

нювачів, щільне встановлення штапика і добре вкладання м'яких герметиків. Висока точність обробки деталей повинна супроводжуватись низькою шорсткістю поверхні, яка забезпечує необхідну адгезію, міцність ґрунтування, фарбування чи покриття лаком. Висока чистота поверхні і високоточне фрезерування досягається за рахунок жорстких вимог до технологічної точності деревообробного обладнання і інструменту.

Відомо, що більше 80 % вікон та дверей на деревообробних підприємствах України виготовлялися на універсальних верстатах або на автоматичних лініях, які вимагають значних затрат часу на переналагодження, є громіздкими, застарілими, металомісткими і займають великі виробничі площі, вимагають великої кількості обслуговуючого персоналу і значних енергетичних витрат. Водночас в Німеччині, Італії, США, Канаді і навіть в Росії ведучі фірми – виробники деревообробного обладнання освоїли і постійно удосконалюють багатоцільові обробляючі верстати (центри) та інструмент для виготовлення столярних виробів. Такі центри мають незаперечну перевагу порівняно з універсальними верстатами та лініями. Переваги центру полягають в такому: багатоопераційність, легкість переналагоджування, малі габаритні розміри та маса, простота обслуговування. В цьому напрямку успішно працюють провідні німецькі фірми з виготовлення спеціалізованого деревообробного обладнання такі, як M. WEINIG AG, DIMTER, STREIF; італійські фірми: A. COSTA, SCM, STETON, SUERI ALFREDO; США – GLOBAL EDGE, та Росії – ВНДІМАШ. Відносно недорогі моделі верстатів (центрів) Unimat, Profimat, Unicontrol, Gre Con, Optima, Superset, PF. Profil, SAC, Multiflex, GAM, ЛПЦ забезпечують високу якість обробки і все ширше використовуються вітчизняними виробниками.

Найбільш цікавим для виробників євровікон є те, що, незважаючи на високі та жорсткі вимоги до точності та якості деталей, вікна параметричного ряду IV мають високу технологічність виготовлення. Наприклад, один обробляючий центр Unicontrol фірми M. WEINIG AG виконує всю механічну обробку від заготовки до готового віконного блоку. Технологічна гнучкість цієї конструкції вікон дозволяє тим же комплектом інструменту, по цій же технології, на тому ж обладнанні і з тою ж якістю виготовляти балконні двері.

Отже, для оцінки якості різних конструкцій вікон та дверей потрібний комплексний показник, що визначить відповідність виробу ряду конструкційним і експлуатаційним вимогам. Пропонуємо оцінювати якість різних конструкцій методом порівняння однакових показників, виражених в кількісній формі, тобто таблиця однакових показників різних конструктивних виконань виробу є комплексна оцінка їх якості. Проте найбільший інтерес становить єдина оцінка множини різних показників. Така ієрархічна оцінка якості (кількісна оцінка якісних показників) включає в себе відносну оцінку кількісного показника і коефіцієнт приведення (вагомості) показників. Наведемо просту формулу для оцінки якості виробів

$$K = A_1 T + A_2 Ш + A_3 C + A_4 E + A_5 \Phi + A_6 O,$$

де: A_i – коефіцієнти приведення показників, які визначаються експертним методом; T – відношення точності виготовлення спряжених поверхонь деталей виробу (беруться величини по співставленим типам конструкцій); $Ш$ – відношення середньої шорсткості обробки поверхонь, мкм; C – відношення сортів пиломатеріалів використаних для виготовлення заготовок; E – відношення кількості експлуатаційних функцій, виконаних у вигляді конструктивних елементів виготовлених перерізів деталей; Φ – відношення числа функцій, яке характеризує надійність використаних приладів; O – відношення кількості операцій, які виконуються на конкретному обладнанні при виготовленні виробів.

Відношення кожного показника береться із порівняння відповідних конструкцій виробу. Наприклад, при порівнянні IV 68 і базового перерізу згідно зі стандартом був отриманий коефіцієнт 3.2, зміна якого при порівнянні з іншими конструкціями покаже їх більш чи менш належний технічний рівень. Доповнення даної оцінки економічними показниками дасть вже оцінку ефективності виготовлення і експлуатації різних конструкцій вікон (виробів), тобто дозволить з'ясувати реальну перспективу виготовлення і використання різних конструкцій.

