

Нормирование технологических процессов на основе интервальных оценок основного времени обработки

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

Рассмотрены особенности нормирования технологических процессов при обработке деталей на металлорежущих станках. Приведена методика выбора режимов резания с использованием интегральных оценок основного времени обработки. Предложена эмпирическая модель, описывающая условия обеспечения максимальной производительности.

Ключевые слова: техническая норма времени, режимы обработки, моделирование, коэффициент основного времени.

Любой технологический процесс по своей сути направлен на осуществление изменений в предмете труда, т.е. он отражает процесс преобразования исходных материалов в готовые изделия.

Длительность этого процесса характеризует производительность обработки, поэтому задача ее определения, т.е. нормирование трудовых и производственных процессов, является актуальной проблемой.

Как указывалось, обработка заключается в преобразовании заготовки в изделие с формированием заданной формы детали с соответствующими размерами. Применительно к обработке на металлорежущих станках время формообразования зависит от величины снимаемого припуска, протяженности обрабатываемых поверхностей, механических свойств обрабатываемого материала, обуславливающих режимы резания, а также от организационных форм производства и других факторов.

Анализ показывает, что одна и та же деталь, изготавливаемая из различного вида заготовок, может быть получена в течение разной длительности. С другой стороны известны варианты, когда время обработки одной и той же детали из заготовки одного типа может быть различным в зависимости от вида применяемого оборудования, выбранных режимов, последовательности выполнения технологических переходов и т.п.

Таким образом, процесс достижения поставленной цели при формообразовании деталей может отличаться в значительных пределах, т.е. в данном случае основным критерием является относительное время как интервал между двумя событиями: началом и окончанием процесса формообразования. Этот интервал для конкретного случая может быть как минимальным (т.е. время в процессе физических воздействий на материальный объект может «сжиматься») или максимальным (когда время физических воздействий может «растягиваться»). Т.е. в первом варианте длительность достижения цели будет минимальной, а неиспользованное время может применяться для других целей или аккумулироваться для «хранения». В другом варианте, когда длительность достижения цели максимальна, запасы времени отсутствуют, и может иметь место его «перерасход».

Отсюда следует основная задача технического нормирования – определение минимальных и максимальных затрат времени на рассматриваемую технологическую операцию, т.е. установление интервала изменения времени, необходимого для ее осуществления.

Методика выбора режимов обработки для станочных операций

Нормирование технологических процессов осуществляется применительно к технологическим операциям, признаком которых является неизменность рабочего места (станка, пресса, слесарного верстака и т.п.). Время, затрачиваемое на выполнение технологической операции, называется технической нормой времени. Ее структура известна [1] и записывается следующим образом:

$$T_{шт} = T_{шт} + T_{пз} / N_g, \quad (1)$$

где $T_{штк}$ – штучно-калькуляционное время, мин;

$T_{шт}$ – штучное время, мин;

$T_{пз}$ – подготовительно-заключительное время, мин;

N_g – количество деталей в обрабатываемой партии (размер партии), шт.

Норма штучного времени

$$T_{шт} = T_o + T_b + T_{тех.об} + T_{орг.об} + T_n \quad (2)$$

$$\text{или } T_{шт} = T_{оп} \left(1 + \frac{a+b+c}{100} \right), \quad (3)$$

где $T_{оп} = T_o + T_b$ – оперативное время;

T_o – основное время;

T_b – вспомогательное время;

$T_{тех.об}$, $T_{орг.об}$, T_n – соответственно время технического обслуживания рабочего места, время организационного обслуживания рабочего места, время регламентированных перерывов на отдых и личные надобности;

a, b, c – коэффициенты, соответствующие времени технического обслуживания (**a**), времени организационного обслуживания (**b**) и времени регламентированных перерывов в работе (**c**), которые вычисляются в долях от оперативного времени (обычно принимают $a=6\%$; $b=0,6\dots 0,8\%$; $c=2,5\%$).

В качестве примера рассмотрим простейшую схему токарной обработки наружной цилиндрической поверхности, показанную на рисунке.

