

УДК 621.317.08

М.М. Микийчук, П.Г. Столярчук

Національний університет «Львівська політехніка», Львів

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Розглянуто питання підвищення ефективності метрологічного забезпечення промислових вимірювань. Показано доцільність створення формалізованої моделі метрологічного забезпечення як складної перетворюючої системи з множиною внутрішніх та зовнішніх зв'язків, які б розкривали вплив на неї всієї різноманітності зовнішніх і внутрішніх факторів. Проаналізовано можливі варіанти системного аналізу метрологічного забезпечення виробництва. Вказано на необхідність вибору критеріїв ефективності для оптимізації затрат на організацію та здійснення системи метрологічного забезпечення.

Ключові слова: метрологічне забезпечення, критеріїв ефективності, концептуальна модель, цільова функція.

Введение

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку технологій, який характеризується тенденціями до зменшення енергозатрат та мінімізацією впливу на оточуюче середовище, особливого значення набуває галузь метрологічного забезпечення виробництва. Це зумовлено вагомістю впливу метрологічного забезпечення на результат виробництва. Метрологічне забезпечення (МЗ) має ряд взаємопов'язаних галузей: законодавчу, наукову, організаційну, нормативну і технічну [1, 2]. Множина взаємозв'язків між окремими галузями МЗ є складними і в загальному випадку їх важко зобразити у вигляді формалізованої моделі. Тому виникають труднощі в ефективній реалізації вимог законодавства направлених на захист громадян і національної економіки від наслідків недостовірних результатів вимірювань [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для створення ефективної системи МЗ виробництва необхідно формалізувати її опис як складної перетворюючої системи з множиною внутрішніх та зовнішніх зв'язків, які б розкривали вплив на неї всієї різноманітності зовнішніх і внутрішніх факторів. Тому доцільно розглянути МЗ виробництва як складну організаційно-технічну систему.

Спроби формалізації вимог до ефективності МЗ здійснювалися вже не одноразово. Зокрема в роботі [4] було здійснено класифікацію МЗ за двома ознаками: за характером завдань, які має вирішувати МЗ та за рівнем МЗ. За першою ознакою було виділено чотири задачі МЗ: метрологічні, технічні, організаційні та економічні. За другою ознакою було виділено такі задачі: часткові вимірювальні задачі, комплексні локальні задачі, комплексні загальносистемні задачі. Причому найважливішими завданнями для підвищення ефективності МЗ було визначено задачі оптимізації локальних систем калібрування та створення сучасних калібраторів-розширювачів одиниць фізичних величин.

В роботі [5] МЗ представлено у виді динамічної системи зі зворотнім зв'язком. На підставі змістов-

ного опису МЗ була запропонована кібернетична модель багатоелементної структурно-ієрархічної системи МЗ.

Однак, задача визначення оптимальної структури складної організаційно-технічної системи, якою є система МЗ, не може бути остаточно вирішеною одноразово і однозначно в силу таких факторів: у багатьох випадках неможливо однозначно визначити вплив зовнішнього середовища на систему МЗ; задача в загальному випадку є багатокритеріальною і вимагає оптимізації векторного критерію якості; при побудові системи МЗ необхідно враховувати як вартість її ресурсів, так і обмеження, що накладаються на їхні витрати. Тому проблема подальшого розвитку методів визначення оптимальної структури МЗ, яка функціонує в умовах ризику і невизначеності, є актуальною науковою задачею

Метою даної статті є розроблення критеріїв оцінювання ефективності МЗ виробництва.

Виклад основного матеріалу

Оскільки одним із основних елементів виробництва є його МЗ, то ефективним може вважатися виробництво яке має ефективну систему МЗ. Критерієм ефективності системи МЗ виробництва має бути співвідношення ефекту від її застосування до витрати на її створення та забезпечення функціонування.

Для зменшення невизначеності оцінювання впливу метрологічної складової на процес виробництва необхідно формалізувати її структуру та функції і розробити методологію кількісного аналізу якості системи МЗ виробництва.

