

УДК 33.330.3

ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ

Новіков Ф. В., Шкурупій Ю. В.

Анотація. У роботі виконана оцінка ефективності технологічних процесів обробки деталей за критерієм собівартості. Обґрунтовані умови забезпечення мінімально можливої собівартості обробки деталей, що складаються у виборі оптимальних режимів різання й економічних параметрів обробки

Аннотация. В работе произведена оценка эффективности технологических процессов обработки деталей по критерию себестоимости. Обоснованы условия обеспечения минимально возможной себестоимости обработки деталей, состоящие в выборе оптимальных режимов резания и экономических параметров обработки

Ключові слова: *собівартість обробки, основний технологічний час обробки, ціна інструмента, режим різання.*

Економічну результативність технологічного процесу визначають як сукупність технічних, техніко-економічних і техніко-експлуатаційних показників. Важливим завданням для економістів є порівняльний аналіз усіх перерахованих вище показників з метою виявлення найбільш оптимального їхнього сполучення для визначення оптимальних режимів проведення технологічного процесу й вибору прогресивного технологічного устаткування.

Узагальнюючим показником ефективності технологічного процесу є собівартість виробу (продукції). Собівартість промислової продукції (робіт, послуг) – це виражені в грошовій формі поточні витрати підприємства на її виробництво й збут. Собівартість – один із найважливіших якісних показників, що характеризують усі сторони діяльності підприємства. У ній відбивається повнота й ефективність використання матеріальних і трудових ресурсів на випуск продукції, економія у витраті засобів, результати впровадження нової техніки. Зниження собівартості – найважливіший шлях до збільшення прибутку й рентабельності товарної продукції, підвищення ефективності

промислового виробництва. Визначенню собівартості виготовлення продукції приділяють значну увагу [1]. Однак, при виборі оптимального варіанта технологічного процесу виготовлення деталей за критерієм мінімально можливої собівартості використовують, як правило, результати експериментальних досліджень, отриманих для цілком конкретних умов обробки. Це дозволяє одержати рішення, що охоплюють "вузькі" діапазони досліджуваних параметрів, тоді як для обґрунтованого вибору оптимального варіанта обробки необхідно мати у своєму розпорядженні загальні рішення, які справедливі в широких діапазонах змінюваних параметрів і можуть бути отримані лише аналітичними методами. У зв'язку із цим представляється важливим і актуальним аналітичний опис собівартості обробки деталей і теоретичний аналіз шляхів її зменшення.

Метою роботи є визначення умов забезпечення мінімально можливої собівартості обробки деталей.

Слід зауважити, що оптимальні режими різання, які дають найбільшу продуктивність обробки, як правило, не забезпечують мінімальної собівартості. Тому вибір оптимальних режимів різання виконаємо за умови забезпечення мінімально можливої собівартості обробки. З урахуванням лише змінних статей витрат собівартість обробки C визначимо за залежністю [2]:

$$C = N \cdot \tau_0 \cdot S_1 \cdot k_D + M \cdot \text{ц} , \quad (1)$$

де N і M – відповідно кількість деталей, що виготовляються, і використаних інструментів;

τ_0 – основний технологічний час обробки, с;

S_1 – тарифна ставка робітника, грн/год.;

k_D – коефіцієнт, що враховує всілякі нарахування на тарифну ставку робітника;

ц – ціна інструмента, грн.

Для найпоширенішого методу механічної обробки – поздовжнього точіння, маємо

$$\tau_0 = i \cdot \frac{L}{S_{\text{пр}}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{дет}} \cdot \Pi \cdot L}{V \cdot t \cdot S} , \quad (2)$$

де $i = \frac{\Pi}{t}$ – кількість поздовжніх ходів інструмента;

L – довжина ходу інструмента, м;

$S_{\text{пр}} = V \cdot \frac{S}{\pi \cdot D_{\text{дет}}}$ – поздовжня подача, м/с;

Π – величина припуску, що знімається, м;

t – глибина різання, м;

V – швидкість різання, м/с;

S – поздовжня подача, м/оберт;

$D_{\text{дет}}$ – діаметр деталі, м.

Чисельник у залежності (2) дорівнює об'єму матеріалу, що знімається, а знаменник – продуктивності обробки $Q = V \cdot t \cdot S$.

Стійкість інструмента T пов'язана із величиною τ_0 залежністю $T = n \cdot \tau_0$, де n – кількість деталей, оброблених одним інструментом.

З використанням результатів багатофакторного планування експерименту стійкість інструмента T виражається [3]:

$$T = \frac{C_4}{V^{m_1} \cdot t^q \cdot S^p}, \quad (3)$$

де C_4 , m_1 , q , p – постійні для певних умов обробки.

