КОНЦЕПЦІЇ ЗНИЖЕННЯ ВИТРАТ НА ВИГОТОВЛЕННЯ МАШИНОБУДІВНОЇ ПРОДУКЦІЇ

УДК 33.330.3

Бенін Є. Ю.

Запропоновано новий теоретичний підхід до визначення собівартості обробки деталей машин, що розглядає взаємозалежними основні статті витрат: на заробітну плату робітника-верстатника й на різальний інструмент. Доведено, що зі збільшенням продуктивності обробки собівартість змінюється по екстремальній залежності, проходячи точку мінімуму. Теоретично встановлено й експериментально підтверджено, що в точці мінімуму собівартості обробки витрати на заробітну плату робітника-верстатника приблизно в 4 рази перевищують витрати на різальний інструмент. Експериментально встановлено, що питома вага різального інструмента в сумарних витратах на операцію механічної обробки незначна і становить у середньому 3 %. Доведено, що це дозволяє істотно збільшити швидкість різання й відповідно продуктивність обробки, а також зменшити витрати на заробітну плату робітника-верстатника без помітного збільшення витрат на інструмент. Для реалізації даної умови необхідно використовувати більш прогресивні, хоча й дорогі, різальні інструменти зі зносостійкими покриттями, що характеризуються високою стійкістю й можливістю багаторазового збільшення швидкості різання й продуктивності обробки.

Ключові слова: собівартість обробки, машинобудівна продукція, стаття витрат, заробітна плата, ціна інструмента.

КОНЦЕПЦИИ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ НА ИЗГОТОВЛЕНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

УДК 33.330.3

Бенин Е. Ю.

Предложен новый теоретический подход к определению себестоимости обработки деталей машин, рассматривающий взаимосвязанными основные статьи затрат: на заработную плату рабочего-станочника и на режущий инструмент. Доказано, что с увеличением производительности обработки себестоимость изменяется по экстремальной зависимости, проходя точку минимума. Теоретически установлено и экспериментально подтверждено, что в точке минимума себестоимости обработки затраты на заработную плату рабочего-станочника приблизительно в 4 раза превышают затраты на режущий инструмент. Экспериментально установлено, что удельный вес режущего инструмента в суммарных затратах на операцию механической обработки незначителен и составляет в среднем 3 %. Доказано, что позволяет существенно увеличить скорость резания и соответственно производительность обработки, а также уменьшить затраты на заработную плату рабочего-станочника без заметного

© Бенін Є. Ю., № 4(64), 2012

увеличения затрат на инструмент. Для реализации данного условия необходимо использовать более прогрессивные, хотя и дорогостоящие, режущие инструменты с износостойкими покрытиями, характеризующиеся высокой стойкостью и возможностью многократного увеличения скорости резания и производительности обработки.

Ключевые слова: себестоимость обработки, машиностроительная продукция, статья затрат, заработная плата, цена инструмента.

THE CONCEPTS OF REDUCING THE COST OF PRODUCING ENGINEERING PRODUCTS

UDC 33.330.3

E. Benin

A new theoretical approach has been proposed in order to determine the cost needed to machine parts processing; it considers the following heads of expenditure: wages of a machine operator and money needed to buy the cutting tool. It has been proved that with the increase of processing power the cost changes via extreme dependence when passing the minimum point. It has been theoretically established and experimentally confirmed that at the the minimum point the cost for paying a machine operator is approximately 4 times higher than that needed to pay for the cutting tool. It has been experimentally found that the share of the cutting tool in the total cost of machine operation is small, on the average it is 3 %. This significantly increases the speed of cutting and therefore production efficiency, and reduce costs for paying a machine operator with no noticeable increase in costs needed to buy the instrument. To implement this condition there should be used more advanced, though costly, cutting tools with wear-resistant coatins, characterized by strong resistance and the possibility of multiple increase of cutting speed and production efficiency.

Key words: prime cost of processing, machine-building products, head of expenditure, wages, the price of the tool.

