

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СОБІВАРТОСТІ ОПЕРАЦІЙ МЕТАЛООБРОБКИ

УДК 33.330.3

Бенін Є. Ю.

Теоретично та експериментально обґрунтовано умови істотного зменшення собівартості обробки деталей, які полягають у застосуванні сучасних високопродуктивних збірних інструментів зі зносостійкими покриттями. Доведено, що між собівартістю й продуктивністю обробки в точці екстремуму (мінімуму) собівартості існує обернено пропорційний зв'язок. Тому досягти істотного зменшення собівартості можна винятково за рахунок збільшення продуктивності обробки. При цьому підвищення вартості інструмента з надлишком компенсується збільшенням продуктивності та зменшенням собівартості обробки. Встановлено, що зі збільшенням продуктивності обробки відбувається збільшення витрат на інструмент відносно витрат на заробітну плату робітника, однак у загальному випадку витрати на заробітну плату робітника завжди перевищують витрати на інструмент. Отримані теоретичні рішення підтверджені експериментально. Установлено, що завдяки застосуванню збірних твердосплавних інструментів зі зносостійкими покриттями можна більш ніж у 10 разів збільшити продуктивність і зменшити собівартість обробки, чого досить складно досягти іншими економічними методами. Це дозволяє успішно вирішувати проблеми створення конкурентоспроможної машинобудівної продукції й виходу підприємств України з економічної кризи.

Ключові слова: собівартість обробки, продуктивність обробки, інструмент, стаття витрат, заробітна плата.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СЕБЕСТОИМОСТИ ОПЕРАЦИЙ МЕТАЛЛООБРАБОТКИ

УДК 33.330.3

Бенин Е. Ю.

Теоретически и экспериментально обоснованы условия существенного уменьшения себестоимости обработки деталей, состоящие в применении современных высокопроизводительных сборных инструментов с износостойкими покрытиями. Доказано, что между себестоимостью и производительностью обработки в точке экстремума (минимума) себестоимости существует обратно пропорциональная связь. Поэтому добиться существенного уменьшения себестоимости можно исключительно за счет увеличения производительности обработки. При этом повышение стоимости инструмента с избытком компенсируется увеличением производительности и уменьшением себестоимости обработки. Установлено, что с увеличением производительности обработки происходит увеличение затрат на инструмент по отношению к затратам на заработную плату рабочего, однако в общем случае затраты на заработную плату рабочего всегда превышают затраты на инструмент. Полученные теоретические решения подтверждены экспериментально. Установлено, что благодаря применению сборных твердосплавных инструментов с износостойкими покрытиями можно более чем в 10 раз увеличить производительность и уменьшить себестоимость обработки, чего весьма сложно добиться другими экономическими методами. Это позволяет успешно решать проблемы создания конкурентоспособной машиностроительной продукции и вывода предприятий Украины из экономического кризиса.

Ключевые слова: себестоимость обработки, производительность обработки, инструмент, статья затрат, заработная плата.

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL RESEARCH OF MACHINING OPERATIONS COST

UDC 33.330.3

E. Benin

The terms of significant reduction in the cost of parts machining, consisting in the application of modern high-performance modular instruments with wear-resistant coatings have been theoretically and experimentally substantiated. It has been proved that between the cost and processing capacity at the point of cost extremum (minimum) there is an inversely proportional relationship. Therefore, to achieve substantial cost reduction it is possible only due to increasing productivity. This increase in the cost of the tools is compensated by an increase in productivity and a decrease in the cost of processing. It has been established that an increase in processing efficiency is accompanied by increase in tooling costs in relation to the cost of workmen's wages, but in general the cost of workmen's wages always exceeds the cost of the tool. Obtained theoretical solutions are confirmed experimentally. It has been found that through the use of modular tools with

carbide wear-resistant coatings the performance can be increased 10 times and processing costs can be decreased that is very difficult to achieve by other economic methods. This allows you to successfully solve the problem of creating a competitive machine-building production and Ukrainian enterprises bailout.

Keywords: processing cost, processing efficiency, tools, cost item, wages.

