

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ОПИСЫВАЮЩЕЙ ВЛИЯНИЕ СИЛЫ РЕЗАНИЯ

Шрон Л.Б., Богуцкий В.Б., Гордеева Э.С.

Севастопольский государственный университет, г. Севастополь

Ключевые слова: технологическая система, режимы резания, механическая обработка, силовое воздействие, математическая модель.

Аннотация. Показано влияние силы, действующей в зоне резания, на качество технологической системы механической обработки, предложена математическая модель технологической системы, позволяющей оценить ее качество по значению выходного сигнала, имея лишь параметры системы без проведения моделирования.

ANALYSIS OF THE QUALITY OF THE TECHNOLOGICAL SYSTEM BASED ON A MODEL DESCRIBING THE EFFECT OF THE CUTTING FORCE

Shron L.B., Bogutskiy V.B., Gordeeva E.S.

Sevastopol State University, Sevastopol

Keywords: technological system, cutting modes, mechanical processing, force action, mathematical model.

Abstract. is shown the influence of the force acting in the cutting zone on the quality of the technological system of mechanical processing, is proposed a mathematical model of the technological system that allows evaluating its quality by the value of the output signal, having only the system parameters without modeling.

Современный характер производства диктует все более возрастающие требования к качественным показателям технологических систем применяемых для выполнения механической обработки. При выборе механообрабатывающих технологических систем преимущество отдается более производительным, позволяющим вести обработку современным металлорежущим инструментом на повышенных режимах резания [1-3].

В связи с этим среди достаточно большого количества показателей качества технологической системы механической обработки важной характеристикой является ее реакция на прикладываемое в процессе обработки силовое воздействие. Станок, обрабатываемая заготовка, инструмент и приспособления образуют технологическую систему механической обработки. Анализ качества технологической системы возможен на основе ее модели, описывающей влияние силы, прикладываемой в зоне резания в процессе механической обработки. Возникающая в процессе резания сила P по той или иной координате действует на технологическую систему обработки, вызывая перемещения.

Математической моделью такой системы может описываться дифференциальным уравнением второго порядка [4, 5]

$$P = \frac{d^2 y}{dt^2} m + \frac{dy}{dt} \lambda + cy ; \quad (1)$$

где m – масса (кг); λ – коэффициент вязущего трения (сила трения пропорциональная скорости, Н·с/м); c – жесткость (по каждой из координат станка, Н/м); P – сила (по соответствующей координате, Н); y – перемещение массы (деформация по одной из координат).

Уравнение, описывающее выходной сигнал (реакцию) звена имеет следующий вид: [4, 6]

$$y = x \left[1 - q \cdot e^{-\alpha t} \sin(\omega \cdot t + \varphi) \right], \quad (2)$$

где y и x – реакция системы и входное воздействие, $q = \sqrt{1 + \frac{\alpha^2}{\omega^2}}$ – коэффициент,

$\alpha = \frac{\xi}{T}$ – декремент затухания, $\omega = \frac{\sqrt{1 - \xi^2}}{T}$ – угловая частота собственных колебаний, $\varphi = \arctg\left(\frac{\omega}{\alpha}\right)$ – начальная фаза колебаний, ξ – коэффициент, учитывающий действие диссипативных сил (относительный коэффициент затухания).

Нетрудно видеть, что $\omega = \sqrt{\frac{c}{m}}$ и $\xi = \frac{\lambda}{2\sqrt{mc}}$.

Исследование уравнения (2) на экстремум позволяет получить выражение для вычисления максимума выходного сигнала в виде:

$$y_{\max} = x(1 + t^{-\alpha T_m}); \quad T_m = \frac{\pi}{\omega}. \quad (3)$$

Полученный результат позволяет оценить качество технологической системы по значению y_{\max} выходного сигнала (3), имея параметры системы без проведения моделирования.

Для вычисления реакции в качестве примера система по уравнению (1) представлена передаточной функцией [2,3]:

$$W(s) = \frac{W_1(s)W_2(s)}{1 + W_2(s) + W_1(s)W_2(s)},$$

где $W_1(s) = \frac{1}{T_1 s}$, $W_2(s) = \frac{1}{T_2 s}$ – передаточные функции интегрирующих звеньев,

где $T_1 = \frac{2\xi}{\omega}$, $T_2 = \frac{1}{2\xi\omega}$.

