

УДК 681.518

М. В. Васьків, асп.; В. В. Іващук, канд. техн. наук, доц.

## МОНІТОРИНГ ЯКОСТІ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ АГРЕГОВАНИМ ВИРОБНИЦТВОМ

*Як розв'язання проблеми керування багатостадійного агрегованого виробництва запропонована модель управління якістю продукції з використанням процедури моніторингу, на основі статистичного керування, що відноситься до систем контролю складних технологічних процесів харчових виробництв і може бути застосована для попередження, виявлення та запобігання виготовленню дефектної продукції.*

З кожним роком кількість мікропроцесорних засобів в промисловості неухильно зростає. Збільшується також і кількість точок контролю спостережуваних об'єктів, збільшується число використовуваних мереж обміну даними. Як і раніше найбільш вимогливими об'єктами автоматизації залишаються механічні засоби [1]. Особливо відчутно позначаються на вимогах механічних додатків такі процеси, як контроль якості деталей упаковки, зварних або клеєних швів, складних логістичних міток. При цьому в реальних виробничих умовах до списку проблемних завдань слід додати вібрації технологічного транспортера і неоднозначне положення друкованих етикеток на упаковці.

В процесі виконання механічних операцій нерідко виникають помилки, наслідками яких стає незакрита пляшка, погано упакований, а то й зовсім деформований виріб або в кінцевому підсумку — поломка механічного агрегату, зупинка конвеєра. Проблема порушення виробничого конвеєра призводить до несвоєчасного виконання замовлення, повернення партій готової продукції, втрат в результаті простою обладнання. В складних виконавчих системах такими характеристиками, як крутний момент та підтримання швидкості, займаються сервопідсилювачі. Розв'язанням однорангових задач роботи паралельних виконавчих систем, розрахунком кута повороту та синхронізацією заданого руху із паралельно працюючими системами опікуються контролери переміщення. В задачах контролерів переміщення кожна миттєва позиція має бути скорегована у відповідності до основного завдання процесу. Заявлені задачі забезпечення складного переміщення та синхронізації виконуються в умовах жорсткого реального часу, а звідси і вимоги до тривалості циклу контролера, яка вимірюється одиницями мілісекунд [2]. Така швидкість відпрацювання потребує чіткого, однозначного завдання по переміщенню.

В системі завжди забезпечується швидкісний обмін даними між контролерами переміщення і контролерами, які пов'язують вирішення глобальної задачі керування з системою сервопривода (виконавчого механізму).

Для розв'язання **реальної задачі керування** потрібна робота контролера переміщення та головного операційного контролера, який реалізуватиме зв'язок та узгоджуватиме реалізацію задачі переміщення з іншими суміжними технологічними задачами [3].

Тут вже не йдеться мова про статистичну помилку чи наявність як завгодно малого перехідного процесу, тому і переваги віддаються швидким рішенням та позиційному керуванню. Все управління вибудовано на висновках про стан та подіях, які очікує умова [1]. Кожна норма, яка створює умову, має власний допустимий розмах змінюваних параметрів упаковки, що визначаються вимогами встановлених технічних умов (ТУ). Контроль деяких із заявлених за ТУ характеристик вимагає значних затрат або ж взагалі лабораторного досліджування отриманого пакувального виробу. Вирішенням поставленого завдання є підвищення умов спостережності за змінними технологічного процесу та характером їх варіацій.

Першим етапом оцінки умов спостережності об'єкта є аналіз наслідків, що призводять до відхилення встановлених норм ТУ.

Найзатратнішим тут виявляється статистичне дослідження повторюваності відхилень,

за яким виконується стратифікація по етапах перетворення виробу.

Таким чином, оцінка необхідності введення нової спостережної змінної для визначення стану технологічних процесів перетворення переходить в розряд економічно обґрунтованих витрат або залишається відповідною до технологічних потреб виробництва.

Наразі, система будується як оптимальна за техніко-економічними показниками.

