

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРОДУКЦИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

**М. И. Маркова, О. Б. Дронова**

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова,  
г. Барнаул, Россия

Описано применение методики прогнозирования затрат на основе укрупненного расчета трудоемкости. Методика основана на квалиметрическом анализе деталей, которые оцениваются по таким параметрам как сложность их геометрической формы, масса, обрабатываемость материала заготовки, требуемая точность и шероховатость поверхностей.

**Ключевые слова:** трудоемкость изделий, квалиметрический анализ, технологическая операция, механическая обработка

## PREDICTION OF THE LABOR CONTENT OF MANUFACTURING ENGINEERING PRODUCTS

**M. I. Markova, O. B. Dronova**

Altai State Technical University, Barnaul, Russia

Introduced the methodology of prediction of labor content is based on the qualimetric analysis of details. The methodology takes into account such parameters as the geometric shape, mass, material, surface roughness, structure and characteristics of technological operations.

**Keywords:** labor content, methods costing, qualimetric analysis details, qualimetric index

Решение задачи прогнозирования трудоемкости изготовления продукции на ранних этапах проектирования производства позволяет предприятию эффективно и обоснованно выбирать стратегию своего развития, распределять трудовые и материальные ресурсы, что особенно актуально в условиях быстрой сменяемости номенклатуры машиностроительного предприятия.

Не смотря на большое разнообразие разработанных к настоящему времени методик нормирования трудозатрат машиностроительного производства, на предприятиях остается проблема определения так называемой прогнозной трудоемкости изготовления изделий: решение целого ряда задач планирования производства либо вообще невозможно, либо значительно осложнено, без адекватного расчета этих показателей [1, 2, 4, 5, 8].

Трудоемкость продукции, как известно, представляет собой сумму затрат труда на изготовление единицы продукции. Применяемые в настоящее время методики опреде-

ления затрат труда (методы нормирования), можно разделить на две группы:

1. технически обоснованные методы определения трудовых затрат;
2. опытно-статистические.

К технически обоснованным нормам отнесены расчетные нормы.

В качестве объектов комплексного обоснования норм затрат труда принимаются: технологический процесс, режимы работы оборудования (например, режимы резания), уровень затрат труда.

Для условий единичного, мелкосерийного, экспериментального производства, а также на ранних стадиях проектирования изделий применение дифференцированных расчетных методов определения технологической трудоемкости затруднено из-за отсутствия полностью разработанной технологической документации. Наиболее применимым для этих условий является применение укрупненных расчетных методов определения трудоемкости [4, 5, 6, 7, 8].

Ниже представлено решение задачи прогнозирования временных затрат на изготовление изделий машиностроения с использованием методики укрупненного расчета трудоемкости на основе квалиметрического анализа деталей.

В основу укрупненных методов определения трудоемкости положены процедуры по выявлению общей тенденции изменения величины трудоемкости. Изменение трудоемкости рассматривается в зависимости от изменения значений отдельных факторов, характеризующих как её конструктивные параметры, так и условия производства.

Факторы, характеризующие конструктивно-технологические особенности изделий, а также организационно-технические факторы производства, влияющие на величину трудоемкости, могут быть отражены в общем квалиметрическом показателе изделия. В соответствии с отраслевым руководящим материалом [6] общий квалиметрический показатель детали является интегральным показателем её качества, численно характеризующим разнообразные конструктивно - технологические признаки и свойства, присущие данному виду детали.

К квалиметрическим показателям относятся характеристики разнообразных свойств и признаков деталей, наиболее существенно влияющие на величину технологической трудоемкости. Их значения определяются в зависимости от сложности геометрической формы детали, ее массы и обрабатываемости материала заготовки, параметров требуемой по чертежу шероховатости поверхностей; структуры и особенностей технологических операций (заготовительных и операций механической обработки) [3, 4, 5].

В основу системы квалиметрических показателей деталей положены соотношения показателей качества, влияющих на величину технологической трудоемкости рассматриваемых деталей в определенных типовых условиях их единичного изготовления, к показателю качества детали, принятой за базу, то есть:

$$K_i = \frac{T_i}{T_0} = \frac{f(X_1, X_2, \dots, X_n)_i}{f(X_1, X_2, \dots, X_n)_0}, \quad (1)$$

где  $K_i$  – частный квалиметрический показатель;

$T_i$  – трудоемкость изготовления рассматриваемой детали, норма-часы;

$T_0$  – трудоемкость изготовления детали, принятой за базу, норма-часы;

$(X_1, X_2, \dots, X_n)$  – конструктивно - технологические параметры, признаки и свойства деталей, существенно влияющие на величину технологической трудоемкости их изготовления.

