

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 дозволить підвищити відповідність метрологічного забезпечення і сприятиме підвищенню вірогідності вимірювань в 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 несе кількісну оцінку якості продукції, стану технологічних процесів, характеристик матеріалів і обладнання. Актуальним завданням підвищення 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 на під час виготовлення продукції. Для забезпечення умов ефективності МЗ виробництва доцільно здійснювати оптимізацію функції якості МЗ [4]. Однак, пошук аналітичного виразу функції якості МЗ на сьогоднішній день затруднений 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 дозволяє встановити достатньо точні взаємозалежності, що зумовлено в основному значною динамікою їх зміни та необхідністю проведення значної кількості дорогих експериментальних досліджень, а тому застосування їх в умовах забезпечення конкурентоздатності продукції є обмеженим.

Однією з найбільш ефективних методик в області планування та забезпечення якості є її розгортання (структуризація) [8]. Розгортання функції якості (РФЯ) - це метод структуризації потреб і побажань споживача через розгортання функцій і операцій діяльності по забезпеченню 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 в характеристики продукції з метою якнайкращого задоволення вимог і очікувань споживачів [10]. Важливим завданням виробника є перетворення суб'єктивних вимог споживача до якості продукції у вимоги до системи МЗ виробництва, як основного елемента забезпечення необхідного рівня якості продукції. Кваліфіковане використання

моделі РФЯ дозволяє уникати серйозних прорахунків при розробці і освоєнні виробництва нової продукції (послуг) за рахунок ретельно підготовленого і проведеного проектування та виготовлення продукції.

Однак, в галузі МЗ виробництва використання методу РФЯ МЗ не набуло поширення у першу чергу 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. Одним із 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 дозволить підвищити об'єктивність виявлення характеру впливів і рівня зв'язків між витратами на забезпечення показників якості МЗ у залежності від вимог до показників якості технологічних процесів (ТП).

Як правило, при реалізації методу РФЯ використовують серію матриць: матрицю споживчих вимог, матрицю структурування характеристик готової продукції, матриці процесів і контролю. Однак, існуючий підхід до побудови цих матриць не дозволяє забезпечувати процес оперативної оптимізації параметрів системи МЗ із врахуванням 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 представимо у виді об'ємної матриці, яка зображена на рис. 1. Об'ємна матриця РФЯ представлена на рис. 1 дозволяє об'єднувати необхідну інформацію про властивості системи МЗ, оскільки кожна комірка містить три показники $\{w_i, v_i, p_i\}$, що характеризують стан конкретного елемента МЗ у залежності від показників якості ТП та витрат на забезпечення вимірювальних процедур.

