

швидко виконувати монтаж нетрадиційних форм корпусних виробів, а також блокувати горішні прохідні стінки корпусів в різних напрямках. Торці таких профілів закриваються заслінкою.

УДК 630.323

Ст. викл. Т.В. Іванишин – НЛТУ України

ЦІЛЬОВА ФУНКЦІЯ СТРУКТУРНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ТРИВЕРСТАТНИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ ІЗ ГНУЧКИМ АГРЕГАТУВАННЯМ ОБЛАДНАННЯ

Синтезовані математичні моделі цільової функції для аналізу та оптимізації структури триверстатних ліній із гнучким агрегуванням обладнання у виробництві віконних і дверних блоків.

Senior teacher T.V. Ivanyshyn – NUFWT of Ukraine

Goal function of structural optimization of lines from three machine-tools with the buffer supplies of purveyances between operations

Synthesized mathematical models of goal function of structural optimization of lines from three machine-tools with the stores of purveyances between operations of tooling of squared beams purveyances of windows and doors blocks.

Відомо, що автоматизовані системи машин із жорстким агрегуванням обладнання характеризуються мінімальною продуктивністю, низькою надійністю та високою собівартістю випуску продукції [1, 2, 3, 5]. У питанні підвищення ефективності їх роботи тут необхідна оптимізація співвідношення номінальних продуктивностей обладнання шляхом експлуатації у структурі лінії верстатів із однаковою пропускною здатністю предметів оброблення, або вирівнювання продуктивностей визначених технологічних операцій за рахунок установлення на ділянках декількох, паралельно працюючих машин. Але, як правило, на практиці проведення такої структурно-параметричної оптимізації є не можливим із конструктивних і технологічних міркувань.

Тому, із метою локалізації впливу на ефективність функціонування даної лінії випадкової відмови довільного верстата чи часу його простоювання, зменшення втрат робочого часу верстатів і виробничої системи машин у цілому в її структурі доцільно встановити міжопераційні накопичувачі предметів оброблення [1, 2]. Така лінія за принципом функціонування буде несинхронною з нестабільним ритмом роботи обладнання. Кожний установлений міжопераційний буферний пристрій характеризуватиметься питомими приведеними витратами Z_6 і місткістю M заготовок. Остання може визначатися їх числом n (у штуках), або тривалістю робочого циклу на суміжній технологічній операції. Параметри Z_{6i} і M_i , разом із питомими приведеними витратами Z_i обслуговування замовлення на кожній фазі багатоверстатної виробничої системи та коефіцієнтами використання робочого часу ρ_i машин визначатимуть сумарну собівартість оброблення заготовок у цілому.

Отже, цільова функція [2, 4] структурно-параметричної оптимізації автоматизованої лінії за критерієм мінімуму питомих приведених витрат на

виготовлення одиниці продукції для триверстатних несинхронних виробничих систем із гнучкими міжагрегатними зв'язками буде адекватно описуватися наступним рівнянням:

$$Z_{\text{Л}} = \sum_{i=1}^a \frac{Z_i}{\rho_i} + \frac{Z_{\text{б}2}M_2}{\rho_2} + \frac{Z_{\text{б}3}M_3}{\rho_3} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де: $a = 3$ – число верстатів у лінії, шт; Z_i – питомі приведені витрати оброблення заготовок на верстатах; $Z_{\text{б}2}$, $Z_{\text{б}3}$ – питомі приведені витрати для встановлених буферних пристроїв; ρ_i – коефіцієнти використання робочого часу верстатів; M_2 і M_3 – місткість міжверстатних накопичувачів.

Але розрахунок сумарних експлуатаційних витрат $Z_{\text{Л}}$ на лінії за допомогою даної залежності (1) є багатокроковою задачею, бо спочатку необхідно визначити точні значення коефіцієнтів використання робочого часу ρ_i верстатів. Величина ρ_i залежить від складного взаємовпливу параметрів машин у визначеному технологічному потоці, зумовленого випадковим характером зміни тривалостей циклу оброблення замовлення на кожній ділянці виробничої системи через вплив на неї значної кількості стохастичних збурювальних факторів. Тому, для розрахунку параметрів ρ_i для триверстатної лінії придатний відомий методом "віртуальних пар" [1], або математичні моделі, запропоновані автором [3, 5]. З метою спрощення розрахунку цільової функції та враховуючи відомі співвідношення між цикловими продуктивностями

