

1. ДСТУ ISO/IEC 17025-2001 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій. 2. Друзюк В., Сидорко І., Байцар Р. Роль керівника і персоналу в забезпеченні якості діяльності лабораторії // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2005. – №2. – С.47–49. 3. Бичківський Р., Столярчук П., Сопільник А., Калинський О. Управління якістю. Сертифікація // Навч. посібник. – 2005. – С. 432. 4. Мухаровський М., Глухова О., Рудовська Н. Персонал – новий об'єкт підтвердження відповідності //

Стандартизація, сертифікація, якість – 2004. – №6. – С.39–43. 5. Новіков В., Никитюк О., Кацюба А. Аналіз впровадження міжнародних вимог до компетентності у випробувальних лабораторіях агро-промислового комплексу України // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2002. – №2. – С.35–38. 6. Байцар Р., Сколоздра М. Человеческий фактор в измерениях / Труды международной научно-технической конференции “Современные проблемы гражданской авиации”. – Баку: НАА, 2007. – С.7–10.

УДК 389.659:658.56

ПРОБЛЕМИ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КВАЛІМЕТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

Ї Мотало Василь, 2008

Національний університет “Львівська політехніка”, кафедра інформаційно-вимірювальних технологій,
вул. С. Бандери, 12, Львів, 79013, Україна

Розглянуто і проаналізовано теоретичні, практичні та законодавчі проблеми метрологічного забезпечення кваліметричних вимірювань. Розглянута специфіка кваліметричних вимірювань і запропонована методологія організації їхнього метрологічного забезпечення з використанням віртуальних мір якості продукції.

Рассмотрены и проанализированы теоретические, практические и законодательные проблемы метрологического обеспечения кваліметрических измерений. Рассмотрена специфика кваліметрических измерений и предложена методология организации их метрологического обеспечения с использованием виртуальных мер качества продукции.

In the article the theoretical, practical and legislative problems of metrological assurance of qualimetric measurements are considered and analyzed. The specificity of qualimetric measurements is considered and the methodology of metrological assurance organizing of qualimetric measurements by using virtual product quality measures is proposed.

Вступ. Кваліметрія – розділ метрології, в якому розглядаються питання вимірювання якості продукції [1]. В умовах глобалізації світового ринку проблема якості продукції, зокрема, стратегічної, стає все актуальнішою, оскільки лише високоякісна продукція може бути конкурентоспроможною. Відповідно до ДСТУ 2925-94 [2] *якість продукції* – це сукупність характеристик продукції, які стосуються її здатності задовольняти встановлені і передбачені потреби. Для практичного оцінювання якості продукції користуються *показниками якості*, які є кількісними оцінками однієї чи декількох властивостей продукції, що характеризують її якість.

Очевидно, що достовірність будь-яких вимірювань залежить від рівня їхнього метрологічного

забезпечення. У метрологічному забезпеченні *кваліметричних вимірювань*, як нового виду вимірювань, є ціла низка проблем, вирішення яких є, поза всяким сумнівом, актуальною задачею, що і зумовило тематику цієї статті.

1. Аналіз сучасного стану метрологічного забезпечення кваліметричних вимірювань. Кваліметричні вимірювання загалом складаються з двох основних етапів:

- *вимірювання різних фізико-хімічних властивостей* досліджуваної продукції (механічних, електричних, теплових, компонентного складу тощо);
- *оцінювання якості продукції* за допомогою визначення показників якості на основі отриманих результатів вимірювань фізико-хімічних властивостей.

Основою будь-якого вимірювання є порівняння вимірюваної величини з мірою, яка зберігає і відтворює певну фізичну величину заданого значення [3]. Специфікою кваліметричних вимірювань є відсутність конкретних фізичних мір якості тієї чи іншої продукції, що, власне, і становить основну проблему метрологічного забезпечення цих вимірювань.

Сьогодні реально існує метрологічне забезпечення вимірювання окремих характеристик (властивостей) тієї чи іншої продукції, за якими оцінюють якість цієї продукції, а метрологічне забезпечення вимірювання якості продукції у комплексному розумінні цього терміна практично відсутнє, навіть за умови, що значення відповідних характеристик вимірювання достатньо достовірно.

