

Мінливості показника Кр притаманна зональна залежність, однак, зважаючи на синхронність його визначення, положення та функціональний стан дихального апарату обстежуваного особливого значення не мають.

Висновки

1. Прийнята у комплексі [1] тривалість реалізації (4с) недостатня для забезпечення збіжності результатів, прийнятної для цілей моніторингу. Алгоритм обстеження має передбачати усереднення результатів за (5-6) реалізаціями.
2. Зважаючи на синхронність визначення показника Кр, положення та функціональний стан дихального апарату обстежуваного особливого значення не мають.

Література

1. Смердов А., Сторчун Є., Славітич О. Автоматизований комплекс для експрес – діагностики на основі методів західної та тибетсько-монгольської медицини// Український журнал медичної техніки і технологій. – 1997, № 1-2. – С. 42-46.
2. Пат. 46316 А, Україна, МКИ А61В5/02. Пристрій формування пульсових сигналів/ Сторчун Ю.Є., Мандзій Б.А., Сторчун С.В. (Україна), Боронос В.В. (Росія), №2001064224; Заявлено 19.06.2001; Опубл. 15.05.2002, Бюл.№5 – 4 с.

УДК 630.323

Асист. Т.В. Іванишин – УкрДЛТУ

ОПТИМІЗАЦІЙНА МОДЕЛЬ СИНХРОННИХ БАГАТОВЕРСТАТНИХ ЛІНІЙ З ПОСТІЙНИМ РИТМОМ РОБОТИ У ВИРОБНИЦТВІ ВІКОННИХ І ДВЕРНИХ БЛОКІВ

Синтезовані математичні моделі цільової функції для оцінки та оптимізації структури синхронних триверстатних виробничих систем з постійним ритмом роботи.

T.V. Ivanyshyn – USUFWT

An optimizing model of synchronic multemachine production lines with constant rhythm of operation in windows and doors production.

Mathematical models of target-oriented function have been synthesized for the structure of synchronic multemachine production systems with constant operation rhythm for machining of windows and doors blanks estimation and optimizing.

Застосування критерію росту продуктивності (теорія продуктивності систем) [1] багатоверстатних виробничих систем для визначення найкращого варіанта структурно-компонувальної схеми лінії на початковому етапі її проектування та здійснення структурно-параметричної оптимізації вже скомпонованих і реально працюючих виробничих систем поступово відійшло на задній план. Сьогодні більш актуальними є економічні критерії оптимізації технологічного процесу. Зокрема, світова практика обґрунтування інвестиційних проектів у вирішенні питання про доцільність (недоцільність) капіталовкладень використовує в основному показник чистої поточної вартості (Net Present Value – NPV) [3], який тотожний "інтегральному економічному ефекту" і

є різницею сукупного доходу від реалізації продукції за період здійснення проекту і сумарних витрат за цей же час з урахуванням фактора часу (тобто з дисконтуванням різночасових доходів і витрат). Застосування "інтегрального ефекту" в ролі критерію оптимізації є динамічною задачею порівняння взаємозамінних варіантів технологій, точний розв'язок якої на предмет визначення економічно ефективнішого агрегування технологічної лінії за вказаним економічним критерієм є досить проблематичним, бо через статистичну природу всіх характеристик ліній, які є нестабільними та випадковими, що постійно ведуть до зміни величини капітальних витрат на експлуатацію та реалізацію тільки частини її продуктивності, важко прогнозувати в часі всі перспективні зміни параметрів якості функціонування обладнання виробничих систем обладнання та оброблення заготовок.

