

## ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ УКРАИНЫ ДОРОГОСТОЯЩИХ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ ЗАРУБЕЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

**Постановка проблемы.** За последнее десятилетие в металлообработке произошли существенные изменения – на смену устаревшим конструкциям режущих лезвийных инструментов пришли прогрессивные высокоэффективные сборные конструкции твердосплавных инструментов с износостойкими покрытиями зарубежного производства. Это позволило поднять уровень качества и производительности обработки и выйти на создание конкурентоспособной машиностроительной продукции. Вместе с тем, чрезвычайно высокие цены импортных инструментов приводят к повышению себестоимости обработки, что не всегда экономически приемлемо для производства. Поэтому актуальна проблема экономического обоснования условий эффективного применения импортных инструментов в металлообработке на предприятиях Украины.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Традиционно выбор наиболее эффективных технологических процессов обработки деталей машин производится на основе сравнения нескольких вариантов технологического процесса по критерию себестоимости [1 - 3]. Однако, такой подход носит частный характер для конкретных условий обработки и не охватывает все возможные варианты технологического процесса. Поэтому в работах [4, 5] показаны возможности общего подхода к решению данной проблемы на основе аналитического описания с единых позиций и анализа основных статей затрат производства, связанных с заработной платой рабочих, расходом режущих инструментов и электроэнергии при металлообработке. Это позволяет аналитически увязать между собой параметры, определяющие статьи затрат, и произвести оптимизацию условий обработки по критерию наименьшей себестоимости. Данный подход основан на соединении экономических и технологических знаний. Поэтому, используя его, можно научно обоснованно подойти к решению рассматриваемой в работе проблемы эффективного применения (с точки зрения снижения себестоимости обработки) дорогостоящих импортных инструментов.

**Цель статьи** – экономическое обоснование наиболее перспективных направлений эффективного использования на машиностроительных предприятиях Украины дорогостоящих импортных режущих инструментов.

**Изложение основного материала.** В работе [6] приведено теоретическое решение об определении себестоимости обработки  $C$  при продольном точении для двух основных изменяющихся статей затрат, включающих затраты по заработной плате рабочего за обработку партии деталей и затраты на режущий инструмент. С учетом зависимости для определения стойкости инструмента  $T = \frac{C_4}{V^{m_1} \cdot t^q \cdot S^p}$

[6] себестоимость обработки  $C$  аналитически выражается:

$$C = \frac{\alpha_1}{Q} + \alpha_2 \cdot \frac{Q^{m_1-1}}{S^{m_1-p} \cdot t^{m_1-q}}, \quad (1)$$

где  $\alpha_1 = N \cdot g \cdot S_{\text{час}} \cdot k$ ;

$$\alpha_2 = N \cdot \frac{g \cdot C}{C_4};$$

$N$  – количество обрабатываемых деталей;

$g$  – объем металла, снимаемого с одной обрабатываемой детали, м<sup>3</sup>;

$S_{\text{час}}$  – тарифная ставка рабочего, грн/час;

$k$  – коэффициент, учитывающий всевозможные начисления на тарифную ставку рабочего;

$C$  – цена режущего инструмента, грн.;

$Q = V \cdot t \cdot S$  – производительность обработки (при продольном точении), м<sup>3</sup>/мин;

$V$  – скорость резания, м/мин;

$t$  – глубина резания, м;

$S$  – подача, м/об.;

$C_4, m_1, q, p$  – постоянные для определенных условий обработки.

Подчиняя функцию  $C$  необходимому условию экстремума:  $C'_Q=0$ , определена экстремальная производительность обработки  $Q = Q_{экстр}$ :

$$Q_{экстр} = \left[ \frac{S_{час} \cdot k \cdot C_4}{C \cdot (m_1 - 1)} \cdot S^{m_1 - p} \cdot t^{m_1 - q} \right]^{\frac{1}{m_1}}. \quad (2)$$

