

УДК 658.011.56.012:004.94

П.М. Павленко, канд. техн. наук

ОПТИМАЛЬНЕ УПРАВЛІННЯ В ІНФОРМАЦІЙНОМУ СЕРЕДОВИЩІ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ

НАУ, Інженерний центр, e-mail: petrprav@nau.edu.ua

Розроблено метод оптимального динамічного управління функціями технологічної підготовки машинобудівного виробництва. Розглянуто математичне моделювання цього методу та його практична реалізація.

Вступ

Сучасні інформаційні технології приводять до істотних функціональних і організаційних змін у роботі промислових підприємств. Так, автоматизація функцій управління, планування і проектування оптимізує інформаційні потоки, скорочує кількість структурних підрозділів і дозволяє відмовлятися від традиційних видів виробництв.

Разом з тим, в умовах динаміки сучасного виробництва, коли конкурентоспроможність виробництва визначається його здатністю швидко реагувати на всі зміни ринків збуту, автоматизовані системи повинні давати оптимальні проектні та управлінські рішення.

Для цього потрібна розробка методів оптимального управління функціональними процесами, які автоматизуються.

Постановка завдання

Формалізацію процесу управління та розробку методу управління розглянемо на прикладі технологічної підготовки виробництва (ТПВ) машинобудівного підприємства. При цьому потрібно врахувати велику кількість факторів і зв'язків між ними, що змінюються як в просторі, так і в часі. Виникає завдання вибору найбільш раціонального варіанта з можливої множини відповідно до заданого критерію якості, тобто вирішення задачі оптимізації.

Під оптимізацією розуміють процес знаходження екстремуму деякої кількісної величини (параметра) проєктованого об'єкта, поданої у вигляді функції. Оптимальним рішенням є найкраще з деякої множини рішення, яке забезпечує задані характеристики якості виробу найбільш продуктивним шляхом при мінімальних витратах, тобто виконання двох головних критеріїв – максимальної продуктивності виробництва та мінімальної вартості (оптимізація витрат).

Результати досліджень

Комплексне та ефективне вирішення задач управління ТПВ значною мірою залежить від злагодженості функціонування його підсистем, забезпечення стійкої розробки оптимальних процесів ТПВ. Автоматизована система повинна забезпечувати оптимальність прийнятих рішень.

Вибір функціонала якості для вирішення задач оптимізації залежить від конкретних задач виробництва, але його загальний вигляд, з погляду оптимізації витрат на виробництво, може бути зображений інтегральною функцією ТПВ у вигляді мінімізації витрат на виробництво виробів [1]:

$$\sum_{n=1}^n M_t^{\text{доп}} + \sum_{n=1}^n Z_t^{\text{доп}} + \sum_{n=1}^n A_t^{\text{доп}} \rightarrow \min ,$$

де $M_t^{\text{доп}}$ – часткова технологічна матеріалосємність виготовлення t -го виробу на n -й операції; $Z_t^{\text{доп}}$ – часткова технологічна ємність по заробітній платі; $A_t^{\text{доп}}$ – часткова технологічна амортизаційна ємність виготовлення t -го виробу на n -й операції.

На прикладі проектування технології механічної обробки корпусних деталей на оброблювальних центрах багатопільового типу розглянемо вирішення завдання оптимального управління процесом технологічного проектування.

Машинний час обробки деталі описується виразом

$$T_M = t_p + t_X ,$$

де t_p – час робочого ходу інструменту; t_X – час холостих ходів інструменту.

У свою чергу,

$$t_p = L_p / S_{M_p} ,$$

$$t_X = \frac{L_X}{S_{M_X}} + T_3 + T_{\text{ПОЗ}} ,$$

де L_p, L_X – довжина траєкторії переміщення інструменту на робочому та холостому ходах відповідно; S_{M_p}, S_{M_X} – хвилинні подачі робочого та холостого переміщення інструменту (швидкість подачі інструменту); T_3 – час на заміну інструменту; $T_{\text{ПОЗ}}$ – час позиціонування стола-супутника станка.

Об'єднуючи складові T_M стосовно послідовної обробки однієї деталі декількома інструментами, отримаємо загальний машинний час

$$T_M = \sum_{p=1}^k \sum_{p=1}^p \left(\frac{L_p}{S_{M_p}} + \frac{L_X}{S_{M_X}} + T_3 + T_{\text{ПОЗ}} \right)_{\text{рк}} ,$$

де κ – кількість інструментів, які використовуються для обробки виробу під час одного позиціонування; p – кількість позиціонувань під час обробки виробу.