Україна є однією з індустріально розвинених країн світу, що володіє повним технологічним циклом виготовлення авіаційної й ракетно-космічної техніки, а також інших перспективних видів наукомісткої машинобудівної продукції. Тому створення сучасного машинобудівного комплексу є пріоритетним напрямом розвитку економіки України [1; 2]. Для цього необхідно забезпечити умови створення конкурентоспроможної машинобудівної продукції за рахунок зниження собівартості [3; 4] і підвищення якості її виготовлення. Аналіз собівартості виготовлення машинобудівної продукції на машинобудівних підприємствах України показав, що найбільшими є статті витрат, пов'язані із заробітною платою робітників і витратами на сировину й матеріали, які в середньому становлять по 25 %. Тому зменшити собівартість продукції можна, насамперед, за рахунок зменшення статті витрат, пов'язаної із заробітною платою робітників, та збільшення продуктивності праці шляхом застосування прогресивних технологій, устаткування й інструментів. Важливу роль при цьому відіграє інструмент. Як показав аналіз фінансово-економічної діяльності численних машинобудівних підприємств, стаття витрат, пов'язана з витратою інструментів, становить 3 – 5 % від собівартості виготовлення виробу. Причому даний відсоток фактично не змінюється у випадку використання нових сучасних інструментів, які пропонують провідні закордонні інструментальні фірми і які в 10 – 100 разів дорожчі від вітчизняних інструментів. Це пов'язано з тим, що строк їхньої роботи пропорційний збільшенню ціни. Однак застосування даних інструментів дозволяє збільшити продуктивність праці, що, природно, приводить до зниження статті витрат, пов'язаної із заробітною платою робітників, і вирішення проблеми зниження собівартості виготовлення машинобудівної продукції.

У роботі [4] показано, що зниження ціни різального інструменту на 20 % відповідає зниженню собівартості виробу всього на 0,6 %. Збільшення у 2 рази терміну служби різального інструменту також приводить до незначного зниження собівартості виробу – всього на 1,5 %. Збільшення ж продуктивності обробки за рахунок застосування більш прогресивного інструменту на 20 % приводить до зниження собівартості виробу на 15 %. Отже, зниження собівартості виробу від застосування більш прогресивного інструменту відбувається за рахунок зниження статті витрат, пов'язаної із заробітною платою робітників, у результаті підвищення продуктивності їхньої праці. Тому надзвичайно важливим є завдання ефективного застосування сучасних збірних конструкцій твердосплавних різальних інструментів зі зносостійкими покриттями, що забезпечують істотне зменшення собівартості й збільшення продуктивності обробки. Тому метою роботи є визначення шляхів зниження собівартості виготовлення машинобудівної продукції за рахунок застосування сучасних технологій та інструментів.

На сучасному етапі в Україні сформувався досить великий ринок інструментів. Іде гостра конкурентна боротьба світових лідерів із виготовлення інструментів – фірм, що представляють такі економічно розвинені країни, як Японія, Південна Корея, Німеччина, Ізраїль та інші. У зв'язку із цим ринок насичений різними інструментами й завдання полягає лише в тому, щоб правильно орієнтуватися у виборі інструментів за принципом ціна/якість.

Тривалий час керівники підприємств України психологічно не були готові до переходу на новий закордонний інструмент у зв'язку з їх надзвичайно високою вартістю. Однак за останні роки в результаті великої роботи з рекламування цих інструментів і їхніх переваг відбулося психологічне руйнування старих стереотипів і підприємства всі частіше стали використовувати у виробництві закордонний інструмент. У результаті на деяких провідних машинобудівних підприємствах застосовується до 90 % таких інструментів, і це незважаючи на надзвичайно високі ціни на інструменти. Основними перевагами інструментів є висока стійкість і надійність роботи, чого не досягалося раніше за використання традиційних вітчизняних інструментів із твердих сплавів і швидко-різальних сталей. Це дозволяє ефективно їх використовувати в умовах високошвидкісного різання, забезпечуючи високоякісну й високопродуктивну обробку.