В точке минимума себестоимости обработки  $C$  скорость резания  $V$ , стойкость инструмента  $T$  и соответственно  $C$  принимают экстремальные значения:

$$V_{экстр} = \frac{Q_{экстр}}{S \cdot t} = \left[ \frac{S_{час} \cdot k \cdot C_4}{C \cdot (m_1 - 1)} \right]^{\frac{1}{m_1}} \cdot \frac{1}{S^{\frac{p}{m_1}} \cdot t^{\frac{q}{m_1}}}; \quad (3)$$

$$T_{экстр} = \frac{C \cdot (m_1 - 1)}{S_{час} \cdot k}; \quad (4)$$

$$C_{мин} = \frac{N \cdot g \cdot S_{час} \cdot k}{Q_{экстр}} \cdot \left[ 1 + \frac{1}{(m_1 - 1)} \right] = \frac{N \cdot g \cdot C^{\frac{1}{m_1}} \cdot (S_{час} \cdot k)^{1 - \frac{1}{m_1}}}{C_4^{\frac{1}{m_1}} \cdot S^{1 - \frac{p}{m_1}} \cdot t^{1 - \frac{q}{m_1}}} \cdot \frac{m_1}{(m_1 - 1)^{1 - \frac{1}{m_1}}}. \quad (5)$$

На рис. 1 [6] показаны примерные графики изменения себестоимости обработки  $C$ , иллюстрирующие приведенное выше решение. Как видно, себестоимость обработки  $C$  с увеличением производительности обработки  $Q$  изменяется по экстремальной зависимости, проходя точку минимума (рис. 1,б). С уменьшением безразмерного параметра  $m_1$ , определяющего стойкость режущего инструмента, минимум себестоимости обработки  $C_{мин}$  уменьшается и смещается в область больших значений скорости резания  $V$  (рис. 1,а) и соответственно производительности обработки  $Q$ . Следовательно, применение импортных твердосплавных инструментов, характеризующихся меньшими значениями  $m_1 = 2 \dots 3$  (для отечественных твердосплавных  $m_1 = 5 \dots 8$ ), позволяет уменьшить  $C_{мин}$  и увеличить экстремальное значение производительности обработки  $Q_{экстр}$  (рис. 1,б). Однако данная закономерность справедлива при одинаковой цене отечественного и импортного инструментов. В действительности, стоимость импортного инструмента значительно выше, чем отечественного инструмента, что приводит к увеличению  $C_{мин}$  и уменьшению  $Q_{экстр}$ . Поэтому важно изыскать возможности повышения экономической эффективности обработки от применения дорогостоящих импортных инструментов. Для этого проведем более детальный анализ приведенного выше теоретического решения.

Из зависимости (4) следует, что экстремальное значение стойкости инструмента  $T_{экстр}$  определяется экономическими ( $C$ ,  $S_{час}$ ) и технологическим ( $m_1$ ) параметрами. Чем больше  $C$  и меньше  $S_{час}$ , тем больше  $T_{экстр}$  и, согласно зависимостям (2) и (3), меньше  $Q_{экстр}$  и скорость резания  $V_{экстр}$  (для заданных значений подачи  $S$  и глубины резания  $t$ ). Исходя из зависимости (5), с уменьшением величин  $C$  и  $S_{час}$  значения  $C_{мин}$  уменьшаются. Из этого вытекает, что в экономически развитых странах, характеризующихся увеличенными значениями тарифной ставки рабочего  $S_{час}$ , эффективно металлообработку вести с увеличенной скоростью резания  $V$ , реализуя условие высокоскоростного резания. В условиях отечественного производства с целью снижения себестоимости обработки  $C_{мин}$  необходимо уменьшать скорость резания  $V$ , обеспечивая заданную производительность обработки за счет увеличения подачи  $S$  и глубины резания  $t$ . Этим показано, что в условиях машиностроительного производства Украины для увеличения стойкости инструмента  $T_{экстр}$  необходимо в большей степени использовать его ресурс, обеспечивая повышенный износ и степень затупления инструмента. Однако, как известно, это ведет к повышению сил и температуры резания и снижению качества обрабатываемых деталей, что неэффективно. Поэтому в данных условиях важно изыскать возможности увеличения скорости резания  $V$ .