Проблеми організації та економіки виробництва нерозривно пов'язані з модернізацією й технічним переозброєнням підприємств, переходом на нові наукомісткі технології, що забезпечують істотне підвищення продуктивності праці й створення високоякісної конкурентоспроможної машинобудівної продукції. Це особливо актуально в даний час, коли вихід на світові ринки вимагає зниження собівартості виготовлення машин і систем та підвищення їхніх експлуатаційних властивостей (надійності, ресурсу роботи й т. д.). Перспективним напрямом вирішення даного завдання слід розглядати вдосконалення технологій виготовлення деталей машин і систем на основі застосування сучасних високооборотних верстатів типу "обробний центр" із числовим програмним управлінням і прогресивних конструкцій різальних інструментів зі зносостійкими покриттями. Як показує практика, завдяки їх високим технічним характеристикам з'являється можливість до 10 разів і більше підвищити продуктивність обробки при забезпеченні високої якості обробки. Ефект досягається за рахунок застосування високих швидкостей різання, що в 10 – 100 разів перевищують традиційно використовувані швидкості. Цьому сприяє також застосування інструментів із високотвердих зносостійких матеріалів, які характеризуються високою працездатністю в умовах підвищеної силової й теплової напруженості процесу різання. Однак дані верстати й використовувані інструменти значно (на порядок і більше) дорожче вітчизняних, що вимагає значних коштів на їхнє придбання й призводить до підвищення собівартості обробки. У зв'язку з цим важливе й актуальне значення мають питання зниження витрат на виготовлення машинобудівної продукції.

У роботах [1 – 4] наведені результати досліджень витрат на виготовлення машинобудівної продукції й обґрунтовані умови їхнього зменшення. Показано, що задача може бути вирішена на основі оптимізації технологічних процесів за критерієм найменшої собівартості. У роботі [5] показано, що при аналізі собівартості механічної обробки деталей машин і проведенні оптимізаційних розрахунків необхідно основні статті витрат розглядати математично взаємозалежними. Це вимагає розробки математичної моделі визначення собівартості обробки з урахуванням аналітичних зв'язків між основними статтями витрат. Тому метою роботи є обґрунтування умов зниження витрат на виготовлення машинобудівної продукції на основі оптимізації параметрів механічної обробки за критерієм найменшої собівартості.

У роботах [6; 7] запропонований новий аналітичний підхід до визначення собівартості обробки (С) деталей машин, що розглядає взаємозалежними дві основні статті витрат: на заробітну плату робітника-верстатника й на різальний інструмент:

$$C = \frac{1}{S^{1-\frac{p}{m_1}} \cdot t^{1-\frac{q}{m_1}}} \cdot \left[\frac{\alpha_2 \cdot (m_1 - 1)}{\alpha_1}\right]^{\frac{1}{m_1}} \cdot \alpha_1 \cdot \left[\frac{1}{z} + \frac{z^{m_1-1}}{(m_1 - 1)}\right], \quad (1)$$

де $\alpha_1 = N \cdot \vartheta \cdot S_{час} \cdot k$;

$\alpha_2 = N \cdot \frac{\vartheta \cdot Ц}{C_4}$;

N – кількість оброблюваних деталей;

ϑ – об`єм металу, що знімається з однієї деталі, м^3;

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

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

Ц – ціна інструмента, грн;

S – подача, м/об.;

t – глибина різання, м;

C_4, m_1, q, p – постійні, що характеризують стійкість інструмента для певних умов обробки ($m_1 > p > q$; $m_1 > 1$);

$z = Q/Q_{екстр}$ – безрозмірна величина;

$Q = V \cdot t \cdot S$ – продуктивність обробки, м^3/с;

V – швидкість різання, м/с;

$Q_{екстр}$ – продуктивність обробки, що відповідає точці екстремуму (мінімуму) собівартості обробки С.

У роботі [7] показано, що при точінні сталі твердосплавним різцем параметри $m_1 = 5$; $p = 1{,}75$; $q = 0{,}75$. Використовуючи ці дані, за залежністю (1) визначимо у відносних величинах перший і другий доданки, які відповідно рівні $1/z$ і $0{,}25 \cdot z^4$, а також визначимо їхню суму $\overline{C} = 1/z + 0{,}25 \cdot z^4$, яка виражає відносну собівартість обробки $\overline{C}$ (таблиця, рис. 1).

Як видно, зі збільшенням z собівартість обробки $\overline{C}$ змінюється по екстремальній залежності, проходячи точку мінімуму (при z = 1). Перший доданок ($1/z$) у точці мінімуму собівартості в 4 рази більше другого доданка ($0{,}25 \cdot z^4$). Дана умова є основою для визначення оптимальних умов обробки.

