ткацких станков «Джеттис-180 НБ» на Тверской ткацко-прядильной фабрике. Работа пневматических ткацких станков типа «Джеттис-180 НБ» на втором этаже ткацкого корпуса фабрики приводит к повышенной вибрации на рабочих местах. Причем превышение уровней виброскорости составляет в частотном диапазоне 13...38 Гц (при скорости станков 560 мин$^{-1}$) в 3 с лишним раза; превышение уровней виброскорости в частотном диапазоне 13...40 Гц (при скорости станков 520 мин$^{-1}$) в 2 с лишним раза; превышение уровней виброскорости в частотном диапазоне 19...31 Гц (при скорости станков 460 мин$^{-1}$) в 1,8 раз. Установка станков типа «Джеттис-180 НБ» на пневмовиброизоляторы при максимальном режиме работы (при скорости станков 560 мин$^{-1}$) приводит к снижению уровней виброскорости во всем частотном диапазоне в 5 с лишним раз, что создает условия труда на рабочем месте в соответствии с «ГОСТ 12.1.012-90.ССБТ. Вибрация. Общие требования безопасности» .

ВЫВОДЫ

1. Результаты анализа экспериментального определения динамических характеристик активных пневматических виброизоляторов позволили сделать вывод о том, что присоединение регулятора уровня к рабочей камере при прочих равных условиях существенно снижает собственную частоту системы пневматический виброизоляции, например, с 10 с$^{-1}$ при коэффициенте передачи К равном 2,0 до 5 с$^{-1}$ при коэффициенте передачи К равном 1,1.

2. Установка станков типа «Джеттис-180 НБ» на пневмовиброизоляторы при максимальном режиме работы (при скорости станков 560 мин$^{-1}$) в условиях прядильно-ткацкой фабрики приводит к снижению уровней виброскорости во всем частотном диапазоне в 5 с лишним раз, что создает условия труда на рабочем месте в соответствии с ГОСТ 12.1.012-90.ССБТ. Вибрация. Общие требования безопасности.

УДК 517.982

РЕШЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧ НЕЛИНЕЙНЫХ КОЛЕБАНИЙ АНАЛИТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Е.С. Нарубина, Ю.В. Трубников, Н.Е. Трубникова

УО «Витебский государственный технологический университет», г. Витебск, Беларусь

Метод разложения в ряд Тейлора решений дифференциальных уравнений с нелинейными правыми частями связан с нахождением производных высоких порядков, т.е. проводить такие вычисления «вручную» было чрезвычайно сложно. Однако появление таких пакетов как Maple изменило ситуацию. Появилась возможность проводить аналитические преобразования любой сложности. Рассмотрим, например, уравнение математического маятника, т.е обыкновенное дифференциальное уравнение вида

$$\ddot{x}(t)=-\frac{g}{l}\sin(x(t)), \qquad (1)$$

описывающее свободные колебания математического маятника — материальной точки, движущейся по окружности в вертикальной плоскости под действием силы тяжести. В уравнении (1) $x(t)$ - угол отклонения маятника в момент времени t от нижнего положения равновесия, l – радиус окружности, g – ускорение силы тяжести, направленной вертикально вниз.

Приведем несколько производных функции $f(t)=\sin[x(t)]$ уравнения (1) по времени t:

$$\frac{df}{dt}=\cos\left[x(t)\right]\frac{dx(t)}{dt},$$

$$\frac{d^2f}{dt^2}=-\sin\left[x(t)\right]\left(\frac{dx(t)}{dt}\right)^2+\cos\left[x(t)\right]\left(\frac{d^2x(t)}{dt^2}\right);$$

$$\frac{d^3f}{dt^3}=-\cos\left[x(t)\right]\left(\frac{dx(t)}{dt}\right)^3-3\sin\left[x(t)\right]\left(\frac{dx(t)}{dt}\right)\left(\frac{d^2x(t)}{dt^2}\right)+\cos\left[x(t)\right]\left(\frac{d^3x(t)}{dt^3}\right).$$

Дальнейшие вычисления, если их проводить «вручную», становятся очень громоздкими.

