ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 621.95.08:51-74

В.Л. ЗАКОВОРОТНЫЙ, ФАМ ДИНЬ ТУНГ, НГУЕН СУАН ТЬЕМ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СМЕЩЕНИЙ ИНСТРУМЕНТА ОТНОСИТЕЛЬНО ЗАГОТОВКИ ПРИ ТОЧЕНИИ

Дано математическое моделирование упругих деформационных смещений вершины режущего инструмента и обрабатываемой заготовки в точке их контакта. Приведены алгоритмы и результаты идентификации параметров модели для случая продольного точения.
***Ключевые слова:** динамическая система, металлорежущий станок, процесс точения.*

Введение. Исследованию и моделированию деформационных свойств подсистем режущего инструмента и обрабатываемой заготовки уделяется неизменное внимание [1-4]. Это связано с тем, что при анализе устойчивости процесса резания и автоколебаний необходимо, прежде всего, иметь модель деформаций вершины режущего инструмента относительно заготовки. Аналогичная проблема стоит и при изучении точности обработки, особенно в случаях, когда заготовка имеет значительные деформационные смещения, изменяющиеся вдоль траектории движения инструмента относительно заготовки. Во всех случаях деформационные смещения как вершины режущего инструмента, так и заготовки в точке контакта с ней вершины режущего инструмента определяются по отношению к несущей системе станка. В рассматриваемом случае – по отношению к его направляющим. Сложность вычисления деформационных смещений вершины режущего инструмента относительно заготовки заключается в том, что они формируются в результате накопления деформаций в пространстве всех конструктивных элементов подсистем инструмента и заготовки, расположенных между несущей системой станка и рассматриваемыми точками. При этом большое влияние на деформационные смещения оказывают свойства сопряжения конструктивных элементов. Конструктивная сложность и неопределенность деформационных свойств узлов сопряжения приводит к тому, что при математическом описании динамики процесса резания необходимо не только знать дифференциальное уравнение динамики, но и разработать методы идентификации всех параметров этой модели.

В общем случае для анализа динамики процесса резания используются пространственные конечномерные модели, приводящие к необходимости анализа следующего дифференциального уравнения [4]:

$$m(X,S_{\text{p}},t_{\text{p}})\frac{d^2X}{dt^2}+h(X,S_{\text{p}},t_{\text{p}})\frac{dX}{dt}+c(X,S_{\text{p}},t_{\text{p}})=F(X,S_{\text{p}},t_{\text{p}})+f(t)\,, \qquad (1)$$

где $m(X,S_{\text{p}},t_{\text{p}})=\left[m_{s,k}(X,S_{\text{p}},t_{\text{p}})\right]$, $h(X,S_{\text{p}},t_{\text{p}})=\left[h_{s,k}(X,S_{\text{p}},t_{\text{p}})\right]$, $c(X,S_{\text{p}},t_{\text{p}})=\left[c_{s,k}(X,S_{\text{p}},t_{\text{p}})\right]$ – соответственно функциональные матрицы инерционных и диссипативных коэффициентов, а также функциональная матрица формирования упругой составляющей сил в зависимости от вектора деформационных смещений и технологических режимов. Размерность матриц $s,k=1,2,...,6$; $X=\{X_1,X_2,X_3,X_4,X_5,X_6\}^{\text{т}}$ – вектор упругих деформационных смещений вершины режущего инструмента (первые три координаты) и заготовки в точке контакта с ней режущего инструмента (последние три координаты); $F=\{F_1(X,S_{\text{p}},t_{\text{p}}),F_2(X,S_{\text{p}},t_{\text{p}}),F_3(X,S_{\text{p}},t_{\text{p}}),F_4(X,S_{\text{p}},t_{\text{p}}),F_5(X,S_{\text{p}},t_{\text{p}}),F_6(X,S_{\text{p}},t_{\text{p}})\}^{\text{т}}$ – вектор-функции динамической характеристики процесса резания, раскрывающие зависимость сил резания от упругих деформационных смещений инструмента и заготовки, а также от технологических режимов: величины подачи на оборот S_{p} и глубины резания t_{p} при заданной скорости; $f(t)=\{f_1(t),f_2(t),f_3(t),f_4(t),f_5(t),f_6(t)\}^{\text{т}}$ – изменяющиеся во времени со-