Таблиця

Розрахункові значення відносної собівартості обробки і її складових

z	0,1	0,5	1	2	3
$\overline{C} = 1/z + 0{,}25 \cdot z^4$	10	2,015	1,25	4,5	20,58
$1/z$	10	2	1	0,5	0,33
$0{,}25 \cdot z^4$	$0{,}25 \cdot 10^{-4}$	0,015	0,25	4	20,25

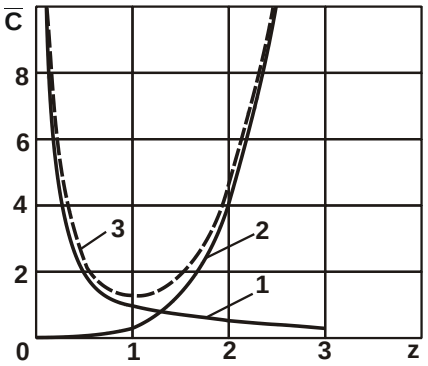


Рис. 1. **Характер зміни величин** $1/z$ (1), $0{,}25 \cdot z^4$ (2) і $1/z + 0{,}25 \cdot z^4$ (3)

Збільшення безрозмірної величини z припускає збільшення екстремального значення продуктивності обробки $Q_{екстр}$, обумовленого, насамперед, фізико-механічними властивостями інструментального матеріалу (твердістю, міцністю, зносостійкістю, теплопровідністю й т. д.). З їхнім підвищенням величина $Q_{екстр}$ збільшується, що дозволяє збільшити швидкість різання й зменшити собівартість обробки. Із цього випливає ефективність застосування високошвидкісного різання, здійснюваного на сучасних високооборотних верстатах типу "обробний центр" із числовим програмним управлінням.

З метою оцінювання вірогідності теоретичного рішення були визначені сумарні витрати на виконання операції фрезерування:

$$\sum З_{оп} = З_{інстр} + З_{облад} + З_{з/п} + П_{витр},$$

де $З_{інстр}$ – витрати на інструмент;

$З_{облад}$ – витрати на обладнання;

$З_{з/п}$ – витрати на заробітну плату робітників-верстатників;

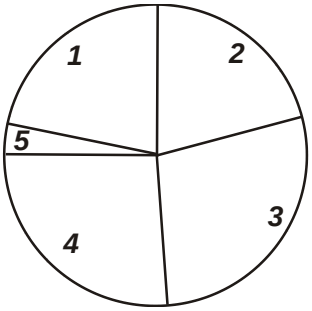
$П_{витр}$ – інші витрати (додаткові накладні витрати без урахування витрат на обладнання й інструмент).

Розглядалися два варіанти фрезерування деталей із важкооброблюваного матеріалу Х2 ГСНВМ -ВД: монолітною фрезою вітчизняного виробництва (виготовленою зі швидкорізальної сталі) і збірною фрезою (оснащеною пластинами із твердого сплаву) виробництва фірми TaeguTec (Південна Корея). Експериментально встановлено, що збірна фреза дозволяє обробку вести зі швидкістю різання 99 м/хв. і подачею 0,75 мм/об., тоді як монолітна фреза дозволяє обробку вести всього зі швидкістю різання 16 м/хв. і подачею 0,3 мм/об. Трудомісткість обробки (на 1 деталь), відповідно, становить 0,8 і 6,9 години; витрати на інструмент – 5,36 і 25,6 грн; витрати на заробітну плату робітника – 19,53 і 120,33 грн; витрати на обладнання – 19,86 і 171,26 грн; інші витрати – 29,30 і 180,5 грн; сумарні витрати – 74,05 і 497,69 грн. У підсумку економія витрат (на 1 деталь) від застосування збірної фрези склала 423,64 грн, тоді як її ціна дорівнює 1 400 грн, а ціна монолітної фрези – усього 138 грн, тобто ціна збірної фрези значно більше, ніж монолітної. Цим показана ефективність застосування з погляду зниження собівартості обробки більш продуктивного, хоча й дорогого, інструмента виробництва фірми TaeguTec.