Традиційно питання собівартості виготовлення машино-

будівної продукції вивчаються в рамках як економічних, так і технічних наук. Так, за визначенням технологія машинобудування – це наука про виготовлення машин необхідної якості у встановленій виробничою програмою кількості й у заданий термін за найменших витрат живої й автоматизованої праці, тобто за найменшої собівартості [5]. Дане визначення, по суті, є формулюванням завдання оптимізації із зазначенням цільової функції – собівартості й технологічних обмежень. У зв'язку із цим у науково-технічній літературі наведена велика кількість рішень, які стосуються зниження собівартості продукції. Традиційно в рамках економічних наук визначення умов зниження собівартості продукції виконується на основі порівняння декількох цілком конкретних варіантів виготовлення даної продукції (за всіма статтями витрат) і вибору з них найкращого варіанта. Однак при цьому виникає питання: а що, якщо в числі розглянутих варіантів не буде оптимального (який забезпечує мінімум собівартості), тоді й обраний найкращий варіант не буде оптимальним? У науково-технічній літературі до питання визначення мінімуму собівартості продукції підходять суто аналітично, що дозволяє більш повно із загальних позицій подати собівартість і виключити фактор невизначеності, оскільки в розрахунках аналізується екстремум (мінімум) собівартості, тобто розглядається завідомо оптимальне рішення. Для спрощення розрахунків прийнято оперувати так званою технологічною собівартістю, що враховує лише змінні статті витрат під час обробки деталей, пов'язані із заробітною платою робітників, витратою інструментів і електроенергії в процесі обробки [6]. Це дозволило одержати досить прості аналітичні залежності для визначення мінімуму собівартості обробки й науково обґрунтовано підійти до визначення умов визначення собівартості, зокрема, до обґрунтування механізму впливу характеристик інструментів на зниження собівартості. Тому можна скористатися даним підходом і виконати оцінку можливостей ефективного використання прогресивних різальних інструментів із погляду зниження собівартості обробки з урахуванням двох змінних статей витрат, пов'язаних із заробітною платою робітника й витратою інструментів [6]:

$$C_{\text{сум}} = C_{\text{ч}} + C_{\text{ін}} \quad (1)$$

де N – кількість оброблюваних деталей;

Q – об'єм металу, що знімається з однієї деталі, м³;

$S_{\text{час}}$ – тарифна ставка робітника-верстатника, грн;

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

C – ціна інструмента, грн;

$C_{\text{в}} = \frac{C}{Q}$ – продуктивність обробки, м³/с;

V – швидкість різання, м/с;

S – подача, м/об.;

t – глибина різання, м;

$C_{\text{мін}}$ – постійні, що характеризують стійкість інструмента для певних умов обробки ($m_1 > m_2$).

Як видно, зменшити перший доданок (статтю витрат, пов'язану із заробітною платою робітника) однозначно можна збільшенням продуктивності обробки Q . Однак при цьому буде збільшуватися другий доданок (стаття витрат, пов'язана з витратою інструментів), тобто має місце екстремум (мінімум) собівартості C від продуктивності обробки Q . Розрахунками встановлено, що в точці екстремуму собівартість $C_{\text{мін}}$ і продуктивність $Q_{\text{екстр}}$ обробки визначаються залежностями:

$$C_{\text{мін}} = \frac{C}{Q_{\text{екстр}}} \quad (2)$$

$$C_{\min} = C_1 + C_2 \cdot Q_{\text{екстр}}^{-m_1} \quad (3)$$

Залежність (2) можна подати у вигляді:

$$C_{\min} = C_1 + C_2 \cdot Q_{\text{екстр}}^{-m_1} \quad (4)$$

Із залежності (2) випливає, що в точці екстремуму (мінімуму) собівартості обробки перший доданок, пов'язаний із заробітною платою робітника, завжди більший від другого доданка, що визначає витрати на інструмент, оскільки безрозмірний параметр $m_1 > 1$. При цьому множник $\left[C_1 + C_2 \cdot Q_{\text{екстр}}^{-m_1} \right]$. Отже, домінуючим у залежності (2) є перший доданок. Тоді, по суті, величина C_{\min} – це перший доданок у залежності (1) з урахуванням множника $\left[C_1 + C_2 \cdot Q_{\text{екстр}}^{-m_1} \right]$. У зв'язку із цим величина C_{\min} чітко й однозначно визначається продуктивністю обробки $Q_{\text{екстр}}$: чим більше $Q_{\text{екстр}}$, тим менше C_{\min} , тобто зменшити C_{\min} можна винятково за рахунок збільшення $Q_{\text{екстр}}$, застосовуючи для цього більш прогресивні різальні інструменти.

Для вітчизняних твердосплавних і швидкохідних інструментів безрозмірний параметр $m_1 = 5 \dots 10$, а для розглянутих закордонних інструментів він менший і перебуває на рівні $m_1 = 3$. Отже, у другому випадку в залежності (2) збільшується другий доданок відносно першого доданка і знижується розбіжність між ними. При цьому перший і другий доданки за абсолютною величиною зменшуються, тому що застосування сучасних інструментів, які характеризуються більш високою різальною здатністю, приводить до збільшення продуктивності обробки $Q_{\text{екстр}}$ в залежності (2). Інакше кажучи, стаття витрат, пов'язана із заробітною платою робітника, зменшується й наближається до статті витрат, пов'язаної з витратою інструментів.

