

цього найважливішою вимогою є розроблення, формалізація у вигляді нормативного документа та атестація методики виконання КОЯ.

Для кваліметричної оцінки є рівноцінними як характеристики точності, так і вірогідність отриманого результату, що повинно бути відображено в методиках виконання КОЯ. Кількісну оцінку точності виконання кваліметричного оцінювання продукції зручно ґрунтувати на понятті кваліметричної невизначеності (непевності). Розрахунок кваліметричної сумарної невизначеності під час виконання КОП доцільно здійснювати за припущення, що метрологічним аналогом отримання КОЯ є прамі вимірювання з багаторазовими спостереженнями.

Важливим елементом системи управління КОП повинна бути наявність базових зразків продукції, зокрема стандартних зразків, необхідних для атестації методик кваліметричного оцінювання.

1. Азгальдов Г.Г. *Теория и практика оценки качества товаров: Основы кваліметрии*. – М.: Экономика, 1982. – 248 с. 2. Бойко Т.Г. *Забезпечення єдності і точності кваліметричного оцінювання продукції* // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка” “Автоматика, вимірювання та керування”. – 2009. – № 639. – С. 175–179. 3. Гриневич Б.Ю., Бойко Т.Г., Приймачук І.М. *Методи досліджень об’єктів кваліметрії* // Матеріали V Міжнародної конференції “Стратегія якості в промисловості і освіті”, 6 – 13 червня 2009 р., Варна, Болгарія. – Дніпропетровськ–Варна. – 2009. – С. 128–130. 4. Бойко Т.Г., Бубела Т.З., Микійчук М.М. *Формування нормативної бази управління якістю вимірювань в Україні (новий стандарт ДСТУ ISO 10012)* // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2005. – № 2. – С. 30–33. 5. *ДСТУ ГОСТ ИСО 5725-1:2005 Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювання. Частина 1. Основні положення та визначення*. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 31 с. 6. Поліщук Є.С., Дорожовець М.М., Стадник Б.І., Івахів О.В., Бойко Т.Г., Ковальчик А. *Засоби та методи вимірювань неелектричних величин: Підручник / За ред. проф. Є.С. Поліщука* – Львів: Бескид Біт, 2008. – 618 с. 7. *Обозовський С.С. Теоретичні основи інформаційно-вимірювальної техніки. Загальні питання і теорія похибок*. – К.: НМК ВО, 1991. – 223 с. 8. *ДСТУ ISO 10012:2005 Системи управління вимірюваннями. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання (ISO 10012:2003, IDT)* // – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 26 с.

УДК 621.317

М.М. Микійчук

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра метрології, стандартизації та сертифікації

## ВИМОГИ ДО ТОЧНОСТІ КОНТРОЛЮ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

© Микійчук М.М., 2010

**Розглянуто питання погодження точності вимірювання технологічних параметрів з точністю вимірювання показників якості продукції.**

**Harmonisation of measuring accuracies for both technological parameters and production quality indices is under consideration in the proposed paper.**

**Актуальність проблеми.** Всякий процес серійного виробництва супроводжується похибками виготовлення, і практично неможливо отримати абсолютно однакове значення параметра в двох виробах.

Технічний стан виробу чи процесу задається потрібними конструктивними та експлуатаційними характеристиками. Будь-яка характеристика виражається кінцевою кількістю параметрів, які її визначають. Параметрична структура об'єкта (процесу) ставить вимогу контролю значень цих параметрів.

Зазначимо, що тоді як номенклатура показників якості продукції і самі показники є важливими об'єктами стандартизації і вимоги до них добре відображені в нормативних документах [1, 2], то показники якості процесів, зокрема технологічних, залишаються поза увагою [3]. Адже об'єктами в системі технічного регулювання є не лише продукція чи послуги, процеси і оцінювання їх якості є не менш актуальним.

Вимірювання на виробництві призначені для отримання інформації про стан технологічного процесу (ТП). Тому створення практичних методик, які б дали змогу встановлювати взаємозв'язок між точністю контролю технологічних параметрів та точністю контролю показників якості готової продукції, є актуальною науково-технічною задачею.

