voprosy ydentyfikatsyy”, *Myr yzmerenyi*, no.1. p.4-7, 2010.
- [8] Derzhspozhyvstandart Ukrainy, DSTU ISO 9000:2015 (ISO 9000:2015, IDT). *Systemy upravlinnia yakistiu. Osnovni polozhennia ta slovnyk terminiv*, Kyiv, Ukraine, 2015.

- [9] Derzhstandart Ukrainy, DSTU 2925-94. Yakist produktsii. Otsiniuvannia yakosti. Terminy ta vyznachennia, Kyiv, Ukraina, 1995.
- [10] T. Bubela, P. Stoliarchuk, Ye. Pokhodylo et al. *Metody ta zasoby vyznachennia pokaznykiv yakosti produktsii*, Lviv, Ukraina: Publ. House Vyd-vo Lviv Polytech. Nat. Un., 2012.
- [11] Internat. Electrotechn. Com. IEC 60050-300:2001. International Electrotechnical Vocabulary. Electrical and electronic measurements and measuring instruments. Part 311. General terms relating to measurements, Jan.07, 2001.
- [12] ISO/IEC Guide 98-3:2008. Uncertainty of measurement - Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM : 1995). 2008.
- [13] ISO 5725-1:1994. Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results -- Part 1: General principles and definitions.
- [14] M. Dorozhovets, V. Motalo, B. Stadnyk et al. *Fundamentals of Metrology and Measuring Equipment, vol.2. Measuring Equipment*, Lviv, Ukraine: Publ. House Lviv Polytech. Nat. Un., 2005.