Контроль значень технологічних параметрів на відповідність заявленим регламентом величинам не дозволяє безпечно змінювати продуктивність та енергетичні характеристики виробництва, підтримувати ритмічність технологічного потоку зі зміною часу присутності виробу в теплових агрегатах, де стала часу теплообміну залишається незмінною зі зміною продуктивності печі. Подібні зрушення, викликають необхідність у залученні системи моніторингу, яка б слідкувала за помилками технологічного процесу та вчасно попереджувала передумови виходу невідповідного продукту.

Система моніторингу якості продукції і контролю процесів на всіх етапах технологічного циклу продукції подана в національному стандарті України ДСТУ ISO 9001–2009 (ISO 9001:2008, IDT) [4], який прийшов на заміну ДСТУ ISO 9001–2001, згідно з яким забезпечується оперативне управління якістю процесів виготовлення. Відповідно до пункту 8.2.3 стандарту ДСТУ ISO 9001–2009, для проведення моніторингу не достатньо просто відслідковувати параметри процесу (іншими словами, критерії моніторингу [див. п. 4.1 ДСТУ ISO 9001–2009]), але й застосовувати належні *методи моніторингу* системи управління якістю, для доведення спроможності процесів у досягненні запланованих результатів. Якщо заплановані результати не досягненні, то потрібно належним чином реалізувати коригувальні дії.

Основними методами моніторингу обрано *методи математичної статистики*, що пов'язані із статистичною природою інформації, яка породжується у виробничих процесах. Дійсно, навіть за строгого дотримання технології на виробничий процес (виготовлення упаковки) впливає безліч випадкових чинників, які не дозволяють отримати бажаний детермінований показник якості [5]. Це приводить до необхідності аналізувати ситуацію за середньостатистичними показниками, з імовірнісною оцінкою очікуваного значення показника (визначаються середнє арифметичне значення  $\mu$  та середнє квадратичне відхилення  $\sigma$ ) [6].

Параметр  $\mu$  отримують як середнє арифметичне  $k$  значень  $\bar{X}_i$ :

$$\mu = \bar{\bar{X}} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \bar{X}_i, \quad (1)$$

де

$$\bar{X}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_{ij} \quad \left( \begin{matrix} i = 1, 2, \dots, k; \\ j = 1, 2, \dots, n. \end{matrix} \right) \quad (2)$$

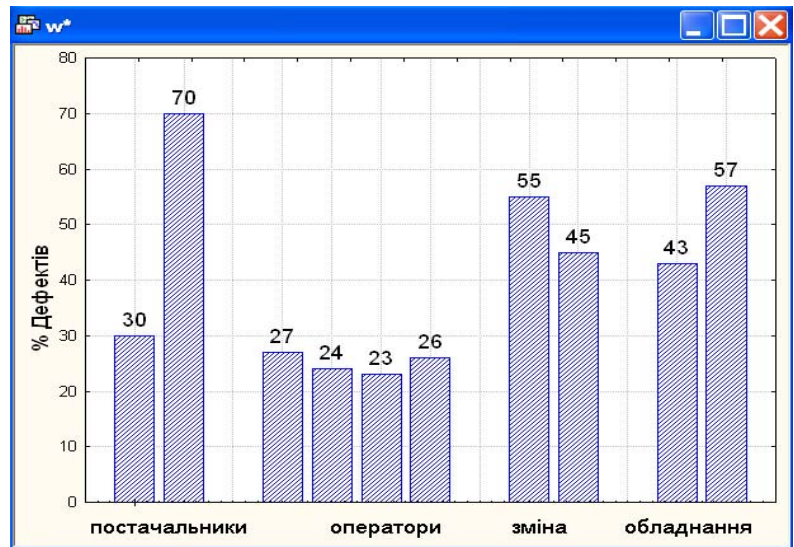


Рис. 1. Стратифікація джерел виникнення дефектів



Рис. 2. Схема контролю технологічного процесу

Розраховують параметр  $\sigma$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{b=1}^n (X_b - \bar{X})^2} \quad (b = 1, 2, \dots, N), \quad (3)$$

де  $N$  — обсяг контролю;  $X_b$  — результати контролю, отримані на стадії попереднього дослідження;  $\bar{X}$  — середнє арифметичне результатів контролю  $\bar{X}_i$ .

