

УДК 621.923

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН
ПО КРИТЕРИЮ СЕБЕСТОИМОСТИ**

*Новиков Федор Васильевич, докт. техн. наук, профессор,
заведующий кафедрой “Техника и технологии”*

*Харьковский национальный экономический университет
имени Семена Кузнеца*

*Кленов Олег Станиславович, канд. техн. наук, директор
Фирма “ДиМерус Инженеринг”, г. Харьков*

Обобщающим показателем эффективности механической обработки деталей машин является себестоимость обработки, снижение которой является важнейшим условием повышения эффективности машиностроительного производства. Определению себестоимости изготовления машиностроительной продукции в научно-технической литературе уделяют значительное внимание [1]. Однако, при выборе оптимального варианта технологического процесса изготовления изделия по критерию минимально возможной себестоимости используют, как правило, результаты экспериментальных исследований, полученных для вполне конкретных условий обработки. Это позволяет получить решения, которые охватывают ”узкие” диапазоны исследуемых параметров, тогда как для обоснованного выбора оптимального варианта обработки необходимо располагать общими решениями, которые справедливы в широких диапазонах изменения параметров и могут быть получены лишь аналитическими методами. В связи с этим представляется важным и актуальным аналитическое описание себестоимости обработки деталей и теоретический анализ путей ее уменьшения.

Необходимо отметить, что оптимальные режимы резания, которые обеспечивают наибольшую производительность обработки, как правило, не обеспечивают минимальную себестоимость. Поэтому выбор оптимальных режимов резания необходимо произвести при условии обеспечения минимально возможной себестоимости обработки. С учетом лишь переменных статей затрат себестоимость обработки C определяется зависимостью [2]:

$$C = N \cdot \tau_o \cdot S_1 \cdot k_D + M \cdot Ц , \quad (1)$$

где N и M – количество обрабатываемых деталей и использованных инструментов; τ_o – основное технологическое время обработки, с; S_1 – тарифная ставка рабочего, грн/с; k_D – коэффициент, который учитывает всевозможные начисления на тарифную ставку рабочего; $Ц$ – цена инструмента, грн.

Для наиболее распространенного метода механической обработки – продольного точения получено

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

где $i = \Pi / t$ – количество продольных ходов инструмента; L – длина хода инструмента, м; $S_{np} = V \cdot \frac{S}{\pi \cdot D_{дет}}$ – продольная подача, м/с; Π – величина снимаемого припуска, м; t – глубина резания, м; V – скорость резания, м/с; S – продольная подача, м/об; $D_{дет}$ – диаметр детали, м.

Числитель в зависимости (2) равен объему снимаемого материала, а знаменатель – производительности обработки $Q = V \cdot t \cdot S$.

Стойкость инструмента T связана с величиной τ_o зависимостью $T = n \cdot \tau_o$, где n – количество деталей, обработанных одним инструментом.

С использованием результатов многофакторного планирования эксперимента стойкость инструмента T выражается [3]:

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

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

Подставляя зависимости (2) и (3) в зависимость $T = n \cdot \tau_o$, получено:

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

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

Подставляя зависимости (2) и (5) в (1), имеем:

$$C = \mathcal{G}_{сум} \cdot \left(\frac{S_1 \cdot k_D}{V \cdot t \cdot S} + \frac{\Pi}{C_4} \cdot V^{m_1-1} \cdot t^{q-1} \cdot S^{p-1} \right), \quad (6)$$

где $\mathcal{G}_{сум} = \pi \cdot D_{дет} \cdot \Pi \cdot L \cdot N$ – суммарный объем материала, снимаемый со всех деталей.

При $m_1, q, p > 1$ имеет место экстремальная зависимость C от V, t и S . Экспериментально установлено: $m_1 > q > p$, $m_1 > 1$. При обработке сталей и чугунов резцами из твердых сплавов и быстрорежущих сталей $m_1 = 2 \dots 10$. Параметры p и q в зависимости от условий обработки могут быть больше и меньше единицы. Рассмотрим случай $m_1 > 1$,

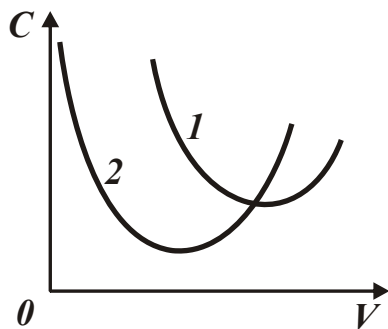


Рис. 1. Зависимость C от V при $S = const$ ($S_1 < S_2$)

$0 < p < 1$, $0 < q < 1$. Тогда зависимость (1) примет вид:

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

С увеличением t и S себестоимость C непрерывно уменьшается, а с увеличением V – изменяется по экстремальной зависимости. Экстремальные значения V и C определяются из условия $C'_V = 0$:

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

Значение $V_{\text{экстр}}$ тем меньше, чем больше t и S . Вторая производная C''_V в точке экстремума – положительная величина, поэтому имеет место минимум функции $C = f(V)$ (рис. 1.). После подстановки зависимости (8) в (7) получено:

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

Себестоимость обработки C тем меньше, чем меньше параметры $\mathcal{G}_{\text{сум}}$, S_1 , k_D , $Ц$ и больше C_4 , t , S . Уменьшить $\mathcal{G}_{\text{сум}}$ можно уменьшением снимаемого припуска $П$ (при заданных значениях L , $D_{\text{дем}}$). Производительность обработки Q в точке минимума функции C определяется:

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

С увеличением t и S производительность Q увеличивается. Следовательно, уменьшить C при одновременном увеличении Q можно увеличением t и S , а также уменьшением $V_{\text{экстр}}$ согласно зависимости (8). Подставляя зависимость (8) в (3), имеем:

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

Как видно, оптимальная стойкость инструмента T не зависит от параметров режимов резания, а определяется экономическими параметрами S_1 , k_D , $Ц$. Параметры S_1 и k_D влияют на себестоимость обработки C и стойкость инструмента T . Следовательно, между C и T не существует вполне однозначной зависимости. Параметр $Ц$ может изменяться в больших пределах, чем S_1 и k_D . Поэтому за счет снижения $Ц$ можно уменьшать параметры C и T , т.е. экономически эффективно работать с минимально возможными значениями T . Уменьшение параметра $Ц$ ведет к

увеличению Q и $V_{экстр}$. Поскольку $q < p$, то глубина резания t в зависимости (10) входит в большей степени, чем подача S . В связи с этим целесообразно, в первую очередь, увеличивать t до величины снимаемого припуска II , т.е. обработку выполнять за один проход инструмента.

Подачу S необходимо увеличивать с учетом технических ограничений, например, мощности станка, прочности инструмента и привода станка, шероховатости обработки и т.д. Очевидно, при заданной площади поперечного сечения среза эффективно увеличить глубину резания и уменьшить подачу, что согласуется с практическими данными. Зависимость (9) с учетом (10) приобретает вид:

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

По сути, получена зависимость (7), в которой второе слагаемое выражено через первое. Значение C , установленное по зависимости (12), всегда

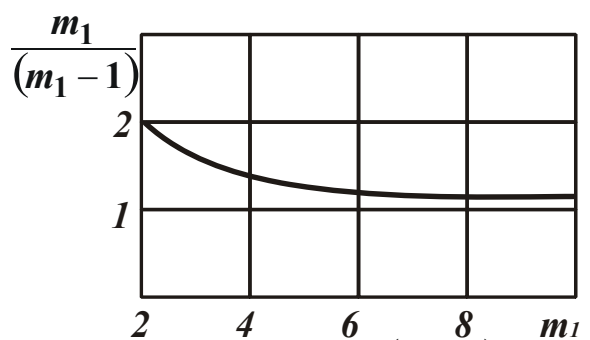


Рис. 2. Зависимость $m_1 / (m_1 - 1)$ от m_1

больше первого слагаемого в зависимости (7) в $m_1 / (m_1 - 1)$ раз. Исходя из рис. 2, отношение $m_1 / (m_1 - 1)$ изменяется в пределах 2 ... 1,1 при увеличении m_1 от 2 до 10.

Уменьшить C можно, увеличивая Q путем увеличения t и S и уменьшение C , согласно зависимости (10). При этом скорость резания должна устанавливаться в соответствии с зависимостью (8). Таким образом показано, что уменьшение себестоимости обработки C достигается за счет увеличения производительности Q . Причем, уменьшить себестоимость обработки C и соответственно увеличить производительность Q можно как за счет изменения параметров режима резания V , t и S , так и за счет изменения экономических параметров S_1 , k_D и особенно цены инструмента C , которая может изменяться в широких пределах.

Различные ограничения обработки, например, точность и шероховатость обработки, приводят к ограничению параметров режима резания t и S , и согласно зависимости (10), производительности обработки Q . Себестоимость обработки C , определяемая зависимостью (12), приобретает относительно большие значения. Поэтому уменьшить C можно выполнением обработки в две и больше операции.

Таким образом, в работе аналитически описана себестоимость обработки деталей и обоснованы условия ее уменьшения, которые состоят в выборе как параметров режимов резания, так и экономических параметров обработки. Определены экономически обоснованные режимы резания и оп-

тимальные значения параметров режима резания, обеспечивающие минимальную себестоимость обработки при заданной производительности.

тимальные значения производительности обработки и стойкости инструмента, которые соответствуют минимально возможной себестоимости обработки. Показана возможность существенного уменьшения себестоимости обработки за счет снижения цены режущего инструмента.

Список литературы:

1. Мякота В. Себестоимость продукции от выпуска до реализации / В. Мякота, Т. Войтенко. – Харьков: Фактор, 2007. – 288 с.
2. Теоретические основы технологии машиностроения: учебник / А.В. Якимов, Ф.В. Новиков, А.А. Якимов, Г.В. Новиков, Н.И. Решетнев. – Одесса: ОНПУ, 2002. – 491 с.
3. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов / В.Ф. Бобров. – М.: Машиностроение, 1975. – 343 с.