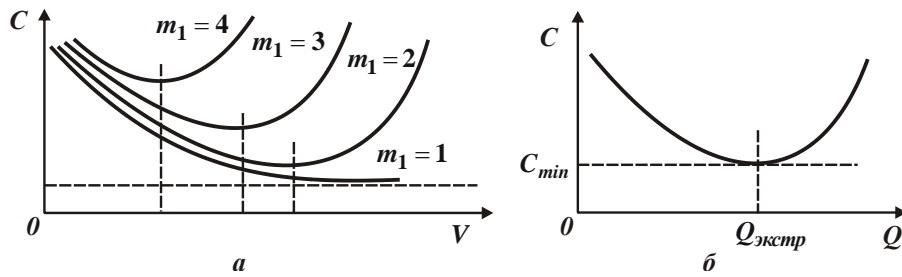


Рис. 1 – Общий вид зависимости себестоимости обработки  $C$  от скорости резания  $V$  (а) и производительности обработки  $Q$  (б)

В связи с этим сравним себестоимость обработки  $C$  для двух значений  $S_{\text{чac1}}$  и  $S_{\text{чac2}}$ , отличающихся, например, в 10 раз для заданной производительности обработки  $Q_{\text{экстр2}}$  (рис. 2). В точках экстремумов себестоимость обработки  $C_{\text{min}}$  описывается зависимостью (5), рассматривая в ней вместо параметра  $S_{\text{чac}}$  соответственно параметры  $S_{\text{чac1}}$  и  $S_{\text{чac2}}$ , а вместо коэффициента  $k$  соответственно коэффициенты  $k_1$  и  $k_2$ . Значение себестоимости обработки  $C$  в точке  $Q_{\text{экстр2}}$ , расположенной на правой ветви экстремальной зависимости  $C - Q$  (позиция 1 на рис. 2), описывается преобразованной зависимостью (1):

$$C = \frac{N \cdot g}{Q_{\text{экстр2}}} \cdot \left[ S_{\text{чac1}} \cdot k_1 + \frac{S_{\text{чac2}} \cdot k_2}{(m_1 - 1)} \right]. \quad (6)$$

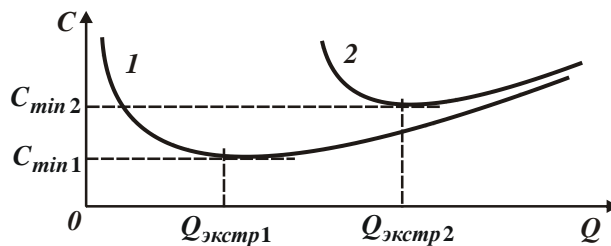


Рис. 2 – Зависимость себестоимости  $C$  от производительности обработки  $Q$

Из зависимости (6) следует, что с увеличением коэффициента  $k_1$  первое слагаемое увеличивается, а это ведет к увеличению  $C \rightarrow C_{\text{min2}}$ , а также к выполнению условия  $C_{\text{min1}} \rightarrow C_{\text{min2}}$ . При этом уменьшается стойкость инструмента  $T_{\text{экстр}}$  в соответствии с зависимостью (4) и увеличиваются скорость резания и производительность обработки  $Q_{\text{экстр1}} \rightarrow Q_{\text{экстр2}}$ . Естественно, это нивелирует эффект снижения себестоимости обработки  $C$ . Поэтому чем меньше коэффициент  $k_1$ , тем меньше  $C_{\text{min1}}$  и экономичнее технологический процесс обработки деталей.

Для  $m_1=2$  в точке  $Q_{\text{экстр2}}$  отношение  $C_{\text{min2}}/C$ , определяемое с учетом зависимостей (5) и (6) при условии  $k_1 = k_2$ , равно 1,8, а для  $m_1=4$  и  $m_1=7$  соответственно равно 3,1 и 4,3. Таким образом, расчетные значения  $C$  в точке  $Q_{\text{экстр2}}$  всегда меньше значения  $C_{\text{min2}}$ . Из этого вытекает, что с экономической точки зрения в условиях машиностроительного производства Украины, характеризующегося меньшими значениями  $S_{\text{чac1}} < S_{\text{чac2}}$ , можно металлообработку вести с той же производительностью  $Q_{\text{экстр2}}$ , что и в случае  $S_{\text{чac1}} = S_{\text{чac2}}$ . Это не приведет к превышению себестоимости обработки  $C$  значения  $C_{\text{min2}}$ . Однако при этом увеличится себестоимость обработки  $C$  по сравнению с экстремальным значением  $C_{\text{min1}}$  (рис. 2), что для определенных условий обработки вполне допустимо.