Статистичні методи вирішують задачі вимірювання, складання описів, аналізу, інтерпретування та моделювання цієї змінюваності, навіть за відносно обмеженої кількості даних [7]. Як правило, чим більша точність досліду, тим вищий критерій достовірності  $t_S$ . Тому, під час планування необхідного мінімального об'єму вибірки, ставиться завдання визначення об'єму вибірки в такому розмірі, щоб вибіркова середня характеризувала об'єктивно існуючу гіпотетичну середню всієї сукупності із заданого рівня достовірності.

Об'єм вибірки, що дозволяє із заданою імовірністю приймати результат статистичного аналізу, визначається за формулою

$$n = \left( \frac{t_S \sigma}{m_x} \right)^2, \quad (4)$$

де  $n$  — об'єм вибірки;  $t_S$  — критерій Стюдента (залежить від рівня імовірності, який встановлює дослідник.);  $m_x$  — планована помилка вибіркової середньої.

Статистичний аналіз допомагає забезпечити краще розуміння природи, масштабу та причин змінюваності, сприяючи тим самим вирішенню і навіть запобіганню проблем, які можуть виникнути внаслідок цієї змінюваності, а також спонукати до постійного поліпшення. Ці методи є основою для ефективного розпізнавання проблем і аналізу їх першопричин. Таким чином, можна сподіватися на отримання повної картини про можливі причини проблем, через що застосування статистичного регулювання для моніторингу якості продукції є досить дієвим шляхом розробки нової технології й контролю виробничих процесів.

Розроблена процедура моніторингу системи управління якістю (СУЯ) процесу виготовлення необоротної пляшки (в дослідженому випадку поліетилентерефталат, надалі ПЕТ) для безалкогольних напоїв дозволяє провести оцінку характерних ознак дефекту і за необхідності застосувати коригуючі дії, відповідно до вимог ДСТУ ISO 9001–2009. Ця процедура моніторингу дозволить визначити відсоток виготовлення дефектної продукції, оцінити коефіцієнт точності та стан процесу виготовлення ПЕТ пляшки, а, отже, й вплив процесів СУЯ на економічні показники підприємства.

Для того, щоб зробити висновки про функціонування СУЯ виробництва ПЕТ пляшки для безалкогольних напоїв, необхідно спочатку оцінити стан процесу та узагальнити отримані результати аналізу. Проведення моніторингу за ДСТУ ISO 9001–2001, дозволить визначити:

- підтвердження відповідності функціонування процесу виготовлення ПЕТ пляшок встановленим технічним вимогам;
- причини невідповідностей, що виникають в процесі виготовлення ПЕТ пляшок;
- підтвердження на виконання коригувальних дій;
- ступінь розуміння персоналом цілей, завдань і вимог, встановлених в процесі виконання цього процесу;
- шляхи подальшого вдосконалення процесу в системі управління якістю.