Тому, у випадку проектування нових виробничих систем, чи реконструкції старих, коли капітальні вкладення здійснюються одноразово перед початком їх експлуатації, а собівартість чи поточні експлуатаційні витрати є постійними (тобто не змінюються за роками), коли необхідно однозначно визначити економічно оптимальний варіант структури технологічного процесу – доцільно та значно простіше застосовувати статичну задачу порівняння варіантів капітальних вкладень і знаходження оптимальної структури багатоверстатної виробничої системи на основі середньорічних показників її функціонування, без врахування чинника часу і пов'язаних із ним змін за критерієм мінімуму загальних витрат на випуск продукції:

$$Z_L = \sum_{i=1}^a Z_{b_i} = \sum_{i=1}^a C_{b_i} \cdot n_{b_i} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де: Z_{b_i} – витрати оброблення заготовок на i -му верстаті в лінії; n_{b_i} – число оброблених заготовок на i -й операції; C_{b_i} – собівартість оброблення одиниці продукції на i -му верстаті; a – кількість машин в лінії.

З іншого боку, ігнорування величини фактичної продуктивності багатоверстатної виробничої системи P_L під час визначення її оптимальної структури за допомогою вибраної цільової функції Z_L унеможливує прогнозування обсягу виробничої програми випуску продукції. Тому в цьому випадку необхідно застосовувати метод двохкритеріальної оцінки оптимального варіанта структури лінії – з мінімальними витратами виробництва $Z_L = \min$, але під час оцінки пріоритетними та максимально можливою в цьому випадку продуктивністю потоку: $P_L \rightarrow \max$. Тоді, структура багатоверстатної виробничої системи буде оптимальною, коли виконуються такі умови:

$$\begin{cases} Z_L = \sum_{i=1}^a Z_{b_i} = \sum_{i=1}^a C_{b_i} \cdot n_{b_i} \rightarrow \min, \\ P_L = \rho_i \cdot P_i \rightarrow \max. \end{cases} \quad (2)$$

де: ρ_i – коефіцієнт використання робочого часу i -го верстата в лінії; P_i – циклова продуктивність i -го верстата в лінії.

Отже, стосовно триверстатних ліній механічного оброблення брускових заготовок віконних і дверних блоків з номінальними продуктивностями

верстатів P_1 , P_2 і P_3 і собівартістю оброблення однієї деталі Z_1 , Z_2 і Z_3 поточні витрати випуску продукції на дільницях визначатимуться, як $Z_{\Sigma} = P_1 Z_1$, $Z_{\Sigma} = P_2 Z_2$ і $Z_{\Sigma} = P_3 Z_3$. Тоді, враховуючи те, що фактична продуктивність лінії з послідовно працюючими агрегатами залежить від величини циклових продуктивностей та коефіцієнтів використання робочого часу її машин у потоці: $P_L = P_1 \rho_1 = P_2 \rho_2 = P_3 \rho_3$, математична модель для визначення сумарних експлуатаційних витратів на одиницю продукції в триверстатній виробничій системі синхронної дії з жорстким агрегуванням обладнання приймає вигляд [2]:

$$Z_L = \frac{P_1 Z_1 + P_2 Z_2 + P_3 Z_3}{P_L}. \quad (3)$$

У практиці кожен параметр P_i визначається усередненим значенням тривалості $\overline{t_{\mu}}$ операції на кожній дільниці: $P_i = 1/\overline{t_{\mu}}$. Вона також впливає на величину використання робочого часу ρ_i верстатів в лінії так, як $\rho_i = \overline{t_{\mu}} / \bar{t}$, де $\bar{t}$ – середнє значення тривалості роботи лінії. Але, як уже зазначалось, інтервали випуску $\overline{t_{\mu}}$ на дільницях через вплив на них під час роботи виробничої системи великої кількості стохастичних факторів мають випадковий характер. Тому не важко побачити, що через використання в математичній моделі [2] усереднених значень циклових продуктивностей P_i агрегатів, що компонує систему та фактичної продуктивності P_L розрахунок витратів Z_L на оброблення брускових заготовок буде завжди наближеним.