С учетом различной цены инструмента в двух рассматриваемых случаях ( $\Pi_1$  и  $\Pi_2$ ) зависимость (6) выразится:

$$C = \frac{N \cdot g}{Q_{\text{экстр2}}} \cdot \left[ S_{\text{чac1}} \cdot k_1 + \frac{S_{\text{чac2}} \cdot k_2}{(m_1 - 1)} \cdot \frac{\Pi_1}{\Pi_2} \right]. \quad (7)$$

В случае  $\Pi_1 > \Pi_2$  себестоимость обработки  $C$  в точке  $Q_{\text{экстр2}}$  увеличится и при определенном значении  $\Pi_1$  может превысить значение  $C_{\text{min2}}$ . Поэтому в данном случае экономически неэффективно обработку вести с производительностью  $Q_{\text{экстр2}}$ . Она должна быть меньше и соответственно меньше скорость резания, т.е. необходимо “уходить” от высокоскоростной обработки в область

традиционной обработки. Поэтому приобретать инструменты зарубежного производства необходимо по цене, близкой или равной цене фирмы-производителя. Приобретение же инструментов у фирм-посредников по завышенным ценам нивелирует экономический эффект от применения новых прогрессивных инструментов. Этим, собственно, и объясняется низкая эффективность применения на машиностроительных предприятиях Украины импортных весьма перспективных инструментов, которые из-за высокой стоимости приходится эксплуатировать на станке с меньшей скоростью резания и соответственно меньшей производительностью обработки, чем это предусмотрено рекомендациями фирмы-производителя инструмента. В результате не используются высокие технологические возможности указанных инструментов.

Таким образом показано, что применение на машиностроительных предприятиях Украины зарубежных высокопроизводительных режущих инструментов в связи с уменьшением часовой тарифной ставки рабочего позволяет снизить себестоимость обработки и тем самым повысить конкурентоспособность производимой в Украине машиностроительной продукции по сравнению с аналогичной продукцией, производимой за рубежом. Однако это возможно при условии, что цена приобретаемого инструмента будет такая же, как и у зарубежной фирмы-производителя инструмента. Для этого необходимо инструменты приобретать непосредственно у фирмы-производителя, минуя посреднические структуры.

Приведенное выше теоретическое решение прошло практическую апробацию на ряде машиностроительных предприятий. Так, экспериментально установлено, что обработку деталей твердосплавными режущими инструментами с износостойкими покрытиями зарубежного производства (резцами, фрезами и т.д.) эффективно производить со скоростями резания, которые ниже рекомендуемых фирмами-изготовителями инструментов. Это связано, в первую очередь, с необходимостью снижения себестоимости обработки, т.к. в противном случае оказывается экономически необоснованным приобретение дорогостоящих импортных инструментов. Поэтому в дальнейших исследованиях важно на основе приведенных выше решений определить оптимальные режимы резания (с точки зрения наименьшей себестоимости обработки), а также оптимальные цены импортных режущих инструментов, при которых возможен экономический эффект от их применения на машиностроительных предприятиях Украины.

### **Выводы**

1. Применение прогрессивных высокопроизводительных сборных твердосплавных режущих инструментов с износостойкими покрытиями зарубежного производства, характеризующихся чрезвычайно высокими режущими свойствами, в связи с их высокой стоимостью в Украине приводит к увеличению себестоимости и снижению производительности обработки, что при определенных условиях лишает их преимуществ по сравнению с применяемыми на практике устаревшими конструкциями отечественных твердосплавных режущих инструментов.