Підставляючи залежності (2) і (3) у залежність $T = n \cdot \tau_0$, маємо:

$$n = \frac{C_4}{\pi \cdot D_{\text{дет}} \cdot \Pi \cdot L \cdot V^{m_1-1} \cdot t^{q-1} \cdot S^{p-1}}, \quad (4)$$

$$M = \frac{N}{n} = \frac{\pi \cdot D_{\text{дет}} \cdot \Pi \cdot L \cdot N \cdot V^{m_1-1} \cdot t^{q-1} \cdot S^{p-1}}{C_4}. \quad (5)$$

Позначимо $\vartheta_{\text{сум}} = \pi \cdot D_{\text{дет}} \cdot \Pi \cdot L \cdot N$ – сумарний об'єм матеріалу, що знімається, із всіх деталей. Підставимо залежності (2) і (5) в (1):

$$C = \vartheta_{\text{сум}} \cdot \left(\frac{S_1 \cdot k_D}{V \cdot t \cdot S} + \frac{C}{C_4} \cdot V^{m_1-1} \cdot t^{q-1} \cdot S^{p-1} \right). \quad (6)$$

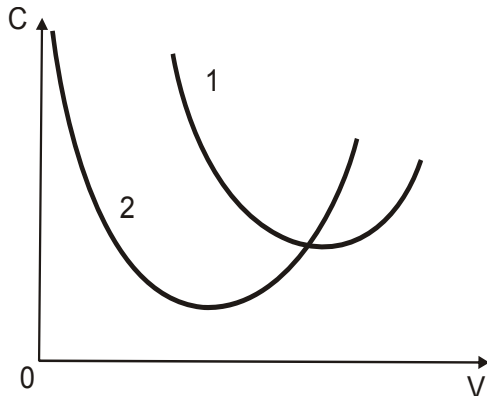


Рис. 1. Залежність C від V при $S = \text{const}$ ($S_1 < S_2$)

При $m_1, q, p > 1$ має місце екстремальна залежність C від V, t і S . Експериментально встановлено: $m_1 > q > p, m_1 > 1$. При обробці сталей і чавунів різцями із твердих сплавів і швидкорізальних сталей $m_1 = 2 \dots 10$. Параметри p й q залежно від умов обробки можуть бути більшими й меншими від одиниці. Розглянемо

випадок $m_1 > 1, 0 < p < 1, 0 < q < 1$. Залежність (1) буде:

$$C = \vartheta_{\text{сум}} \cdot \left(\frac{S_1 \cdot k_D}{V \cdot t \cdot S} + \frac{c}{C_4} \cdot \frac{V^{m_1-1}}{t^{1-q} \cdot S^{1-p}} \right). \quad (7)$$

Зі збільшенням t і S собівартість C безупинно зменшується, а зі збільшенням V – змінюється за екстремальною залежністю. Визначимо екстремальні значення V і C з умови $C'_V = 0$:

$$V_{\text{екс}} = \left[\frac{S_1 \cdot k_D \cdot C_4}{(m_1 - 1) \cdot c \cdot t^q \cdot S^p} \right]^{\frac{1}{m_1}}. \quad (8)$$

Значення $V_{\text{екс}}$ тим менше, чим більші t й S . Друга похідна C''_V в точці екстремуму – додатна величина, тому має місце мінімум функції $C = f(V)$ (рис. 1.). Підставимо залежність (8) в (7):

$$C = \vartheta_{\text{сум}} \cdot m_1 \cdot \left(\frac{S_1 \cdot k_D}{m_1 - 1} \right)^{1 - \frac{1}{m_1}} \cdot \left(\frac{c}{C_4} \right)^{\frac{1}{m_1}} \cdot \frac{1}{t^{\frac{1-q}{m_1}} \cdot S^{\frac{1-p}{m_1}}}. \quad (9)$$

Собівартість обробки C тим менша, чим менші параметри $\vartheta_{\text{сум}}, S_1, k_D, c$ і більші C_4, t, S . Зменшити $\vartheta_{\text{сум}}$ можна зменшенням припуску Π , що знімається (при заданих значеннях $L, D_{\text{дет}}$).

Продуктивність обробки Q в точці мінімуму функції C дорівнює:

$$Q = \left(\frac{C_4 \cdot S_1 \cdot k_D}{(m_1 - 1) \cdot \psi} \right)^{\frac{1}{m_1}} \cdot t^{1 - \frac{q}{m_1}} \cdot S^{1 - \frac{p}{m_1}}. \quad (10)$$

Зі збільшенням t і S продуктивність Q збільшується. Отже, досягти зменшення C при одночасному збільшенні Q можна збільшенням t і S , а також зменшенням $V_{\text{екс}}$ згідно із залежністю (8).

Підставимо залежність (8) у (3):

$$T = \frac{(m_1 - 1) \cdot \psi}{S_1 \cdot k_D}. \quad (11)$$

Як видно, оптимальна стійкість інструмента T не залежить від параметрів режимів різання, а визначається економічними параметрами S_1 , k_D , ψ . Параметри S_1 й k_D впливають на собівартість обробки C і стійкість інструмента T . Отже, між C і T не існує цілком однозначної залежності. Параметр ψ може змінюватися в більших межах, ніж S_1 і k_D . Тому за рахунок зниження ψ можна зменшувати параметри C й T , тобто економічно ефективно працювати з мінімально можливими значеннями T . Зменшення параметру ψ веде до збільшення Q й $V_{\text{екс}}$. Оскільки $q < p$, то глибина різання t в залежність (10) входить більшою мірою, ніж подача S . У зв'язку з цим доцільно, в першу чергу, збільшувати t до величини припуску P , що знімається, тобто обробку виконувати за один прохід інструмента.