P_i агрегатів і їх коефіцієнтами використання робочого часу – $\rho_1 = \frac{\rho_3 P_3}{P_1}$ і

$\rho_2 = \frac{\rho_3 P_3}{P_2}$, виразимо знаменник моделі (1) через коефіцієнт ρ_3 останньої машини в лінії:

$$\begin{aligned} Z_{\text{Л}} &= \frac{P_1 Z_1 + P_2 Z_2 + P_3 Z_3 + P_2 Z_{\text{б}2} M_2 + P_3 Z_{\text{б}3} M_3}{P_3 \rho_3} = \\ &= \frac{\mu_3 Z_1 + \mu_2 (Z_2 + Z_{\text{б}2} M_2) + Z_3 + Z_{\text{б}3} M_3}{\rho_3} \rightarrow \min, \end{aligned} \quad (2)$$

де: $\mu_3 = P_1/P_3$ – співвідношення величини циклових продуктивностей першого та останнього верстатів у лінії; $\mu_2 = P_2/P_3$ – співвідношення величини циклових продуктивностей другого та останнього верстатів у лінії; Z_1 , Z_2 і Z_3 – питомі приведені витрати оброблення заготовок на верстатах.

Тоді, згідно з рівнянням (1), яке синтезоване за результатами проведених експериментальних досліджень [3] статистичних характеристик функціонування обладнання, оптимізаційна модель роботи триверстатних виробничих систем із гнучким агрегуванням верстатів приймає вигляд:

$$Z_{\text{Л}} = \frac{\mu_3 Z_1 + \mu_2 (Z_2 + Z_{\text{б}2} M_2) + Z_3 + Z_{\text{б}3} M_3}{\ln(1,85189 \cdot K_1^a \cdot K_2^b \cdot K_3^c \cdot M_2^d \cdot M_3^k)}, \quad (3)$$

де: K_1 , K_2 , K_3 – коефіцієнти стабільності технологічних операцій;

$$a = \ln \left[1,049828 \cdot K_1^{-0,00701} \cdot K_2^{0,001984} \cdot M_2^{-0,012034} \cdot (K_3 \cdot M_3)^{0,001765} \right];$$

$$b = \ln \left[1,069733 \cdot K_3^{0,001831} / \left(K_2^{0,008793} \cdot (M_2 \cdot M_3)^{0,00699} \right) \right];$$

$$c = \ln \left[1,04994 \cdot M_2^{0,001909} / \left(K_3^{0,006963} \cdot M_3^{0,012012} \right) \right];$$

$$d = \ln \left[1,070425 \cdot M_3^{0,006374} / M_2^{0,006162} \right], k = \ln \left[1,070425 \cdot M_3 / M_2 \right]^{0,0063}.$$

Вплив стохастичних факторів на роботу триверстатної виробничої системи у даній моделі враховується інтегральним показником якості функціонування обладнання, а саме – параметром Ерланга K_i [1, 2, 3, 5].

Собівартість оброблення заготовок у виробничій системі машин також залежить від коефіцієнта $H_L = 1 - \rho_i$ накладання втрат робочого часу верстатів через випадковий характер величини їх циклових продуктивностей P_i . Цей вплив компенсується за рахунок установаження міжопераційних накопичувачів місткістю M_i . Тому, залежність цільової функції від параметрів P_i можна оцінити непрямим способом через стабільність K_i інтервалів випуску продукції на кожній ділянці, бо P_i і K_i визначаються середнім значенням тривалості операції на кожній ділянці. Тому, розглянувши функціональну залежність $Z_L = f(K_1, K_2, K_3, M_1, M_2)$ можна значно спростити математичну модель для визначення сумарних експлуатаційних видатків на оброблення одиниці продукції для триверстатних виробничих систем із гнучкими міжагрегатними зв'язками.