2. При условии приобретения режущих инструментов зарубежного производства по цене фирмы-изготовителя появляется возможность их экономически эффективного применения на машиностроительных предприятиях Украины. При этом себестоимость обработки ниже, чем у зарубежной фирмы-изготовителя инструментов, т.к. в Украине тарифная ставка рабочего меньше, чем в экономически развитых странах. Это позволяет эффективно использовать инструменты как в условиях обычного, так и высокоскоростного резания.

### **Список использованных источников:**

1. Мякота В. Себестоимость продукции от выпуска до реализации / В. Мякота, Т. Войтенко. – Харьков: Фактор, 2007. – 288 с.
2. Тімонін О.М. Технічне переозброєння підприємства на основі концепції маркетингу: Монографія / О.М. Тімонін, К.В. Ларіна. – Харків: ВД “ІНЖЕК”, 2008. – 256 с.
3. Маталин А.А. Технология машиностроения: учебник / А.А. Маталин. – Л.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
4. Новіков Ф.В. Оцінка економічної ефективності технологічних процесів обробки деталей / Ф.В. Новіков, Ю.В. Шкурупій // Економіка розвитку. Науковий журнал. – Харків: ХНЕУ. – №1 (57). – березень 2011. – С. 22-24.
5. Новіков Ф.В. Определение оптимальных условий механической обработки деталей машин по критерию наименьшей себестоимости / Ф.В. Новіков, В.А. Жовтобрюх, Е.Ю. Бенин // Вісник Приазовського державного технічного університету. Сер.: Технічні науки: Зб. наук. праць. – Маріуполь: ДВНЗ “Приазов. держ. техн. ун-т”, 2012. – №1 (24). – 2012. – С. 241-247.

6. Жовтобрюх В. О. Підвищення ефективності механічної обробки деталей гідравлічних систем шляхом вибору раціональних параметрів операцій по критерію собівартості: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.02.08 “Технологія машинобудування” / В. О. Жовтобрюх. – Маріуполь, 2013. – 21 с.

#### **Bibliography:**

1. Myakota V. Syebestoimost produktsii ot vypuska do ryealizatsii [Pharmaceutical production has Sebestoymost here to the realization] / V. Myakota, T. Voytenko. – Kharkov : Faktor, 2007. – 288 p.

2. Timonin O.M. Tekhnichne pereozbroiennia pidpriemstva na osnovi kontseptsii marketynhu [Revamping on the basis of the concept of marketing]: Monohrafiia / O. M. Ti-monin, K. V. Larina. – Kharkiv : VD “INZHEK”, 2008. – 256 p.

3. Matalin A.A. Tekhnologiya mashinostroeniya: uthebnik / A.A. Matalin. – L.: Mashinostroenie, 1985. – 496 s.

4. Novikov F.V. Otsinka ekonomichnoi effektivnosti tekhnolohichnykh protsesiv obrobky detalei / F.V. Novikov, Y.V. Shkurupiy // Ekonomika rozvytku. Naukoviy zhurnal. – Kharkiv: KNEU. – №1 (57). – berezen 2011. – S. 22-24.

5. Novikov F.V. Opredelenie optimalnykh usloviy mekhanicheskoy obrabotki detaley mashin po kriteriyu naimenshey sebestoimosti / F.V. Novikov, V.A. Zhovtobryukh, E.Y. Benin // Visnik Priazovskoho derzhavnogo tekhnichnogo universitetu. Ser.: Tekhnichni nauky: Zb. nauk. prats. – Mariupol: DVNZ “Priazovskiy derzhavniy tekhnichniy universitet”, 2012. – №1 (24). – 2012. – S. 241-247.

6. Zhovtobryukh V.O. Pidvyshennia efektyvnosti mekhanichnoi obrobky detalei gidravlichnykh system shliakhom vyboru ratsionalnykh parametriv operatsiy po kryteriu sobivartosti: avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia kand. tekhn. nauk: spets. 05.02.08 “Tekhnologia mashynobuduvannia” / V.O. Zhovtobryukh. – Mariupol, 2013. – 21 s.

Статья поступила 22.11.2013