

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ УМЕНЬШЕНИЯ СЕБЕСТОИМОСТИ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

В. А. Жовтобрюх

директор ООО “Технический центр “ВариУс”
Спуск Калинина, 10, г. Днепропетровск,
49038

Контактный тел.: 050-320-27-04,
(056) 790-06-78

E-mail: td@varius.com.ua

Виконано вибір оптимальних параметрів механічної обробки деталей машин по критерію найменшої собівартості обробки. Наведено конкретні практичні рекомендації по підвищенню техніко-економічних показників обробки

Ключові слова: собівартість обробки, режим різання, інструмент

Произведен выбор оптимальных параметров механической обработки деталей машин по критерию наименьшей себестоимости обработки. Даны конкретные практические рекомендации по повышению технико-экономических показателей обработки

Ключевые слова: себестоимость обработки, режим резания, инструмент

The choice of optimal parameters of mechanical treatment of machine parts by the least cost of treatment is made. The specific practical recommendations for improving the technical and economic parameters treatment are given

Keywords: cost of treatment, mode of cutting, tool

1. Введение

Исследования, о которых идет речь в статье, относятся к области технологии машиностроения. Одним из актуальных вопросов, посвященных созданию конкурентоспособной машиностроительной продукции, является снижение себестоимости и повышение производительности механической обработки. Данному вопросу в научно-технической литературе постоянно уделяется большое внимание. Однако и до настоящего времени он не решен в полном объеме, т.к. отсутствует аналитическое решение об определении оптимальных условий обработки по критерию наименьшей себестоимости обработки. Это не позволяет выявить, обосновать и реализовать потенциальные возможности процесса механической обработки, в особенности с использованием современных высокооборотных металлорежущих станков и прогрессивных конструкций инструментов.

2. Постановка проблемы

Для установления условий снижения себестоимости и повышения производительности обработки важно разработать математическую модель описания основных статей затрат при механической обработке и провести оптимизацию режимов резания и характеристик инструментов по критерию наименьшей себестоимости обработки. Исследования проводились в рамках тематического плана работ ОАО ХМЗ “Свет шахтера”.

3. Анализ последних достижений и публикаций

В работах [1,2] приведены теоретические решения об определении минимума себестоимости обработ-

ки, что позволило в первом приближении рассчитать оптимальные параметры режимов резания. Однако решения носят частный характер и справедливы лишь для вполне конкретных условий обработки, т.к. в их основу положены эмпирические зависимости для определения стойкости режущих инструментов. Поэтому настоящая статья посвящена установлению более общих решений по минимизации себестоимости обработки, справедливых для широких диапазонов изменения, варьируемых параметров обработки, что позволит научно обосновать технологические возможности механической обработки.

4. Цель работы

Определение условий повышения эффективности механической обработки на основе оптимизации параметров режимов резания и характеристик инструментов по критерию наименьшей себестоимости обработки.

5. Результаты исследований

В работе [3] показано, что себестоимость обработки C для двух основных изменяющихся статей затрат, связанных с заработной платой рабочего и затратами на инструмент (при продольном точении), определяется

$$C = N \cdot \frac{\vartheta}{V \cdot t \cdot S} \cdot S_{\text{инс}} \cdot k + \frac{N \cdot \vartheta}{V \cdot t \cdot S \cdot T} \cdot \Pi, \quad (1)$$

где N – количество обрабатываемых деталей; ϑ – объем металла, снимаемого с одной детали, м^3 ; $S_{\text{инс}}$

– тарифная ставка рабочего, грн/мин; k – коэффициент, учитывающий всевозможные начисления на тарифную ставку рабочего; Π – цена режущего инструмента, грн; V – скорость резания, м/мин; t – глубина резания, м; S – подача, м/об; T – стойкость режущего инструмента, мин.