Аналіз системи МЗ [8] показав неможливість повної інформаційної ідентифікації усіх її властивостей. Тому вважаючи систему МЗ динамічною системою зі зворотними зв'язками, її концептуальну модель доцільно представити у виді “чорної скриньки”.

При побудові моделі МЗ у виді “чорної скриньки” проблемою є визначення тих входів та виходів, які необхідно включати до складу моделі, оскільки при вивченні системи модель буде постійно модифі-

куватися. Реальна система МЗ взаємодіє із середовищем через нескінченну кількість входів та виходів. Критерієм відбору цих входів та виходів є цільове призначення системи, суттєвість того чи іншого зв'язку системи із середовищем.

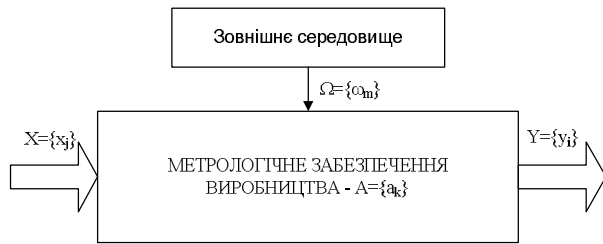


Рис. 1. Система МЗ виробництва у вигляді «чорної скриньки»

Для формалізації критерію ефективності МЗ представимо її модель у вигляді цільової функції:

$$F = f(X, Y, A, \Omega) \rightarrow \max_X, \quad (1)$$

де $X=\{x_j\}$ – множина вхідних змінних системи МЗ; $Y=\{y_i\}$ – множина вихідних змінних системи МЗ; $A=\{a_k\}$ – множина внутрішніх параметрів системи МЗ; $\Omega=\{\omega_m\}$ – множина величин, що визначають вплив зовнішнього середовища на систему МЗ (зовнішні збурення).

При побудові моделі МЗ виробництва необхідно встановити обмеження:

$$g_i(X, A, \Omega) \leq b_i, i = \overline{1, m}; \quad (2)$$

$$X_{\min} \leq X \leq X_{\max}, Y_{\min} \leq Y \leq Y_{\max}, \quad (3)$$

де $g_i(X, A, \Omega)$ – функція витрат i -го ресурсу; b_i – наявна величина i -го ресурсу системи МЗ.

Множина вхідних змінних системи МЗ виробництва $X=\{x_j\}$ визначається сукупністю вимог, які формуються в організаційно-правових та нормативно-технічних документах. Множина вихідних змінних $Y=\{y_i\}$ визначаються сукупністю впливних факторів, які здійснює система МЗ на процес виробництва і є залежні від структури та особливостей його реалізації. До множини величин $\Omega=\{\omega_m\}$, що визначають вплив зовнішнього середовища на систему МЗ можуть бути віднесені такі впливні фактори як: параметри довкілля – температура, вологість, тиск; параметри, вимоги споживача – кількість продукції, показники якості, ціна. Перераховані вище змінні, які впливають на ефективність системи МЗ виробництва, як правило мають детермінований вплив який в межах системи МЗ конкретного виробничого процесу неможливо змінити, а лише пристосуватися до нього.

Тому визначальним для забезпечення ефективності МЗ виробництва є забезпечення оптимальної структури та величин множини її внутрішніх параметрів – $A=\{a_k\}$. Забезпечити оптимальну структуру та величини внутрішніх параметрів системи МЗ можна шляхом вирішення наступної задачі:

$$A^{opt} = \min g_A(a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8) \rightarrow \max P_{M3}, \quad (5)$$

де a_1 – сукупність параметрів, що характеризують ефективність аналізу стану вимірювань на виробництві; a_2 – параметри, які визначають раціональність номенклатури вимірюваних параметрів і оптимальність норм точності вимірювань; a_3 – параметри, що визначають рівень заходів із забезпечення метрологічної відповідності ЗВТ (калібрування, метрологічна перевірка, випробування); a_4 – сукупність параметрів, що характеризують рівень забезпечення виробництва стандартизованими методиками вимірювань; a_5 – параметри, що визначають рівень здійснення метрологічної експертизи технічної документації; a_6 – параметри, що визначають ступінь забезпечення виробництва нормативно-технічною документацією; a_7 – показники, що характеризують рівень кваліфікації персоналу та рівень акредитації метрологічних служб підприємства; a_8 – параметри, що визначають якість виконання метрологічного нагляду; P_{M3} – фактичне значення ймовірності того, що завдання системи МЗ виробництва досягнута.