Література

1. Новини італійської технології. Деревообробка// Вісник інституту зовнішньої торгівлі. 1998, вип. 4.
2. А. Айманнсбергер, А. Борщов. Якісні вікна із деревини. – М.: Інформ. бюлетень №8, 1997.
3. Виробництво дерев'яних вікон. Сучасне будівництво// Всеукраїнський журнал. 1997, вип. № 11.

УДК 658.527.011.56

Проф. Д.Л. Дудюк, д-р техн. наук – УкрДЛТУ

ОБЧИСЛЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ МІЖОПЕРАЦІЙНИХ ЗАПАСІВ МІЖ ДІЛЬНИЦЯМИ ОДНАКОВОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ

Описується логічна послідовність визначення оптимальних місткостей нагромаджувачів для міжопераційних запасів заготовок і деталей у автоматизованих лініях і виробничих системах, що складаються з дільниць і верстатів однакової продуктивності. Пропонуються варіанти спрощених залежностей для інженерних розрахунків.

Prof. D.L. Dudyuk, Dr. Techn. Sc. – USUFWT

Calculation of optimal interstate stocks between stages with equal productivity

The logical sequence of optimal buffer capacity estimation for interstate stocks of jobs in automated manufacturing lines and systems, that consist of stages and machine-tools with equal productivity, is described. Variants of simplified correlations for engineer calculations are proposed.

У зв'язку з широким використанням автоматизованих ліній і виробничих систем у різних галузях промисловості розвинутих країн світу в останні роки ми простежуємо значне посилення уваги науковців та інженерно-тех-

нічних працівників до питань підвищення ефективності функціонування цих систем і ліній. Високий рівень їх ефективності може бути забезпечений тільки в умовах оптимального вибору конструкції та параметрів цих систем, їх елементів, структури і компонування. Науковці й педагоги пропонують нові сучасні методи структурно-параметричної оптимізації автоматизованих виробничих систем та оцінки якості їх функціонування в умовах постійного збурювального впливу низки стохастичних факторів [1-3]. Та вони, на жаль, ще досить повільно впроваджуються не тільки в інженерну практику розробки і проектування таких систем, але й навіть у навчальний процес підготовки майбутніх спеціалістів.

Необхідно наголосити, що в автоматизованих виробничих системах і лініях з послідовним агрегуванням дільниць і верстатів неминуче виникають додаткові (накладені) втрати робочого часу [4, 5]. Їх величина може зняти, а іноді й перевищити, половину всього робочого часу цих систем. Тому так важливо вибрати такі параметри, структуру й компонування автоматизованих систем, щоб елімінувати ці втрати.

Ефективним способом зниження накладених втрат робочого часу в автоматизованих лініях і системах є використання гнучких зв'язків між окремими верстатами і дільницями за допомогою буферних пристроїв, у яких розташовуються певні міжопераційні запаси предметів оброблення. Звичайно, такий захід спричиняє ускладнення конструкції виробничих систем, збільшення їх габаритів і вартості. Тому параметри буферних пристроїв, їх кількість і розташування вимагають належного обґрунтування.

Вибір оптимальної місткості нагромаджувачів для міжопераційних запасів предметів оброблення (заготовок, деталей, матеріалів) базується на аналітичних залежностях пропускної здатності (максимальної продуктивності) виробничої системи від допустимої величини цих міжопераційних запасів [4]. Такі залежності дають можливість пов'язати між собою технічні параметри виробничих систем з техніко-економічними показниками якості їх функціонування і порядок оптимізації місткості нагромаджувачів у виробничій системі з послідовним агрегуванням a одиниць обладнання однакової пропускної здатності.

