

ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ МЕМС-АКСЕЛЕРОМЕТРІВ

Прінь К. В., Безкоровайний В. В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

Однією з ключових технологій при створенні та виготовленні багатьох сучасних електронних пристроїв вважається технологія мікроелектромеханічних систем (MEMS – Micro-Electro Mechanical Systems). Такі системи утворюються шляхом комбінування механічних елементів, електроніки та датчиків, причому усі елементи можуть бути реалізовані у вигляді єдиного виробу [1]. Виготовлення МЕМС-акселерометра являє собою складний технологічний процес (ТП), під час якого повинні бути витримані усі вимоги забезпечення його функціональних параметрів. Такий процес може складатися з десятків окремих операцій, є багатоваріантним та оцінюється за множиною показників якості [2-3]. Оскільки ТП виготовлення МЕМС-акселерометрів у своїй більшості є складними динамічними об'єктами, в яких взаємодіють технологічне обладнання, засоби контролю та керування, допоміжні та транспортні пристрої тощо, то робота не з самим процесом, а його моделлю дає можливість швидше дослідити його властивості та поведінку [4].

Технологічні процеси виготовлення МЕМС-акселерометрів у загальному випадку зручно подавати як СМО (системи масового обслуговування) $Q = \langle W, U, H, Z, R, A \rangle$ (де W – вхідні потоки заготовок; U – час виконання операцій; H – ємності накопичувачів для деталей і заготовок; Z – множина станів системи, що визначає зайнятість обладнання, черг та накопичувачів; R – схема ТП; A – алгоритм ТП) (рис. 1) [5]. Найпростіші ТП досліджуються з використанням аналітичних моделей теорії масового обслуговування. Для аналізу більш складних процесів, які подаються як багатоканальні багатофазні СМО, використовується імітаційне статистичне моделювання.

Елементами Q -схеми є: D – джерела, що відображають надходження заготовок; K – канали обслуговування, які відображають обладнання, що виконує технологічні

операції; черги перед каналами, що можуть утворюватися внаслідок розбіжності у часі виконання окремих операцій.