Виходячи з критерію ефективності моделі (5) задача її оптимізації зводиться до операційної задачі в зворотній постановці та формулюється наступним чином: вибрати параметри (a_1, \dots, a_8) таким чином, щоб вони досягали оптимального значення, яке визначається максимальною ймовірністю виконання цільової функції – P_{M3} , при мінімумі витрат на створення та функціонування системи МЗ виробництва.

З кожним варіантом вектора внутрішніх параметрів – $A=\{a_k\}$ системи МЗ пов'язана множина можливих станів вектора впливу – $Y=\{y_i\}$ з відповідними ймовірностями $P(y_i|a_k)$. Формально задачу оцінювання ефективності варіантів побудови системи МЗ можна подати у матричному виді:

$$U = \|u_{ik}\|, i = \overline{1, m}; k = \overline{1, n} \quad (6)$$

де u_{ik} – ефект y_i при використанні внутрішнього параметра a_i .

Якщо відомі умовні ймовірності (визначені чи задані) $P(y_i|a_k), i = \overline{1, m}; k = \overline{1, n}$ очікувану ефективність для кожного варіанту a_k можна знайти з виразу:

$$E\{u(a_k)\} = \sum_{i=1}^m u_{ij} \cdot P(y_i | a_k), i = \overline{1, m} \quad (7)$$

Правило для визначення оптимального варіанту побудови системи МЗ виробництва можна представити наступним чином:

$$E\{u(a_k)\} \Rightarrow \max E\{u(a_k)\} \quad (8)$$

Однак, при визначенні варіанту побудови системи МЗ виникають значні труднощі пов'язані із вибором найкращого. Це зумовлено тим фактом, що система МЗ може перебувати в кількох станах – S_1, S_2, \dots, S_p ефективність яких є дуже різною, однак за

формальними ознаками відмінності між ними незначні. Тоді, в умовах невизначеності для прийняття правильного рішення доцільно скористатися додатковим критерієм вибору оптимального варіанту системи МЗ. Для вибору оптимального варіанту системи МЗ доцільно використовувати наступні.

Критерій 1 (обережного користувача) – цей критерій оптимізує ефект припускаючи умову, що зовнішні впливові фактори можуть перебувати у найневигодніших для системи МЗ станах. Тоді згідно цього критерію умову вибору оптимального варіанту системи МЗ можна сформулювати у виді:

$$U(a_k, S_p) = \sum_{i=1}^m u_{ij}(S_p) \cdot P(y_i | a_k, S_p) \Rightarrow \Rightarrow \max_{a_k} \min_{S_p} U(a_k, S_p). \quad (9)$$

Цей критерій доцільно використовувати для вибору варіанту системи МЗ, який дасть гарантований результат при найгірших умовах сукупності дії зовнішніх впливових факторів.

Критерій 2 (мінімізація втраченого ефекту) – цей критерій дозволяє порівняти варіанти системи МЗ шляхом оцінювання зменшення ефекту у порівнянні із найкращим можливим варіантом. Щоб оцінити втрату ефекту необхідно виконати такі дії. Обчислюють матрицю $U = \|u_{kp}\|$, де $u_{kp} = u(a_k, S_p)$, $k = \overline{1, p}$, $p = \overline{1, p}$. У кожному стовпці цієї матриці знаходять максимальний елемент:

$$u_k = \max_p u_{kp}, p = \overline{1, p} \quad (10)$$

Його послідовно віднімають від всіх елементів цього стовпця та будують матрицю втрачених ефектів $U = \|u_{kp}^v\|$, де $u_{kp}^v = u_{kp} - u_k$. Правило вибору оптимального варіанту, згідно цього критерію, записується наступним чином:

$$\max_{a_k} \min_{S_p} u_{kp}^v(a_k, S_p) \quad (11)$$

Цей критерій доцільно використовувати в умовах мінімізації ризику втрат виробництва від не-

значеності, яку вносить система МЗ в процес управління якістю продукції.