З наведених експериментальних даних випливає, що при обробці монолітною фрезою витрати на заробітну плату робітника-верстатника становлять 120,33 грн, а витрати на інструмент – 25,60 грн. Отже, перший доданок у залежності (1) приблизно в 4 рази більше, ніж другий. Це погоджується з теоретичними даними, наведеними в таблиці, і свідчить про те, що мінімум собівартості обробки реалізується за умови приблизно 4-кратного перевищення витрат на заробітну плату над витратами на різальний інструмент.

Така ж закономірність має місце й при фрезеруванні збірною фрезою (виробництва фірми TaeguTec). Витрати на заробітну плату робітника становлять 19,53 грн, а витрати на інструмент – 5,36 грн, тобто витрати на заробітну плату робітника приблизно в 4 рази більше, ніж витрати на інструмент. Отже, отримана аналітична залежність (1) досить об'єктивно відображає закономірності зміни двох статей витрат, пов'язаних із заробітною платою робітника-верстатника й витратами на різальний інструмент.

Розрахунок середньої собівартості машинобудівної продукції показує, що лише 3 % від загальної вартості металообробки становлять витрати на різальний інструмент (рис. 2). Однак фактично різальний інструмент впливає набагато значніше на зниження собівартості готової продукції. Тому при виборі різального інструмента необхідно враховувати оптимальне співвідношення його ціни, стійкості й продуктивності обробки.



Умовні позначення: 1 – вартість заготовок (22 %); 2 – накладні витрати (21 %); 3 – фонд заробітної плати (28 %); 4 – інвестиції у верстатний парк (26 %); 5 – вартість різального інструмента (3 %).

Рис. 2. **Розподіл витрат на металообробку**

Розглянемо вплив кожного із цих показників на собівартість продукції.

Зниження ціни різального інструмента: зниження на 20 % відповідає зниженню загальної собівартості виробу на 3 % (–20 %) = –0,6 %.

Підвищення стійкості різального інструмента: збільшення у два рази терміну служби відповідає зниженню собівартості продукції на 3 % : 2 = –1,5 %.

Збільшення продуктивності (швидкість/подача) різального інструмента: збільшення продуктивності на 20 % відповідає зниженню витрат на 15 %. Це випливає з такого розрахунку: (накладні витрати + фонд зарплати + інвестиції у верстатний парк)·(–20 %) = (21 % + 28 % + 26 %) × × (–20 %) = 75 %·(–20 %) = –15 %. Навіть якщо при цьому витрати на інструмент зростають, наприклад, у півтора рази, тобто частина його вартості в собівартості виробу зростає до 3 % +1,5 % = 4,5 %, то загальне зниження собівартості виробу буде становити –15 % + 1,5 % = –13,5 %. Таким чином показано, що збільшення швидкості різання й удосконалення технологічного процесу сприяють значному зниженню собівартості одиниці готової продукції.

Отримані результати досліджень були використані на ряді провідних машинобудівних підприємств України для вдосконалення технологічних процесів обробки деталей машин на основі застосування сучасних високоефективних верстатів та інструментів.

Отже, запропоновано аналітичну залежність для визначення собівартості обробки деталей машин, що враховує витрати на заробітну плату робітника-верстатника й витрати на різальний інструмент. Доведено, що зі збільшенням продуктивності обробки собівартість змінюється по екстремальній залежності, проходячи точку мінімуму. Теоретично встановлено й експериментально підтверджено, що в точці мінімуму собівартості обробки витрати на заробітну плату робітника-верстатника приблизно в 4 рази перевищують витрати на різальний інструмент.

Експериментально встановлено, що питома вага різального інструмента в сумарних витратах на операцію механічної обробки незначна і становить у середньому 3 %.

Це дозволяє істотно збільшити швидкість різання й, відповідно, продуктивність обробки, а також зменшити витрати на заробітну плату робітника-верстатника без помітного збільшення витрат на інструмент. Для реалізації даної умови необхідно використовувати більш прогресивні, хоча й дорогі, різальні інструменти зі зносостійкими покриттями, які характеризуються високою стійкістю й можливістю багаторазового збільшення швидкості різання й продуктивності обробки.

З огляду на екстремальний характер зміни собівартості обробки у подальших дослідженнях необхідно оцінити можливості її зменшення для конкретних характеристик верстатів та інструментів і тим самим сформулювати основні напрями підвищення ефективності машинобудівного виробництва.

