

## ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ РІВНЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА

**Новіков Ф.В.**, докт. техн. наук, **Яценко Е.С.** (м. Харків, Україна)

*Проведен економічний аналіз рівня технологічної підготовки  
производства*

Рішення проблеми підвищення ефективності виробництва й створення конкурентоспроможної машинобудівної продукції вимагає широкого застосування прогресивних наукомістких технологій, що забезпечують істотне підвищення продуктивності праці, поліпшення якості й зниження собівартості виробленої продукції. В основу технологічної підготовки виробництва необхідно покласти умову оптимальної собівартості виробленої продукції, що з урахуванням змінних статей витрат, наприклад, металообробного виробництва математично описується [1]:

$$C = N \cdot \tau \cdot S_1 \cdot k + M \cdot \varphi + S_2 \cdot P \cdot \tau, \quad (1)$$

де  $N$  – кількість оброблюваних деталей, шт;  $M$  – кількість споживаних інструментів, шт;  $\tau = z \cdot \tau_0$  – норма часу на обробку однієї деталі, година;  $\tau_0$  – основний час на обробку однієї деталі, година;  $z$  – коефіцієнт, що враховує частку допоміжного часу на обробку однієї деталі стосовно основного часу;  $S_1$  – тарифна ставка робітника, грн/година;  $k_D$  – коефіцієнт, що враховує всілякі нарахування (податки) на заробітну плату робітника;  $\varphi$  – ціна одного інструмента, грн;  $S_2$  – вартість одиниці енергії, грн;  $P$  – споживана потужність процесу, кВт.

У формулі (1) враховані три основні складові витрати, пов'язані із заробітною платою робітника, вартістю інструментів і споживаної енергії при обробці на верстаті. Перетворимо формулу (1) з урахуванням співвідношень:

$$M = \frac{N \cdot \tau_0}{T}; \quad t_0 = \frac{\mathcal{G}}{Q}; \quad P = E \cdot Q; \quad C_0 = \frac{C}{n_1 \cdot \mathcal{G}}, \quad (2)$$

де  $T$  – період стійкості інструмента до його повного зношування, година;  $\mathcal{G}$  – об'єм металу, що знімається при обробці з однієї деталі, м<sup>3</sup>;  $Q$  – продуктивність обробки, м<sup>3</sup>/година;  $E$  – енергоємність обробки, Дж/м<sup>3</sup> (чи Вт · година/м<sup>3</sup>);  $C_0$  – вартість знімання одиниці об'єму металу, грн/м<sup>3</sup> (питома собівартість обробки).

Тоді

$$C_0 = \frac{S_1 \cdot z \cdot k_D}{Q} + \frac{\varphi}{Q \cdot T} + S_2 \cdot E. \quad (3)$$

Параметр  $C_0$  визначається сумою трьох доданків, які мають цілком конкретний фізичний зміст:

$C_{01} = \frac{S_1 \cdot z \cdot k_D}{Q}$  – витрати по заробітній платі, зв'язані зі зніманням 1 м<sup>3</sup> металу;

$C_{02} = \frac{u}{Q \cdot T}$  – витрати по інструменту, зв'язані зі зніманням 1 м<sup>3</sup> металу;

$C_{03} = S_2 \cdot E$  – витрати по електроенергії, зв'язані зі зніманням 1 м<sup>3</sup> металу.

Добуток  $Q \cdot T$  визначає об'єм металу, що знімається одним інструментом за період його стійкості  $T$ . Формула (3) містить постійні ( $S_1$ ,  $S_2$ ,  $z$ ,  $k_D$ ,  $u$ ) і змінні ( $Q$ ,  $T$ ,  $E$ ) величини. Зменшити  $C_0$  можна за рахунок збільшення  $Q$ ,  $Q \cdot T$  і зменшення  $E$ .

Розглянемо приклад розрахунку параметрів  $C_{01}$ ,  $C_{02}$ ,  $C_{03}$ ,  $C_0$  для конкретного технологічного процесу обробки.