Висновки

Таким чином, запропонований підхід до побудови математичної моделі МЗ дозволить вибрати оптимальний варіант її побудови при одночасному забезпеченні мінімальних затрат та досягненні максимального ефекту для конкретних умов виробництва. Подальші дослідження шляхів підвищення ефективності МЗ виробництва необхідно здійснювати в напрямку зменшення невизначеності впливу МЗ на режими технологічних процесів та пошуку шляхів формалізації структур і функцій елементів МЗ.

Список літератури

1. Дорожовець М. Основи метрології та вимірювальної техніки: Підручник: у 2 т./ М. Дорожовець, В. Мотало, Б. Стадник та ін.; за ред. Б. Стадника. – Львів: Вид-во Національного університету «Львівська політехніка», 2005. – Т. 1. Основи метрології. – 532 с.
2. Орнатский П.П. Теоретические основы информационно-измерительной техники: учебник / П.П. Орнатский. – К.: Вища школа, 1983. – 455 с.
3. Технічне регулювання в Україні: як забезпечити розвиток економіки та захист прав споживачів. Аналітична доповідь міжнародної фінансової корпорації IFC [Електронний ресурс]. – 2008. – 84 с. – Режим доступу: http://www.vlasnasprava.info/ua/dozvil/standard.html?_m=publications&_t=rec&id=10176.
4. Фридман А.Э. Теория метрологической надежности средств измерений и других технических средств, имеющих точностные характеристики: дис. ... докт. техн. наук: 05.11.15 / Фридман Анатолий.Эммануилович. – Москва, 1994. – 423 с. – Библиогр.: С. 393-415.
5. Каміньський В.Ю. Методологія синтезу автономної системи метрологічного забезпечення атомних електростанцій / В.Ю. Каміньський, К.М. Маловик // Збірник наукових праць СНУЯЕтаП: Загальнонаукові і спеціальні дослідження. – 2010. – С. 161-168.

Надійшла до редколегії 1.02.2011

Рецензент: д-р техн. наук, професор Є.В. Походило. Національний університет «Львівська політехніка», Львів.

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

М.М. Микийчук, П.Г. Столярчук

Рассмотрен вопрос повышения эффективности метрологического обеспечения промышленных измерений. Показана целесообразность создания формализованной модели метрологического обеспечения как сложной преобразующей системы с множественным числом внутренних и внешних связей, которые бы раскрывали влияние на нее всего разнообразия внешних и внутренних факторов. Проанализированы возможные варианты системного анализа метрологического обеспечения производства. Указано на необходимость выбора критериев эффективности для оптимизации затрат на организацию и осуществление системы метрологического обеспечения.

Ключевые слова: метрологическое обеспечение, критерий эффективности, концептуальная модель, целевая функция.

CRITERIA OF EVALUATION OF EFFICIENCY OF THE METROLOGY PROVIDING

М.М. Mykyuchuk, P.G. Stoljarchuk

The question of increase of efficiency of the metrology providing of the industrial measurements is considered. Expedience of creation of the formalized model of the metrology providing is routined as a difficult converting system with the plural of internal and external connections which would expose influence on it of all of variety of external and internal factors. The possible variants of analysis of the systems of the metrology providing of production are analysed. It is indicated on the necessity of choice of criteria of efficiency for optimization of expenses on organization and realization of the system of the metrology providing.

Keywords: metrology providing, criterion of efficiency, influences, conceptual model, objective function.