2. Основні завдання досліджень і формулювання цілі статті. Зазначена вище специфіка кваліметричних вимірювань і зумовила тематику цієї роботи. Виконаний автором аналіз сучасних методик оцінювання якості продукції та перспектив їхнього розвитку дав змогу сформулювати основні проблеми їхнього метрологічного забезпечення, які доцільно розглядати на трьох рівнях відповідно до загальних проблем кваліметрії: теоретичному, практичному та законодавчому.

Основними *теоретичними проблемами* кваліметрії доцільно вважати такі:

- обґрунтування вибору, встановлення складу та систематизація показників якості досліджуваної продукції і розподіл їх за групами залежно від функціонального призначення продукції і потреб споживачів;
- встановлення взаємозалежностей між фізико-хімічними властивостями та показниками якості досліджуваної продукції;
- встановлення вимог до точності визначення показників якості досліджуваної продукції;
- встановлення вимог до точності вимірювання окремих фізико-хімічних властивостей продукції відповідно до необхідної точності визначення показників її якості;

До *практичних проблем* кваліметрії належать:

- розроблення методів вимірювань показників якості досліджуваної продукції відповідно до необхідної точності;
- вибір засобів вимірювальної техніки (ЗВТ), необхідних для реалізації розроблених методів вимірювань показників якості досліджуваної продукції;

- розроблення методик метрологічної перевірки використаних ЗВТ;

- аналіз реалізації метрологічного забезпечення визначення показників якості досліджуваної продукції.

На *законодавчому рівні* необхідно вирішити такі проблеми:

- розроблення та впровадження необхідних нормативно-технічних документів (НТД) і стандартів для регламентації визначення показників якості ПГ;
- гармонізацію державних стандартів України, які регламентують розв'язання поставлених вище задач, з відповідними міжнародними стандартами.

3. Методологія вирішення проблем метрологічного забезпечення кваліметричних вимірювань.

3.1. Означення кваліметричної задачі. Розв'язання поставленої вище задачі доцільно здійснювати такими етапами за допомогою створення віртуальної міри якості продукції:

- вибір оптимальної системи менеджменту якості продукції для встановлення складу та систематизації показників якості досліджуваної продукції;
- розподіл показників якості за групами залежно від функціонального призначення продукції і потреб споживачів;
- розроблення методики вимірювання окремих показників якості досліджуваної продукції;
- створення віртуальної міри якості досліджуваної продукції і розроблення методики визначення рівня якості продукції.

3.2. Вибір оптимальної системи менеджменту якості продукції. Система менеджменту якості – це частина системи менеджменту організації, спрямована на отримання результатів, необхідних для задоволення потреб та вимог зацікавлених сторін згідно із завданнями у сфері якості. Нормативно-технічною базою створення сучасних систем якості є міжнародні стандарти серії ISO 9000 [4]. В Україні чинними є стандарти серії ДСТУ ISO 9000, зокрема, стандарти ДСТУ ISO 9001- 2001 [5].

Однією із найсучасніших систем якості є система менеджменту якості на базі концепції “шість сигм” [6], зокрема її модель DMAIC, згідно з якою у ході управління якістю передбачається реалізація таких етапів: Define (визначення), Measure (вимірювання), Analyze (аналіз), Improve (поліпшення), Control (управління).

На етапі “визначення” встановлюють контекст проекту створення системи якості, формулюють

проблеми і задачі, визначають пріоритетні напрями дій для досягнення успіху.

На етапі “вимірювання” вибирають низку властивостей (характеристик) досліджуваного об’єкта, які найповніше визначають його якість, вибирають методи вимірювання цих властивостей та необхідні засоби вимірювальної техніки, виконують відповідні вимірювання та опрацювання результатів вимірювань. Фактично на цьому етапі здійснюють систематизацію показників якості досліджуваної продукції за групами призначення.

