

МЕТОД РОЗГОРТАННЯ ФУНКЦІЇ ЯКОСТІ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЦТВА

© Микийчук М.М., 2013

Запропоновано метод розгортання функції якості системи метрологічного забезпечення виробництва, що сприятиме формалізації процесів встановлення метрологічних вимог та підвищення оперативності коригувальних дій. Запропонований метод дасть змогу підвищити відповідність метрологічного забезпечення і сприятиме підвищенню вірогідності вимірювань у промисловості.

The method of development of function of quality of the system of the metrology providing of production which will be instrumental in formalization of processes of establishment of metrology requirements and increase of operationability of correctings actions is offered. The offered method will allow to promote accordance of the metrology providing and will be instrumental in the increase of authenticity of measurings in industry.

Вступ

Якість продукції закладається на етапі її проектування та забезпечується під час виготовлення. Ефективним засобом забезпечення якості продукції на етапі виготовлення є впровадження системи управління якістю. Система управління якістю буде ефективною, якщо створено умови, коли вимоги споживача впливають на процеси розроблення і виготовлення продукції [1–3]. В процесі забезпечення необхідної якості продукції важливу роль відіграє вимірювальна інформація, яка дає кількісну оцінку якості продукції, стану технологічних процесів, характеристик матеріалів і обладнання. Актуальним завданням поліпшення якості вимірювальних процесів на етапі виготовлення продукції є підвищення ефективності метрологічного забезпечення (МЗ).

Сучасний стан проблеми

МЗ виробництва буде ефективним за умови, якщо втрати якості продукції не перевищуватимуть витрат підприємства на організацію та здійснення процесів вимірювань та контролю під час виготовлення продукції. Для забезпечення умов ефективності МЗ виробництва доцільно здійснювати оптимізацію функції якості МЗ [4]. Однак пошук аналітичного виразу функції якості МЗ поки що утруднений через відсутність достатньо точного науково-методичного апарату пошуку взаємозв'язків між показниками якості продукції та функцією якості МЗ. Як правило, для оцінювання такого зв'язку використовують експертні методи [1, 5, 6]. Також, як показують дослідження [1, 7], пошук функціональних залежностей між показниками якості МЗ та витратами на їх досягнення за допомогою емпіричних методів не дає змоги встановити достатньо точні взаємозалежності, що зумовлено передусім значною динамікою їх зміни та необхідністю проведення великої кількості дорогих експериментальних досліджень, а тому застосування їх в умовах забезпечення конкурентоспроможності продукції є обмеженим.

Однією з найефективніших методик для планування та забезпечення якості є її розгортання (структуризація) [8]. Розгортання функцій якості (РФЯ) – це метод структуризації потреб і побажань споживача через розгортання функцій і операцій діяльності із забезпечення на кожному етапі життєвого циклу продукції такої якості, яка б гарантувала отримання кінцевого результату, відповідного очікуванням споживача [9].

Модель РФЯ є концептуальною моделлю перетворення потреб і запитів споживачів на характеристики продукції з метою якнайкращого задоволення вимог і очікувань споживачів [10]. Важливим завданням виробника є перетворення суб'єктивних вимог споживача до якості продукції

на вимоги до системи МЗ виробництва як основного елемента забезпечення необхідного рівня якості продукції. Кваліфіковане використання моделі РФЯ дає змогу уникати серйозних прорахунків під час розроблення і освоєння виробництва нової продукції (послуг) завдяки ретельно підготовленому і проведеному проектуванню та виготовленню продукції.

Однак у галузі МЗ виробництва використання методу РФЯ МЗ не набуло поширення передусім через відсутність відповідного нормативно-методичного забезпечення.

Мета роботи

Враховуючи вагомість впливу МЗ на якість продукції, необхідно розробити метод встановлення об'єктивних співвідношень між показниками якості системи МЗ, технологічними режимами та затратами на їх забезпечення.

Метод розгортання функції якості МЗ.

Як один зі шляхів вирішення проблеми підвищення об'єктивності встановлення вимог до системи МЗ виробництва можна запропонувати метод об'ємного розгортання функції якості МЗ. Використання цього методу РФЯ МЗ підвищить об'єктивність виявлення характеру впливів і рівня зв'язків між витратами на забезпечення показників якості МЗ залежно від вимог до показників якості технологічних процесів (ТП).