З цією метою, за допомогою імітаційної моделі змодельована на ЕОМ робота триверстатної несинхронної лінії з нестабільним ритмом роботи обладнання. Тривалість моделювання становила $n = 500000$ шт. оброблювальних заготовок. Значення вхідних параметрів змінювались у встановлених експериментальним шляхом діапазонах: $1 \leq K_i \leq 40$, $1 \leq M_i \leq 10$ і $K_1 \neq K_2 \neq K_3$. У результаті моделювання отримано 16000 можливих імовірнісних станів виробничої системи з обчисленим масивом значень цільової функції Z_L . Унаслідок апроксимації отриманих даних виведена математична модель, яка відображає залежність функції відгуку Z_L від вхідних факторів K_1, K_2, K_3, M_1, M_2 :

$$Z_L = e^{\ln(7,526537 \cdot K_1^a \cdot K_2^b \cdot K_3^c \cdot M_1^d \cdot M_2^k)}, \quad (4)$$

де:

$$a = \ln \left[\left(K_1^{0,006609} \cdot M_2^{0,013408} \right) / \left(1,053118 \cdot K_2^{0,001627} \cdot M_3^{0,001814} \cdot K_3^{0,001619} \right) \right];$$

$$b = \ln \left[\left(K_2^{0,008639} \cdot M_2^{0,010077} \cdot M_3^{0,009989} \right) / 1,083898 \cdot K_3^{0,001446} \right];$$

$$c = \ln \left[\left(K_3^{0,006588} \cdot M_3^{0,013402} \right) / 1,053369 \cdot M_2^{0,001918} \right];$$

$$d = \ln \left[1,161459 \cdot M_1^{0,106803} / M_2^{0,110993} \right], \quad k = \ln \left(1,162233 \cdot M_3^{0,106561} \right).$$

Проведена оцінка точності обчислень значень цільової функції за допомогою отриманої моделі (4) показала, що похибка розрахунків на всьому діапазоні можливої зміни величини вхідних параметрів становить $\delta \leq 4\%$. Для $k = 245$ із 16000 проведених експериментів вона знаходиться в межах $4 \leq \delta \leq 5\%$, що становить 1,5 % від їх загальної кількості. І тільки для 0,7 % ($k = 110$) експериментів точність розрахунку функції відгуку Z_L попадає в інтервал $5 < \delta < 9\%$.

Характер впливу місткостей накопичувачів трифазної виробничої системи на величину питомих приведених витрат оброблення замовлень $Z_L = f(M_2, M_3)$ показаний на рис. 1, а. Для ліній з рівностабільним і рівнопродуктивним обладнанням збільшення величини місткості міжопераційних запасів веде до зростання вартості виготовлення продукції через пропорційне збільшення в такому випадку витрат на буферні пристрої, що входять у склад загальних експлуатаційних витрат виробничої системи.

Якщо місткість накопичувачів на ділянках однакова, то збільшення величини міжопераційних запасів заготовок від $M_2 = M_3 = 1$ шт до $M_2 = M_3 = 10$ шт веде до різкого зростання (більше ніж у 3 рази) витрат Z_L на оброблення заготовок для всієї лінії. Найбільш чітко ця властивість проглядається також для випадку, коли параметри M_2 і M_3 відрізняються між собою – $M_2 \neq M_3$.