Подачу S необхідно збільшувати з урахуванням технічних обмежень, наприклад, потужності верстата, міцності інструмента й привода верстата, шорсткості обробки і т. ін. Очевидно, при заданій площі поперечного перерізу зрізу ефективно збільшити глибину різання й зменшити подачу, що узгоджується із практичними даними. Залежність (9) з урахуванням (10) набуде вигляду:

$$C = \vartheta_{\text{сум}} \cdot \frac{S_1 \cdot k_D}{Q} \cdot \frac{m_1}{(m_1 - 1)}. \quad (12)$$

По суті, отримано залежність (7), у якій другий доданок виражений через перший. Значення C , яке визначене із залежності (12), завжди

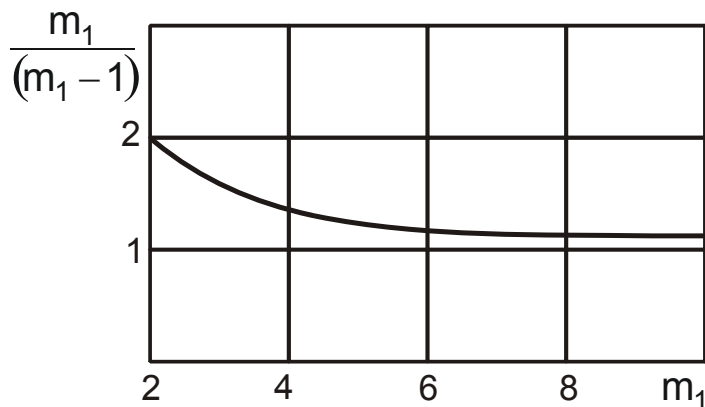


Рис. 2. Залежність $m_1/(m_1 - 1)$ від m_1

більше від першого доданка в залежності (7) у $m_1/(m_1 - 1)$ раз. Виходячи з рис. 2, відношення $m_1/(m_1 - 1)$ змінюється в межах $2 \dots 1,1$ при збільшенні m_1 від 2 до 10.

Зменшити C можна, збільшуючи Q шляхом збільшення t й S і зменшення c , відповідно до залежності (10). При цьому

швидкість різання повинна встановлюватися відповідно до залежності (8). Таким чином показано, що зменшення собівартості обробки C досягається за рахунок збільшення продуктивності Q . Причому, зменшити собівартість обробки C й відповідно збільшити продуктивність Q можна як за рахунок зміни параметрів режиму різання V , t і S , так і за рахунок зміни економічних параметрів S_1 , k_d і особливо ціни інструмента c , яка може змінюватися в широких межах. Це свідчить про необхідність рішення технічних задач по визначенню оптимальних варіантів обробки деталей з використанням економічних методів [4].

Різного роду обмеження обробки, наприклад, точність і шорсткість обробки, приводять до обмеження параметрів режиму різання t й S , і згідно з (10), продуктивності Q . Собівартість C за залежністю (12) набуває відносно великих значень. Тому зменшити C можна виконанням обробки у дві й більше операції.

Отже, у результаті дослідження можна зробити такі висновки.

1. Аналітично описана собівартість обробки деталей і обґрунтовані умови її зменшення, що складаються у виборі як параметрів режимів різання, так і економічних параметрів обробки.

2. Визначені економічно обґрунтовані режими різання й оптимальні значення продуктивності обробки й стійкості інструмента, що відповідають мінімально можливій собівартості обробки.

3. Показано можливість істотного зменшення собівартості обробки за рахунок зниження ціни на придбання інструменту.

Надалі для більш глибокого аналізу умов забезпечення мінімально можливої собівартості обробки деталей, необхідно в другий доданок залежності (1) замість емпіричної формули (3) підставити формулу,

установлену аналітичним шляхом. Це дозволить урахувати вплив на собівартість обробки ряду нових параметрів, які узагальнено виражаються у формулі (3) коефіцієнтом C_4 , установлюваним експериментально лише для цілком конкретних умов обробки, тобто для “вузьких” діапазонів зміни розглянутих параметрів обробки.

Література

1. Мякота В. Себестоимость продукции от выпуска до реализации / В. Мякота, Т. Войтенко. – Харьков: Фактор, 2007. – 288 с.
2. Якимов О. В. Технологія автоматизованого машинобудування. Підручник / О.В. Якимов, В.С. Гусарев, О.О. Якимов, П.А. Лінчевський, Ф.В. Новіков, Г.В. Новіков, В.П. Ларшин. – Одеса: ОНПУ, 2005. – 412 с.
3. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов / В.Ф. Бобров. – М.: Машиностроение, 1975. – 343 с.
4. Кривошапка Ю.Н. Экономический фактор в оптимизации технологических процессов / Ю.Н. Кривошапка, Ф.В. Новиков // Вісник Харківського держ. техн. ун-ту сільськ. господарства. – Харків: ХДТУСГ, вип. 10, 2002. – С. 66-72.