УДК 681.3.082

АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ ВИРОБІВ, ДЕТАЛІ ЯКИХ УТВОРЮЮТЬ РОЗМІРНИЙ ЛАНЦЮГ

В.М. ЯХНО, О.З. КОЛИСКО

Київський національний університет технологій і дизайну

У роботі розглядається алгоритм, що дає можливість обирати такі способи обробки деталей, які створюють розмірний ланцюжок, щоб мінімізувати сумарну вартість обробки при виконанні вимог до точності розмірів як окремих деталей, так і остаточної розмірної характеристики

Важливим етапом розробки технології виробництва багатьох виробів у машинобудуванні є розмірний аналіз [1]. На цьому етапі підготовки виробництва визначаються деталі виробу, які утворюють так званий розмірний ланцюжок. В процесі виготовлення ці деталі повинні оброблятися так, щоб сумарна точність обробки деяких найбільш важливих розмірів цих деталей задовольняла наперед задану (максимальне відхилення від проектних розмірів не має перевищувати задану величину).

Об'єкти та методи дослідження

У загальному випадку всі деталі, що уворюють розмірний ланцюжок, різні, і кожна деталь може бути оброблена одним з кількох відомих способів обробки саме цієї деталі. Кожен спосіб обробки гарантує свою точність розмірних характеристик і має свою вартість. Чим вища точність обробки, тим вища вартість виконання операції, що забезпечує необхідну точність. Завдання проектування технології виготовлення виробу полягає в необхідності зазначити для кожної деталі такий спосіб обробки, щоб виконувалися вимоги до точності обробки і була мінімальною сумарна вартість обробки всіх деталей, що утворюють розмірний ланцюжок.

Постановка завдання

Вважатимемо, що доступно n_i способів обробки для деталі з номером i.

Технологічний процес повністю визначається вектором X, i-та компонента x_i якого відповідає номеру способу виготовлення i-тої деталі. Кількість способів обробки i-тої деталі k_i. Якщо деталей m і $D_i(x_i)$ – максимальне відхилення необхідних розмірів при обробці i-тої деталі за допомогою способу обробки номер якого визначає змінна x_i, $f_i(x_i)$ – вартість обробки i-тої деталі за допомогою способу x_i, то задача визначення оптимальних технологічних режимів обробки деталей, що утворюють розмірний ланцюг, формулюється таким чином. Необхідно визначити такий вектор X, який визначає мінімум функції вартості обробки

$$min \sum_{i=1}^{m} f_i(x_i) \tag{1}$$

і забезпечує необхідну точність розмірів усіх деталей, що утворюють розмірний ланцюжок:

$$F(x) = \sum_{i=1}^{m} D_i(x_i) \leq D \tag{2}$$

У цьому виразі D – максимальна сумарна похибка, що є допустимою для всіх деталей, які утворюють розмірний ланцюжок; x_i – ціле і множина допустимих значень x_i збігається з номерами допустимих режимів обробки для i-тої деталі, $x_i = 1, ..., k_i$.

Результати та їх обговорення

Для реальних ситуацій ця задача має обчислювальні та інформаційні труднощі і неавтоматизованими методами розв'язана бути не може. Розв'язок цієї задачі може бути отриманий будь-яким з алгоритмів дискретного програмування, перелік яких наведено наприклад в роботах [2,3]. Найкращих результатів можна очікувати від алгоритмів, що мають лінійну залежність кількості обчислень від кількості змінних в задачі. Такого типу алгоритми базуються на ідеях динамічного програмування. Для розв'язання задачі пропонується алгоритм динамічного програмування, результати роботи якого (окрім лінійної оцінки складності обчислень) дають можливість отримувати наочну графічну інтерпретацію залежності вартості обробки від вибраних технологій.

Стандартні процедури динамічного програмування базуються на переборі елементів, що належать до множини *Gr,* в якій *F(x)* приймає значення. В найгіршому, насправді неймовірному (враховуючи обмежену точність вимірів та досить обмежений набір можливих технологій обробки) випадкові, коли значення всіх функцій $D_i(x_i)$ не збігаються та не мають спільних дільників, кількість елементів в множині *Gr* дорівнює $k_1 \times \ldots \times k_i \times \ldots \times k_m$. Це число дорівнює кількості всіх можливих варіантів реалізації обробки виробу. В реальних ситуаціях кількість елементів в множині *Gr* не може бути великою. Ця кількість дорівнює кількості елементів абелевої групи [3] , що може бути побудована з усіх можливих елементів $D_i(x_i)$ за допомогою операції додавання, і таких, що є меншими ніж *D*. Якщо побудова цієї множини викликає труднощі є проблематичною, то в такому разі з цілком допустимою для інженерних застосувань точністю можна замінити цю задачу деякою апроксимуючою. З достатньою для інженерних обчислень точністю множину *Gr* можна замінити послідовністю значень d_l, $d_l = d_l$+step, де step – константа. Якщо step є максимальним спільним дільником всіх можливих значень всіх функцій $D_i(x_i)$, то втрата точності обчислень не відбувається. Всі d_l приймають значення між $d_{\min}$ та *D*. Множину елементів d_l, будемо називати *G*. Функції $D_i(x_i)$ апроксимуються функціями $\underline{D}_i(x_i)$, які приймають значення в множині *G*. $\underline{D}_i(x_i)=d_l$, де d_l найближче до $D_i(x_i)$ значення з множини *G*.