Як правило, під час реалізації методу РФЯ використовують серію матриць: матрицю споживчих вимог, матрицю структурування характеристик готової продукції, матриці процесів і контролю. Однак прийнятий підхід до побудови цих матриць не дає змоги забезпечувати процес оперативної оптимізації параметрів системи МЗ із урахуванням змін вимог споживачів. Застосування методу об'ємного РФЯ МЗ дозволить об'єднати процес оптимального погодження показників якості ТП, показників якості МЗ та витрати на їх забезпечення.

Схему розгортання функції якості МЗ у вигляді об'ємної матриці зображено на рис. 1. Ця об'ємна матриця РФЯ дає змогу об'єднувати необхідну інформацію про властивості системи МЗ, оскільки кожна комірка містить три показники $\{w_{ij}, v_{ij}, p_{ij}\}$, що характеризують стан конкретного елемента МЗ залежно від показників якості ТП та витрат на забезпечення вимірювальних процедур.

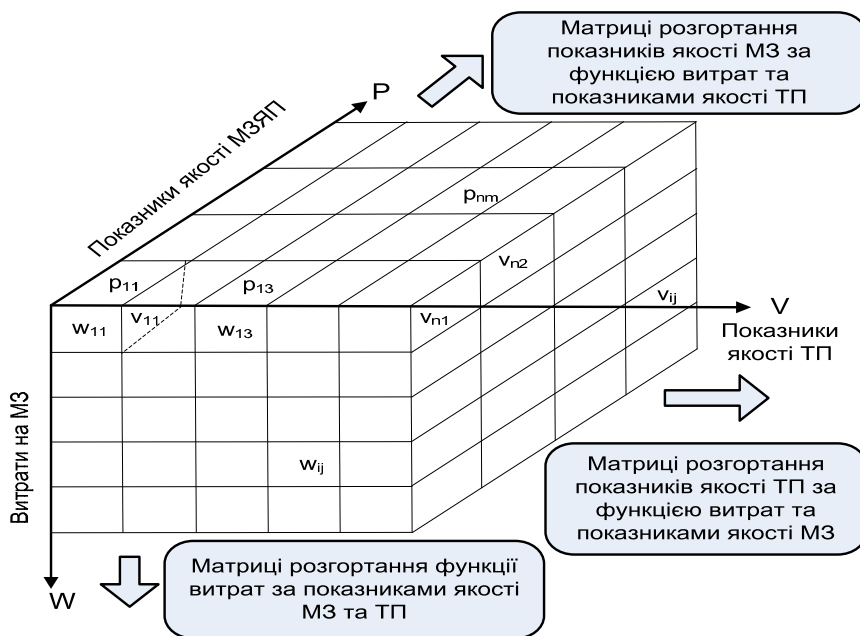


Рис. 1. Об'ємна матриця розгортання функції якості МЗ

Матриці розгортання функції витрат за показниками якості МЗ та показниками якості ТП W розташовані фронтально до об'ємної матриці і розгортаються вглиб її за окремими показниками якості МЗ та показниками якості ТП, описуючи їх за кожним показником, що відповідає її

вертикальним фронтальним перерізом. Матрицю розгортання функції витрат на показники якості МЗ за показниками якості ТП W можна подати у вигляді:

$$W = \begin{pmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1j} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{i1} & w_{i2} & \dots & w_{ij} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

де w_{ij} – витрати на забезпечення i -го показника якості МЗ за j -м показником якості ТП.

Поперечні матриці V , перпендикулярні до фронтальних, описують розгортання показників якості ТП за функцією витрат та показниками якості МЗ. Матриця розгортання показників якості ТП за функцією витрат та показниками якості МЗ має вигляд:

$$V = \begin{pmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1j} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & v_{2j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_{i1} & v_{i2} & \dots & v_{ij} \end{pmatrix}, \quad (2)$$

де v_{ij} – показник якості ТП для i -го показника якості МЗ за j -м рівнем витрат на забезпечення i -го показника якості МЗ.

Горизонтальні матриці P , відповідно до рис. 1, характеризують розгортання показників якості МЗ за функцією витрат та показниками якості ТП. Матриця розгортання показників якості МЗ матиме вигляд:

$$P_{nm} = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1m} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{n1} & p_{n2} & \dots & p_{ij} \end{pmatrix}, \quad (3)$$

де p_{ij} – показники якості МЗ за функцією витрат та показниками якості ТП.