Для расчета квалиметрических показателей деталей используют уравнения регрессии. Вводится общий квалиметрический показатель детали, позволяющий осуществлять приведение деталей многономенклатурного механосборочного производства с различными параметрами, свойствами в единый качественно однородный показатель – квалиметрическую штуку деталей (квалиштуку) [3, 4, 5]. Значение общего квалиметрического показателя детали определяется по формуле:

$$K_O = \prod_{i=1}^n K_i, \quad (2)$$

где  $K_i$  – частный квалиметрический показатель;  $n$  – количество квалиметрических показателей.

Для технологического процесса механической обработки деталей (обработка на металлорежущем оборудовании) общий квалиметрический показатель вычисляется по формуле:

$$K_O = K_\phi \cdot K_m \cdot K_M \cdot K_R \cdot K_{TO}, \quad (3)$$

где  $K_\phi$ ,  $K_m$ ,  $K_M$ ,  $K_R$ ,  $K_{TO}$  – квалиметрические показатели, учитывающие соответственно конфигурацию (геометрическую форму) детали, ее массу, материал, шероховатость поверхностей, технологические особенности изготовления.

Квалиметрический показатель конфигурации (геометрической формы) детали может быть рассчитан по формуле:

$$K_\phi = \ln I \cdot e^{\frac{I_B - \alpha}{I}}, \quad (4)$$

где  $I$  – количество размеров, проставленных на чертеже детали;

$I_B$  – количество размеров во внутренних полостях, закрытых углублениях, отверстиях детали;

$\alpha$  – уровень симметричности геометрической формы детали, определяемый таблично [4,6].

Симметричность детали определяется расчетным или приближенным методом по таблицам, построенным на основе квалификационного кода детали. Кодирование деталей производится по классам в соответствии с требованиями классификатора ЕСКД.

Квалиметрический показатель, учитывающий значение массы детали, рассчитывается в зависимости от ее значения (таблица 1).

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРОДУКЦИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Таблица 1 – Формулы для определения показателя  $K_m$

№	Масса детали	Расчетная формула
1	До 1 кг	$K_m = 0,23 + 0,111 \ln(1000m)$ (5)
2	От 1 до 30 кг	$K_m = m^{0,368 + 0,0046 \ln(m)}$ (6)
3	Свыше 30 кг	$K_m = m^{0,672 - 0,003 \ln(m)} - 5,809$ (7)
		где $m$ – масса детали, кг

Квалиметрический показатель, учитывающий значение шероховатости обрабатываемой поверхности, рассчитывается по формуле:

$$K_R = R_a^{-0,347}, \quad (8)$$

где  $R_a$  – параметр шероховатости поверхности по чертежу детали.

При расчете коэффициента шероховатости выбирается самое маленькое значение параметра шероховатости  $R_a$ , проставленное на чертеже детали.

Квалиметрический показатель, учитывающий технологические особенности изготовления детали, рассчитывается по формуле:

$$K_{TO} = e^{\sum d_i}, \quad (9)$$

где  $d_i$  – коэффициент  $i$ -й технологической операции.

Удельная трудоемкость изготовления представляет собой отношение трудоемкости к общему квалиметрическому показателю изделия, количественно выраженному в квалиштуках или в кваликилограммах:

$$T_q = \frac{T}{K_o}, \quad (10)$$

где  $T$  – технологическая трудоемкость в нормо-часах;

$K_o$  – общий квалиметрический показатель изделия, квашт. (квакг.).

Трудоемкость изготовления детали определяется по формуле:

$$T = (K_o \cdot T_q \cdot \sum_{i=1}^m p_i + \sum_{j=1}^l \Delta T) \cdot K_n, \quad (11)$$

где  $K_o$  – общий квалиметрический показатель изделия, квашт. (квакг.).