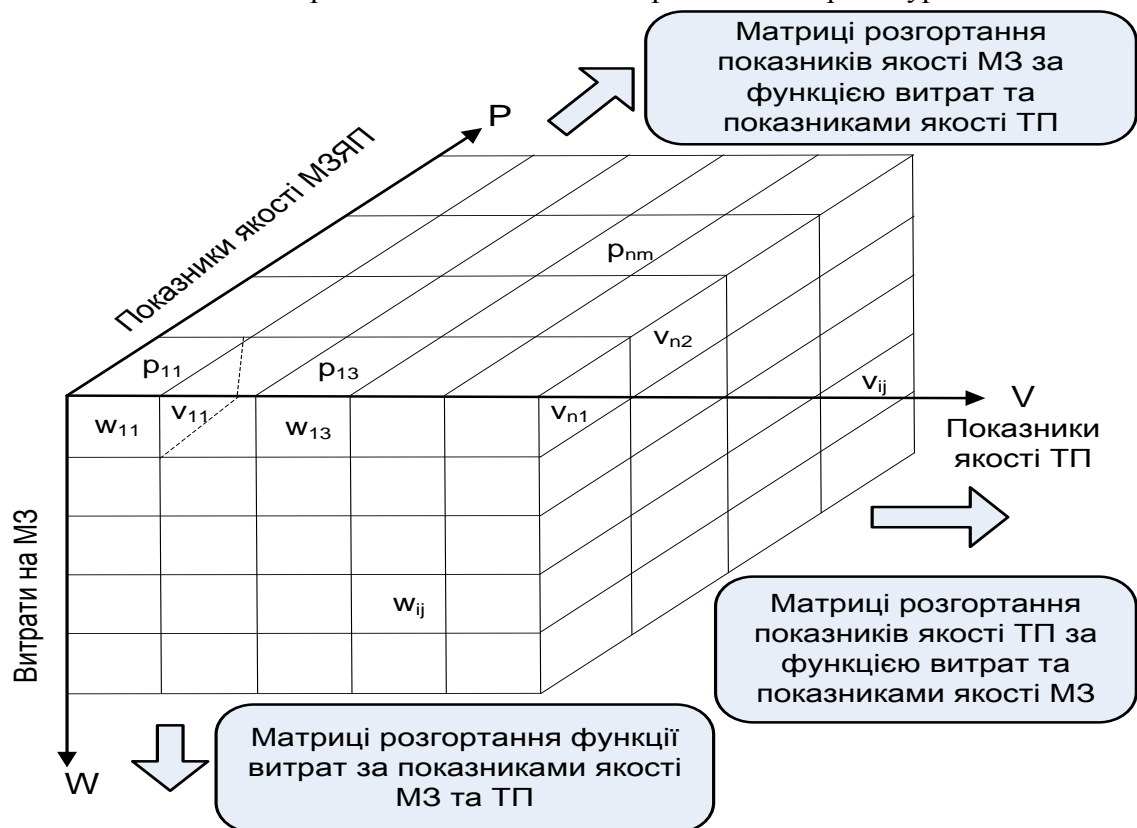


Рис. 1. Об'ємна матриця розгортання функції якості МЗ.

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 по кожному показнику, що відповідає її вертикальним фронтальним січенням. Матрицю розгортання функції витрат на показники якості МЗ за показниками якості ТП W можна представити у вигляді:

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

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

Поперечні матриці V , перпендикулярні фронтальним, 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:

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

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 Рисунок 1, характеризують розгортання показників якості МЗ за функцією витрат та показниками якості ТП. Матриця розгортання показників якості МЗ матиме вид:

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

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

Головні проблеми при заповненні описаних матриць полягають у визначенні взаємозв'язків між окремими показниками, а саме, розділення витрат за окремими показниками якості МЗ при забезпеченні показників якості ТП [8]. Для сучасних ТП це представляє складну задачу, що ставить вимогу пошуку раціональних шляхів оптимізації значень показників якості ТП та значень показника якості МЗ із витратами на їх забезпечення при побудові ефективної системи МЗ.

Реальні ТП характеризуються значною кількістю контрольованих параметрів та технологічних операцій тому для практичного застосування доцільно оперувати двовимірними матрицями та оптимізувати їх параметри шляхом вирішення обраних оптимізаційних задач.

З точки зору практичної доцільності, при розгортанні функції якості МЗ відповідно до Рисунок 1, оптимізацію параметрів об'ємної матриці необхідно здійснювати шляхом постановки та вирішення трьох оптимізаційних задач, які наведені у Таблиці 1.

Оптимізаційні задачі при структуруванні функції якості МЗ

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

Розглядаючи систему МЗ як глобальний, для даного виробництва, процес, що об'єднує ряд метрологічних елементів, кожен з яких має вхід x_i та вихід y_i обґрунтовано вважатимемо [14], що існує деяка функція корисності – G_{M3} , котру назовемо функцією якості системи МЗ і яку можна використовувати для оцінювання якості функціонування системи МЗ.

Для реалізації процесного підходу вважатимемо, що ефективність елементів системи МЗ, в першу чергу визначається ефективністю перетворення входів x_{ij} (цілей) у 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 у виходи y_i , що визначають якість виконання своєї функції окремим елементом МЗ; d_{opt} - рішення, які приймаються для оптимізації системи МЗ.

