

УДК 621.9

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ СИЛЫ РЕЗАНИЯ ПРИ ТОЧЕНИИ ПО МЕТОДУ МНОЖИТЕЛЕЙ ЛАГРАНЖА

Мария Анатольевна Чихарева

*Студентка 5 курса,  
кафедра «Инструментальная техника и технологии»,  
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: Л.Д. Малькова,  
старший преподаватель кафедры «Инструментальная техника и технологии»,  
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана*

В настоящее время, при интенсивном развитии станкостроения, программного обеспечения и вычислительной мощности машин, стало возможным и обоснованным применение в теории резания (и как следствие в теории энергосбережения) полиномиальных моделей, погрешность которых значительно ниже погрешности расчетов, выполненных по показательно-степенным моделям. Полиномиальные модели дают более точное описание исследуемого процесса, так как позволяют учитывать большее число факторов и их комбинаций, оказывающих прямое и косвенное влияние на изучаемый процесс потому использование таких моделей обосновано при тенденции повышения точности обработки на один квалитет за 5-10 лет.

Визуально полиномиальная модель не может дать геометрической интерпретации исследуемому процессу, но с появлением мощных современных машин математическая реализация полиномиальной модели - трудоемкого процесса численного построения полинома и нахождения его экстремальных точек, успешно осуществляется в ряде пакетов математического программного обеспечения.

В данной работе представлен анализ модели, который был выполнен в программе MatLab. Целевая функция - тангенциальная составляющая силы резания при точении – функция, определенная в 7-ми мерном пространстве:

$$P_z = (x(1), x(2), x(3), x(4), x(5), x(6)), \text{ где}$$

$x(1)$  –  $S_0$  (подача, мм/об);  $x(2)$  –  $v$  (скорость резания, м/мин);  $x(3)$  –  $t$  (глубина резания, мм);  $x(4)$  –  $HB$  (твердость обрабатываемого материала);  $x(5)$  –  $\gamma$  (передний угол резца, град);  $x(6)$  –  $h_z$  (износ по задней поверхности резца, мм).

Данная модель была получена в результате дробнофакторного эксперимента с 6-тью параметрами на 2-х уровнях

Система технологических ограничений по каждой из переменных:

$$\begin{cases} 0,097 \leq S_0 \leq 0,39 \\ 48 \leq v \leq 156 \\ 0,5 \leq t \leq 2 \\ 200 \leq HB \leq 250 \\ 0 \leq \gamma \leq 15 \\ 0,16 \leq h_z \leq 0,8 \end{cases}$$

Задача оптимизации режимных параметров сводится к поиску глобального минимума целевой функции внутри области, описанной системой технологических ограничений.

Метод множителей Лагранжа и условие Каруша — Куна — Таккера позволяют исследовать нелинейную ограниченную функцию нескольких переменных.

$$P_z = 536.65 + 271.73 \cdot x(1) + 318.58 \cdot x(3) + 25.90 \cdot x(4) - 25.29 \cdot x(1) \cdot x(2) + 170.77 \cdot x(1) \cdot x(3) + 18.33 \cdot x(1) \cdot x(4) - 11.74 \cdot x(2) \cdot x(3) + 29.59 \cdot x(2) \cdot x(6) - 15.16 \cdot x(1) \cdot x(2) \cdot x(3) - 16.93 \cdot x(3) \cdot x(5) + 16.06 \cdot x(2) \cdot x(5) - 22.44 \cdot x(6) - 43.82 \cdot x(5)$$

В результате получится система из 6-ти уравнений 2-го порядка (градиент функции Лагранжа), решение которой аналитически затруднительно:

$$\text{grad } \bar{L} = \text{grad } \bar{P}_z + \sum_{i=1}^{12} \mu_i \cdot \bar{g}_i =$$

$$= \begin{pmatrix} 271.73 - 25.29 \cdot x(2) + 170.77 \cdot x(3) + 18.33 \cdot x(4) - 15.16 \cdot x(2) \cdot x(3); \\ - 25.29 \cdot x(1) - 11.74 \cdot x(3) + 29.59 \cdot x(6) - 15.16 \cdot x(1) \cdot x(3) + 16.06 \cdot x(5); \\ 318.58 + 170.77 \cdot x(1) - 11.74 \cdot x(2) - 15.16 \cdot x(1) \cdot x(2) - 16.93 \cdot x(5); \\ 25.90 + 18.33 \cdot x(1); \\ - 16.93 \cdot x(3) + 16.06 \cdot x(2) - 43.82; \\ 29.59 \cdot x(2) - 22.44; \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \mu_1 - \mu_7 \\ \mu_2 - \mu_8 \\ \mu_3 - \mu_9 \\ \mu_4 - \mu_{10} \\ \mu_5 - \mu_{11} \\ \mu_6 - \mu_{12} \end{pmatrix}$$

Результат расчета в программе MatLab:

$$P_z \text{ min} = 96,75H, \text{ при}$$

$$\begin{cases} S_0 = 0,097 \\ v = 48 \\ t = 0.5 \\ HB = 200 \\ \gamma = 15 \\ h_c = 0.16 \end{cases}$$

### Литература

1. Древаль А.Е., Малькова Л.Д. Совместное влияние механической обработки на величину составляющих силы резания – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана.: Известия ВУЗов. Машиностроение, 2007. – с.53-60.
2. Зорич В. А. Математический анализ. Часть 1. — изд. 2-е, испр. и доп. — М.: ФАЗИС, 1997