$T_q$  – нормативная удельная трудоемкость, определяемая по таблицам [7], нормо-час;

$p_i$  – нормативный коэффициент соотношения трудоемкости по видам выполняемых технологических операций, который определяется таблично [7];

$i$  – количество выполняемых технологических операций;

$K_n$  – поправочный коэффициент на число деталей в партии;

$\Delta T$  – трудоемкость операций, вводимых дополнительно по сравнению с предусмотренными технологическими операциями в соответствии с таблицей [6].

$j$  – количество технологических операций, вводимых дополнительно по сравнению с предусмотренными технологическими операциями.

Формула (11) может быть использована, кроме того, для расчета трудоемкости по различным видам технологических операций.

Апробация описанной методики прогнозирования трудоемкости изготовления машиностроительной продукции на основе квалиметрического анализа деталей проведена на примере деталей типа валов [2, 3, 5]. Для выбранной группы деталей (класс деталей 71 – «Тела вращения типа валов») по предложенной методике были определены значения трудоемкости. По результатам прогнозирования приняты нормативы удельной трудоемкости на одну квалиштуку.

Для сравнения аналогичные расчеты были также произведены по общемашиностроительным нормативам [6]. Результаты сравнения полученных результатов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Сводные данные трудоемкости деталей типа валов по участку мелких серий

Тип операций	Трудоемкость		Коэффициент
	$T_{o.n.}$	$T_{к.п.}$	
Токарные	988	869	1,14
Фрезерные	792	685	1,16
Шлифовальные	636	598	1,06
Итого по участку	2416	2152	1,12

Расхождение в расчетах (точность прогнозирования) может быть оценена коэффициентом  $\eta_T$ , определяемым как отношение расчетной трудоемкости по общемашиностроительным нормативам ( $T_{o.n.}$ ) к трудоемкости, рассчитанной на основе квалиметрического подхода ( $T_{к.п.}$ ). Как видно из таблицы 2 значение коэффициента не превышает 15 %, что свидетельствует о возможности применения предлагаемого метода прогнозирования трудоемкости изготовления машиностроительной продукции для мелкосерийного и единичного производства.

**Список литературы**

1. Бычин В.Б. Нормирование труда. Учебник / В.Б. Бычин, С.В. Малинин. – М.: Экзамен, 2003. – 318 с.

2. Марков А. М. Проектирование технологии изготовления отверстий для условий автоматизированного производства деталей из композиционных материалов / А. М. Марков, Н.И. Мозговой, М. В. Доц // Обработка металлов. – 2010. – №3(48). – с. 14–16

3. Марков А.М. Алгоритм проектирования группового технологического процесса механической обработки деталей / А.М.Марков, М.И.Маркова, Е.М. Плетнева // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). - 2012. № 4. С. 5-9.

4. Марков А.М. Методика квалиметрического анализа деталей при прогнозировании временных затрат на производство широкой номенклатуры изделий предприятия / А.М.Марков, М.И.Маркова, О.Б.Дронова // В сборнике: ИННОВАЦИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ (ИнМаш-2015) Сборник трудов VII Международной научно-практической конференции. Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Новосибирский государственный технический университет, Бийский технологический институт, МИП Техмаш; Под редакцией Блюменштейна В.Ю. Баканова А.А. Останина О.А.. 2015. С. 14-19.

5. Марков А.М. Определение прогнозной трудоемкости изделий на основе квалиметрического анализа деталей / А.М.Марков, М.И.Маркова, О.Б.Дронова // Актуальные проблемы в машиностроении. 2015. № 2. С. 126-131.

6. Перовщиков Ю.С. Отраслевой руководящий материал. Методика укрупненного расчета трудоемкости на основе квалиметрического анализа деталей, получаемых обработкой резанием в цехах и производствах, работающих в условиях полного хозрасчета. – Ижевск, 1988.

7. Складская В. А. Организация, нормирование и оплата труда на предприятии. Учебник/ В.А. Складская. – М.: Дашков и К, 2012. – 512 с.

8. Якимович Б.А. Методы укрупненного нормирования в машиностроении и перспективы получения прогнозной трудоемкости / Б.Я. Якимович, А.И. Коршунов // Информатика – машиностроение. – 1996. – №3. – с. 34–37.

**Маркова Маргарита Ивановна** – к. т. н., доцент  
**Дронова Ольга Борисовна** – к. э. н., доцент

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный  
технический университет им. И. И. Ползунова»  
(АлтГТУ), г. Барнаул, Россия