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

Оскільки ефект метрологічного елемента u_i по своїй суті визначає ступінь кореляції між x_i та y_i , то логічно виражати його у виді коефіцієнта кореляції r_i , що дозволить широко використовувати методи кореляційного аналізу [15, 16] в процесі пошуку оптимальних співвідношень елементів матриці РФЯ МЗ. Також, у випадку, коли входом метрологічного елемента є допуск на технологічний параметр T , а виходом його реальна варіативність σ_{TP} , то в якості ефекту можна використовувати відношення - $C_p = T/\sigma_{TP}$, яке має назву індекс відтворюваності ТП і широко використовується як показник якості настроювання ТП.

Як було показано вище основними труднощами при оптимізації структури та функцій системи МЗ за функцією якості G_{M3} є знаходження вірогідних оцінок ефектів u_i , перетворення метрологічних цілей x_i в результати функціонування метрологічних елементів - y_i . Оскільки, сукупність показників $\{w_i, v_i, p_i\}$ визначають ефективність побудови найнижчого рівня ієрархії системи МЗ, то від їх раціонального погодження, в значній мірі, залежить ефективність системи МЗ.

Формалізацію процедури взаємного погодження $\{w_i, v_i, p_i\}$ можна здійснювати записавши умови вирішення оптимізаційних задач, згідно Таблиці 1, у вигляді:

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

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

$$u_i = \lambda_1 \cdot u_i^1 + \lambda_2 \cdot u_i^2 + \lambda_3 \cdot u_i^3\tag{6}$$

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 - $\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 = 1$.

При практичному вирішенні умов (5) доцільно здійснювати процедури спрощення цього виразу у залежності від вимог конкретного ТП. На найнижчому рівні системи МЗ основна маса ефектів визначається проблематикою вимірювання технологічних параметрів. Наприклад, згідно існуючих підходів ТП вважається спроектованим та налагодженим якщо забезпечено дві основні умови:

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

Як правило взаємне погодження цих умов здійснюється шляхом встановлення певних, науково обґрунтованих співвідношень між допуском на параметри ТП та точністю його вимірювання [11, 12]. При такому підході умова оптимізації зводиться до вирішення однієї із оптимізаційних задач: пошук раціонального співвідношення між точністю вимірювання технологічного параметра та витратами на його вимірювання. Однак, при традиційному підході задача оптимізації не може бути вирішена внаслідок існування значних меж області оптимізації [13].

Перспективним шляхом вирішення 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 знаходяться в 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 в більшості випадків 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 виразі, а як втрати точності кінцевої ланки. Для системи МЗ виробництва кінцевою ланкою можна вважати встановлення та контроль допусків на технологічні параметри.

Висновок. Таким чином, 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, дозволяє 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 у рамках інтегрування системи МЗ в систему управління якістю підприємства.

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

1. Дельвинг Г.Н. Управление качеством продукции в электроприборостроении [Текст]/ Г.Н.Дельвинг, П.М.Траскунов, Н.М.Царюк //Л., «Энергия».-1977- 168 с. 2. Философия качества по Тагути [Текст] – Сер. «Всё о качестве. Зарубежный опыт». 1997. – М.: НТК «Трек», 1997, вып. 6. - 17 с. 3. Сотниченко В. Тенденції якості у новому тисячолітті [Текст] / Стандартизація, сертифікація, якість. - 2000. -№4.- С.48-51. 4. Микийчук М.М. Перспективи розвитку метрологічного забезпечення якості продукції на стадії виготовлення [Текст] / М.М. Микийчук // "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. L .P.Sullivan , “ Quality Function Deployment ” - Quality Progress. - June 1986. - pp .39-50. 10. Андерсен Берн. Пер с англ. С.В.Ариничева / Науч.ред. Ю.П. Адлер. Бизнес-процессы. Инструменты совершенствования [Текст] / – 3-е изд. – М.: РИА «Стандарты и качество» - 2005. – 272 с. 11. Сычев Е.И. Оценка влияния измерительного контроля на надежность технических систем [Текст] / Е.И. Сычев //Надежность и контроль качества. — 1997. - №10. С.133-138. 12. Володарський Є.Т. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю [Текст] / Є.Т. Володарський , В.В. Кухарчук, В.О. Поджаренко, Г.Б Сердюк // Навч. Посібн. – 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. Такахага //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.