Тому, з метою покращення достовірності розрахунків цільової функції Z_L об'єднаємо модель (3) зі синтезованими моделями [4], де коефіцієнт використання робочого часу ρ_3 останньої машини із встановленими обмеженнями вхідних параметрів визначається з врахуванням параметрів Ерланга K_i працюючих в лінії верстатів, що характеризують випадковість оброблення заготовок на дільницях. Виразивши у знаменнику фактичну продуктивність P_L лінії через якісні параметри P_3 і ρ_3 останнього верстата, як визначального у потоці (бо закінчення на ньому технологічної операції є завершенням оброблення заготовки на лінії в цілому), отримаємо:

$$Z_L = \frac{P_1 Z_1 + P_2 Z_2 + P_3 Z_3}{P_3 \rho_3} = \left(\frac{P_1 Z_1}{P_3} + \frac{P_2 Z_2}{P_3} + \frac{P_3 Z_3}{P_3} \right) \frac{1}{\rho_3}. \quad (4)$$

Звідси, математична модель цільової функції за критерієм мінімуму витрат на одиницю продукції технологічного процесу механічного оброблення брускових заготовок для триверстатної лінії з жорстким агрегуванням обладнання та постійним ритмом його роботи (синхронної дії) має вигляд:

$$Z_L = \frac{\mu_3 Z_1 + \mu_2 Z_2 + Z_3}{\rho_3} = (\mu_3 Z_1 + \mu_2 Z_2 + Z_3) \rho_3^{-1} \rightarrow \min. \quad (5)$$

де: $\mu_3 = P_1/P_3$ – співвідношення циклових продуктивностей першої та другої машин в лінії; $\mu_2 = P_2/P_3$ – співвідношення циклових продуктивностей другої та третьої машин в лінії.

Тоді, виразивши величину коефіцієнта ρ_3 в лінії через експериментально визначені [4] значення параметрів K_i стабільності інтервалів випуску на її дільницях: $1 \leq K_1 \leq 60$, $1 \leq K_2 \leq 60$ і $1 \leq K_3 \leq 60$, у випадку агрегування виробничої системи різностабільним обладнанням з параметрами $K_1 \neq K_2 \neq K_3$ отримаємо математичну залежність $\rho_3 = f(K_1, K_2, K_3, \mu_1, \mu_2)$ оцінки сумарних витрат на оброблення заготовки для триверстатних виробничих систем з жорсткими міжагрегатними зв'язками і роботою обладнання в умовах стохастичної невизначеності варіювання його основних якісних параметрів:

$$Z_L = \frac{\mu_3 Z_1 + \mu_2 Z_2 + Z_3}{\ln(180037 \cdot K_1^a \cdot K_2^b \cdot K_3^d \cdot \mu_1^k \cdot \mu_2^n)}, \quad (6)$$

де $\mu_1 = \mu_1/\mu_2$ – відношення циклових продуктивностей першого і другого верстатів лінії;

$$\begin{aligned} a &= \ln[1,03708 \cdot K_2^{0,00171} / K_1^{0,00607}]; \quad b = \ln[1,03976 \cdot K_3^{0,0021} / K_2^{0,00639}]; \\ n &= \ln[(1,45166 \cdot K_2^{0,00581} \cdot K_3^{0,02673}) / (K_1^{0,00025} \cdot \mu_2^{0,1528})]; \\ k &= \ln[(1,17545 \cdot K_2^{0,01321} \cdot K_3^{0,01617} \cdot \mu_2^{0,19921}) / (K_1^{0,01104} \cdot \mu_1^{0,24216})]; \\ d &= \ln[1,04189 \cdot K_1^{0,00158} / K_3^{0,00679}]. \end{aligned}$$