Надалі будемо вважати, що всі способи обробки упорядковані за зростанням точності (зменшенням відхилення від заданих розмірів) та за вартістю, яка також збільшується з підвищенням точності технології. Алгоритм динамічного програмування для адитивних задач повністю задається рекурентними співвідношеннями, що визначають мінімальну вартість використання ресурсу (в нашому випадку помилка обробки) на кожному етапі розв'язання задачі. Рекурентні співвідношення динамічного програмування мають вигляд

$$F_k(d_l) = \min_{x_k}(f_k(x_k)) + F_{k-1}(d_l - D_k(x_k)) \quad k = 2,\ldots m\,. \qquad (3)$$

Функції $F_k(d_l)$ мають таку фізичну інтерпретацію: $F_k(d_l)$ – це мінімальна вартість обробки перших *k* деталей виробу, при якій досягається точність d_l (помилка при обробці перших *k* є не більшою за d_l);

$F_1(d_l) = \min_{x_1} f_1(x_1)$ за умови, що $D_1(x_1) <$ або дорівнює d_l. Якщо таких x_1 немає, то будемо вважати, що $F_1(d_l) = \infty$.

Нижче наведено функції вартості та точності обробки для задачі з двома деталями, кожна з яких може бути отримана чотирма способами (табл.1).

Таблиця 1.

1 деталь   2 деталь

X – номер способу обробки	Вартість *f(x)*	Точність*D(x)*, мм	*X* – номер способу обробки	Вартість *f(x)*	Точність*D(x)*, мм
1	1	0,4	1	2	0,6
2	2	0,3	2	4	0,5
3	3	0,2	3	6	0,4
4	4	0,1	4	8	0,3

Будемо вважати, що точність обробки всього виробу D=0,7

Множина $Gr = \{0{,}4 , 0{,}5 , 0{,}6 , 0{,}7\}$, $G = \{0{,}1 , 0{,}2 \; ….. \; 0{,}6 , 0{,}7\}$

Функції *F(d)* мають вигляд (табл.2.).

Таблиця 2.

F1		F2(відповідно до формули 3)	
D	Вартість	D	Вартість f(x)
0,1	4	0,1	Невизначена нескінченність
0,2	3	0,2	Невизначена нескінченність
0,3	2	0,3	Невизначена нескінченність
0,4	1	0,4	12
0,5	1	0,5	10
0,6	1	0,6	8
0,7	1	0,7	6

Висновки

Запропоновано автоматизувати рішення задачі визначення оптимальної технології обробки виробів через використання алгоритму динамічного програмування. Представлена розробка після незначних змін може з успіхом використовуватися для розв'язання подібних задач в інших галузях промисловості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Матвеев В.В., Тверской М.М., Бойков Ф.И. и др. Размерный анализ технологических процессов. – М.: Машиностроение, 1982.
2. Хэмди А. Введение в исследования операций. – М.:–К.: Вильямс, 2001. – 905с.
3. Коваль М.И. Дискретная оптимизация. – Минск: БГУ, 1997.
4. Дьяконов В.П. Компъютерная математика. – М.: Нолидж, 2001.

Надійшла 19.12.2008

УДК 677.055

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛУ ПОТУЖНОСТІ В ЛІНІЯХ ПЕРЕДАЧ ДВОПОТОЧНОГО ПРИВОДУ КРУГЛОВ'ЯЗАЛЬНОЇ МАШИНИ

Г.П. РОСІНСЬКА

Київський національний університет технологій та дизайну

Представлені методика, експериментальна установка та результати досліджень розподілу потужності в лініях передач двопоточного приводу круглов'язальної машини в період сталого руху

Враховуючи доцільність та можливість підвищення ефективності роботи приводу круглов'язальних машин, було запропоновано нову конструкцію приводу – привід круглов'язальної машини з розгалуженням потужності, з використанням двох електродвигунів (двопоточний привід) [1]. Запропонована конструкція модернізованого приводу дозволяє повністю компенсувати радіальні