

РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ОБРОБКИ ІЗ РОЗДІЛЕННЯМ ПОТОКІВ ВИРОБІВ НА ВИХОДІ

Д. т. н. А. П. Бондарев, к. т. н. Н. І. Нестор

Національний університет «Львівська політехніка»

Україна, м. Львів

bondap@ukr.net, natalia.nestor@gmail.com

Отримано аналітичні вирази для статистичних характеристик технологічних операцій, які мають один потік виробів на вході і декілька на виході. Застосований математичний апарат характеристичних функцій дозволив врахувати довільні розподіли похибок параметрів оброблюваних виробів, керуючих та збурюючих дій технологічних операцій.

Ключові слова: математична модель, технологічні операції, обробка, контроль, аналіз технологічних процесів, характеристична функція.

Базою сучасного серійного виробництва є технологічні лінії з автоматизованим збором статистичної інформації щодо відхилень параметрів технологічних операцій (ТО) та виробу. Для використання цієї статистики у моделях технологічних процесів (ТП) застосовують апроксимацію відомими законами розподілу [1] або інтервальні методи [2], що знижує точність моделі. Апарат характеристичних функцій [3, 4] дає можливість безпосередньо використовувати реальну статистику.

Метою цієї роботи є демонстрація специфіки застосування апарату характеристичних функцій до моделювання ТП із розділенням потоків виробів, а також результатів такого моделювання.

Обробляючу ТО характеризують наступними векторними параметрами [3]: вхідні величини, управляючі впливи (управління), збурюючі впливи (збурення), вихідні величини (виходи). Виходячи з незалежності цих векторів і прийнявши, що математичні очікування похибок дорівнюють нулю, для обробляючої технологічної операції отримано характеристичну функцію у вигляді

$$g_y(\lambda) = g_x(A^T \lambda) \exp[-(BK_U B^T + K_S) \lambda / 2] = g_x(A^T \lambda) \exp(-K_0 \lambda),$$

де g_x , g_y — характеристичні функції розподілів відхилень від номіналів на вході та виході ТО; λ — аргумент характеристичної функції; A , K , B — матриці зв'язку параметрів, вхідного та вихідного потоків виробів, керуючих та збурюючих дій технологічних операцій.

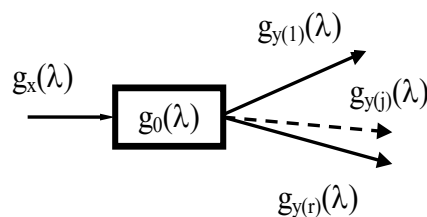


Рис. 1. Схема ТО з розділеними потоками на виході

Важливим завданням оптимізації ТП є раціональне використання матеріалів і часу виготовлення. Одним із способів раціонального використання матеріалів є виготовлення декількох виробів на одній заготовці (наприклад, одночасне формування струмопровідного рисунку декількох плат на одній заготовці, розділювальне штампування з одночасним виготовленням різних деталей). Але в подальшому виникає необхідність їхнього розділення. Схему такої ТО представлено на рис. 1. Оскільки до розділення на кожен складову заготовки здійснюється одночасний вплив тієї ж ТО, то можна вважати, що $g_{y(1)}(\lambda) = g_{y(2)}(\lambda) = \dots = g_{y(r)}(\lambda) = g_y(\lambda)$.

На рис. 2 зображено закон розподілу відносних відхилень контрольованого параметра від нормативу (a) і впливів ТО на заготовку (b). Оскільки обробляюча ТО впливає на всю заготовку одночасно, то на усі, розміщені на ній плати, буде поширюватися однаковий вплив. Після розділення кожен з чо-

тирьох потоків буде складатися з такої ж кількості виробів, як і кількість заготовок на вході ТО. Тому закони розподілу відносних відхилень контрольованого параметра будуть однакові (рис. 2, в).

