

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 621.95.08:51-74

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ, ФОРМИРУЕМОЙ ПРОЦЕССОМ ТОЧЕНИЯ, В ЗАДАЧАХ ДИНАМИКИ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ (СКОРОСТНАЯ СВЯЗЬ)

В.Л. ЗАКОВОРОТНЫЙ, ФАМ ДИНЬ ТУНГ, НГУЕН СУАН ТЬЕМ, М.Н. РЫЖКИН

(Донской государственный технический университет)

Рассмотрено математическое моделирование и идентификация параметров динамической связи между инструментом и обрабатываемой заготовкой, формируемой в процессе резания. Приведены данные о свойствах динамической связи при малых вариациях координат в окрестности точки равновесия. Исследована связь, представленная матрицей скоростных коэффициентов.

Ключевые слова: математическое моделирование, идентификация, динамическая связь, динамика процесса резания.

Введение. Материалы настоящей статьи дополняют приведённые ранее результаты моделирования, идентификации и свойств позиционной связи, формируемой процессом резания. Скоростная силовая связь, формируемая процессом резания, существует в том случае, когда скорости деформационных смещений в вариациях относительно точки равновесия не равны нулю. Как и ранее, удобно рассматривать систему резания, в которой деформационные смещения заготовки на порядок меньше, чем деформационные смещения вершины инструмента. В этом случае уравнение в вариациях относительно точки равновесия, задаваемой при неизменной скорости резания величинами подачи на оборот и глубины резания, определяется как [1 – 4]

$$m(X^*) \frac{d^2 x}{dt^2} + h_{\Sigma}(X^*, V_P, S_P, t_P) \frac{dx}{dt} + c_{\Sigma}(X^*, V_P, S_P, t_P) x = f(t), \quad (1)$$

где $x = (x_1, x_2, x_3)^T$ – вектор упругих деформационных смещений вершины режущего инструмента в вариациях относительно точки равновесия, причём $X^* = const$; $m(X^*) = [m_{s,k}(X^*)]_{s,k=1,2,3}$ – матрица масс подсистемы инструмента; $h_{\Sigma}(X^*, V_P, S_P, t_P) = [h_{\Sigma,s,k}(X^*, V_P, S_P, t_P)]_{s,k=1,2,3} = [h_{s,k}(X^*)] + [h_{s,k}^{(P)}(X^*, V_P, S_P, t_P)]_{s,k=1,2,3}$, $c_{\Sigma}(X^*, V_P, S_P, t_P) = [c_{\Sigma,s,k}(X^*, V_P, S_P, t_P)]_{s,k=1,2,3} = [c_{s,k}(X^*)] + [c_{s,k}^{(P)}(X^*, V_P, S_P, t_P)]_{s,k=1,2,3}$ – суммарные матрицы коэффициентов демпфирования и жёсткости, состоящие из параметров подсистемы инструмента и параметров динамической жёсткости и демпфирования процесса резания; $f(t) = \{f_1(t), f_2(t), f_3(t)\}^T$ – вектор внешних измеримых дельтообразных силовых возмущений, по реакциям на которые оцениваются матрицы $h_{\Sigma}(X^*) = [h_{\Sigma,s,k}(X^*, V_P, S_P, t_P)]_{s,k=1,2,3}$.

Таким образом, речь идёт об оценивании матриц h_{Σ} и на этой основе – матриц $h^{(P)} = h_{\Sigma} - h$. При этом матрицы c_{Σ} , h и m являются заданными, а $x = (x_1, x_2, x_3)^T$ и $f(t) = \{f_1(t), f_2(t), f_3(t)\}^T$ – измеримыми. Общий подход к параметрической идентификации динамических систем изложен в работах [5, 6].

Методика идентификации матриц скоростных коэффициентов. На элементы матрицы скоростных коэффициентов оказывают влияние следующие физические процессы, сопровождающие процесс обработки.

1. Непосредственное влияние зоны резания на пространственные движения инструмента относительно заготовки. Оно зависит от нормальных составляющих сил, действующих на переднюю поверхность инструмента, площади контакта стружки с передней поверхностью и скорости относительного её скольжения. Поэтому этот механизм влияния определяется закономерностями процессов трения при движении стружки. Так как матрицы скоростных коэффициентов рассматриваются в вариациях относительно точки равновесия, задаваемой постоянными значениями сил резания, по это влияние раскрывается на основе анализа приращения сил, обусловленных приращениями и вариациями скорости движения инструмента относительно стружки. В частности, в