Головні проблеми із заповненням описаних матриць полягають у визначенні взаємозв'язків між окремими показниками, а саме у розділенні витрат за окремими показниками якості МЗ при забезпеченні показників якості ТП [8]. Для сучасних ТП це складне завдання, що ставить вимогу пошуку раціональних шляхів оптимізації значень показників якості ТП та значень показника якості МЗ із витратами на їх забезпечення під час побудови ефективної системи МЗ.

Реальні ТП характеризуються великою кількістю контрольованих параметрів та технологічних операцій, тому для практичного застосування доцільно оперувати двовимірними матрицями та оптимізувати їх параметри, розв'язуючи вибрані оптимізаційні задачі.

З погляду практичної доцільності, розгортаючи функції якості МЗ відповідно до рис. 1, оптимізацію параметрів об'ємної матриці необхідно здійснювати шляхом постановки та розв'язання трьох оптимізаційних задач, які наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Оптимізаційні задачі при структуруванні функції якості МЗ

Оптимізаційна задача	Порядок оптимізації	Результат
Задача 1	P→set V→set W→var	Оптимізація витрат за заданих значень показників якості МЗ та ТП
Задача 2	P→set V→var W→set	Оптимізація складу та значень показників якості ТП за заданих витрат та показників якості МЗ
Задача 3	P→var V→set W→set	Оптимізація складу та значень показників якості МЗ за заданих витрат та показників якості ТП

Розглядаючи систему МЗ як глобальний, для такого виробництва, процес, що об'єднує декілька метрологічних елементів, кожен з яких має вхід x_i та вихід y_i , обґрунтовано вважатимемо [14], що існує деяка функція корисності – $G_{МЗ}$, котру назвемо функцією якості системи МЗ і яку можна використовувати для оцінювання якості функціонування системи МЗ.

Для реалізації процесного підходу вважатимемо, що ефективність елементів системи МЗ визначається насамперед ефективністю перетворення входів x_{ij} (цілей) на виходи y_{ij} , що можна відобразити залежністю:

$$G_i = u_i \frac{x_i}{y_i} \xrightarrow{d_{opt}} \max, \quad (4)$$

де u_i – ефекти перетворення входів x_i на виходи y_i , що визначають якість виконання своєї функції окремим елементом МЗ; d_{opt} – рішення, які приймають для оптимізації системи МЗ.

У багатьох випадках визначення ефектів перетворення u_i елементів системи МЗ є складним завданням, яке важко відобразити у вигляді функціональної залежності, тому ефективним способом вирішення цієї проблеми є використання логіко-математичного моделювання, що дасть змогу підвищити ступінь формалізації процесу вдосконалення МЗ.

Оскільки ефект метрологічного елемента u_i за суттю визначає ступінь кореляції між x_i та y_i , то логічно виражати його у вигляді коефіцієнта кореляції r_i , що дозволить широко використовувати методи кореляційного аналізу [15, 16] в процесі пошуку оптимальних співвідношень елементів матриці РФЯ МЗ. Також, якщо входом метрологічного елемента є допуск на технологічний параметр T , а виходом його реальна варіативність $\sigma_{ТП}$, то як ефект можна використовувати відношення – $C_P = T/\sigma_{ТП}$, яке має назву індексу відтворюваності ТП і широко використовується як показник якості настроювання ТП.

Як показано вище, основними труднощами під час оптимізації структури та функцій системи МЗ за функцією якості $G_{МЗ}$ є знаходження вірогідних оцінок ефектів u_i , перетворення метрологічних цілей x_i на результати функціонування метрологічних елементів – y_i . Оскільки сукупність показників $\{w_i, v_i, p_{ij}\}$ визначає ефективність побудови найнижчого рівня ієрархії системи МЗ, то від їх раціонального погодження, великою мірою, залежить ефективність системи МЗ.

Формалізацію процедури взаємного погодження $\{w_i, v_i, p_{ij}\}$ можна здійснювати, записавши умови розв'язання оптимізаційних задач, згідно з табл. 1, у вигляді:

$$\begin{aligned} u_i^1 &= \frac{p_i}{v_i} \xrightarrow{w \rightarrow \min} \max \\ u_i^2 &= \frac{p_i}{w_i} \xrightarrow{v \rightarrow \min} \max \\ u_i^3 &= \frac{v_i}{w_i} \xrightarrow{p \rightarrow \min} \max \end{aligned} \quad (5)$$

Загальний ефект u_i елемента матриці РФЯ МЗ можна визначити за формулою:

$$u_i = \lambda_1 \cdot u_i^1 + \lambda_2 \cdot u_i^2 + \lambda_3 \cdot u_i^3, \quad (6)$$

де $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ – коефіцієнти вагомості метрологічних ефектів при оптимізації, відповідно, за витратами, показниками якості ТП та показниками якості МЗ.