Розрахунками встановлено, що множник $\left[C_1 + C_2 \cdot Q_{\text{екстр}}^{-m_1} \right]$, який входить у залежність (4), зменшується зі збільшенням безрозмірного параметра m_1 . Так, для $m_1 = 3$ він дорівнює 1,887, а для $m_1 = 5$ – 1,65. Однак із цього не випливає, що зменшується й C_{\min} , оскільки зі збільшенням m_1 відбувається збільшення множника $\left[C_1 + C_2 \cdot Q_{\text{екстр}}^{-m_1} \right]$. Це пов'язано з тим, що зі змінною ціни інструмента C_2 відбувається практично пропорційна зміна параметра C_4 , який узагальнено визначає різальні властивості інструмента. У результаті відношення C_2/C_4 залишається фактично постійним, однак, як встановлено розрахунками, воно завжди менше від одиниці. Тому чим менший безрозмірний параметр m_1 , тим менша величина $\left[C_1 + C_2 \cdot Q_{\text{екстр}}^{-m_1} \right]$, а відповідно, вища продуктивність $Q_{\text{екстр}}$ і менша собівартість обробки C_{\min} , які визначаються залежностями (2) і (4). Отже, збільшення $Q_{\text{екстр}}$ і зменшення C_{\min} у процесі обробки закордонним інструментом відбувається в результаті зменшення безрозмірного параметра $m_1 \rightarrow$. Цим показано, що застосування збірних твердосплавних інструментів закордонного виробництва дозволяє за рахунок збільшення продуктивності обробки з надлишком компенсувати витрати на їхнє придбання, а це створює умови для одержання підприємством значного прибутку. У цьому й полягає ефект застосування цих інструментів.

З метою перевірки теоретичних рішень були проведені експериментальні дослідження витрат на заробітну плату робітника й витрати інструментів під час фрезерування вітчизняною монолітною фрезою й більш продуктивною зірною твердосплавною фрезою зі зносостійким покриттям виробництва фірми TaeguTec (Південна Корея) [4]. У результаті встановлено, що закордонна фреза забезпечує збільшення продуктивності обробки в 15,5 рази й дозволяє обробляти (до затуплення) в 10 разів більше деталей. При цьому вартість її всього в 2,5 рази вище. Установлено, що в точці мінімуму собівартості обробки у двох випадках витрати на заробітну плату C_1 більші від витрат на інструмент C_2 (в процесі обробки однієї деталі). Однак під час обробки фрезою закордонного виробництва розбіжність між

витратами зменшується (з 5,7 до 2 разів), так само, як зменшується і собівартість $C_{\min} = C_1 + C_2$ (рисунок). Отже, наведені експериментальні дані відповідають отриманим теоретичним рішенням.

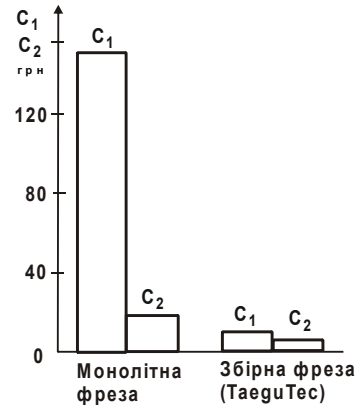


Рис. Діаграма розподілу витрат C_1 , C_2 (на одну деталь) при фрезеруванні монолітною й зірною фрезами

Таким чином, можна зробити наступні висновки.

1. Теоретично й експериментально обґрунтовано умови істотного зменшення собівартості обробки деталей, які полягають у застосуванні сучасних високопродуктивних збірних твердосплавних інструментів зі зносостійкими покриттями.

2. Доведено, що між собівартістю й продуктивністю обробки в точці екстремуму (мінімуму) собівартості існує обернено пропорційний зв'язок. При цьому зі збільшенням продуктивності обробки відбувається збільшення витрат на інструмент відносно витрат на заробітну плату робітника, хоча в загальному випадку витрати на заробітну плату робітника завжди перевищують витрати на інструмент. Отримані теоретичні рішення узгоджуються з експериментальними даними.

3. Огляду на можливість багаторазового зменшення собівартості й збільшення продуктивності обробки деталей сучасними зірними інструментами в подальших дослідженнях важливо провести аналіз їхнього ефективного застосування на машинобудівних підприємствах України.