_____

Література: 1. Пономаренко В. С. Визначення інтегрального показника системної ефективності розвитку підприємства / В. С. Пономаренко, І. В. Гонтарева // Економіка розвитку. – 2012. – № 1(61). – С. 86–94. 2. Гриньова В. М. Функціонально-вартісний аналіз в інноваційній діяльності підприємства : монографія / В. М. Гриньова. – Х. : ВД "ІНЖЕК", 2004. – 128 с. 3. Тімонін О. М. Технічне переозброєння підприємства на основі концепції маркетингу : монографія / О. М. Тімонін, К. В. Ларіна. – Х. : ВД "ІНЖЕК", 2008. – 256 с. 4. Мякота В. Себестоимость продукции от выпуска до реализации / В. Мякота, Т. Войтенко. – Х. : Фактор, 2007. – 288 с. 5. Новіков Ф. В. Оцінка економічної ефективності технологічних процесів обробки деталей / Ф. В. Новіков, Ю. В. Шкурупій // Економіка розвитку. – 2011. – № 1(57). – С. 22–24. 6. Новіков Ф. В. Обґрунтування економічної ефективності технології виготовлення деталей машин / Ф. В. Новіков, Є. Ю. Бенін // Економіка розвитку. – 2012. – № 1(61). – С. 84–86. 7. Жовтобрюх В. А. Определение оптимальных условий механической обработки по наименьшим затратам на операцию / В. А. Жовтобрюх, Ф. В. Новиков, Е. Ю. Бенин // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія : Машинобудування і машинознавство. – Донецьк : ДонНТУ, 2012. – Вип. 9 (205). – С. 142–146.

References: 1. Ponomarenko V. S. Vyznachennia intehralnoho pokaznyka systemnoi efektyvnosti rozvytku pidpryiemstva / V. S. Ponomarenko, I. V. Hontareva // Ekonomika rozvytku. – 2012. – No. 1(61). – Pp. 86–94. 2. Hryniova V. M. Funktsionalno-vartisnyi analiz v innovatsiinii diialnosti pidpryiemstva [Value Analysis in the Innovation Activity of an Enterprise] : monohrafiia / V. M. Hryniova. – Kh. : VD "INZHEK", 2004. – 128 p. 3. Timonin O. M. Tekhnichne pereozbroiennia pidpryiemstva na osnovi kontseptsii marketynhu [Revamping on the Basis of the Concept of Marketing] : monohrafiia / O. M. Timonin, K. V. Larina. – Kh. :

VD "INZHEK", 2008. – 256 p. 4. Myakota V. Syebyestoimost produktsii ot vypuska do ryealizatsii [Prime Cost of Production from Turnout to Realization] / V. Myakota, T. Voytenko. – Kh.: Faktor, 2007. – 288 p. 5. Novikov F. V. Otsinka ekonomichnoi efektyvnosti tekhnolohichnykh protsesiv obrobky detalei [Evaluation of Economic Efficiency of Technological Processes of Components Processing] / F. V. Novikov, Yu. V. Shkurupii // Ekonomika rozvytku. – 2011. – No 1(57). – Pp. 22–24. 6. Novikov F. V. Obgruntuvannia ekonomichnoi efektyvnosti tekhnolohii vyhotovlennia detalei mashyn [Rationale for Cost-Effectiveness of Technology of Machine Parts Manufacturing] / F. V. Novikov, Ye. Yu. Benin // Ekonomika rozvytku. – 2012. – No. 1(61). – Pp. 84–86. 7. Zhovtobryukh V. A. Opredelenie optimalnykh usloviy mekhanicheskoy obrabotki po naimenshim zatratam na operatsiyu / V. A. Zhovtobryukh, F. V. Novikov, E. Yu. Benin // Naukovi pratsi Donetskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu. Seriia: Mashynobuduvannia i mashynoznavstvo. – Donetsk: DonNTU, 2012. – Vol. 9 (205). – Pp. 142–146.

Інформація про автора

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

Информация об авторе

Бенин Евгений Юльевич – директор ООО "Научно-производственное объединение "Свет шахтера" (61004, 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 "Svet Shakhtyora", Ltd (4/6 Svet Shakhtyora St, 61004, Kharkiv, e-mail: benin@stem.com.ua).

Рецензент
докт. екон. наук,
доцент Попов О. Є.

Стаття надійшла до ред.
06.12.2012 р.