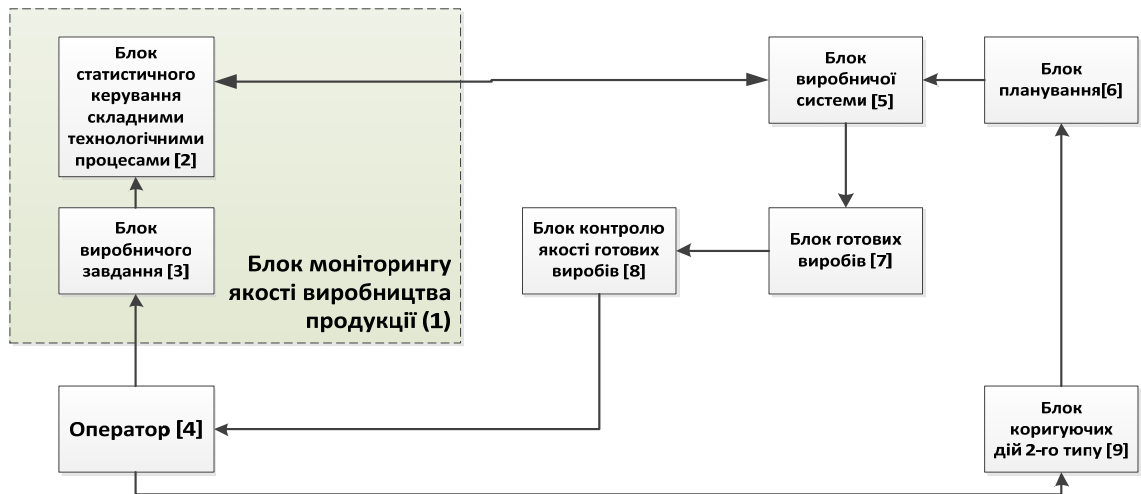
За результатами оцінки реалізації процесу визначаються невідповідності і розробляються коригуючі дії, спрямовані на подальше поліпшення результативності та ефективності процесу виготовлення пляшки. Аналіз запланованих і виконаних заходів дозволить власникові процесу не тільки здійснювати планування робіт для виконання цього процесу, а й покращувати його за рахунок проведення порівняльного аналізу запланованих і виконаних заходів, а також розробити план необхідних попереджувальних та/або коригувальних дій, спрямованих на досягнення запланованих цілей. Важливо також відмітити, що величезне значення в цьому аналізі приділяється умовам та термінам отримання вибір-

ки даних. Період проведення вимірювань результативності процесу вибирає власник процесу (оператор лінії), виходячи з виду процесу. Правильно обраний період аналізу функціонування процесу дозволяє виконувати упереджений прогноз появи прихованого браку виробів.

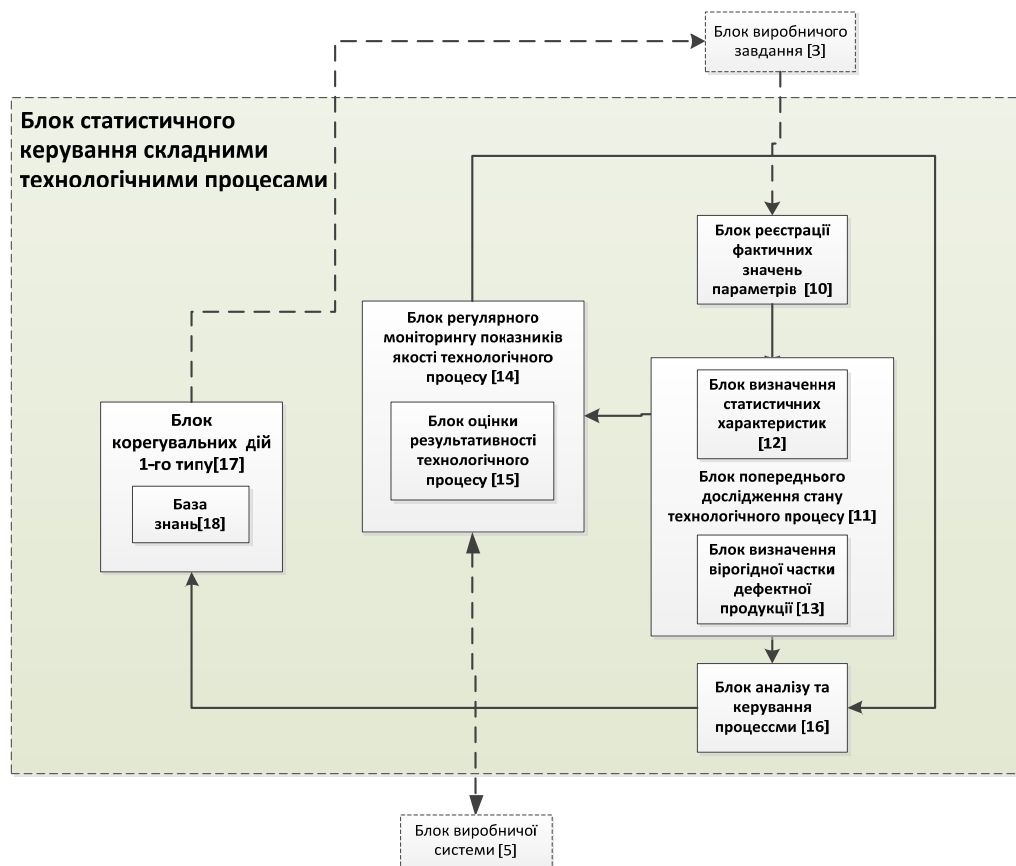
Процедура моніторингу процесів СУЯ складається з таких етапів (рис. 3):