На підставі вислідів наших багаторічних досліджень та порівняння їх з аналогічними зарубіжними даними імітаційного моделювання ми запропонували оцінювати величину втрат робочого часу технологічного обладнання в автоматизованих лініях і системах послідовного агрегування таким співвідношенням [4-6]:

$$H = (1,900 - 1,800 a^{-1}) / (KM + \Pi + 1), \quad (1)$$

де: a – кількість одиниць послідовно працюючого обладнання в системі, $2 \leq a \leq 400$; $K = 1/v^2 = a : \sum_{i,a} K_i^{-1}$ – еквівалентний параметр стабільності інтервалів випуску продукції; K_i – параметр стабільності інтервалу випуску на i -ій одиниці обладнання; $v = \sqrt{\sum_{i,a} v_i^2 : a}$ – еквівалентний коефіцієнт варіації i -го ін-

тервалу випуску; $v_i = S_i : t_i$ – відповідно коефіцієнт варіації, середньоквадратичне і середнє значення інтервалу випуску продукції на i -ій одиниці обладнання; M – місткість нагромаджувачів (шт. предметів оброблення);

Добуток Π визначається [7] за співвідношенням:

$$\Pi = \prod_{i,K} \frac{2i}{2i-1} = 2^{2K} : \left(\frac{2K}{K} \right) \approx \sqrt{\pi K} = \sqrt{\pi} : v.$$

Запропоноване тут співвідношення (1) вказує на те, що відносна величина втрат робочого часу обладнання H в автоматизованих системах даного класу визначається кількістю послідовних одиниць обладнання або дільниць a , стабільністю їх роботи K (або коефіцієнтом варіації інтервалів випуску v) і місткістю нагромаджувачів M між цим обладнанням. Це співвідношення дає змогу визначити очікувану продуктивність системи обладнання, собівартість продукції, що випускається системою, питомі приведені витрати на виготовлену продукцію.

Питомі приведені витрати в автоматизованій виробничій системі з жорсткими зв'язками ($M=0$) визначаються за співвідношенням:

$$z_{ж} = (z_1 + z_2 + \dots + z_a) : p = \sum_{i,a} z_i : (1 - H_{ж}), \quad (2)$$

де: z_i – питомі приведені витрати на i -ій одиниці технологічного обладнання; $p = 1 - H$ – коефіцієнт використання робочого часу технологічного обладнання в системі.

Питомі приведені витрати в системі з гнучкими зв'язками визначаються за таким співвідношенням:

$$z_r = \left(\sum_{i,a} z_i + \sum_{2,a} M_i z_{6i} \right) : (1 - H_r), \quad (3)$$

де: M_i – місткість нагромаджувача перед i -ою технологічною операцією; z_{6i} – питомі приведені витрати на буферному пристрої одиничної місткості перед i -ою операцією.

Вважаємо, що перед виробничою системою завжди є достатній запас матеріалів і заготовок для безперебійної роботи технологічного обладнання, а після виробничої системи – достатньо місця для прийому готової продукції. І ще одне зауваження. Оскільки вартість технологічного обладнання виробничих систем та їх обслуговування не є стабільними, то від абсолютних величин питомих приведених витрат доцільно перейти до їх відносного значення.

Відношення питомих приведених витрат (ППВ) на виготовлену продукцію в системі з гнучкими зв'язками (3) до таких же витрат тільки на самому технологічному обладнанні (із (2)) визначається:

$$z_b = \frac{z_r}{\sum_{i,a} z_i} = \left(1 + \frac{\sum_{2,a} M_i z_{6i}}{\sum_{i,a} z_i} \right) : (1 - H) = \left(1 + \frac{(a-1)Mz_{6i}}{az_b} \right) : \left(1 - \frac{A}{KM + \Pi + 1} \right) \quad (4)$$

де: $z_b = \sum_{i,a} z_i : a$ – середні питомі приведені витрати на одній одиниці технологічного обладнання чи дільниці; $A = 1,900 - 1,800 \text{ а}^{-1}$.

Тепер на підставі (4) після нескладних перетворень можемо записати функцію мети, мінімум якої дає змогу визначити оптимальну місткість нагромаджувачів M :

$$z_b = \left(1 + \frac{(a-1)M}{az_{b0}} \right) \left(1 + \frac{A}{KM - A + \Pi + 1} \right) \rightarrow \min, \quad (5)$$

де $z_{b0} = z_b$; z_{b0} – відношення середніх ППВ на одній технологічній операції до ППВ на буферному пристрої одичної місткості.

