

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЛИННОМЕРНЫХ ВАЛОВ

**Э.И. Ясюкович**

Белорусско-Российский университет

*Рассматривается методика имитационного моделирования процесса обработки длинномерных валов, содержащая построенную на основе уравнений Лагранжа второго рода математическую модель, алгоритм, программное обеспечение и результаты моделирования.*

**Ключевые слова:** *длинномерный вал, имитационное моделирование, масс-геометрические параметры, динамические уравнения, токарный металлообрабатывающий станок.*

## SIMULATION MODELING OF MACHINING PROCESSES OF LONG-DIMENSIONAL SHAFTS

**E.I. Yasyukovich**

Belarusian-Russian University

The technique of simulation modeling of the processing of long shafts is considered, which contains a mathematical model, algorithm, software and simulation results based on Lagrange equations of the second kind.

**Keywords:** *long shaft, simulation modeling, mass-geometric parameters, dynamic equations, metalworking lathe.*

Повышение эффективности механической обработки длинномерных валов, используемых в бумагоделательной промышленности и тяжелом машиностроении, требует проведения специальных расчетных исследований процессов их функционирования.

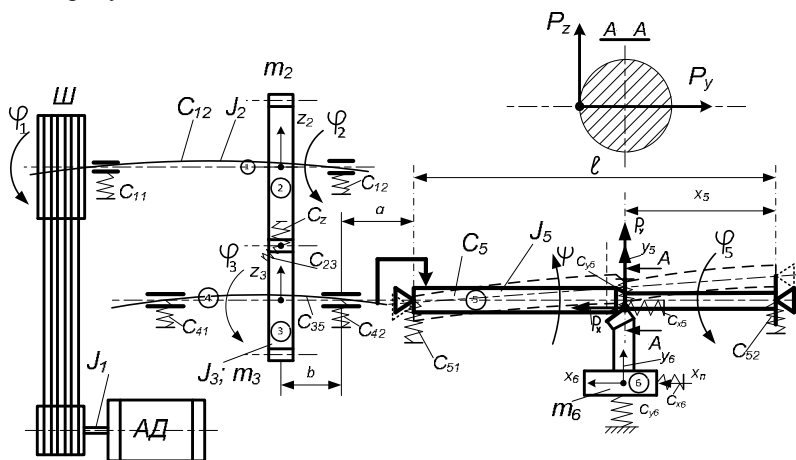
В настоящей работе для выполнения таких исследований предлагается разработанная имитационная математическая модель, описывающая процесс обработки длинномерных валов на токарном станке.

На качество, статическую и динамическую погрешности обработки длинномерных валов существенное влияние оказывают технические характеристики шпиндельного узла, а также жесткость центров токарного станка и параметры его коробки передач [2, 3],

Исследуемая в настоящей работе система содержит асинхронный двигатель, ременную передачу привода, коробку передач, суппорт, режущий инструмент, обрабатываемую заготовку и оператора.

Для формализации процессов, возникающих в рабочих режимах исследуемой системы, представим ее в виде эквивалентной схемы, состоящей из нескольких сосредоточенных масс, объединенных упругими связями. Колебания элементов такой системы могут возникать в связи с управляющими воздействиями оператора или из-за неоднородности структуры материала обрабатываемой заготовки.

Расчетная схема изучаемой технологической системы, разработанная с учетом продольной и поперечной подач, упругости элементов трансмиссии станка, суппорта, торцовых креплений обрабатываемой заготовки, режущего инструмента, а также действия оператора, представлена на рисунке 1.



**Рис. 1. Динамическая схема технологической системы обработки длинномерных валов**

На приведенном рисунке приняты следующие обозначения:

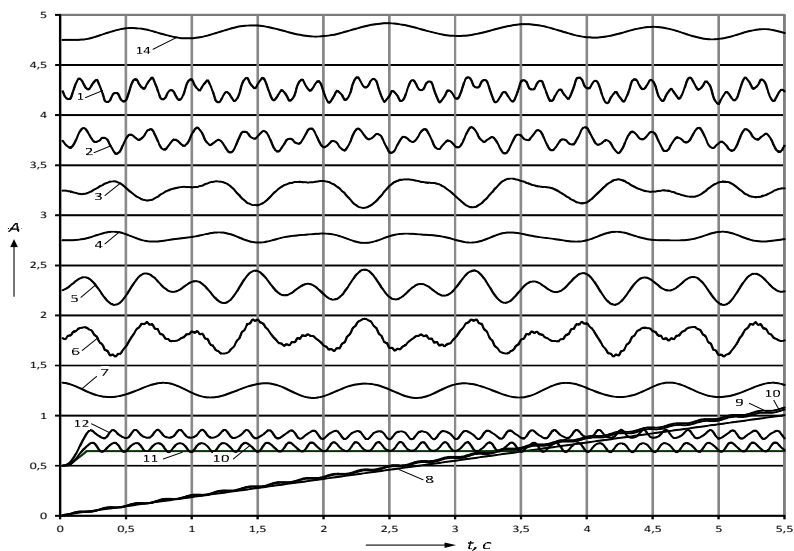
АД – асинхронный электродвигатель; 1 – элементы трансмиссии станка; 2, 3 – ведущая и ведомая шестерни привода обрабатываемой заготовки; 4 – вал привода заготовки (шпиндель станка); 5 – обрабатываемая заготовка (длинномерный вал); 6 – суппорт с режущим инструментом (резцом).