**Аналіз сучасного стану проблеми.** Метрологічне забезпечення виробництва – це комплекс організаційно-технічних заходів, який забезпечує визначення з потрібною точністю характеристик виробів, вузлів, деталей, матеріалів і сировини, параметрів ТП і обладнання та дає змогу досягти значного підвищення якості продукції і зниження невиробничих затрат на її розроблення та виробництво [4].

Метрологічне забезпечення виробництва повинно забезпечувати оптимізацію управління ТП з метою підтримання необхідного рівня якості виготовлення продукції.

В процесі виробництва та його метрологічного забезпечення виникають значні потоки вимірювальної, службової, допоміжної інформації, яка містить інформацію про якість кінцевої продукції. Очевидно, що ефективність виробництва та рівень якості продукції значною мірою визначатимуться тим, наскільки на підприємстві ефективно використовується інформація про хід виробничого процесу.

Кожний з показників якості продукції перебуває в певній залежності від вхідних параметрів та характеристик самого ТП. В реальних умовах часто важко встановити чітку залежність параметрів ТП з показниками якості виготовленої продукції, а отже, важко організувати управління ТП без участі досвідчених фахівців. Тому якість функціонування ТП оцінюють на підставі статистичної обробки оперативної інформації про рівень якості виготовленої продукції. Аналіз цієї інформації є основним джерелом об'єктивної інформації, на підставі якої здійснюється коригування параметрів ТП.

Продукція є результатом функціонування ТП і характеризується низкою показників якості, які повинні перебувати у встановлених межах.

Найчастіше якість продукції оцінюється узагальненим показником якості продукції, який визначається як середньозважена сума основних одиничних показників [5]:

$$\hat{Q} = \sum_{i=1}^n g_i \cdot Q_i \quad (1)$$

де  $Q_i$  – одиничні показники якості продукції;  $g_i$  – коефіцієнти вагомості, що визначають вплив одиничного показника на узагальнений показник якості.

Коефіцієнти вагомості  $g_i$  найчастіше визначають експертним методом і вони повинні забезпечувати умову:

$$\sum_{i=1}^n g_i = 1. \quad (2)$$

Як правило, для більшості продукції інформацію про значення основних одиничних показників отримують за допомогою їх безпосереднього вимірювання при здійсненні вихідного контролю готової продукції.

Сьогодні стандартизовані методики встановлення числових залежностей між параметрами ТП та показниками якості продукції або відсутні, або є настільки складними, що широко практично не застосовуються.

З метою аналізу поточного стану перебігу ТП та ефективного управління ним необхідно виявити в кількісній формі взаємозв'язок між показниками якості готової продукції і параметрами, що визначають хід процесу.

**Встановлення взаємозв'язку між точністю контролю технологічних параметрів та точністю контролю показників якості продукції.** Будь-який технологічний процес незалежно від його фізичної природи завжди можна подати у вигляді деякої системи, яка має певну структуру та певні правила організації та функціонування. Ефективність функціонування ТП контролюється за допомогою вимірювань значень певних технологічних параметрів, які повинні лежати у встановлених межах.

Результати функціонування ТП оцінюють на підставі статистичної обробки оперативної інформації про рівень якості виготовленої продукції. Аналіз цієї інформації є основним джерелом об'єктивної інформації, на підставі якої коригують параметри ТП.

Для сучасних виробництв контрольно-вимірвальні операції становлять 25–65 % їх загального об'єму, а трудомісткість досягає 40–50 % [4]. Тому погодження точності контролю технологічних параметрів з точністю вимірювання показників якості продукції дасть змогу зменшити затрати на контрольно-вимірвальне обладнання, що, своєю чергою, сприятиме підвищенню ефективності виробництва.

Для конкретного ТП можна встановити залежність між одиничним показником якості готової продукції  $Q_j$  та  $j$ -м технологічним перетворенням, увівши коефіцієнт впливу  $j$ -ї технологічної операції –  $K_j^{ТП}$ .