— оцінка стану процесу з подальшими корегувальними діями 1-го типу: виявлення і ліквідація негативної дії причин і наслідків, що впливають на досліджуваний об'єкт; переналадження технологічного обладнання. (рис. 3б);

— оцінка стану готових виробів з подальшими корегувальними діями 2-го типу: визначення рекомендацій щодо зміни загальних вимог регламенту процесу, документації, а також прийняття рішень на виконання ремонту (заміни) елемента обладнання (див. рис. 3а).



а



б

Рис. 3. Структурна схема процедури моніторингу якості виробництва продукції

## Висновки

В основу створеної моделі процедури моніторингу якості виробництва продукції (ПЕТ пляшок) поставлена задача розробки системи, що гарантує усунення дефектів продукту, що пов'язані з незадовільною реалізацією процесів виробництва, а також збільшення автономності процесу прийняття рішень, що сприяє зменшенню тривалості загального виробничого циклу та підвищує ритмічність потоку процесів.

У запропонованій моделі корисний ефект отримується за рахунок створення коригувальних рішень різного рангу, що дозволяє приймати автономне керування або здійснювати кардинальні зміни в реалізації процесу із залученням вищих керівних рішень.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вентильные электродвигатели малой мощности для промышленных роботов / [В. Д. Косулин, Г. Б. Михайлов, В. В. Омельченко, В. В. Путников]. — Л. : Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1988. — 184 с.
2. Jerome J. Connor — Introduction to Structural Motion Control Publisher / J. Jerome Connor. — Prentice Hall, 2002. — 704 p. — ISBN: 0130091383.
3. Ziegler J. G. Optimum Settings for Automatic Controllers / J. G. Ziegler, N. B. Nichols. — Transactions of the American Society of Mechanical Engineers (ASME), 1942. — V. 64. — P. 759—768.
4. Системи управління якістю. Вимоги : ДСТУ ISO 9001:2009 (ISO 9001:2008, IDT). — К. : Держстандарт України, 2009. — (Національні стандарти України).
5. Фомичев С. К. Основы управления качеством : учеб. пос. / С. К. Фомичев, А. А. Старостина, Н. И. Скрыбина. — Межрегиональная академия управления персоналом. — К. : МАУП, 2000. — 194 с.
6. Гиссин В. И. Управление качеством / В. И. Гиссин. — 2-е изд. — М. : ИКЦ «МарТ», Ростов-н/Д : Издательский центр «МарТ», 2003. — 400 с.
7. Химмельблау Д. Анализ процессов статистическими методами / Д. Химмельблау ; пер. с англ. В. Д. Скаржинский / ред. В. Г. Горский. — М. : Мир, 1973. — 959 с. : ил.

Рекомендована кафедрою комп'ютерних систем управління

Стаття надійшла до редакції 11.03.11  
Рекомендована до друку 13.04.11

**Іващук В'ячеслав Віталійович** — доцент, **Васьків Мар'яна Василівна** — аспірантка.

Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, Національний університет харчових технологій (НУХТ), Київ