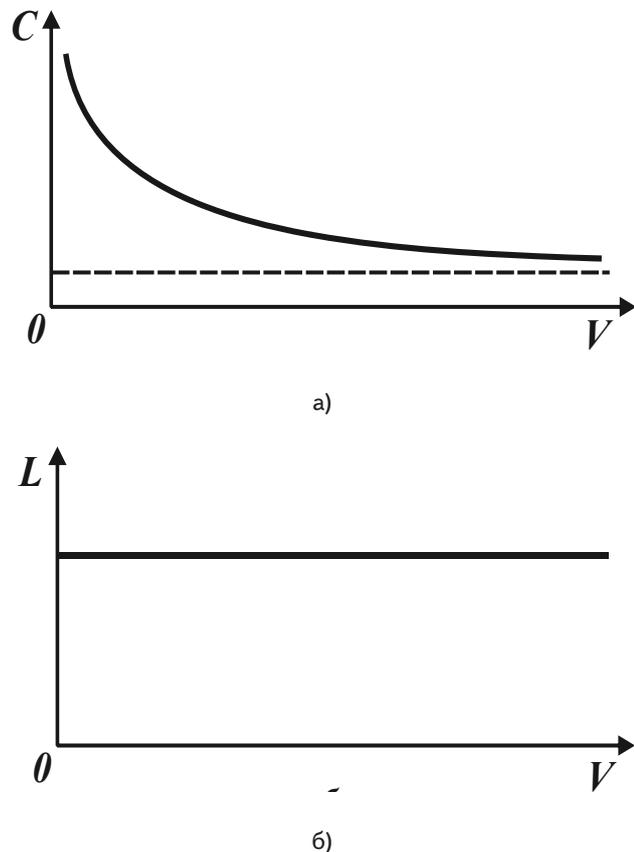


Рис. 1. Зависимость себестоимости обработки C (а) и длины пути резания L (б) от скорости резания V

Экспериментально установлено, что с увеличением скорости резания V произведение параметров резания $V \cdot T$, равное длине пути резания L , может изменяться по различным зависимостям, предопределяя различный характер изменения себестоимости C . Так, установлено, что при точении алмазным резцом ряда обрабатываемых материалов длина пути резания L может оставаться постоянной с увеличением скорости резания V в пределах 30...1000 м/мин [4]. В этом случае второе слагаемое зависимости (1) с увеличением скорости резания V остается постоянным, а первое слагаемое уменьшается.

Это ведет к монотонному уменьшению себестоимости обработки C до значения, равного второму слагаемому зависимости (1), рис. 1.

Установлено, что при резании твердосплавным инструментом длина пути резания L с увеличением скорости резания V первоначально увеличивается, затем уменьшается, проходя точку максимума. В этом случае второе слагаемое зависимости (1) будет изменяться по экстремальной зависимости, проходя точку минимума и определяя экстремальный характер изменения себестоимости обработки C , рис. 2.

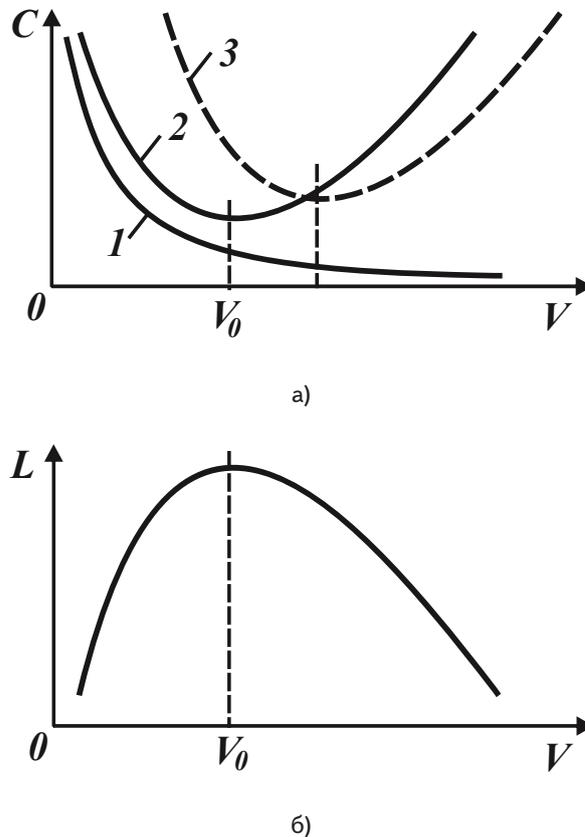


Рис. 2. Характер изменения первого (кривая 1) и второго (кривая 2) слагаемых зависимости (1) и себестоимости обработки C (кривая 3) от скорости резания V (а), а также характер изменения длины пути резания L от скорости резания V (б)