На етапі “аналіз” на основі результатів вимірювань встановлюють залежність *причина – дефект* в процесі чи системі, тобто визначають функціональну залежність між вихідним параметром системи Y , тобто вимірюваним показником якості об’єкта, і вхідними параметрами (факторами) $X_i, i = 1, \dots, n$, необхідними для одержання вихідного параметра Y :

$$Y = f(X_i) + \Delta, \quad (1)$$

де D – похибка або невизначеність одержаного значення вихідного параметра системи Y .

На етапі “поліпшення” здійснюють поліпшення вхідних параметрів системи X_i для одержання очікуваного (бажаного) значення вихідного параметра Y , тобто поліпшують конкретні характеристики продукції. Потім ці характеристики діагностують, виявляють основні джерела змін і здійснюють ключові зміни у проекті системи якості.

На етапі “управління” документується остаточно розроблена система якості і здійснюється спостереження за нею за допомогою статистичних методів аналізу. Впроваджуються методи контролю системи якості і моніторинг виконання доказаних результатів. Залежно від отриманих результатів моніторингу системи якості можливе її подальше вдосконалення, тобто повернення до попередніх етапів процесу.

Досягнення мети в системі менеджменту якості на основі концепції “*мість сигм*” здійснюється за принципом СТQ – “*critical – to – quality*”. Теоретично мета системи менеджменту якості, тобто отримання оптимального значення показника якості Y чи його математичного сподівання, однозначно відповідає отриманому у бізнес-процесі значенню цього показника. Однак реально значення будь-якого показника якості будь-якого бізнес-процесу (створення певних виробів, фінансових операцій чи надання послуг) є випадковою величиною, тобто його повторні значення

$Y_j, j = 1, \dots, m$ завжди відрізняються між собою і завжди є певне розсіювання (дисперсія) реально отриманих значень показника якості Y_j навколо його математичного сподівання.

Частість появи того чи іншого значення показника якості Y_j характеризується *густиною розподілу* його значень $p(Y)$ і на практиці відображається *нормальним законом розподілу* (розподілом Гаусса). Мірою розсіювання значень показника якості Y_j навколо його математичного сподівання є *стандартне відхилення* S , причому чим менше значення S , тим менше розсіювання і, відповідно, більша ймовірність отримання вищого значення показника якості.

Отже, на цьому етапі найперше необхідно означити та систематизувати показники якості досліджуваної продукції і розподілити їх за групами залежно від функціонального призначення продукції і потреб споживачів, як, наприклад, були систематизовані і розподілені показники якості природного газу [7].

3.3. Методика вимірювання окремих показників якості продукції. Згідно із ДСТУ 2681-94 [3] *вимірювання* – це відображення вимірюваних величин їхніми значеннями шляхом експерименту та обчислень за допомогою спеціальних технічних засобів.

Знайдену за допомогою вимірювання числову оцінку розміру вимірюваної величини X називають *результатом вимірювання* x , а різницю між ними – *абсолютною похибкою* Δx , тобто $\Delta x = x - X$.

Отже, на практиці між результатом вимірювання x та істинним значенням вимірюваної величини X завжди існує різниця, яку намагаються мінімізувати, тобто добитися виконання умови, що $x = X$.

Цю задачу розв’язують так. У ході вимірювання вимірювану величину X порівнюють із зразковою величиною x_N , яка відтворюється багатозначною мірою або вимірювальним приладом. Змінюючи зразкову величину x_N , добиваються того, щоб різниця між x_N та X $\Delta x_N = x_N - X = 0$, тобто виконання умови $X = x_N$. Тоді за результат вимірювання приймають значення x_N , відтворене мірою.

Для аналізу цього процесу вибирають деяку функцію $p(X, x_N)$, яка дорівнює нулю за умови, що $X = x_N$, тобто

$$\rho(X, x_N) = 0 \Rightarrow x_N = X. \quad (2)$$

Функція $\rho(X, x_N)$ є невід'ємною функцією різниці $|Dx_N|$, тобто

$$\rho(X, x_N) = \rho(|\Delta x_N|) \geq 0, \quad (3)$$

причому вона є симетричною стосовно аргументів X та x_N .