У випадках коли для синхронізації потоку необхідно прискорити проходження виробів через ТО, однакові технологічні операції виконуються паралельно на декількох технологічних ланках з різними параметрами. Різницю параметрів зумовлено індивідуальними особливості устаткування. Розділення потоку здійснюється випадково та i -ю технологічною ланкою обробляється частина виробів всього потоку, яка визначається із співвідношення $\alpha_i = N_i/N$. Значення N_i залежить від пропускної здатності обладнання ланки. Для оброблення всього потоку має виконуватися умова

$$\sum_{i=1}^r \alpha_i = 1,$$

де r — кількість паралельних ланок.

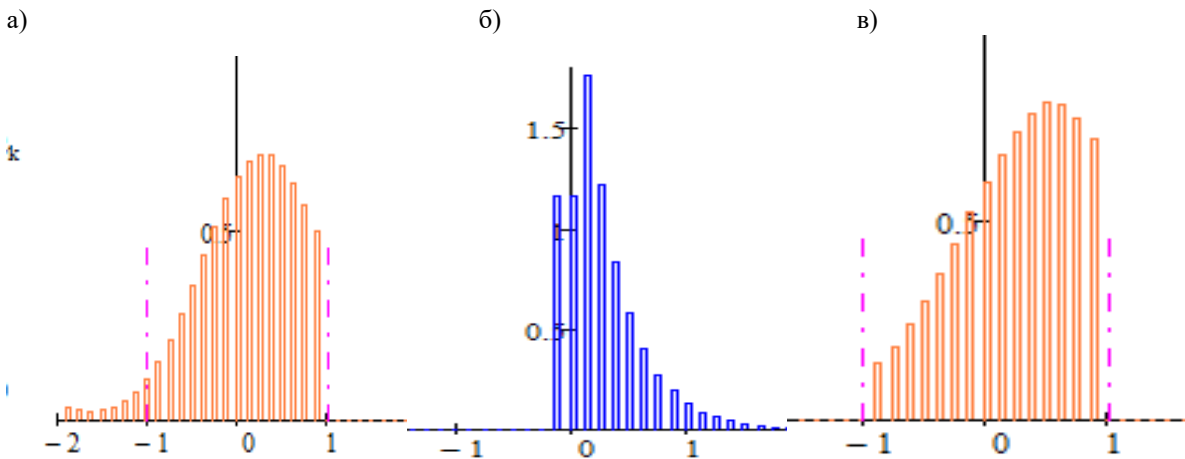


Рис. 2. Розподіли відносних відхилень вхідного параметру (а), параметрів ТО (б) та вихідного потоку (в)

Кожен частковий потік має такий самий закон розподілу, як і весь вхідний потік, але закони можуть відрізнятися. Ця різниця зумовлена тим, що кожна ланка характеризується своїми кількісними характеристиками. Тому для кожного вхідного часткового потоку можна прийняти співвідношення $g_{x(j)}(\lambda) = g_x(\lambda)$, а для кожного вихідного часткового потоку отримаємо $g_{y(j)}(\lambda) = g_x(A_j^T \lambda) g_{0(j)}(\lambda)$.

На рис. 3 зображено розподіли відносних відхилень контрольованого параметра від номіналу на вході ТО (а), впливів ТО на заготовку (б) і для кожного часткового потоку на виході (в). Різниця розподілів на виході зумовлена тим, що обсяг потоків не однаковий.