Моделирование выполнено с помощью средств пакета *SIMULINK* [7, 8]. На рисунке 1 приведен результат моделирования при значениях параметров $\xi=0,5$; $\omega_0=300$ рад/с; $P=C_p H^x S^y (\text{НВ})^n$, кН; $C_p=3,57$; $H=0,5$ мм; $x=1$; $S=0,2$ мм/об; $y=0,75$; $\text{НВ}=200$; $n=0,75$; $c=5 \cdot 10^6$ Н/м.

Вычисленное по формуле (3) значение перегулирования составило $y_{\max} = 0.000925742398$.

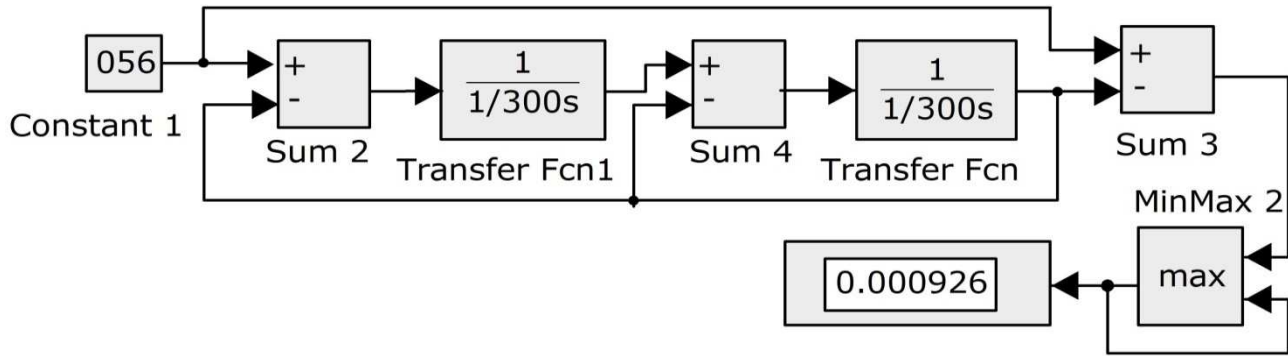


Рис. 1. Динамическая модель технологической системы

Список литературы

1. Lukic D., Milosevic M., Antic A., Borojevic S., Ficko M. Multi - criteria selection of manufacturing processes in the conceptual process planning// Advances in Production Engineering & Management. 2017. Vol. 12, №2. P. 151-162.
2. Metal Cutting Theory and Practice. By David A. Stephenson, John S. Agapiou. – CRC Press Publ., 2019. – 969 p.
3. Богуцкий В.Б. Анализ влияния состояния технологической системы на изменение выходных переменных при токарной обработке // Мехатроника, автоматика и робототехника. 2020. №5. С. 53-55.
4. Петраков Ю.В. Теория автоматического управления в металлообработке. – К.: Изд-во ИЗМН, 1999. – 218 с.
5. Богуцкий В.Б., Шрон Л.Б. Синтез системы автоматического управления глубиной резания круглошлифовального станка // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение. 2020. Т. 20, № 2. С. 27-36.
6. Гаркушенко В.И., Дегтярев Г.Л. Теория автоматического управления: Учебн. пособ. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2010. – 274с.
7. Мусалимов В.М., Заморуев Г.Б. и др. Моделирование мехатронных систем в среде MATLAB (Simulink / SimMechanics). – СПб.: НИУ ИТМО, 2013. – 112 с.
8. Pantelic V., Postma S., Lawford M.S., Jaskolka M. Software engineering practices and Simulink: bridging the gap// International Journal on Software Tools for Technology Transfer 20(1), 2018. P. 95-117. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10009-017-0450-9>

Сведения об авторах:

Шрон Леонид Борисович – к.т.н., доцент, СевГУ, г. Севастополь;

Богуцкий Владимир Борисович – к.т.н., доцент, СевГУ, г. Севастополь;

Гордеева Элеонора Сергеевна – ст. преп., СевГУ, г. Севастополь.