Функція $\rho(X, x_N)$ є також монотонною функцією аргумента $|Dx_N|$, тобто вона має лише один екстремум (мінімум) при $X = x_N$, причому її значення в точці мінімуму дорівнює нулю.

Отже, для діапазону вимірювання D вимірювання можна описати рівнянням

$$x = \arg \min_{x_N \in D} \rho(|x_N - X|), \quad (4)$$

Рівняння (4) означає, що результат вимірювання x визначають як таке значення аргумента x_N (позначення \arg) функції $\rho(|X - x_N|)$, яке відповідає мінімуму цієї функції.

У математиці такою функцією є *метрика* [8], яка являє собою невід'ємну, однозначну, дійсну функцію ρ на множині D , визначену для будь-якої пари точок x та y з D ($x, y \in D$), і яка задовольняє певні умови (аксіоми).

Однак для означеної вище методики вимірювання необхідна наявність зразкової міри вимірюваної величини, яка, як було зазначено у п.1, в кваліметричних вимірюваннях відсутня. Тому питання створення віртуальної міри якості продукції і є предметом подальшого аналізу.

3.4. Методика визначення рівня якості продукції з використанням віртуальної міри якості. Відповідно до ДСТУ 2925-94 [2] *рівень якості продукції* – це відносна характеристика якості продукції, яка ґрунтується на порівнянні значень оцінюваних показників якості продукції з базовими значеннями відповідних показників. Безпосереднє оцінювання рівня якості продукції у кваліметрії зазвичай здійснюють *комплексним методом* за одним із двох узагальнених показників якості – комплексним показником якості або профілем якості [9].

Оцінювання рівня якості продукції доцільно здійснювати за *профілем якості* як сукупності одиничних показників якості продукції [10], оскільки він значно повніше відображає якість продукції, ніж комплексний показник якості.

Профілі якості досліджуваної продукції доцільно *систематизувати* за такими ознаками:

1) залежно від призначення:

- *досліджувані профілі якості*. Числові значення одиничних показників якості, з яких вони складаються, визначають експериментально, вимірюючи відповідні фізико-хімічні властивості продукції.

- *базові профілі якості*, з якими здійснюють порівняння досліджуваних профілів якості продукції під час визначення рівня її якості. Числові значення одиничних показників якості, з яких вони складаються, визначають теоретичними розрахунками з урахуванням відповідних потреб споживачів цієї продукції. Отже, базовий профіль якості можна вважати *віртуальною мірою якості* досліджуваної продукції.

2) залежно від повноти відображення якості продукції:

- *комплексні профілі якості*, які відображають якість продукції як цілісного об'єкта;

- *групові профілі якості*, які формують для кожної групи показників якості продукції, зокрема залежно від функціонального призначення досліджуваної продукції і потреб споживачів.

Комплексний базовий профіль якості продукції Π_B формуємо як сукупність комплексних базових показників якості P_{Bj} , $j=1,2,\dots,n$, визначених для кожної із n груп одиничних показників (наприклад, в [7] визначено п'ять груп показників якості природного газу, тобто $n=5$):

$$\Pi_B = \{P_{B1}, P_{B2}, \dots, P_{Bn}\} \quad (5)$$

Комплексний показник якості P_{Bj} у кожній із груп визначаємо як середнє зважене із одиничних показників якості за формулою

$$P_{Bj} = \sum_{i=1}^m P_{ji} \vartheta_i, \quad (6)$$

де P_{ji} значення i -го одиничного абсолютного показника якості j -ї групи показників; m – кількість одиничних показників j -ї групи; ϑ_i – параметр вагомості показника P_{ji} .

Аналогічно за описаною вище методикою будемо інші види профілів якості – базові групові та досліджувані комплексні і групові. Тільки при побудові групових профілів якості, як базових, так і досліджуваних, у (5) використовуємо не комплексні показники якості P_j , а одиничні P_{ji} .