Але відомо, що значення поточних витрат на оброблення однієї заготовки напряму залежить від продуктивності роботи обладнання в лінії. Остання за величиною практично завжди не співпадає з прогнозованим значенням продуктивності виробничої системи [1] під час її проектування. Тому собівартість продукції на визначеному верстаті, що розраховується для випадку його автономної роботи, завжди буде відмінною від значення поточних витрат Z_i на оброблення деталей, коли агрегат вмонтований в технологічну лінію і зазнає впливу суміжних верстатів. Тому (коли значення параметрів Z_i машин невідомі) одноразову оцінку ефективності функціонування виробничої системи за критерієм мінімуму експлуатаційних витрат на оброблення заготовок достатньо проводити з врахуванням коефіцієнтів стабільності K_i роботи обладнання та величини циклових продуктивностей P_i верстатів: $Z_L = f(K_1, K_2, K_3)$, або $Z_L = f(K_1, K_2, K_3, P_1, P_2, P_3)$, бо значення собівартості продукції на лінії залежить також від коефіцієнта накладання втрат H_L робочого часу обладнання, який у свою чергу визначається продуктивністю P_i верстатів і їх порядковим номером у структурі компонування лінії.

Для синтезу таких математичних моделей використана методика апроксимації в регресійні залежності $Z_L = f(K_1, K_2, K_3)$ і $Z_L = f(K_1, K_2, K_3, P_1, P_2, P_3)$ отриманого під час імітаційного моделювання на ЕОМ процесу механічного оброблення віконних і дверних деталей на синхронних триверстатних ліній з жорстким агрегуванням обладнання статистичного масиву значень експлуатаційних витрат Z_L з накладанням на випадкові вхідні фактори обмежень, визначених у процесі експериментального дослідження технологічного процесу на підприємствах деревообробної галузі.

Отже, для випадку зміни параметра Ерланга K_i на кожній ділянці триверстатної виробничої системи в межах $1 \leq K_i \leq 60$, $i = 1, \dots, 3$ витрати на оброблення однієї заготовки на лінії можна визначити з залежності:

$$Z_o = 5,44175 \cdot \left[K_1^{\ln(K_1^m / K_2^n) - k} \cdot K_2^{\ln(K_2^m / K_3^n) - k} \cdot K_3^{\ln(K_3^m / K_1^n) - k} \right], \quad (7)$$

де $m = 0.01213$, $n = 0.071$, $k = 0.0046$.

Дана математична модель синтезована за допомогою апроксимації більше 2000 отриманих на імітаційній моделі значень цільової функції для вказаних вхідних випадкових факторів K_i з тривалістю моделювання, рівною обробленню 300000 брускових заготовок. На всьому діапазоні проведених експериментів похибка аналітичних розрахунків значення Z_L не перевищує 3 %.

Очевидно, що під час оцінки ефективності функціонування довільної багатостатної виробничої системи з жорстким агрегуванням верстатів більш практичною та точнішою буде модель, в якій крім параметрів Ерланга K_i ($1 \leq K_i \leq 60$, де $i = 1, \dots, 3$) на функцію відгуку відображений вплив величини співвідношення μ_i кожної пари суміжних різнопродуктивних агрегатів, що komponують лінію ($0.5 \leq \mu_i \leq 2.0$, де $i = 1 \dots 2$). Тому, для випадку, коли $K_1 \neq K_2 \neq K_3$ отримаємо:

$$Z_o = e^{\ln(5,13824 \cdot K_1^a \cdot K_2^b \cdot K_3^c \cdot \mu_1^d \cdot \mu_2^k)}, \quad (8)$$

або

$$Z_o = 5,13824 \cdot \mu_1^a \cdot \mu_2^b \cdot \mu_3^c \cdot \mu_1^d \cdot \mu_2^k. \quad (9)$$