Література: 1. Пономаренко В. С. Визначення інтегрального показника системної ефективності розвитку підприємства / В. С. Пономаренко, І. В. Гончарова // Економіка розвитку. – 2012. – № 1(61). – С. 86–94. 2. Мякота В. Себестоимость продукции от выпуска до реализации / В. Мякота, Т. Войтенко. – Х.: Фактор, 2007. – 288 с. 3. Finding answers to pressing questions posed by economics / S. Halter, A. Wehrli, M. Gassmann et al. // Metal Powder Report. – 2011. – № 66(1). – Pp. 17–20. 4. Zhang Z. The Contribution Analysis of Science and Technology Service Industry of Liaoning to Manufacturing Industry-Based on Clustering Analysis on Direct Consumption Coefficient / Z. Zhang, Q. Lu, Y. Gang // Advanced Materials Research 655-657. – 2013. – Pp. 2242–2247. 5. Жовтубрюх В. А. Определение оптимальных условий механической обработки по наименьшим затратам на операцию / В. А. Жовтубрюх, Ф. В. Новиков, Е. Ю. Бенин // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Машинобудування і машинознавство. Випуск 9 (205). – Донецьк: ДонНТУ, 2012. – С. 142–146. 6. Технология машиностроения: учебник / А. В. Якимов, Ф. В. Новиков, П. А. Линчевский и др. – Одесса: ОНПУ, 2012. – 693 с. 7. Новиков Ф. В. Обґрунтування економічної ефективності технології виготовлення деталей машин / Ф. В. Новиков, С. Ю. Бенин // Економіка розвитку. – 2012. – № 1(61). – С. 84–86.

References: 1. Ponomarenko V. S. Vyznachennia intehralnoho pokaznyka systemnoieffektyvnosti rozvytku pidpriemstva / V. S. Ponomarenko, I. V. Hontareva // Ekonomika rozvytku. – 2011 – No. 1(51). – Pp. 86–94. 2. Myakota V. Sebestoimost produktsii ot vypuska do realizatsii / V. Myakota, T. V. Oytenko. – Kh.: Faktor, 2007. – 288 p. 3. Finding answers to pressing questions posed by economics / S. Halter, A. Wehrli, M. Gassmann et al. // Metal Powder

Report. – 2011. – № 66(1). – Pp. 17–20. 4. Zhang Z. The Contribution Analysis of Science and Technology Service Industry of Liaoning to Manufacturing Industry-Based on Clustering Analysis on Direct Consumption Coefficient / Z. Zhang, Q. Lu, Y. Gang // Advanced Materials Research 655-657. – 2013. – Pp. 2242–2247. 5. Zhovtobryukh V. A. O predelenie optimalnykh usloviy mekhanicheskoy obrabotki po naimenshim zatsratam na operatsiyu / V. A. Zhovtobryukh, F. V. Novikov, E. Yu. Benin // Naukovipratsi Donetskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu. Seriya: Mashynobuduvannia i mashynoznavstvo. Issue 9 (205). – Donetsk: DonNTU, 2012. – Pp. 142–146. 6. Tekhnologiya mashinostroeniya: uchebnik / A. V. Yakimov, F. V. Novikov, P. A. Linchevskiy et al. – Odessa: ONPU, 2012. – 693 p. 7. Novikov F. V. Obgruntuvannia ekonomichnoi efektyvnosti tekhnolohii vyhotovlennia detalei mashyn / F. V. Novikov, Ye. Yu. Benin // Ekonomika rozvytku. – 2012. – No. 1(61). – Pp. 84–86.

Інформація про автора

Бенін Євген Юліович – директор ТОВ "Науково-виробниче об'єднання "Світло шахтера" (61004, Україна, м. Харків, вул. Світло Шахтера, 4/6, e-mail: benin@stem.com.ua).

Информация об авторе

Бенин Евгений Юльевич – директор ООО "Научно-производственное объединение "Свет шахтера" (61004, Украина, г. Харьков, ул. Свет Шахтера, 4/6, e-mail: benin@stem.com.ua).

Information about the author

E. Benin – director of Scientific and Production Association "Svitlo Shakhtaria", Ltd (4/6 Svitlo Shakhtaria St., 61004, K harkiv, U kraine, e-mail: benin@stem.com.ua).

Рецензент

докт. екон. наук,
професор Орлов П. А.

Стаття надійшла до ред.
11.06.2013 р.