Числові значення одиничних показників якості P_{ji} досліджуваних профілів якості визначаємо експериментально, вимірюючи відповідні фізико-хімічні властивості продукції за шкалами інтервалів чи відношень [1], а параметрів їхньої вагомості J_i – методом граничних і номінальних значень [11], який оснований на нормуванні гранично допустимих значень відповідних показників якості продукції. Розмірність параметрів вагомості ϑ_i є оберненою до розмірності відповідних одиничних показників якості P_{ji} .

Визначення рівня якості продукції здійснюємо порівнянням певного досліджуваного профілю якості Π_{Xk} продукції, отриманого за описаною вище методикою, з відповідним базовим профілем якості продукції Π_{Bk} , тобто з відповідною *віртуальною мірою якості* досліджуваної продукції. Базові профілі якості Π_{Bk} формуємо теоретичними розрахунками з урахуванням відповідних потреб k -го споживача цієї продукції.

Вибір методики реалізації процедури порівняння профілів якості Π_{Xk} і Π_{Bk} , тобто порівняння відповідних комплексних P_j чи одиничних P_{ji} показників якості з подальшим аналізом отриманих даних, здійснюємо з таких міркувань. Оскільки метою кваліметрії зазвичай є розроблення засад побудови системи менеджменту якості продукції, то визначення рівня її якості не є кінцевою задачею процесу, а лише проміжною ланкою, на якій отримуємо необхідну інформацію для подальшої реалізації концепції “*шість сигм*”, тобто після процедури “*вимірювання*” необхідно виконати процедури “*аналіз*” та “*оптимізація*”. Процедуру “*вимірювання*” реалізуємо за схемою: сталий (фіксований) емпіричний об’єкт – змінна (керована) модель, а процедуру “*оптимізація*” – за схемою: змінний (керований) емпіричний об’єкт – стала (фіксована) модель.

На підставі цих міркувань для порівняння профілів якості Π_{Xk} і Π_{Bk} використовуємо *метрику порівняння*, яка являє собою функцію $\rho(x, y)$ двох точок (елементів) x, y , які незалежно одна від одної перебігають деяку множину D евклідового простору, і така, що задана відстань між точками x, y [8]. Точками “ x ” в нашому випадку є параметри досліджуваного

профілю якості продукції Π_{Xk} , а точками “ y ” – параметри відповідного базового профілю якості Π_{Bk} .

Метрика $\rho(x, y)$ узагальнює поняття відстані між точками евклідового простору у тому розумінні, що, як і в евклідовому випадку, має (за значенням) такі властивості:

- $\rho(x, y) \geq 0$;
- $\rho(x, y) = 0 \Leftrightarrow x = y$ – аксіома тотожності;
- $\rho(x, y) = \rho(y, x)$ – аксіома симетрії;
- $\rho(x, y) + \rho(y, z) \geq \rho(x, z)$ – аксіома трикутника.

Інформація, отримана за результатами цього порівняння, є вхідною інформацією етапу Analyze (аналіз) концепції “*шість сигм*”. На основі отриманих результатів роблять висновок про якість досліджуваної продукції. У разі негативного результату (низького рівня якості досліджуваної продукції) встановлюють залежність *причина – дефект* в процесі чи системі. Результати цього аналізу, своєю чергою, є вхідною інформацією етапів Improve (поліпшення) і Control (управління). Отже, запропонована методологія дає змогу повністю реалізувати процедуру кваліметричних вимірювань.

4. Висновки.

- Специфікою кваліметричних вимірювань є відсутність конкретних фізичних мір якості тієї чи іншої продукції, що, власне, і становить основну проблему метрологічного забезпечення цих вимірювань.
- Для реалізації кваліметричних вимірювань необхідне створення віртуальних мір якості досліджуваної продукції.
- Як віртуальну міру якості досліджуваної продукції доцільно використати базовий профіль її якості, визначений за методикою “*шість сигм*”.