При шліфуванні кілець із твердого сплаву торцем алмазного круга на органічній зв'язці досягнута продуктивність обробки  $Q=400$  мм<sup>3</sup>/хв ( $Q=24 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/година). Час роботи круга до його повного зношування дорівнює  $T=0,72$  годин. Енергоємність обробки дорівнює  $E=20 \cdot 10^3$  кВт·година/м<sup>3</sup>. Значення постійних величин:  $S_1=5,6$  грн/година;  $S_2=0,2$  грн/кВт·година;  $z=4$ ;  $k_D=3$ ;  $u=60$  грн. Підставляючи вихідні дані у формулу (3), маємо:

$$C_0 = 2,8 \cdot 10^6 + 3,47 \cdot 10^6 + 4 \cdot 10^3 = 6,27 \text{ грн/м}^3.$$

Найбільше значення приймає параметр  $C_{02}=3,47 \cdot 10^6$  грн/м<sup>3</sup>.

Параметр  $C_{03}=4 \cdot 10^3$  грн/м<sup>3</sup> значно менше параметрів  $C_{01}$ ,  $C_{02}$  і тому його в розрахунках можна не враховувати. Очевидно, зменшити питому собівартість обробки  $C_0$  можна в першу чергу за рахунок зменшення доданка  $C_{02}$ . Це досягається, наприклад, застосуванням більш зносостійких алмазних кругів на металевих зв'язках. Експерименти показали, що час роботи такого круга до повного зношування істотно збільшується й дорівнює  $T=6$  годин.

Продуктивність  $Q$  і енергоємність  $E$  обробки при цьому залишаються приблизно тими ж. Ціна алмазного круга на металевій зв'язці більша, ніж алмазного круга на органічній зв'язці й становить  $C=90$  грн. З урахуванням вихідних даних параметр  $C_0$  визначиться:

$$C_0 = 2,8 \cdot 10^6 + 0,625 \cdot 10^6 = 3,425 \cdot 10^6 \text{ грн/м}^3.$$

Як бачимо, застосування більш зносостійких алмазних кругів на металевих зв'язках дозволило зменшити доданок  $C_{02}$  в 5,55 разів, а питому собівартість обробки  $C_0$  – в 1,83 раза.

У цьому випадку параметр  $C_0$  обумовлений складовою  $C_{01}$ , тому що  $C_{02} \ll C_{01}$ . Тому наступним етапом зменшення  $C_0$  необхідно розглядати зменшення доданка  $C_{01}$  за рахунок збільшення продуктивності обробки  $Q$  або за рахунок зменшення коефіцієнта  $z$ , що визначає частку допоміжного часу обробки стосовно основного часу. Зменшення коефіцієнта  $z$  – це автоматизація операції обробки; застосування, наприклад, верстата-автомата, що забезпечує

виконання умови  $z \rightarrow 0$  ( $z < 1$ ). У цьому випадку доданок  $C_{01} \rightarrow 0$ , однак при цьому в залежність (3) необхідно ввести новий доданок  $C_{04}$ , що враховує витрати на придбання верстата-автомата. Природно, це приведе до збільшення  $C_0$ . Ефект буде досягнутий у тому випадку, якщо сума  $C_{01}$  і  $C_{04}$  буде менше початкового значення  $C_{01} = 2,8 \cdot 10^6$  грн/м<sup>3</sup>.

З урахуванням доданка  $C_{04}$  формула (3) прийме вид:

$$C_0 = \frac{S_1 \cdot z \cdot k_D}{Q} + \frac{u}{Q \cdot T} + S_2 \cdot E + \frac{u_1}{N \cdot \mathcal{G}}, \quad (4)$$

де  $u_1$  – ціна верстата-автомата, грн.

Тут  $C_0 = \frac{u_1}{N \cdot \mathcal{G}}$  – витрати по верстату-автомату, зв'язані зі зніманням 1 м<sup>3</sup> металу. При високій вартості верстата-автомата зменшити доданок  $C_{04}$  можна за рахунок збільшення кількості оброблюваних деталей  $N$  і об'єму металу  $\mathcal{G}$ , що знімається з оброблюваної деталі, тобто чим більше сумарний об'єм металу, що знімається,  $N \cdot \mathcal{G}$ , тим менше  $C_{04}$ . Отже, придбання верстата-автомата ефективно при великій програмі оброблюваних деталей. При обробці невеликої партії деталей основний шлях зменшення питомої собівартості обробки  $C_0$  складається в зменшенні доданка  $C_{01}$  за рахунок збільшення продуктивної обробки  $Q$ .