де

$$\begin{aligned} a &= \ln(0,942 \cdot K_1^{0,00965} \cdot K_2^{-0,00194}); \\ b &= \ln(0,9383 \cdot K_2^{0,01014} \cdot K_3^{-0,00199} \cdot \mu_1^{-0,01025}); \\ c &= \ln(0,9423 \cdot K_3^{0,00962} \cdot K_1^{-0,00141} \cdot \mu_1^{-0,01712} \cdot \mu_2^{-0,02354}); \\ d &= \ln(1,02612 \cdot K_1^{0,02273} \cdot \mu_1^{0,50708} \cdot \mu_2^{0,55255}); \\ k &= \ln(0,9766 \cdot K_1^{0,01662} \cdot K_2^{0,00977} \cdot \mu_2^{0,50686}). \end{aligned}$$

Для реалізації математичних моделей (8) і (9) за допомогою класичного методу статистичного моделювання на ЕОМ проімітовано більше 16200 імовірнісних станів триверстатної виробничої системи з тривалістю моделювання, тотожною обробленню на лінії 300000 брускових заготовок. Похибка розрахунку величини параметра Z_L в основному становить $\delta \leq 7$ %. Тобто, тільки у випадку $n = 12$ експериментів вона досягала максимального значення 11 %, а для 2,4 % від загальної кількості проведених досліджень ($n = 1620$) точність синтезованих моделей знаходилась в межах 8 – 10 %.

Висновки

1. Синтезовані математичні моделі цільової функції за критерієм мінімуму експлуатаційних витрат Z_L на оброблення брускових заготовок дозволяють розв'язувати завдання проектування оптимального варіанта

структурно-компонувальної схеми побудови трифазних виробничих систем синхронної дії з постійним ритмом роботи.

2. Дані моделі придатні для оцінки ефективності роботи та структурно-параметричної оптимізації вже скомпонованих і реально працюючих на виробництві технологічних ліній і потоків.
3. Представлені моделі дозволяють проводити порівняльну оцінку багатостатних виробничих систем із врахуванням їх характерних детермінованих параметрів та параметрів, що відображають роботу трифазних ліній в умовах стохастичної невизначеності варіювання величини вхідних якісних факторів системи.

Література

1. Г.А. Шаумян. Комплексная автоматизация производственных процессов. – М.: Машиностроение. 1973. – 639 с.
2. Д.Л. Дудюк, Л.Д. Загвойська, В.М. Максимів і ін. Елементи теорії автоматичних ліній. – К.: 1998. – 192 с.
3. А.Г. Загородній, Ю.І. Стадницький. Менеджмент реальних інвестицій. – К.: Знання, 2000. – 209 с.
4. Т.В. Іванишин. Математичні моделі ліній і технологічних потоків виробництва віконних та дверних блоків з жорстким агрегуванням обладнання// Науковий вісник: Збірн. наук.-техн. праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 2000, вип. 10.1. – 258-262 с.

УДК 658.527.011.56

Інж. І.Р. Головач – НУ "Львівська політехніка";
асист. М.М. Мусик, Р.Р. Курка – УкрДЛТУ

ЗАСТОСУВАННЯ ДИСКРЕТНОЇ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СОКОДОБУВНОЇ ДІЛЯНИЦІ ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ

Шляхом кібернетичного експерименту досліджено залежність ефективності функціонування ділянки сокодобування від стабільності вхідного потоку сировини та об'єму проміжного накопичувача.

Eng. I. Golovach – NU "Lviv'ska Politekhnik"; M. Mysyk, R. Kurka – USUFWT

Application of the discrete simulation model for an estimation of juice extract efficiency at the sugar factory

By cybernetic experiment the dependence of juice extract efficiency from stability of an input stream of raw material and size of bunkers is researched.

Технологічний процес екстракції (рис. 1) цукру з буряка у похилих дифузійних апаратах (ДА) типу DDS вимагає дотримання безперервної роботи екстрактора. Зупинки транспортних шнеків чи перерви подачі стружки приводять до порушення усталеного протічального процесу, і як наслідок – до зростання вмісту цукру в жомі. Похилі дифузійні апарати працюють ефективно за доброї узгодженості роботи попередніх і наступних станцій цукрового заводу та продуктивності не нижче 85-90 % від номінальної.