В расчетной схеме (рис. 1) приняты следующие независимые (обобщенные) координаты:  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_5$  – углы поворота соответственно шкива (Ш), ведущей и ведомой шестерен привода, обрабатываемого вала

в сечении, определяемом положением резца;  $z_2, z_3$  – линейные перемещения шестерен 2 и 3 в радиальном направлении;  $x_5, y_5, z_5$  – линейные перемещения точки контакта острия резца с обрабатываемой заготовкой в осевом, радиальном и вертикальном направлениях соответственно;  $x_6, y_6$  – линейные перемещения суппорта в параллельном и радиальном к оси обрабатываемой заготовки направлениях;  $\psi$  – угол поворота оси заготовки относительно нормальной к ней горизонтальной оси, проходящей через вершину резца.

Формализация процессов функционирования исследуемой системы выполнена на основе дифференциальных уравнений второго порядка, построенных по схеме Лагранжа второго рода [5].

Для проведения имитационного моделирования процессов обработки длинномерных валов было разработано программное обеспечение, некоторые результаты которого представлены на рис. 2 в виде динамических характеристик, на котором по оси ОУ отложены амплитуды колебаний обобщенных координат (А).



**Рис. 2. Динамические характеристики технологической системы обработки длинномерных валов**

То есть, по результатам решения уравнений математической модели с помощью специальной процедуры GRAF выполняется построение

динамических характеристик процесса исследуемой технологической системы.

На рисунке 2 приняты следующие обозначения: 1 – изменение во времени координаты  $\varphi_1*40$ , рад; 2 – координаты  $\varphi_2*80$ , рад; 3 – координаты  $\varphi_3*40$ , рад; 4 – координаты  $\varphi_5*40$ , рад; 5 – координаты  $z_2*200$ , м; 6 – координаты  $z_3*1500$ , м; 7 – координаты  $z_5*1500$ , м; 8 – задающий параметр перемещения суппорта по оси  $OX$ ,  $x_n$ , м; 9 – координаты  $x_5$ , м; 10 – координаты  $x_6$ , м; 11 – задающий параметр перемещения суппорта по оси  $OY$ ,  $y_n*70000$ , м; 12 – координаты  $y_5*70000$ , м; 13 – координаты  $y_6*70000$ , м; 14 – координаты  $\psi*1000$ , рад.

Кроме этого, на рисунке 2 оси  $OX$  системы координат смещены вверх по вертикальной оси: для графиков 11, 12, 13 на 0.5 единиц; для графиков 1, 2, 3, 4 – на 1.25, 1.75, 2.25, 2.75 единиц; для графиков 5, 6, 7, 14 – на 3.25, 3.75, 4.25, 4.75 единиц соответственно.

Расчетные исследования производились с шагом интегрирования по времени 0.001 с на интервале времени до 100 с и более при варьировании упругими характеристиками технологической системы и обрабатываемой заготовки.

Таким образом, в настоящей работе приведены разработанные имитационная математическая модель, программное обеспечение и некоторые результаты расчетных исследований влияния параметров и режимов работы технологической системы обработки длинномерных валов на качество обрабатываемой поверхности и устойчивость технологического процесса.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лизогуб, В.А. Влияние проектных параметров станка и режимов резания на точность обработки // *СТИН*. 2005. №. 1. С. 17 – 19.
2. Орликов, М.Л. Динамика станков. 2-е изд. перераб. и доп. К.: Выща шк., 1989. 272 с.
3. Кирилин, Ю.В. Методика расчета виброустойчивости станка // *СТИН*. 2005. № 1. С. 3 – 6.
4. Ящерицын, П.И. Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах / П.И. Ящерицын, М.Л. Ерёмченко, Е.Э. Фельдштейн. Минск: Выш. шк., 1990. 512 с.
5. Бурский, В.А. Технологические и теоретические основы механической обработки нежестких деталей. Минск: Белоргстанкинпромпиздат, 2000. 370 с.