Загалом ТП можна подати послідовністю структурних елементів, в кожному з яких відбуваються певні технологічні перетворення властивостей матеріалів та складових частин виробу (див. рис. 1).

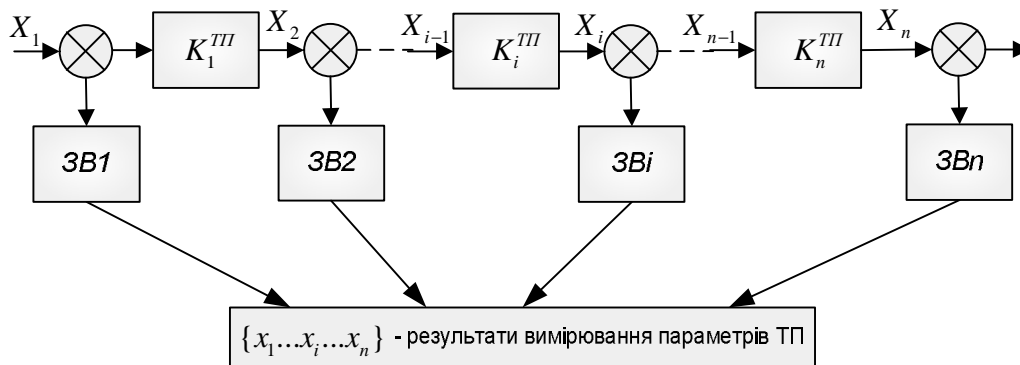


Рис. 1. Структурна схема технологічного процесу

де  $K_1^{ТП} \dots K_j^{ТП} \dots K_m^{ТП}$  – коефіцієнт впливу  $j$ -ї технологічної операції на вихідні показники якості;  $ЗВ1 \dots ЗВn$  – засоби вимірювань технологічних параметрів.

Серійне виробництво характеризується значною кількістю основних та допоміжних технологічних операцій, результат здійснення яких великою мірою залежить від точності контролю. Дуже часто встановлення коефіцієнтів впливу окремого технологічного перетворення на загальний результат функціонування ТП нашоується на значні труднощі, зумовлені неможливістю встановлення однозначного взаємозв'язку між конкретним технологічним перетворенням та показником якості готової продукції.

Одиничні показники, за якими оцінюють узагальнений показник якості готової продукції, є результатом здійснення одного і того самого ТП. Контроль ходу та управління технологічним

процесом здійснюють, використовуючи результати вимірювань сукупності ЗВТ, які вимірюють технологічні параметри. Враховуючи це, можна вважати, що показники якості продукції однозначно залежать від результатів ряду нерівноточних вимірювань окремих технологічних параметрів.

Тоді результат вимірювання одиничного показника якості готової продукції –  $Q_i$  однозначно залежатиме від сукупності результатів вимірювань технологічних параметрів –  $\{X_1 \dots X_m\}$  і для налагодженого ТП (брак відсутній) можна стверджувати:

$$Q_i \supseteq \{X_1 \dots X_m\} \quad (3)$$

З урахуванням коефіцієнтів впливу  $i$ -ї технологічної операції  $K_j^{ТП}$  на вихідний показник якості результат вимірювання одиничного показника якості готової продукції –  $Q_i$  можна подати виразом:

$$Q_i = \sum_{j=1}^m K_j^{ТП} \cdot X_j. \quad (4)$$

В цьому випадку результати однократних вимірювань значень технологічних параметрів підсумовуються з вагами –  $K_j^{ТП}$ , що відповідають їх значущості для одиничного показника якості продукції. Зрозуміло, що для реальних ТП часто важко встановити з необхідним ступенем відповідності значення  $K_j^{ТП}$ . Вважаючи, що налагодженому ТП відповідає певний рівень якості результатів вимірювань технологічних параметрів, можна стверджувати, що якість продукції визначається якістю ЗВТ, які використовуються в ТП.