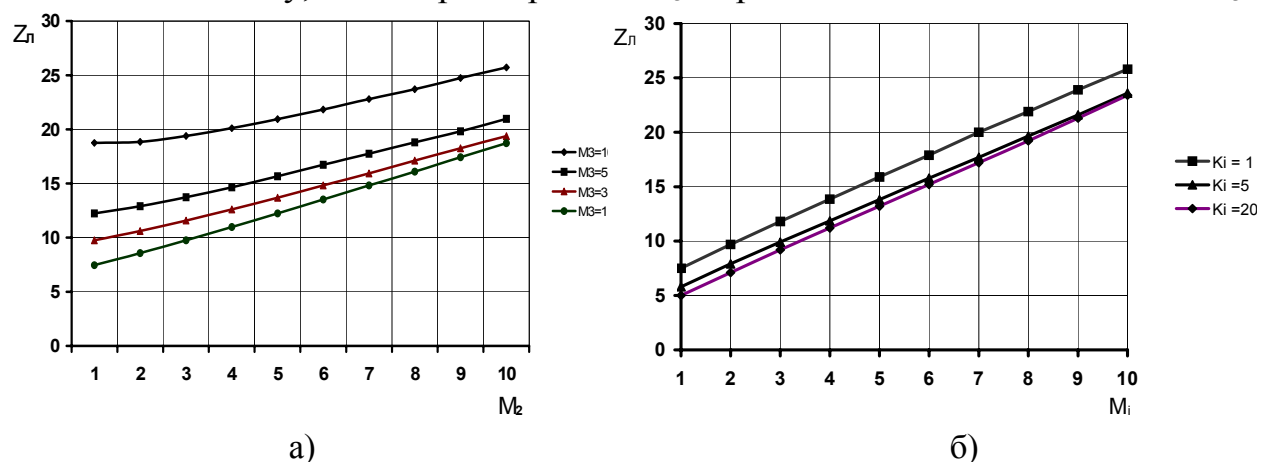


Рис. 1. Функціональна залежність цільової функції Z_L від місткості накопичувачів M_i та стабільності обладнання K_i

Необхідно відмітити, що характер впливу кожного з накопичувачів на цільову функцію в якісному та кількісному відношеннях носить однаковий характер. Тому, у випадку, коли місткість одного із двох буферних пристроїв знаходиться в межах 1...3 заготовок, а іншого – 5...10 заготовок, то зростання величини витрат Z_L триверстатної лінії на даних проміжках є незначним і носить плавний характер.

Як показує аналіз залежності $Z_L = f(M_i, K_i)$ для випадку, коли $M_2 = M_3$ і $K_1 = K_2 = K_3$ (рис. 1, б) найбільшими видатками на оброблення заготовок на всьому діапазоні варіювання величини міжопераційних запасів ($1 \leq M_2 = M_3 \leq 10$) володітиме триверстатна лінія з низьким коефіцієнтом K_i стабільності роботи

обладнання. Причиною цьому є високий коефіцієнт H_L накладання втрат робочого часу багатостатної виробничої системи.

Підвищення коефіцієнта Ерланга K_i обладнання дає змогу зменшити витрати випуску продукції на 9-30 %. Це особливо відчутно на проміжку варіювання стабільності операцій $1 \leq K_i < 20$. Для $K_i \geq 20$ і $1 \leq M_2 = M_3 \leq 10$ відатки на оброблення заготовок на лінії залишаються практично незмінними.

Висновки

Синтезовані математичні моделі цільової функції за критерієм мінімуму питомих приведених витрат Z_L на оброблення брускових заготовок можна використовувати на етапі проектування оптимальних варіантів структури трифазної виробничої системи з гнучким агрегуванням обладнання, а також для оцінки ефективності роботи та структурно-параметричної оптимізації вже скомпонованих і реально працюючих на виробництві технологічних ліній і потоків.

Представлені моделі дають змогу проводити порівняльну оцінку багатостатних виробничих систем із врахуванням параметрів, що відображають роботу трифазних ліній в умовах стохастичної невизначеності їх варіювання.

Література

1. Дудюк Д.Л., Загвойська Л.Д. Оцінка й елімінування втрат робочого часу в автоматизованих системах деревообробного виробництва: Монографія. – Львів: Вишка, 2003. – 136 с.
2. Дудюк Д.Л., Загвойська Л.Д., Максимів В.М. і ін. Елементи теорії автоматичних ліній. – К.: Шибка, – 1998. – 192 с.
3. Іванишин Т.В. Ідентифікація роботи триверстатних виробничих систем механічної обробки брускових заготовок з гнучким агрегуванням обладнання// Наук. вісник УкрДЛТУ. – Львів: УкрДЛТУ. – 2001, вип. № 11.4. – 281-285 с.
4. Іванишин Т.В. Оптимізаційна модель синхронних багатостатних ліній з постійним ритмом роботи у виробництві віконних і дверних блоків// Наук. вісник УкрДЛТУ. – Львів: УкрДЛТУ. – 2002, вип. № 12.8. – 314-319 с.
5. Иванишин Т.В. Идентификация процесса работы многостаночных производственных систем механической обработки брусковых заготовок оконных и дверных блоков// Сб. научн. трудов по итогам 5-ой международной научно-технической конференции "Лес-2004", Брянск: БГИТА. – 2004, вып. № 8. – 227-230 с.