1. Шишкин И.Ф. Теоретическая метрология: Ученник для вузов. – М.: Издательство стандартов, 1991. – 471 с. 2. ДСТУ 2925- 94. Якість продукції. Оцінювання якості. Терміни та визначення. 3. ДСТУ 2681-94. Метрологія. Терміни та визначення. 4. Свиркин М.З. От семейства стандартов ISO 9000 к всеобщему менеджменту качества // Стандарты и качество, 1997. – №9. – С.43-47. 5. ДСТУ ISO 9001-2001. Системи управління якістю. Вимоги. 6. Сомов А. Шість сигм – стратегія прориву // Стандартизація, сертифікація, якість, 2001. – №4. – С.36–38. 7. Стадник Б., Мотало А., Мотало В., Петровська І. Теоретичні та практичні задачі кваліметрії природного

газу // *Метрологія та вимірювальна техніка*, 2005. – Вип. 65. – С. 81-86. 8. Колмогоров А.Н., Фомин С.В. *Элементы теории функций и функционального анализа*. – М.: Наука, 1981. – 543 с. 9. Ціделко В., Яремчук Н., Шульгіна А. *Систематизація критеріїв, метрик і шкал для оцінки якості програмних засобів* //

Метрологія та вимірювальна техніка, 2003. – Вип. 62. – С. 81–88. 10. Дэйвисон М. *Многомерное шкалирование: Методы наглядного представления данных* / Пер. с англ. В.С.Каменского. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 254 с. 11. Азгальдов Г.Г., Райхман Э.П. *О квалитетрици*. – М.: Издательство стандартов, 1973. – 172 с.

УДК 389.659:658.56:533.1

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМІРЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Ї Мотало Андрій, 2008

ГПУ “Львівгазвидобування”, вул. Рубчака, 27, Львів, 79026, Україна

Розглянуто і проаналізовано наукову, нормативну і технічну основи метрологічного забезпечення вимірювання показників якості природного газу. Запропонована методологія його вдосконалення.

Рассмотрено и проанализировано научную, нормативную и техническую основы измерения показателей качества природного газа. Предложена методология его усовершенствования.

In the article the scientific, normative and technical bases of metrological assurance of natural gas quality parameters measurements are considered and analyzed. The methodology of it's improvement is proposed.

Вступ. В умовах неперервного зростання об'ємів споживання природного газу (ПГ) та, що особливо важливо, підвищення світових цін на нього, щораз актуальнішими стають вимоги до якості газу [1]. Про актуальність цього питання свідчить ріст кількості публікацій, в яких розглядаються задачі кваліметрії ПГ, зокрема, в наукових роботах працівників УкрНДІгазу. Однією із таких задач є вдосконалення *метрологічного забезпечення* вимірювання показників якості ПГ [2–4].

Метрологічне забезпечення будь-яких вимірювань передбачає встановлення і застосування наукових та організаційних норм і правил, а також розроблення, виготовлення і застосування технічних засобів, необхідних для досягнення єдності та потрібної точності вимірювань [5]. Треба зазначити, що сьогодні у газовій промисловості України значна увага надається засобам вимірювання витрати газу і тиску, тоді як вимірювання інших характеристик газу досліджене значно менше.

1. Аналіз сучасного стану метрологічного забезпечення вимірювання показників якості природного газу. З виконаного автором аналізу відомих

сьогодні публікацій і наукових досліджень впливає висновок, що формуванню метрологічних служб в науково-дослідних та виробничих підрозділах газової галузі України надається значна увага.

Зокрема, у фундаментальній праці працівників УкрНДІгазу [2] розглянуто такі *основні розробки та завдання* Центру контролю якості газу стосовно метрологічних робіт:

- атестація газових сумішей, виконання контрольних вимірювань, розроблення методик виконання вимірювань, інструкцій, рекомендацій, регламентів тощо з питань вимірювання якості природного газу;

- розроблення, виготовлення та впровадження в експлуатацію гігрометра “Харьков-2”, створення та метрологічна атестація робочого еталона “Традіент-1”, необхідного для метрологічної атестації гігрометра “Харьков-2”, що дало можливість створити закінчений комплекс *метрологічного забезпечення* вимірювання вологості природного газу на об'єктах газової галузі України;

- *теоретичні розробки:*

- а) досліджено, що наявність крапельної вологи у потоці природного газу збільшує похибку вимірювання кількості газу на 1%;