Після диференціювання виразу (5) за величиною місткості M і, прирівнявши її похідну до нуля, отримаємо таке рівняння:

$$(KM - A + \Pi + 1)^2 - A \left(K \frac{az_{b0}}{a-1} + A - \Pi - 1 \right) = 0, \quad (6)$$

з якого знаходимо оптимальну місткість нагромаджувача перед i -ою технологічною операцією за такою формулою:

$$M_i = \left(\sqrt{A \left(K \frac{az_{b0i}}{a-1} + A - \Pi - 1 \right)} + A - \Pi - 1 \right) : K. \quad (7)$$

Як бачимо з отриманого розв'язку, оптимальна місткість нагромаджувача перед кожною технологічною операцією визначається трьома незалежними параметрами: кількістю послідовних технологічних операцій a , параметром стабільності інтервалу K та відношенням середнього значення ППВ одного верстата z_b до ППВ нагромаджувача одичної місткості z_{b0} ($z_{b0} = z_b / z_{b0i}$) для тих предметів праці, що обробляються на i -й технологічній операції. Тут неважко зауважити, що це відношення є основним визначальним параметром для розрахунку оптимальної місткості. Таке ж явище простежується у випадку базового варіанта виробничих систем із двох верстатів чи дільниць [5].

Однозначно і наочно проявляється вплив параметра стабільності інтервалів випуску K . З його зростанням зменшується коефіцієнт варіації v ($v = 1 : \sqrt{K}$) інтервалів випуску і зростає величина від'ємників Π . Відповідно зменшується оптимальна місткість для міжопераційних запасів предметів праці.

Простежити вплив кількості послідовних одиниць обладнання (дільниць) a можна наочніше для випадку чисто випадкового характеру функціонування виробничої системи, коли параметри $K=v=1$. Тоді розв'язок (7) набуває вигляду

$$M_i = \sqrt{\frac{1,900a - 1,800}{a-1} z_{b0i} + A(A-3) + A-3}. \quad (8)$$

Проаналізуємо, як змінюється кожний з трьох доданків нової форми розв'язку (8) зі зміною кількості послідовних дільниць або верстатів a в системі (табл. 1). Досить широкий діапазон зміни параметра a від 2 до 100 мало

впливає на величину коефіцієнта при z_{b0i} (від 2 до 1,901). Подальше збільшення параметра a майже не впливає на цей коефіцієнт. Останній залишається близьким до відповідного значення у базовому варіанті системи з двох дільниць (верстатів) [5]. Тому для спрощення розрахунків його можна прийняти постійними і має дорівнювати 2.

Мало змінюється і другий доданок під коренем розв'язків (7), (8). Він залишається близьким до величини параметра $\Pi=2$ для випадку $K=v=1$. Тільки третій доданок ($A-3$) в нашому випадку змінюється від -2 до $-1,10$. Він і обумовлює незначну залежність оптимальної місткості від параметра a . Це дає нам право стверджувати, що кількість послідовних дільниць (верстатів) у виробничій системі практично мало впливає на оптимальну за критерієм ППВ величину місткості нагромаджувачів між ними. Результати розрахунку, фрагмент яких поданий у табл. 2, підтверджують такий висновок.

Табл. 1. Вплив параметра a на доданки розв'язків [7, 8]

Доданки \ a	2	5	10	30	100	200	500	1000
$\frac{1,9a-1,8}{a-1}$	2	1,929	1,911	1,903	1,901	1,901	1,900	1,900
$A-3$	-2	-1,460	-1,280	-1,160	-1,118	-1,109	-1,104	-1,102
$A(A-3)$	-2	-2,248	-2,202	-2,134	-2,104	-2,097	-2,093	-2,091

