

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЧЕРЕЗ ПОЛИНОМ ВТОРОЙ СТЕПЕНИ

Шатуров Д.Г.¹, Жигалов А.Н.² Шатуров Г.Ф.¹

3) ГУВПО «Белорусско-Российский университет»

Могилев, Республика Беларусь;

4) Барановичский государственный университет

Барановичи, Республика Беларусь.

Современный инженер-технолог машиностроительного предприятия в своей практической деятельности для принятия правильного решения по оценке технологического процесса вынужден проводить различные эксперименты. Эти эксперименты позволяют определить для каждого конкретного условия оптимальное решение по назначению режимов обработки. Существуют различные методики оценки и проведения статистического и регрессионного анализа экспериментальных данных технологического процесса, для условий функционирования которых применяется тот или иной метод исследований.

Планирование второго порядка используют на практике в тех случаях, когда линейного приближения недостаточно для математического описания результатов исследований с нужной точностью. В итоге возникает необходимость в построении модели в виде полинома второй степени.

Планирование эксперимента связано с изучением зависимости критериев оптимизации (функции отклика) от величины управляющих (входных) параметров и выражается формулой

$$y = \varphi(x_1; x_2 \dots x_n), \quad (1)$$

где x_1, x_2, \dots, x_n – независимые переменные факторы.

При планировании эксперимента учитывают, что неизвестная исследователю функция отклика (4.1) аппроксимируется полиномом той или иной степени.

Известно [1], что зависимость – функция отклика – аппроксимируется полиномом второго порядка без влияния смешанных факторов. Тогда:

– для двух факторов имеем уравнение

$$y = b_0 + bx_1 + b_1x_2 + ax_1^2 + a_1x_2^2; \quad (2)$$

– для трех факторов

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2. \quad (3)$$

Установление статистических зависимостей (2), (3) осуществляется с использованием разработанных планов экспериментальных исследований. Применение известных планов удобно тем, что: отпадает необходимость в тщательном обдумывании техники проведения каждого опыта; фактически автоматически проводится статистический анализ как каждого опыта, так и всего эксперимента в целом; сразу получается аналитическое выражение для описания исследуемого объекта; облегчен графический анализ влияющих факторов. Последовательность построения математических зависимостей следующая: выявление необходимых оптимизирующих параметров; выбор основных факторов, определяющих значения оптимизирующих параметров; выбор разумных интервалов и уровней варьирования факторов. Следует учитывать, что увеличение интервала варьирования затрудняет возможность линейной аппроксимации функции отклика и увеличивает количество экспериментов.

Последовательность построения математической модели и особенности планирования второго порядка рассмотрим на конкретном примере.

Например, необходимо определить величину тангенциальной составляющей силы резания P_z призматического резца от глубины резания t и скорости резания V .

Из анализа литературных данных [1–2] убеждаемся, что отсутствует влияние произведения факторов на функцию отклика или их влияние незначительно, что им можно пренебречь. После анализа литературных данных выбираем интервалы и уровни варьирования факторов (таблица 1).

Таблица 1 – Уровни и интервалы варьирования факторов ($S = 0,5$ мм/об)

Фактор	Код	Интервал варьирования	Уровень варьирования		
			– 1	0	+1
Глубина резания t , мм	x_1	0,5	0,5	1,0	1,5
Скорость резания V , м/мин	x_2	40	120	160	200

Составляем матрицу экспериментов и результаты экспериментальных данных заносим в таблицу 2, на основании которой составляем уравнения второго порядка (2) для двух факторов.

$$446 = a \cdot 0,5^2 + b \cdot 0,5 + c_1; \quad (4)$$

$$833 = a \cdot 1^2 + b \cdot 1 + c_1; \quad 1200 = a \cdot 1,5^2 + b \cdot 1,5 + c_1. \quad (5)$$

Таблица 2 – Результаты экспериментальных данных

Но- мер опыта	x_1 (t , мм)	x_2 (V , м/мин)	$Y_1(P_z, H)$, МКМ	Подача, S , мм/об
1	0,5	160	446	0,5
2	1,0		833	
3	1,5		1200	
4	1,0	120	1374	
5		160	833	
6		200	583	

Решая совместно два верхних (4), а затем два нижних (5) путём вычитания нижнего из верхнего, получим следующие уравнения:

$$-387 = -0,75a - 0,5b; \quad -367 = -1,25a - 0,5b. \quad (6)$$

Решая которые, имеем $a = -40$; $b = 834$. Таким образом,

$$P_z = -40t^2 + 834t + C_1.$$

Основываясь на результатах опытов 4, 5 и 6 (см. таблицу 2), можно составить следующие уравнения:

$$1374 = a_1 \cdot 120^2 + b_1 \cdot 120 + c_2, \quad (7)$$

$$833 = a_1 \cdot 160^2 + b_1 \cdot 160 + c_2, \quad 583 = a_1 \cdot 200^2 + b_1 \cdot 200 + c_2. \quad (8)$$

Решая совместно вначале два первых (7), а затем два вторых (8), как и в предыдущем случае, получим два следующих равенства:

$$541 = -11200a_1 - 40b_1; \quad 250 = -14400a_1 - 40b_1. \quad (9)$$

Решая которые, имеем: $a_1 = 0,091$; $b = -39,0$. Тогда можно записать

$$P_z = 0,091V^2 - 39V + C_2. \quad (10)$$

Поскольку в центре плана для двух вариантов имеем одинаковые условия эксперимента, то составим уравнение для центра плана:

$$P_z = -40t^2 + 834t + 0,091V^2 - 39V + b_0 = 833.$$

После подстановки величин $t = 1,0$ мм, $V = 160$ м/мм получим значение $b_0 = 3950$ (есть и другие способы получения значения b_0).

Теперь можно написать уравнение отклика при изменении t и V в пределах проведения экспериментов.

$$P_z = -40t^2 + 834t + 0,091V^2 - 39V + 3950. \quad (11)$$

Определим величину тангенциальной силы резания P_z призматического резца от подачи S и скорости резания V . Значения величин подачи S , скорости V и результаты экспериментов представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты экспериментальных данных

Номер опыта	x_1 (S , мм/об)	x_2 (V , м/мин)	$Y_1(P_z, H)$	t , мм
1	0,1	160	250	1,0
2	0,5		833	
3	0,9		1200	
4	0,5	120	1100	
5		160	833	
6		200	600	

Согласно уравнения (11) при подаче $S=0,5$ мм/об и скорости резания $V=160$ м/мин величина тангенциальной силы резания P_z призматического резца будет равна $P_z= 447$ Н.

Рассмотренная методика, через использование полинома второй степени довольно проста и обладает хорошей точностью, особенно при исследовании технологических параметров процесса резания, и может быть рекомендована технологам для практической деятельности.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шатуров, Г. Ф. Прогрессивные процессы механической обработки поверхностей / Г. Ф. Шатуров, Ж.А. Мрочек. – Мн. : УП «Технопринт», 2001. – 460 с.
2. Ящерицын П.И. Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах / П.И. Ящерицын, М.Л. Еременко, Е.Э. Фельдштейн. – Мн.: Выш. Школа, 1990. – 512 с.