Далее приведём результаты вычислений, проведённых при помощи пакета Maple. Пусть x_0 – угол отклонения в момент времени $t=0$, x_1 – угловая скорость в нулевой момент времени. Найдем достаточное для проведения дальнейших вычислений с большой точностью количество слагаемых ряда Тейлора решения задачи Коши для уравнения (1).

$$x(t)=x_0+\frac{1}{1!}x_1t-\frac{1}{2!}\cdot\frac{g\sin x_0}{l}t^2-\frac{1}{3!}\cdot\frac{gx_1\cos x_0}{l}t^3+$$
$$+\frac{1}{4!}\cdot\frac{g\sin x_0\left(x_1^2l+(\cos x_0)g\right)}{l^2}t^4+\frac{1}{5!}\cdot\frac{gx_1\left(4g\cos^2 x_0+x_1^2l\cos x_0-3g\right)}{l^2}t^5-$$
$$-\frac{1}{6!}\cdot\frac{g\sin x_0\left(4g^2\cos^2 x_0+11glx_1^2\cos x_0+x_1^4l^2-3g^2\right)}{l^3}t^6+\ldots.$$

При необходимости можно получить существенно большее число слагаемых. При этом сложность дифференциального уравнения или системы уравнений особой роли не играет.

Рассмотрим, например, задачу трёх тел. Система уравнений для задачи трех тел, как известно, имеет следующий вид:

$$\ddot{x}_0=fm_1\frac{x_1-x_0}{r_{01}^{3/2}}+fm_2\frac{x_2-x_0}{r_{02}^{3/2}};$$

$$\ddot{x}_0=fm_1\frac{x_1-x_0}{r_{01}^{3/2}}+fm_2\frac{x_2-x_0}{r_{02}^{3/2}};$$

$$\ddot{y}_0=fm_1\frac{y_1-y_0}{r_{01}^{3/2}}+fm_2\frac{y_2-y_0}{r_{02}^{3/2}};$$

$$\ddot{z}_0=fm_1\frac{z_1-z_0}{r_{01}^{3/2}}+fm_2\frac{z_2-z_0}{r_{02}^{3/2}};$$

$$\ddot{x}_1=fm_0\frac{x_0-x_1}{r_{01}^{3/2}}+fm_2\frac{x_2-x_1}{r_{12}^{3/2}};$$

$$\ddot{y}_1=fm_0\frac{y_0-y_1}{r_{01}^{3/2}}+fm_2\frac{y_2-y_1}{r_{12}^{3/2}};$$

$$\ddot{z}_1=fm_0\frac{z_0-z_1}{r_{01}^{3/2}}+fm_2\frac{z_2-z_1}{r_{12}^{3/2}};$$

$$\ddot{x}_2=fm_0\frac{x_0-x_2}{r_{20}^{3/2}}+fm_1\frac{x_1-x_2}{r_{21}^{3/2}};$$

$$\ddot{y}_2 = fm_0 \frac{y_0 - y_2}{r_{20}^{3/2}} + fm_1 \frac{y_1 - y_2}{r_{21}^{3/2}};$$

$$\ddot{z}_2 = fm_0 \frac{z_0 - z_2}{r_{20}^{3/2}} + fm_1 \frac{z_1 - z_2}{r_{21}^{3/2}}.$$

Рассмотрим общую или неограниченную, задачу трех тел, т.е. задачу о движении системы, состоящей из трех материальных точек с произвольными конечными массами, взаимно притягивающихся по закону Ньютона. В некоторой абсолютной системе координат с неизменными направлениями осей дифференциальные уравнения движения в этой задаче имеют приведенный вид. Здесь

$$r_{ij} = \left(x_j(t)^2 - x_i(t)^2\right) + \left(y_j(t)^2 - y_i(t)^2\right) + \left(z_j(t)^2 - z_i(t)^2\right) (i, j = 0,1,2)$$

являются квадратами взаимных расстояний между точками M_i и M_j, обладающими массами m_i и $m_j(i, j = 0,1,2)$, а f - постоянная тяготения.

Содержание предлагаемого метода приближенного интегрирования данной системы уравнений состоит в разложении в ряд Тейлора по переменной t правых частей уравнений в предположении, что координаты точек $M_i(i = 0,1,2)$ являются функциями времени, и приравнивания коэффициентов при одинаковых степенях t в левой и правой частях.