Определим экстремальные значения себестоимости обработки C и скорости резания V в соответствии с зависимостью (1). Очевидно, экстремум (минимум) себестоимости обработки будет достигаться при большем значении скорости резания V , чем максимум L . Следовательно, минимум себестоимости обработки C будет “расположен” на правой ветви зависимости $L - V$. Математически описать правую ветвь зависимости $L - V$ можно с использованием эмпирической зависимости стойкости режущего инструмента (резца) T , которая применительно к продольному точению принимает вид [2]:

$$T = \frac{C_4}{V^{m_1} \cdot t^q \cdot S^p}, \tag{2}$$

где C_4, m_1, q, p – постоянные для заданных условий обработки ($m_1 > p > q; m_1 > 1$).

В данном случае скорость резания V необходимо отсчитывать не от нулевого значения, а от значения V_0 , соответствующего максимуму L . Тогда зависимость (2) примет вид

$$T = \frac{C_4}{(V - V_0)^{m_1} \cdot t^q \cdot S^p}. \tag{3}$$

Подставим зависимость (3) в (1), обозначая $\alpha_1 = N \cdot \vartheta \cdot S_{\text{vac}} \cdot k$; $\alpha_2 = N \cdot \frac{\vartheta \cdot \Pi}{C_4}$; $\alpha_3 = \frac{\Pi}{C_4 \cdot S_{\text{vac}} \cdot k}$.

В результате получено

$$C = \frac{\alpha_1}{V \cdot S \cdot t} + \alpha_2 \cdot \frac{(V - V_0)^{m_1}}{V \cdot S^{1-p} \cdot t^{1-q}} \quad (4)$$

При условии $m_1 > 1$ с увеличением скорости резания V себестоимость обработки C изменяется по экстремальной зависимости. Подчиним зависимость (4) условию экстремума $C'_V = 0$:

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_2 \cdot S^p \cdot t^q} = (V - V_0)^{m_1-1} \cdot [(m_1 - 1) \cdot V + V_0] \quad (5)$$

В результате получено уравнение относительно неизвестной величины V , определить которую можно лишь на основе численного расчета. Проведем анализ данного уравнения. Поскольку $m_1 > 1$, то $(m_1 - 1) \cdot V > V_0$ и поэтому можно множитель, заключенный в квадратные скобки, рассматривать $(m_1 - 1) \cdot V$:

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_2 \cdot S^p \cdot t^q} = (V - V_0)^{m_1-1} \cdot (m_1 - 1) \cdot V \quad (6)$$

Из уравнения вытекает, что с уменьшением V_0 искомая величина V уменьшается и при $V_0 = 0$ принимает наименьшее значение, определяемое из зависимости

$$V = \left[\frac{C_4 \cdot S_{\text{час}} \cdot k}{\Pi \cdot (m_1 - 1) \cdot S^p \cdot t^q} \right]^{\frac{1}{m_1}} \quad (7)$$

Соответственно экстремальные значения производительности обработки $Q_{\text{экстр}}$ и стойкости режущего инструмента $T_{\text{экстр}}$, а также минимум себестоимости обработки $C_{\text{мин}}$ определяются зависимостями

$$Q_{\text{экстр}} = \left[\frac{S_{\text{час}} \cdot k \cdot C_4}{\Pi \cdot (m_1 - 1)} \cdot S^{m_1-p} \cdot t^{m_1-q} \right]^{\frac{1}{m_1}} \quad (8)$$

$$T_{\text{экстр}} = \frac{\Pi \cdot (m_1 - 1)}{S_{\text{час}} \cdot k} \quad (9)$$

$$C_{\text{мин}} = \frac{N \cdot \vartheta \cdot S_{\text{час}} \cdot k}{Q_{\text{экстр}}} \cdot \left[1 + \frac{1}{(m_1 - 1)} \right] \quad (10)$$