Виходячи з теорії продуктивності машин [2], фактична продуктивність обробки для однопоточного процесу визначається за виразом

$$Q_\phi = \frac{1}{T_M + T_X + T_{II}},$$

де T_X – середній час холостих ходів; T_{II} – час простою.

Фактично, управляти продуктивністю обробки виробу можна за допомогою заміни складової T_M , оскільки час T_{II} не може бути керованим на стадії проектування технології, а час T_X у конструкціях багатоцільових станків врахований. У цілому, машинний час обробки виробу T_M утворює лінійний однорідний простір $t \in T$. Маємо систему рівнянь:

$$\begin{aligned} t_{pib} &= \frac{L_{pib}}{S_{M_{pib}}}, \quad i = \overline{1, I}, \quad b = \overline{1, B}; \\ t_{xjb} &= \frac{L_{xjb}}{S_{M_{xjb}}} + T_{3jb}, \quad j = \overline{1, J}; \\ t_{xgl} &= \frac{L_{xgl}}{S_{M_{xgl}}} + T_{3gl} + T_{\text{Поз}3gl}, \quad l = \overline{1, L}; \quad g = \overline{1, G}, \end{aligned} \quad (1)$$

де $i = \overline{1, I}, j = \overline{1, J}, g = \overline{1, G}$ – множина індексів робочих, холостих ходів і технологічних переходів відповідно; b – кількість інструментів, які використовуються при одному позиціонуванні. Сукупність рівнянь задає послідовність розбиття простору T на підмножини, які створюють σ -алгебру в таку T , що

$$\frac{1}{Q} = \sum_{l=1}^L \sum_{b=1}^B \left(\frac{L_p}{S_{M_p}} + \frac{L_X}{S_{M_X}} + T_3 + T_{\text{Поз}} \right) b l \leq T \leq T_M^3, \quad (2)$$

де T_M^3 – заданий машинний час обробки виробу.

Треба розрахувати вірогідність події P_1^T , при якій технологічний процес буде спроектований при заданій σ -алгебрі в просторі t таким чином, що час обробки $T \leq T_M^3$. Тобто необхідно забезпечити оптимальність параметрів t_p, t_x , які забезпечать максимальне значення ймовірності $P_{(t)}^T$, що є задачею оптимального динамічного управління [3]. Припустимо, що P_1^T – вірогідність того, що параметри простору t в спроектованому технологічному процесі знаходяться в інтервалі

$$\mu(T_1, T_M^3) = |T_1 - T_M^3|,$$

тоді

$$P_1 = \frac{\mu(T_M^3, T_1)}{\mu(T_M^3, T_K)};$$

$$\mu(T_M^3, T_K) = T \leq T_M^3,$$

де μ – символ міри в просторі $T = \{t_p; t_x\}$.

Машинний час обробки T_K може задаватися технологом, управляючи складовими L_X та S_{M_X} на кожному з кроків проектування.

Очевидно, що технологічний процес буде спроектований оптимально тільки у тому випадку, якщо вірогідність g знаходиться в заданому діапазоні згідно з працею [4]

$$g_i = 1 - P_i^T = 1 - \frac{\mu(T_M^3, T_i)}{\mu(T_M^3, T_K)}.$$

Тоді можемо записати, що

$$g_K = 1 - P_M^T = 1 - \frac{\mu(T_{K-1}, T_K)}{\mu(T_M^3, T_K)}.$$

Послідовність $\{g_K, k = \overline{1, K}\}$ у цьому випадку є мірою, яка характеризує якість процесу управління проектуванням технологічного процесу. Таким чином, можемо говорити про подію завершення процесу управління проектуванням і про вірогідність цієї події θ . Ураховуючи теорему про суму вірогідностей [4], узагальнена характеристика θ , яка описує якість процесу проектування оптимальної за продуктивністю технології, може бути розрахована за формулою

$$\begin{aligned} \theta &= g_{i_1} + g_{i_2} + \dots + g_{i_h} - \sum_{i_1 < i_2} g_{i_1} g_{i_2} + \\ &+ \sum_{i_1 < i_2} g_{i_1} g_{i_2} g_{i_3} + (-1)^{\sum_{l=1}^k i_{l-1}} \sum_{i_1 < \dots < i_k} g_{i_1} \dots g_{i_k}. \end{aligned} \quad (3)$$

Таким чином, функціонал (3) є функцією своїх аргументів і може розглядатися як критерій, який характеризує задану на T співвідношеннями (1) та (2) σ -алгебру. Тепер, управляючи параметрами $L_{p,x}$ та $S_{M_{p,x}}$, потрібно забезпечити максимальне значення функції Q . При проектуванні технологічного процесу час t_p визначається технологом під час задання робочих ходів. Для математичного вирішення даної оптимізаційної задачі введемо функцію [3]

$$I_K = \theta^2. \quad (4)$$

Тоді при заданому критерії якості проектування (4) і лінійних обмеженнях (1) на параметри технологічного процесу можна отримати процес, оптимальний з погляду найбільшої вірогідності отримання максимальної продуктивності процесу обробки.