Табл. 2. Порівняння результатів обчислень оптимальної місткості

	a	2		5		10		30		100		2...500	
K	z_{b0}	(7)	(9)	(7)	(9)	(7)	(9)	(7)	(9)	(7)	(9)	(10)	(11)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	10	2,2	2,2	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	3,1	3,0	3,1	2,5	2,5
	20	4,2	4,2	4,6	4,7	4,7	4,9	4,8	5,0	4,9	5,1	4,4	4,3
	50	7,9	7,9	8,2	8,4	8,4	8,6	8,5	8,7	8,5	8,8	8,1	8,0
	100	12,1	12,1	12,3	12,6	12,5	12,7	12,6	12,9	12,6	13	12,3	12,1
2	10	1,7	1,7	1,9	2,0	2,0	2,1	2,0	2,1	2,1	2,2	1,8	1,8
	20	3,1	3,1	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,5	3,4	3,5	3,1	3,1
	50	5,7	5,7	5,8	5,9	5,9	6,0	5,9	6,1	6,0	6,1	5,8	5,7
	100	8,6	8,6	8,7	8,9	8,8	9,0	8,8	9,0	8,8	9,1	8,7	8,6
5	10	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,1	1,2	1,2	1,2
	20	1,9	1,9	1,9	2,0	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1	2,0	2,0
	50	3,5	3,5	3,5	3,6	3,6	3,7	3,6	3,7	3,6	3,7	3,7	3,7
	100	5,4	5,4	5,4	5,5	5,4	5,5	5,4	5,6	5,4	5,6	5,5	5,5
10	10	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9
	20	1,4	1,4	1,4	1,5	1,4	1,5	1,4	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4
	50	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,7	2,6	2,7	2,6	2,7	2,6	2,6
	100	3,9	3,9	3,9	3,9	3,0	4,0	3,9	4,0	3,9	4,0	3,9	3,9

Обчислення підвищеної точності особливо для виробничих систем з низькою стабільністю тривалості інтервалів випуску ($K=1...2$; $v=1...0,7$) необхідно проводити за отриманим вище розв'язком (7) або його спрощеним варіантом:

$$M_i = \left(\sqrt{2Kz_{b0i} + A(A - \Pi - 1) + A - \Pi - 1} \right) : K, \quad (9)$$

розбіжність між результатами яких знаходиться переважно в межах 0,1...0,3 оброблюваного предмета праці. А вже за умови $K \geq 10$ ($v \leq 0,3$) ця розбіжність не перевищує 0,1 (табл. 2).

Зростання кількості одиниць послідовно працюючого у виробничій системі обладнання a від 2 до 100 з мінімальною стабільністю ($K=v=1$) вимагає приросту місткості кожного нагромаджувача в середньому на 0,9 заготовки. Для параметра $K=2$ ($v=0,7$) цей приріст зменшується вдвічі. А вже за умов $K \geq 10$ ($v \leq 0,3$) вплив кількості дільниць (верстатів) у системі зводиться нанівель (табл. 2). Тому обчислювати отриману місткість буферних пристроїв у цьому випадку можна за виразом, отриманим раніше для системи з двох верстатів [5]:

$$M_i \approx (\sqrt{2z_{вб_i}} - \sqrt{\pi \cdot K} - \sqrt{\pi}) : \sqrt{K} = (\sqrt{2z_{вб_i}} - v\sqrt{\pi} - \sqrt{\pi})v. \quad (10)$$

Не меншу точність забезпечує зовсім спрощений варіант оптимального розв'язку:

$$M_i \approx (\sqrt{2z_{вб_i}} - 2) : \sqrt{K} = (\sqrt{2z_{вб_i}} - 2)v. \quad (11)$$

Дані розрахунків (табл. 2, кол. 14) добре це ілюструють.

Отже, тільки в умовах низької стабільності функціонування автоматизованих виробничих систем і порівняно дешевого технологічного обладнання (або дорогих буферних пристроїв між ним) обчислення їх оптимальної місткості з підвищеною точністю необхідно вести за співвідношенням (9). В інших випадках можна користуватися простим співвідношенням (11) для широкого діапазону зміни кількості дільниць (верстатів) $2 \leq a \leq 500$.