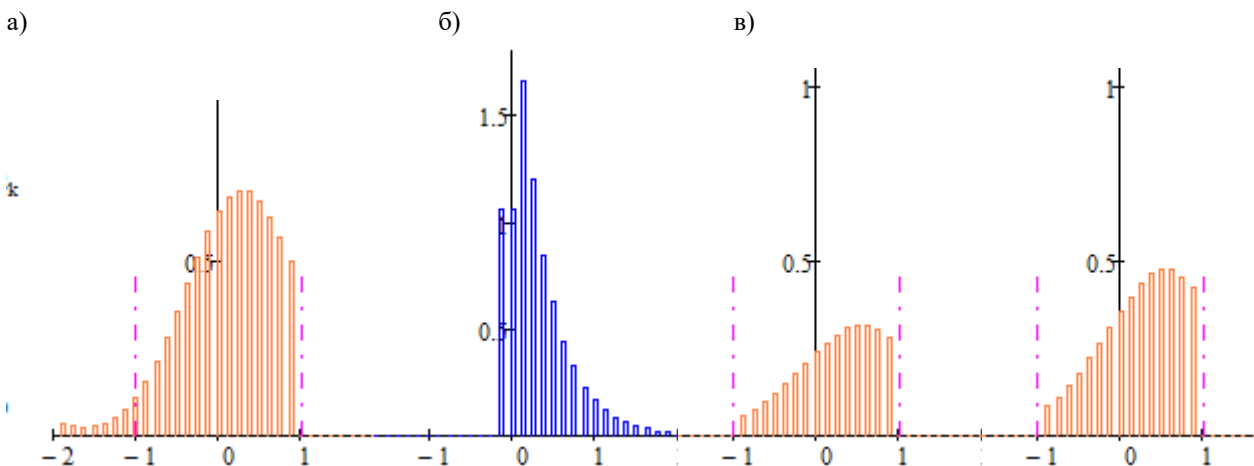


Рис. 3. Розподіли відносних відхилень вхідного параметру (а), параметрів ТО (б) та вихідних потоків (в)

При змішуванні вихідних потоків характеристична функція сумарного потоку набирає вигляду

$$g_y(\lambda) = \sum_{j=1}^r \alpha_j g_x(A_{(j)}^T \lambda) \exp(-K_{0(j)} \lambda / 2).$$

При аналізі складних схем ТП спрощення обчислень може бути досягнуто попередньою заміною певних типових виробничих ланок еквівалентними операціями [4]. Отримані формули роблять можливим опис технологічних ланок, які містять ТО з розділенням потоків на виході як однієї еквівалентної ТО.

Таким чином, продемонстрована специфіка застосування апарату характеристичних функцій до моделювання ТП із розділенням потоків виробів показала гнучкість цього апарату і незалежність від можливостей апроксимації реальних статистик виробів і операцій. Наведений приклад показав перетворення закону розподілу відхилень від номіналу для різних операцій обробки і контролю.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Ефимов В. В., Барт Т. В. Статистические методы в управлении качеством продукции: учебное пособие.— Москва: КНОРУС, 2006.— 172 с.
2. Шило Г. Н., Коваленко Д. А., Гапоненко Н.П. Расчет нормальных допусков с учетом отклонений коэффициентов внешних воздействий // Технология и конструирование в электронной аппаратуре.— 2009.— № 1.— С. 15—18.
3. Мотика І.І., Недоступ Л.А., Нестор Н. І. Моделювання статистичних характеристик технологічних процесів // Вісник НУ «Львів. Політехніка». Комп'ютерні системи проектування. Теорія і практика.— 2010.— № 685.— С. 55—59
4. Bondariev A., Nestor N. Advantages of the use of characteristic functions for the statistical analysis of technological processes // Machine Dynamics Research.— 2017.— Vol. 41, № 3.— P. 5—12.

A. P. Bondariev, N. I. Nestor

Simulation of technological operations with separation of flows at the output of assisted functions

Analytical expressions were obtained for the statistical characteristics of technological operations, which have one stream of products at the input and several at the output. The applied mathematical apparatus of characteristic functions takes into account arbitrary distributions of errors of the processed products parameters, control and disturbing actions of technological operations. The results can be used for the design of technological processes and for the analysis of the partial technological operations contribution to the defect of the final products of the processes at the operation stage.

Keywords: mathematical model, model of technological operations, model of processing operations, models of control operations, relative divergence from the nominal, analysis of technological processes, characteristic function.
