

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 621.95.08:51-74

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

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

(Донской государственный технический университет)

Рассматривается математическое моделирование и идентификация параметров динамической связи между инструментом и обрабатываемой заготовкой, формируемой в процессе резания. Приводятся данные о свойствах динамической связи при малых вариациях координат в окрестности точки равновесия. В статье рассматривается исключительно позиционная связь.

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

Введение. Математическое моделирование динамической связи, формируемой процессом резания и объединяющей динамические подсистемы станка со стороны режущего инструмента и обрабатываемой заготовки, являлось предметом многочисленных исследований [1-4]. Это связано с тем, что формируемая процессом резания динамическая связь во многом определяет устойчивость траекторий стационарных формообразующих движений инструмента относительно заготовки, и она влияет на преобразование траекторий исполнительных элементов станка в траектории формообразующих движений. Для изучения динамики процесса резания используется следующее обобщенное уравнение:

$$m(X) \frac{d^2 X}{dt^2} + h(X) \frac{dX}{dt} + c(X) = F(X, V_p, S_p, t_p) + f^*(t), \quad (1)$$

где $F(X, V_p, S_p, t_p) = \{F_1(X, V_p, S_p, t_p), F_2(X, V_p, S_p, t_p), \dots, F_6(X, V_p, S_p, t_p)\}^T$ – вектор-функции динамической характеристики процесса резания, раскрывающие зависимость сил резания от упругих деформационных смещений инструмента и заготовки, а также от технологического режима: величины подачи на оборот S_p , глубины резания t_p и скорости резания V_p ; $X = \{X_1, X_2, \dots, X_6\}^T$ – вектор упругих деформационных смещений вершины режущего инструмента (первые три координаты) и заготовки в точке контакта с ней режущего инструмента (последние три координаты); $f^*(t) = \{f_1^*(t), f_2^*(t), \dots, f_6^*(t)\}^T$ – изменяющиеся во времени составляющие сил резания, не объяснимые в координатах упругих деформационных смещений, которые интерпретируются как шум; $m(X) = [m_{s,k}(X)]$, $h(X) = [h_{s,k}(X)]$, $c(X) = [c_{s,k}(X)]$, $s, k = 1, 2, \dots, 6$ – соответственно функциональные матрицы инерционных и диссипативных коэффициентов, а также функциональная матрица формирования упругой составляющей сил в зависимости от вектора деформационных смещений, которые, в свою очередь, зависят от внешних сил. Во всех случаях здесь и ниже символ $\{\dots\}^T$ – есть операция транспонирования.

Вопрос о математическом моделировании и идентификации функциональных матриц $m(X) = [m_{s,k}(X)]$, $h(X) = [h_{s,k}(X)]$, $c(X) = [c_{s,k}(X)]$ рассмотрен нами ранее [5, 6]. В настоя-