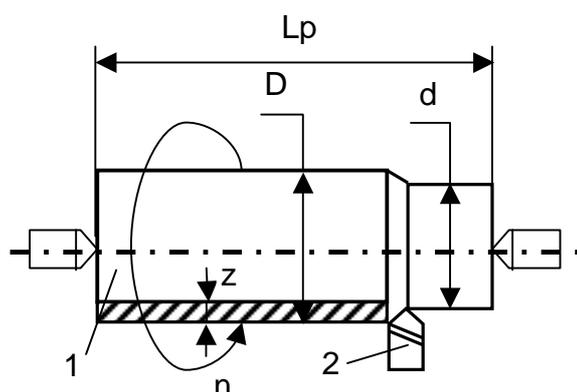


Рис. Схема токарной обработки

На рисунке приняты следующие обозначения: 1 – обрабатываемая деталь (материал, сталь 45); 2 – режущий инструмент; L_p – расчетная длина обработки ($L_p = 150$ мм); D – диаметр заготовки ($D = 54$ мм); d – диаметр детали после обработки ($d = 50$ мм); z – снимаемый припуск $z = 0,5 (D - d) = 2$ мм; n – число оборотов шпинделя (об/мин).

Для осуществления процесса обработки необходимо выбрать (назначить) режимы резания, к которым относятся глубина резания t , подача S и скорость резания V .

Глубина резания – это величина съема материала за один рабочий ход режущего

инструмента (i – количество рабочих ходов, необходимых для удаления припуска z , т.е. $i=z/t$). Подачей называют величину перемещения рабочего инструмента вдоль обрабатываемой поверхности за один оборот шпинделя или в минуту, т.е. оборотная подача (S_0) измеряется в мм/об, а минутная (S_m) в мм\мин. Скорость резания позволяет определить число оборотов детали, т.е. $V = \frac{ПДn}{1000}$, м/мин.

Из всех составляющих штучного времени (формулы 1...4) расчетным путем для каждого перехода (поверхности) определяется только основное время или время машинной работы:

$$T_o = \frac{L_p \cdot i}{S_0 \cdot n}, \text{ МИН,} \quad (5)$$

где L_p – расчетная длина обработки, мм;

i – количество рабочих ходов в переходе;

S_0 – оборотная подача, мм/об;

n – число оборотов шпинделя в минуту,

$$n = \frac{1000V}{ПД}, \text{ ОБ/МИН.}$$

Таким образом, величина основного времени определяется аналитическим путем, а что касается других составляющие штучного времени, то они выбираются из нормативов, для чего необходимо располагать соответствующими справочными материалами. С целью упрощения дальнейшего анализа предполагаем, что величины, выбираемые из нормативов, будут постоянными для данной технологической схемы обработки.

Из перечисленных сведений вытекает, что выбор режимов обработки является многокритериальной задачей, однако для каждой обрабатываемой поверхности можно определить граничные (минимальные и максимальные) режимы, которые обеспечат соответственно максимальное и минимальное время обработки.

Сущность предлагаемой методики выбора режимов

Предлагается вначале оценивать длительность обработки по всему диапазону изменения режимов резания, а затем выбрать наиболее эффективный вариант.

Рассмотрим предлагаемую методику применительно к обработке детали, показанной на рис.1. С использованием исходных данных и справочных материалов [1] выбираем для данного примера предельные значения режимов резания (табл. 1).

Таблица 1.

Исходные предельные значения режимов обработки

Режимы обработки	Максимальное значение	Минимальное значение	Число рабочих ходов при снятии припуска
Глубина резания, t , мм	2,0	1,0	2/1
Подача, S_0 , мм/об	0,3	0,2	
Скорость резания, V , м/мин	200	100	

В данном случае представляется целесообразным записать возможные варианты выбора режимов по всему диапазону их изменения. Общее количество вариантов может быть рассчитано согласно выражению [2]:

$$N=2^k, \quad (6)$$

где N – общее количество вариантов;

2 – количество уровней изменения режимов (максимальный и минимальный);

k - общее количество режимов обработки ($k=3$)

В таблице 2 приведены возможные варианты выбора режимов, количество которых определено с помощью формулы (6). Здесь цифрой «1» обозначены режимы обработки, соответствующие их максимальным значениям, а цифрой «0» - их минимальным значениям. Из таблицы 2 следует, что использование предложенных вариантов изменения режимов обеспечивает все возможные их сочетания и соответствующую величину основного времени.

Таблица 2.
Возможные варианты
выбора режимов обработки

Номер варианта	Режимы резания		
	t	S	V
1	1	1	1
2	0	1	1
3	1	0	1
4	0	0	1
5	1	1	0
6	0	1	0
7	1	0	0
8	0	0	0

В таблице 3 приведены расчетные значения основного времени для рассматриваемого примера (рис.1)

Анализ данных из таблицы 3 показывает, что минимальная величина основного времени (0,39 мин) соответствуют максимальным режимам резания (строка 1), а максимальная его величина (2,35 мин) будет получена при минимальных режимах обработки (строка 8).