Данные зависимости соответствуют зависимостям, приведенным в работе [2]. Из зависимости (10) следует, что основным путем уменьшения себестоимости

обработки является увеличение производительности обработки за счет применения режущих инструментов, обладающих высокой стойкостью и режущей способностью. Минимальное значение $C_{\text{мин}}$ тем меньше, чем меньше параметры N , ϑ , Π , $S_{\text{час}}$, k и больше C_4 , S и t . Следовательно, необходимо добиваться снижения цены инструмента и увеличения его стойкости, а также устанавливать максимально возможные значения подачи S и глубины резания t , рис. 3.

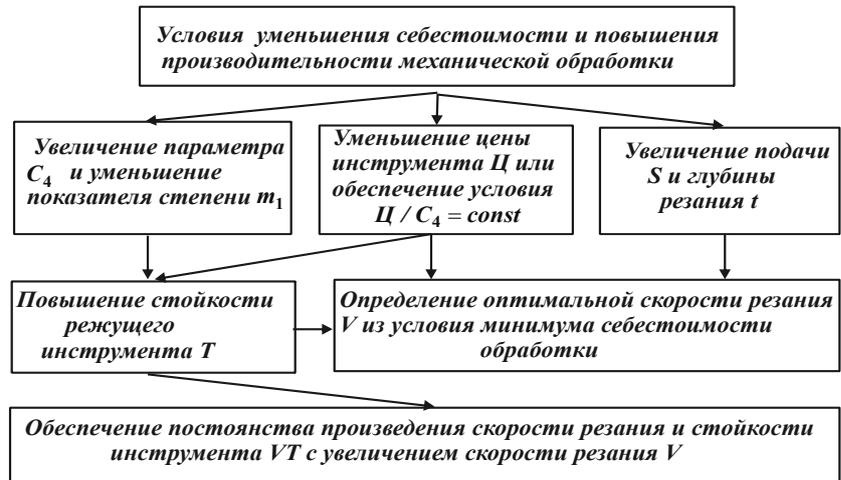


Рис. 3. Структурная схема условий уменьшения себестоимости и повышения производительности механической обработки

Заслуживает внимания тот факт, что оптимальная стойкость инструмента $T_{\text{экстр}}$, исходя из зависимости (9), определяется экономическими параметрами (за исключением параметра m_1 , являющегося показателем степени эмпирической зависимости стойкости инструмента). Это позволяет довольно просто рассчитать $T_{\text{экстр}}$ и привести в соответствие теорию и практику при выборе оптимальных условий обработки по критерию наименьшей себестоимости обработки.

6. Выводы

В работе получила дальнейшее развитие математическая модель определения оптимальных параметров механической обработки по критерию наименьшей себестоимости обработки. Теоретически установлено, что основным условием уменьшения себестоимости и повышения производительности обработки является обеспечение постоянства произведения скорости резания и стойкости инструмента с увеличением скорости резания.

Литература

1. Маталин А.А. Технология машиностроения: учебник [Текст] / А.А. Маталин. – Л.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
2. Теоретические основы резания и шлифования материалов: учеб. пособие [Текст] / А.В. Якимов, Ф.В. Новиков, Г.В. Новиков, Б.С. Серов, А.А. Якимов. – Одесса: ОГПУ, 1999. – 450 с.
3. Новиков Ф.В. Разработка эффективных технологий механической обработки деталей машин [Текст] / Ф.В. Новиков, В.А. Жовтобрюх // Автомобильный транспорт: сб. научн. тр. – Х.: ХНАДУ, вып. 29, 2011. – 212-215.
4. Робочі процеси високих технологій в машинобудуванні: навч. посібник [Текст] / За редакцією А.І. Грабченко – Харків: ХДПУ, 1999. – 436 с.