Література

1. Таха А.Х. Введение в исследование операций. – М., С.-П., К.: Вильямс, 2001. – 912 с.
2. Budnick F.S., McLeavey D., Mojena R. Principles of Operations Research for Management. – Homewood, Illinois: Irwin, 1988. – 988 p.
3. Gershwin S.B. Manufacturing Systems Engineering. PTR prentice Hall, 1994.
4. Дудюк Д.Л. Місткість нагромаджувача між двома верстатами або дільницями// Науковий вісник. Зб. наук-техн. праць. – Львів: УкрДЛТУ, 2002, вип. 12.3. – С. 232-236.
5. Дудюк Д.Л. та ін. Елементи теорії автоматичних ліній. – Київ-Львів: ІЗМН. – 192 с.
6. Дудюк Д.Л., Максимів В.М., Соколовський Я.І. Основні висліди моделювання й оптимізації автоматизованих ліній// Науковий вісник. Зб. наук-техн. праць. – Львів: УкрДЛТУ, 2002, вип. 12.3. – С. 221-223.
7. Кнут Д.Э. Искусство программирования. Т1. Основные алгоритмы. – М., С.-П., К.: Вильямс, 2002. – 720 с.

УДК 338.242.2: 658.1 (477) **З.П. Гаталяк – НУ "Львівська політехніка"**

КОМПЛЕКСНА АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ

Розглядаються питання комплексної автоматизованої системи управління підприємством. Здійснено аналіз основних завдань та проблем при впровадженні автоматизованої системи управління підприємством.

Z.P. Gatalyak – NU "Lvivska Politechnika"

The complex automated control system of the enterprise

In the article the questions of systems of Enterprise Management is devoted. The main tasks and problems during introduction of systems of Enterprise Management are analyzed.

У конкурентній боротьбі перемагає той, хто швидше за інших реагує на зміни і приймає більш вірні рішення. Власне інформаційні технології у вигляді комплексної автоматизації дає керівникам промислових підприємств інструмент управління для підвищення ефективності господарювання і допомагає у вирішенні складних завдань, які постають перед підприємствами.

Комплексна автоматизація управління підприємством реалізується в рамках комплексної системи автоматизації. Комплексна система автоматизації – це система управління фінансово-господарською діяльністю підприємства, яка забезпечує прийняття обґрунтованих управлінських рішень на основі якісної достовірної інформації, отриманої за допомогою сучасних управлінських і інформаційних технологій. Вона забезпечує ведення оперативного, бухгалтерського і управлінського обліку і будується на основі єдиного інформаційного простору, охоплюючи і координуючи всю сукупність управлінських процесів підприємства [1].

Комплексна автоматизована система управління підприємством є сьогодні однією з найважливіших складових успішного розвитку бізнесу. Якщо ця система вибрана і реалізована правильно, вона допомагає усунути більшість недоліків у управлінні, наприклад [2]:

- роз'єднаність управлінських та інформаційних технологій;
- невідповідність систем планування і контролю;
- неефективність управління затратами;
- неефективність використання фінансових ресурсів (через відсутність в необхідні терміни вивірених інформації про затрати і запаси).

В цілому комплексна автоматизована система управління підприємством повинна забезпечувати: вище керівництво – інформацією для стратегічного планування, фінансово-економічного прогнозування і аналізу господарської діяльності; керівництво середнього рівня – інформацією для оперативного планування і координації підконтрольних йому функцій; рядових працівників – ефективними інструментами для виконання посадових функцій, реєстрації фактів господарської діяльності і прийняття оперативних рішень.

Комплексна система управління підприємством представляє собою інформаційну систему, в якій оперативно накопичується і обробляються дані про поточну фінансово-господарську діяльність підприємства. При створенні такої системи повинні бути вирішені такі основні задачі:

- створення або автоматизація єдиної системи планування діяльності підприємства, заснованої на облікових процедурах і доповненої ефективним механізмом управління;
- постановка або удосконалення внутрішньої облікової політики підприємства з деталізацією, що забезпечує управлінський облік і об'єктивний аналіз результатів фінансово-господарської діяльності;