Опишем данный алгоритм более подробно. Обозначим через xij, yij, zij – коэффициенты при t^j ряда Тейлора переменных $x_i(t), y_i(t), z_i(t)(i = 0,1,2)$. Очевидно, что

$$x02 = \frac{fm_1(x10 - x00)}{2r_{01}^{3/2}} + \frac{fm_2(x20 - x00)}{2r_{02}^{3/2}};$$

$$y02 = \frac{fm_1(y10 - y00)}{2r_{01}^{3/2}} + \frac{fm_2(y20 - y00)}{2r_{02}^{3/2}};$$

$$z02 = \frac{fm_1(z10 - z00)}{2r_{01}^{3/2}} + \frac{fm_2(z20 - z00)}{2r_{02}^{3/2}};$$

$$x12 = \frac{fm_0(x00 - x10)}{2r_{01}^{3/2}} + \frac{fm_2(x20 - x10)}{2r_{12}^{3/2}};$$

$$y12 = \frac{fm_0(y00 - y10)}{2r_{01}^{3/2}} + \frac{fm_2(y20 - y10)}{2r_{12}^{3/2}};$$

$$z12 = \frac{fm_0(z00 - z10)}{2r_{01}^{3/2}} + \frac{fm_2(z20 - z10)}{2r_{12}^{3/2}};$$

$$x22 = \frac{fm_0(x00 - x20)}{2r_{02}^{3/2}} + \frac{fm_1(x10 - x20)}{2r_{12}^{3/2}};$$

$$y22 = \frac{fm_0(y00 - y20)}{2r_{02}^{3/2}} + \frac{fm_1(y10 - y20)}{2r_{12}^{3/2}};$$

$$z22 = \frac{fm_0(z00 - z20)}{2r_{02}^{3/2}} + \frac{fm_1(z10 - z20)}{2r_{12}^{3/2}};$$

Далее находятся первые производные функций $r_{01}(t)^{(1)}=r011$, $r_{02}(t)^{(1)}=r021$, $r_{12}(t)^{(1)}=r121$, а коэффициенты при t^3 (обозначим их через $xi3, yi3, zi3\,(i=0,1,2)$) выразятся следующим образом

$$x03=\frac{1}{6}fm_1\left(-\frac{3(x10-x00)r011}{2r01^{5/2}}+\frac{-x01+x11}{r01^{3/2}}\right)+\frac{1}{6}fm_2\left(-\frac{3(x20-x00)r021}{2r02^{5/2}}+\frac{-x01+x21}{r02^{3/2}}\right);$$

$$y03=\frac{1}{6}fm_1\left(-\frac{3(y10-y00)r011}{2r01^{5/2}}+\frac{-y01+y11}{r01^{3/2}}\right)+\frac{1}{6}fm_2\left(-\frac{3(y20-y00)r021}{2r02^{5/2}}+\frac{-y01+y21}{r02^{3/2}}\right);$$

и т.д. Все дальнейшие вычисления проводятся с помощью пакета Maple.

Список использованных источников

1. Дубошин Г. Небесная механика.— М., 1975.— С. 426.

УДК 622.002.5:531.112

РАСЧЕТ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ

С.В. Жерносек, А.В. Локтионов

УО «Витебский государственный технологический университет», г. Витебск, Беларусь

В процессе резания расчет задних углов, выражающих реальную величину зазора между поверхностью инструмента и поверхностью резания, непосредственно связан с изучением перемещения инструмента и обрабатываемого объекта. Задний угол движения α_d измеряется между вектором относительной скорости резания и касательной к траектории сложного пространственного движения инструмента в заданной точке [1, 2].

На чертежах резцов указываются геометрические параметры, полученные при заточке. При работе механизма приходится изменять положение режущего лезвия относительно обрабатываемого массива, а в зависимости от положения вершины резца изменяются направления вектора скорости и геометрические параметры резцов в состоянии движения, которыми определяется процесс резания и износ инструментов.

Для использования закономерностей движения резцов при разработке исполнительных механизмов определяются следующие расчетные зависимости: скорость движения инструмента, его ориентация относительно траектории движения и вытекающие из требований кинематики углы заточки (или установки) инструмента.

При обработке массива кинематические углы резцов не должны превышать их геометрические значения. Иначе массив разрушается боковыми и задними гранями резцов, увеличиваются расход режущего инструмента, усилия и мощность резания, что является одной из причин малоэффективной работы машин.

Аналитическому расчету кинематических параметров резцовых исполнительных механизмов посвящены исследования А.С. Архангельского, В.Г. Унгефуга, Л.Б. Глатмана, Е.К. Губенкова, Г.И. Грановского, Н.П. Юдина, Б.Н. Толстых [1-3]. В работе В.Г. Унгефуга получены общие параметрические уравнения движения резца в пространственной системе координат и найдена скорость его движения. Кинематические углы Ψ_1 и Ψ_2 вектора абсолютной скорости движения инструмента определяются как линейные углы, образуемые вектором $\bar{V}$ абсолютной скорости и его проекцией на плоскость вращения инструмента (угол Ψ_1) и на плоскость, нормальную к