Для забезпечення умов нормалізації коефіцієнтів вагомості необхідно забезпечити виконання умови – $\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 = 1$.

Практично виконуючи умови (5), доцільно здійснювати процедури спрощення цього виразу залежно від вимог конкретного ТП. На найнижчому рівні системи МЗ основна маса ефектів визначається проблематикою вимірювання технологічних параметрів. Наприклад, згідно з прийнятими підходами ТП вважається спроектованим та налагодженим, якщо забезпечено дві основні умови:

- встановлено оптимальні допуски для технологічних параметрів;
- створено ефективну систему контролю перебування технологічних параметрів у межах допусків.

Як правило, взаємне погодження цих умов забезпечується встановленням певних, науково обґрунтованих співвідношень між допуском на параметри ТП та точністю його вимірювання [11, 12]. За такого підходу умова оптимізації зводиться до розв'язання однієї із оптимізаційних задач: пошук раціонального співвідношення між точністю вимірювання технологічного параметра та витратами на його вимірювання. Однак за традиційного підходу задача оптимізації не може бути розв'язана через великі межі області оптимізації [13].

Перспективним шляхом розв'язання задачі оптимізації метрологічних ефектів на етапі виробництва є приведення їх до єдиної вартісної форми, наприклад, за допомогою функції втрат якості Тагуті [2]. На відміну від традиційних методик, в яких показник вважається відповідним, якщо її параметри перебувають у межах заданого допуску, в методиці Тагуті будь-яке відхилення від номінального значення (що вважається оптимальним) призводить до тієї чи іншої втрати якості. При цьому передбачається, що здебільшого залежність втрати якості від розкиду параметрів добре апроксимується квадратичною функцією [2]. Однак для налагодження ТП функція втрат Тагуті не знайшла широкого застосування, оскільки використовує вартісну функцію, в якій втрати якості виражаються в грошовому еквіваленті. Цікавішим для підвищення якості МЗ на стадії виготовлення є використання підходу [13], коли втрати якості розглядаються не в грошовому вираженні, а як втрати точності кінцевої ланки. Для системи МЗ виробництва кінцевою ланкою можна вважати встановлення та контроль допусків на технологічні параметри.

Висновок

Отже, запропонований метод розгортання функції якості МЗ виробництва на основі об'ємної матриці, в якій концентрується інформація про показники якості МЗ, показники якості ТП та витрати на їх забезпечення, дає змогу здійснювати їх оперативну оптимізацію та знаходити раціональні співвідношення між ними.

Важливим інструментом для пошуку оптимальної структури та значень показників якості МЗ може стати регулярний метрологічний аудит, який важливо проводити, інтегруючи систему МЗ в систему управління якістю підприємства.

Подальші дослідження способів удосконалення системи МЗ виробництва доцільно здійснювати у напрямку пошуку та обґрунтування об'єктивних співвідношень між показниками якості МЗ та показниками якості ТП.