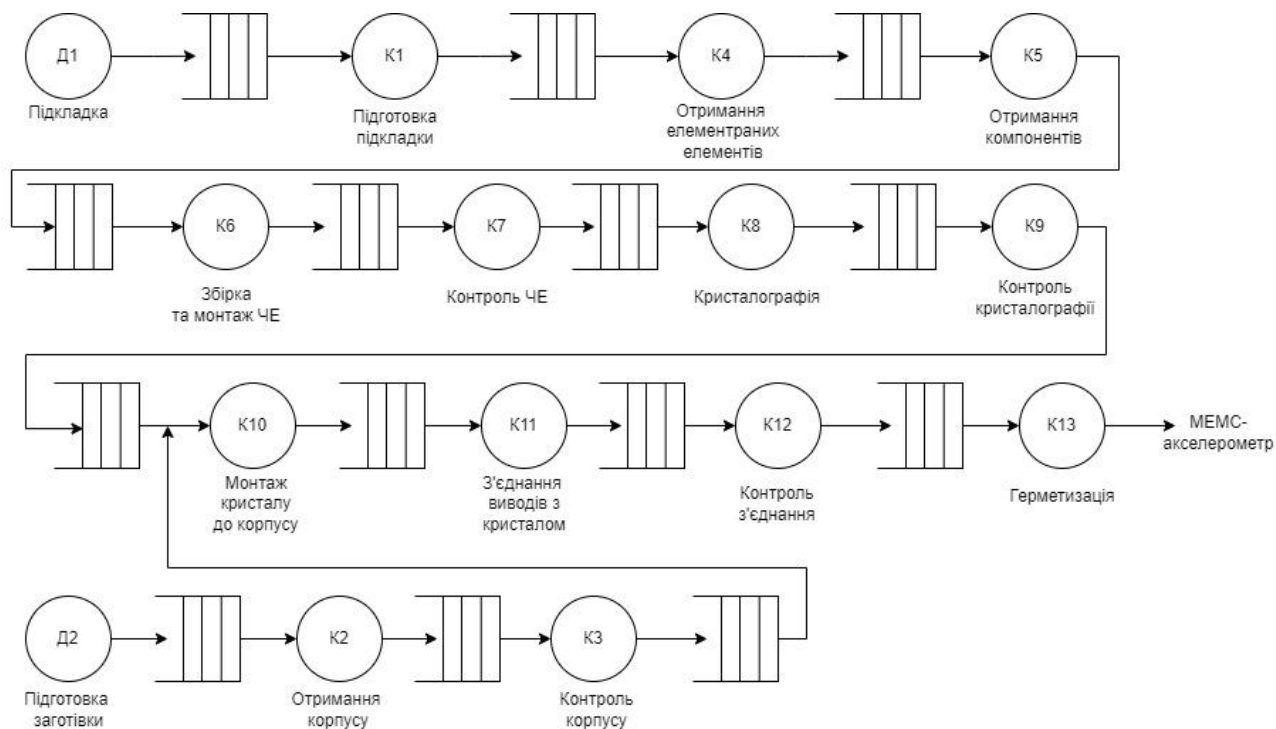


Рисунок 1 – Q-схема ТП виготовлення MEMС-акселерометрів [5]

Для визначення ймовірно-часових характеристик процесу попередньо встановлюють види та параметри законів розподілу вхідних потоків заготовок W і часу виконання технологічних операцій U та ємності накопичувачів для деталей і заготовок H .

Похибка ε результатів статистичного моделювання ТП виготовлення MEMС-акселерометрів визначається точністю вхідних даних і кількістю реалізацій моделювального алгоритму N . Для забезпечення стійкості оцінок імовірності простою технологічного обладнання p будемо обчислювати на основі певної кількості експериментів (зібраних акселерометрів чи прогонів алгоритму) N . Як достовірність оцінок пропонується використовувати ймовірність α того, що похибка результатів ε не перевищить задане значення ε^* . Як оцінку ймовірності використаємо частоту появи події простою обладнання. Тоді відомо, що похибка ε оцінки ймовірності простою обладнання ТП p після проведення N експериментів

складатиме $\varepsilon = t_{\alpha} \sqrt{p(1-p)/N}$ (t_{α} – табличний параметр, значення якого визначається заданою достовірністю результатів). Для забезпечення заданої точності результатів ε^* необхідно провести $N = t_{\alpha}^2 p(1-p) / \varepsilon^2$ експериментів.

Розроблена імітаційна модель дозволить підвищити точність аналітичних оцінок імовірності простою обладнання ТП за рахунок використання інформації про закони розподілу вхідних потоків і часу виконання технологічних операцій. Напрямок подальших досліджень може бути інтеграція запропонованої моделі в технології оптимізації ТП виготовлення МЕМС-акселерометрів в задачах їх проектування та реінжинірингу.

Література:

1. Accelerometers: Taking the Guesswork out of Accelerometer Selection. [Онлайн].
Доступно: <https://blog.endaq.com/accelerometer-selection>.
2. V. Beskorovainyi, L. Petryshyn and O. Shevchenko, "Specific subset effective option in technology design decisions", Applied Aspects of Information Technology, Vol. 3., No.1, pp. 443-455, 2020.
3. V. Beskorovainyi, "Combined method of ranking options in project decision support systems", Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries, No 4 (14), pp. 13-20, 2020.
4. Опис технологічного процесу. [Он-лайн]. Доступно:
<https://sterbrust.tech/tehnologii/tekhnologicheskijj-process.html>.
5. І. Ш. Невлюдов, Г. В. Пономарьова та В. О. Бортнікова, «Імітаційна модель технологічного процесу виготовлення мікроелектромеханічних акселерометрів», Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки, №1, т. 29 (68), ч. 1, с. 210-216, 2018.