Зная предельные величины (максимальное и минимальное) основного времени, можно определить его значение для любого из промежуточных вариантов.

Таблица 3.

Расчетные значения основного времени

Номер варианта	t, мм	S, мм/об	V, м/мм	i	t ₀ , мин
1	0,2	0,3	200	1	0,39
2	0,1	0,3	200	2	0,78
3	0,2	0,2	200	1	0,59
4	0,1	0,2	200	2	1,18
5	0,2	0,3	100	1	0,78
6	0,1	0,3	100	2	1,56
7	0,2	0,2	100	1	1,17
8	0,1	0,2	100	2	2,35

При этом удобнее пользоваться относительной величиной K_{t_0} – коэффициентом, характеризующим диапазон изменения основного времени.

$$K_{t_0} = \frac{t_{0 \max}}{t_{0 \min}}, \quad (7)$$

где K_{t_0} – коэффициент основного времени при обработке заданной поверхности;

$t_{0 \max}$, $t_{0 \min}$ – соответственно максимальное и минимальное значения основного времени при обработке поверхности на минимальных и максимальных режимах, мин.

Диапазон изменения коэффициента K_{t_0} для расчетных значений основного времени по всем вариантам обработки для рассматриваемого примера приведен в табл. 4.

Таблица 4.

Коэффициент изменения основного времени для различных режимов

Варианты обработки	1	2	3	4	5	6	7	8
K_{t_0}	6,02	3,012	3,98	1,99	3,012	1,5	2,0	1,0

Представляется целесообразным использование моделирования случайной величины (коэффициент K_{t_0}) для получения статистических характеристик выходных параметров объекта, т.е. значений основного времени обработки. Анализ показал, что наиболее подходящей зависимостью, описывающей изменение коэффициента основного времени, является гиперболическая функция вида

$$y = a + \frac{b}{x}, \quad (8)$$

где a , b – параметры кривой;

x , y – значения аргумента и функции, полученные посредством моделирования или опытным путем.

Для зависимости (8) система нормальных уравнений имеет вид [3]:

$$\begin{cases} na + b \sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i} = \sum_{i=1}^n y_i, \\ a \sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i} + b \sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i^2} = \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{x_i}. \end{cases} \quad (9)$$

В результате решения этой системы были получены следующие значения параметров: $a=2,13$; $b = 0,53$. При этом эмпирическая формула (8) приводится к виду

$$y = 2,13 + \frac{0,53}{x}. \quad (10)$$

Таким образом, при известных максимальных значениях основного времени $t_{0 \max}$ можно получить величину коэффициента изменения основного времени K_{t_0} и определить возможное минимальное значение основного времени t_0 , обеспечивающего максимальную производительность.

Выводы

В статье изложена сущность предлагаемого метода интервальных оценок длительности технологических операций, а именно первоначальное определение основного времени на минимальных режимах с последующим его определением на максимальных режимах и возможностью его оценки для любых промежуточных значений в заданном диапазоне. Предложена математическая модель,

описывающая зависимость отношения максимального и минимального времени основной работы от величины максимального значения основного времени, что позволяет выбрать режимы, обеспечивающие максимальную производительность.

Список литературы

1. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. ред. А.А. Папанова. – М.: Машиностроение. 1988 – 736 с.:ил.
2. Сытник В.Ф. Основы научных исследований / В.Ф. Сытник – Киев, Издательское объединение «Вища школа», 1978 – 184с.
3. Справочник по математике для экономистов / В.Е.Барбаумов, В.И.Ермаков, Н.Н. Кривенцова и др.;Под ред. В.И. Ермакова. – М.: Высш. шк., 1987. – 336с:ил.

Рецензент: д-р техн. наук., проф. И.В. Шостак, Национальный аэрокосмический университет им. М.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков
Поступила в редакцию 18.02.2013

Нормування технологічних процесів на основі інтервальних оцінок основного часу обробки

Розглянуто особливості нормування технологічних процесів при обробці деталей на металорізальних верстатах. Наведена методика вибору режимів різання з використанням інтервальних оцінок основного часу обробки. Запропонована емпірична модель, яка відображає умови забезпечення максимальної продуктивності.

Ключові слова: технічна норма часу, режими обробки, моделювання, коефіцієнт основного часу.

Standardization of processes based on interval estimates fixed processing time

The features of standardization processes in the processing of parts on machine tools. The method of selection of the cutting interval estimates using fixed processing time. The proposed empirical model that reflects the conditions to ensure maximum productivity.

Keywords: Technician standard time, the processing mode, modeling, Core time.