Якість результатів ряду вимірювань залежить не тільки від обсягу експериментальних даних – кількості результатів однократних вимірювань, – але й від якості останніх. Показниками якості вимірювань є правильність та точність. Правильність характеризується систематичною складовою похибки вимірювання ЗВТ і забезпечується внесенням поправки в результат вимірювання.

Точність результату однократного вимірювання визначається випадковою складовою похибки ЗВТ. Остання, своєю чергою, характеризується оцінкою дисперсії, яка зі значним ступенем достовірності може бути визначена при здійсненні метрологічної перевірки:

$$S_{X_i}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \hat{X})^2, \quad (5)$$

де  $\hat{X}$  – середнє арифметичне значення вимірюваного параметра, отримане за результатами  $n$  незалежних вимірювальних експериментів.

Вважаючи, що точніші результати є вагомішими, коефіцієнт впливу  $j$ -ї технологічної операції  $K_j^{ТП}$  на вихідний показник якості можна подати як:

$$K_j^{ТП} = \frac{1}{S_{X_j}^2} \quad (6)$$

Забезпечивши умову нормування  $\sum_{j=1}^m K_j^{ТП} = 1$ , значення  $K_j^{ТП}$  можна знайти з виразу:

$$K_j^{ТП} = \frac{1}{\sum_{j=1}^m S_{X_j}^2}. \quad (7)$$

Визначення значень  $K_j^{ТП}$  для конкретних ТП може викликати значні труднощі, пов'язані із неможливістю встановлення математичних моделей, що пов'язують певний технологічний параметр із показником якості готової продукції. Тому для практичного застосування запропонованого підходу доцільно скористатися методом максимальної правдоподібності.

Функція правдоподібності показує, наскільки те чи інше значення кожної числової характеристики “правдоподібніше”, ніж інші. Функція правдоподібності досягає максимуму при значеннях змінних, які є найефективнішими їх оцінками. Це можна подати таким виразом:

$$L = p(s_{x_1}^2, s_{x_2}^2, \dots, s_{x_n}^2, s_{q_1}^2, s_{q_2}^2, \dots, s_{q_n}^2) \Rightarrow \max \quad (8)$$

де  $p(s_{x_1}^2, s_{x_2}^2, \dots, s_{x_n}^2, s_{q_1}^2, s_{q_2}^2, \dots, s_{q_n}^2)$  – багатовимірна густина розподілу ймовірностей системи випадкових чисел, яка складається з дисперсій вимірювання параметрів ТП –  $s_{x_1}^2, s_{x_2}^2, \dots, s_{x_n}^2$  та дисперсій вимірювання показників якості продукції –  $s_{q_1}^2, s_{q_2}^2, \dots, s_{q_n}^2$ .

Процедуру знаходження екстремуму функції (8) можна здійснювати під час планових налагоджень ТП.

**Висновки.** Використання запропонованого підходу для погодження точності контролю технологічних параметрів з точністю контролю якості готової продукції дасть змогу:

- поєднати процедури оцінювання якості готової продукції та якості процесів її виготовлення;
- підвищити оперативність контролю якості продукції та відповідно зменшити час реагування на небажані зміни ходу ТП;
- спростити методики контролю та налагодження ТП

Загалом використання процедури погодження точностей контролю показників якості ТП та готової продукції сприятиме підвищенню ефективності управління технологічним процесом та якістю продукції.

1. ДСТУ 2925-94 Якість продукції. Оцінювання якості. Терміни та визначення. 2. ДСТУ ISO 9000:2009. 3. Микийчук М.М., Бойко Т.Г., Бубела Т.З. Параметрична модель для оцінювання якості технологічних процесів // Автоматика, вимірювання та керування / Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2007. – № 574. – С. 89–93. 4. Бобало Ю.Я., Кіселичник М.Д., Недоступ Л.А. Системний аналіз якості виробництва прецизійної радіоелектронної апаратури / За ред. Л.А. Недоступа. Монографія. – Львів: Держ. ун-т “Львівська політехніка”, 1996. – 168 с. 5. Шишкин И.Ф. Метрология, стандартизация и управление качеством: Учеб. для вузов / Под ред. акад. Н.С. Соломенко. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 342 с.