Сукупність співвідношень (1), (2), (4) визначають оптимальну модель управління технологічним проектуванням для конкретного випадку проектування технологічного процесу.

Існує єдине рішення отриманих співвідношень [3; 4]. Пошук цього рішення здійснюється шляхом перебору варіантів значень $L_{p_{xy}}$, $S_{M_{pxj}}$ та L_{x_i} , $S_{M_{xi}}$. Поставлена задача для кожного фіксованого значення управляючих параметрів вирішена в теорії оптимального динамічного управління.

Задаючи варіанти управляючих параметрів $L_{p_{x}}$ та $S_{M_{p,x}}$, отримуємо максимальне значення функціоналу (4) і, тим самим, оптимальний за продуктивністю технологічний процес.

При цьому можуть бути використані різноманітні методи вирішення оптимізаційної задачі (1), (2), (4). Отримана продуктивність обробки деталі є оптимальною при заданих обмеженнях і виробничих умовах.

Аналогічний підхід може бути використано під час вирішення інших задач з управління ТПВ. Наприклад, на рівні управління плануванням ТПВ, виходячи з його функцій, можемо формувати та коректувати оперативне і поточне планування. У цьому випадку буде розглядатися лінійний однорідний простір часткових витрат на виготовлення деталі $c \in C$.

Система рівнянь

$$\begin{aligned} Z_t^{\text{дол}} &= \frac{3^t}{P^t}, \quad t = \overline{1, T}; \\ M_t^{\text{дол}} &= \frac{M^t}{P^t}; \\ A_t^{\text{дол}} &= \frac{A^t}{P^t} \end{aligned} \quad (5)$$

задає множини простору $c \in C$, які перетворюють σ -алгебру в таку C , що

$$\sum_{n=1}^n M_t^{\text{дол}} + \sum_{n=1}^n Z_t^{\text{дол}} + \sum_{n=1}^n A_t^{\text{дол}} \leq C \leq C_0, \quad (6)$$

де P^t – кількість виготовлених деталей; C_0 – задане значення часткових витрат.

У свою чергу,

$$Z^t = T_t \tau;$$

$$A^t = \Phi_n A,$$

де T_t – витрати на виготовлення t -ї деталі; τ – тарифна ставка на виготовлення виробу; Φ_n – вартість обладнання; A – норма амортизаційних відрахувань з обладнання на повне оновлення.

Очевидно, що задачі (5), (6) поставлені дуже загально. При реалізації запропонованого методу оптимального управління необхідно вирішувати задачу поетапно, використовуючи метод оптимізації за кожним із показників часткових витрат окремо.

Висновок

На підставі методу оптимального динамічного управління функціями ТПВ розроблена відповідна методика і відповідне програмне забезпечення, яке адаптоване в інформаційне середовище PDM-системи SmarTeamV5R15.

Література

1. Павленко П. Н. Автоматизация функций ТПП при эксплуатации станков с ЧПУ // Проблемы экономического управления техническим развитием предприятий промышленности. – К.: ИЭ АН УССР, 1990. – С. 87–91.
2. Шаумян Г.А., Попов Л.А. Производительность обрабатывающих центров // Изв. вузов СССР. Сер. машиностроение. – 1972. – № 2. – С. 116–119.
3. Пропой А.И. Элементы теории оптимальных дискретных процессов. – М.: Наука, Глав. ред. физ.-мат. лит., 1973. – 256 с.
4. Гихман И.Г., Скороход А.В. Управляемые случайные процессы. – К.: Наук. думка, 1977. – 250 с.

Стаття надійшла до редакції 18.11.05.

П.Н. Павленко

Оптимальное управление в информационной среде автоматизированных систем

Разработан метод оптимального динамического управления функциями технологической подготовки машиностроительного производства. Рассмотрено математическое моделирование данного метода и его практическая реализация.

P.N. Pavlenko

Optimum control in information environment of the automated systems

The method of optimum dynamic management of functions of technological preparation of machine-building manufacture is developed. The mathematical modeling of the given method and its practical realization is considered.