1. Дельвінг Г.Н. *Управление качеством продукции в электроприборостроении [Текст]* / Г.Н. Дельвінг, П.М. Траскунов, Н.М. Царюк. – Л.: Энергия, 1977 – 168 с. 2. *Философия качества по Тагуті [Текст]* – М.: НТК “Трек”, 1997. Вып. 6. – 17 с. Сер. “Всё о качестве. Зарубежный опыт”. 3. Сотниченко В. *Тенденції якості у новому тисячолітті [Текст]* / Стандартизація, сертифікація, якість. – 2000. – № 4. – С.48–51. 4. Микійчук М.М. *Перспективи розвитку метрологічного забезпечення якості продукції на стадії виготовлення [Текст]* / М.М. Микійчук // “Восточно-Европейский журнал передовых технологий”. – 2011. – № 3/3 (51) – С. 32–34. 5. Засименко В.М. *Загальна концепція складової оцінки якості продукції на основі факторного аналізу [Текст]* / В.М. Засименко, П.Г.Столярчук // *Вимірювальна техніка та метрологія*. – 2002. – № 59. – С. 131–134. 6. *ДСТУ ISO 9000:2009. Системи управління якістю. Основні положення та словник [Текст]* – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 24 с. 7. Данилевич С.Б. *Метрологическое обеспечение производства и качество продукции [Текст]* / С.Б. Данилевич, С.С. Колесников // *Законодательная и прикладная метрология*. – 2007. – №2. – С. 6–9. 8. Григор'єва Н.С. *Науково-технологічні основи гнучкого модульного автоматичного складання виробів [Текст]: монографія*. – Луцьк: Надстир'я. – 2008. – 520 с. 9. Sullivan L.P. *Quality Function Deployment. – Quality Progress. – June 1986. – pp. 39–50.* 10. Андерсен Берн. *Бизнес-процессы. Инструменты совершенствования [Текст]: пер с англ. С.В. Ариничева: науч. ред. Ю.П. Адлер. – 3-е изд. – М.: РИА “Стандарты и качество”, 2005. – 272 с.* 11. Сычев Е.И. *Оценка влияния измерительного контроля на надежность*

технічних систем [Текст] / Е.И. Сычев //Надежность и контроль качества. – 1997. – № 10. – С.133–138. 12. Володарський Є.Т. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю [Текст]: навч. посіб. / Є.Т. Володарський, В.В. Кухарчук, В.О. Поджаренко, Г.Б. Сердюк – Вінниця: Велес, 2001. – 219 с. 13. Методы Тагути: практика применения [Текст] / Ефимов В.В. // Методы менеджмента качества. – 2005. – № 6 – С. 28–35. 14. Месарович М. Общая теория систем: математические основы / М. Месарович, Я. Такахара – М.: Мир, 1978 – С. 312 . 15. Мирский Г.Я. Характеристики стохастической взаимосвязи и их измерения / Г.Я. Мирский – М.: Энергоиздат, 1982, – 320 с. 16. Бендат Д. Измерение и анализ случайных процессов [Текст] / Д. Бендат, А. Пирсол – М.: Мир, 1971. – 410 с.

УДК 681.7.08; 536.6.081

В.О. Яцук, Ю.В. Яцук, Х.В. Серкез
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра метрології, стандартизації та сертифікації

ПОКРАЩЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИЙМАЧІВ СОНЯЧНОГО ВИПРОМІНЕННЯ З ЕЛЕКТРИЧНИМ ЗАМІЩЕННЯМ

© Яцук В.О., Яцук Ю.В., Серкез Х.В., 2013

Розглядаються основні напрями вдосконалення технічних характеристик приймачів сонячного випромінювання з використанням абсолютного радіометра (калориметра), каліброваного електричним заміщенням, побудованого на основі прецизійних вимірювачів температури та різниці температур з використанням напівпровідникових перетворювачів температури та платинових термометричних опорів.

The basic directions of perfection of the technical characteristics of receivers solar radiation are provided, by using absolute radiometer (calorimeter), which electrical substitution is calibrated. He is built on the basis of precision temperature meters and temperature difference, semiconductor temperature converters and platinum thermal resistance transformers are used for these receivers.

Постановка проблеми

Сьогодні використання сонячної енергії займає провідне місце серед альтернативних джерел енергії (тепла Землі, енергії вітру, припливів та відпливів, біогазу). Це пов'язано з головними перевагами цього виду енергії: загальна доступність, екологічність, невичерпність. Практично вся територія України придатна для використання сонячної енергії, саме тому доцільним є застосування сонячних колекторів (пристроїв, що призначені для поглинання сонячної енергії та подальшого перетворення її на придатну для використання людьми теплову енергію).

Аналіз останніх досягнень та публікацій

На основі аналізу літературних даних [1–14] показано, що однією з найбільш нагальних і актуальних проблем сучасної метрології є розробка приймачів сонячного випромінювання, здатних вимірювати енергетичні параметри оптичного випромінювання з високою точністю і чутливістю.

Нині метрологічне забезпечення випробувань сонячних колекторів здійснюється на основі комплексу стандартів ДСТУ ISO 9806-1: 2005, ДСТУ ISO 9806-2: 2005, ДСТУ ISO 9806-3: 2005. Контрольно-вимірювальна апаратура для вимірювання сонячного та теплового випромінювання і температури за цими стандартами вимагає досить трудомісткої процедури калібрування. Аналіз