Дослідами встановлено, що зі збільшенням сили притиску алмазного круга до оброблюваної деталі (твердосплавного кільця) продуктивність  $Q$  може бути збільшена в 2 рази, тобто до значення  $Q = 800$  мм<sup>3</sup>/хв (чи  $Q = 48 \cdot 10^6$  м<sup>3</sup>/годин).

Коефіцієнт  $z = 7$ . Стійкість круга при цьому зменшується в 3,5 рази й становить  $T = 1,71$  годин. Енергоємність обробки  $E$  зменшується, однак несуттєво й, отже, доданком  $C_{03}$  у формулі (3) можна зневажити. З урахуванням нових вихідних даних, маємо:

$$C_0 = 2,45 \cdot 10^6 + 1,1 \cdot 10^6 = 3,55 \cdot 10^6 \text{ грн/м}^3.$$

Як бачимо, перший доданок  $C_{01}$  трохи зменшився (від  $2,8 \cdot 10^6$  до  $2,45 \cdot 10^6$ ), однак збільшився другий доданок  $C_{02}$  (від  $0,625 \cdot 10^6$  до  $1,1 \cdot 10^6$ ), що в остаточному підсумку привело до невеликого збільшення питомої собівартості обробки  $C_0$  (від  $3,425 \cdot 10^6$  до  $3,55 \cdot 10^6$ ). Збільшення  $C_0$  відбулося внаслідок відносно великого значення коефіцієнта  $z$ . Отже, зменшення основного часу обробки  $\tau_0$  за рахунок збільшення продуктивності обробки  $Q$  (коли зберігається великий допоміжний час обробки) малоефективно з погляду зниження собівартості обробки.

Із цього можна зробити висновок, що найбільш перспективним напрямком зменшення  $C_0$  необхідно розглядати зменшення коефіцієнта  $z$ . Лише при невеликому значенні  $z$ , коли зміна (збільшення) продуктивності

обробки  $Q$  практично не приведе до росту  $z$ , з'являється можливість зменшення  $C_0$  за рахунок збільшення  $Q$ .

Розглянутий вище приклад є підтвердженням того, що застосування прогресивних наукомістких технологій (якими є, наприклад, технології шліфування алмазними кругами на високоміцних металевих зв'язках з їх безперервним електроерозійним виправленням) виявляється не ефективним (або малоефективним) у зв'язку з низьким рівнем автоматизації й механізації праці, а також у зв'язку із застосуванням застарілого технологічного обладнання, заснованого на «ручній обробці», й ін. Зменшити коефіцієнт  $z$  можна також застосуванням нових кінематичних схем обробки партії деталей з більш високою продуктивністю.

По суті, залежність (4) відкриває нові можливості оптимізації технологічних процесів, вибору найбільш ефективних варіантів обробки на основі техніко-економічного аналізу [2, 3].

Аналізуючи доданки  $C_{01}$ ,  $C_{02}$ ,  $C_{03}$ ,  $C_{04}$  для різних видів обробки, можна вийти на оптимальні режими різання, характеристики інструментів, устаткування й ін., тобто вийти на проектування оптимальної маршрутно-операційної технології механічної обробки.

**Література:** 1. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общей редакцией Ф.В. Новикова и А.В. Якимова. В десяти томах. – Т.4. “Теория абразивной и алмазно-абразивной обработки материалов” – Одесса: ОНПУ, 2002. – 802 с. 2. Теоретические основы резания и шлифования материалов: Учеб. пособие / А.В. Якимов, Ф.В. Новиков, Г.В. Новиков, Б.С. Серов, А.А. Якимов – Одесса: ОГПУ, 1999. – 450 с. 3. Новиков Ф.В., Яценко Е.С., Ковальчук А.Н., Иванов И.Е. Математическая модель определения экономически выгодных режимов резания / Вісник Національного технічного університету “ХПІ”. Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Технічний прогрес і ефективність виробництва. – Харків: НТУ “ХПІ”. – 2006. – № 41. – С. 33-36.