УДК 517.977.5

© **Н. В. Ощепкова**

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ НЕЛИНЕЙНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В работе рассматриваются задачи связанные с моделированием, идентификацией и оптимальным управлением механических систем, динамика которых описывается обыкновенными дифференциальными уравнениями нелинейными относительно старшей производной.

В общем виде модель динамического объекта выглядит следующим образом:

$$F\big(t, x(t), \dot{x}(t), u(t), \gamma\big) = 0,$$

где t – время, $t \in [t_0, t_1]$, $\dot{x}(t) = \frac{dx}{dt}$,

$x(t) = (x_1, x_2, \ldots, x_{2n})$ — вектор фазовых координат объекта,

$u(t) = (u_1, u_2, \ldots, u_r)$ — вектор параметров управления, $\alpha_j \leqslant u_j \leqslant \beta_j$ $(j = 1, 2, \ldots, r)$,

$\gamma = (\gamma_1, \gamma_2, \ldots, \gamma_s)$ — вектор конструктивных параметров.

Функции $F_i\big(t, x(t), \dot{x}(t), u(t), \gamma\big)$ $(i = 1, 2, \ldots, 2n)$ нелинейные относительно $\dot{x}$ (не обязательно все).

В механике существуют объекты, для моделирования которых имеет смысл использовать описанную систему. К таким объектам можно отнести некоторые колебательные системы, а именно, механические системы с инерционными элементами демпфирования. В обычной колебательной системе присутствуют упругие и демпфирующие элементы, создающие силу, зависящую от относительных перемещений и скорости. Особенность колебательной системы с инерционными элементами заключается в том, что в матрицу инерции системы могут входить слагаемые, зависящие от координаты, скорости и ускорения. Взаимосвязь матрицы инерции системы с ускорением вызвана наличием систем управления, в которых происходит изменение моментов инерции по некорорым алгоритмам в зависимости от относительных ускорений, возникающих между телами системы. Полученная система не является чисто механической, она гибридная, то есть механическая система управления с гидроэлектроприводами. Простейшие исполнительные устройства с инерционными системами могут быть выполнены в виде несамотормозящей винтовой пары, рычажного механизма с горизонтально расположенным диском или иметь другой вид [1].

Уравнение простой колебательной системы имеет вид:

$$\begin{aligned} &(m + L)\,\dot{v} + d(v) + C(x) = Q\left(t, x, v, u, \xi(t), \dot{\xi}(t), \ddot{\xi}(t)\right), \\ &\dot{x} = v, \end{aligned}$$

где m — масса,

x — координата,

v — скорость,

L — момент инерции,

$d(v)$ — нечетная функция демпфирующей силы,

$C(x)$ — нечетная функция упругих сил,

$Q\left(t, x, v, u, \xi(t), \dot{\xi}(t), \ddot{\xi}(t)\right)$ — активные силы,

ξ — внешние возмущения.

В нашем случае система выглядит следующим образом:

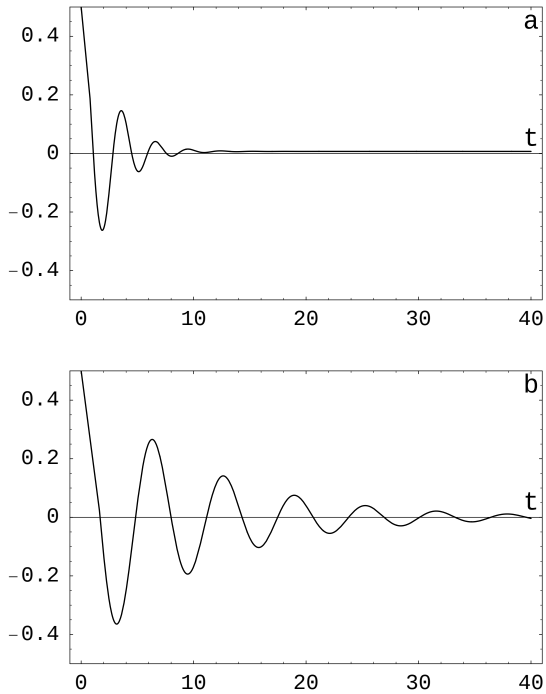
$$\begin{aligned} &\big(m + L(x, v, \dot{v}, \beta)\big)\dot{v} + d(v) + C(x) = Q\left(t, x, v, u, \xi(t), \dot{\xi}(t), \ddot{\xi}(t)\right), \\ &\dot{x} = v, \end{aligned} \tag{1}$$

где $L(x, v, \dot{v}, \beta)$ — функция нелинейная относительно ускорения.

П р и м е р 1. Модель системы задана в виде:

$$\left(1-\frac{0.8\mathrm{arctg}\ddot{x}}{\ddot{x}}\right)\ddot{x}+0.2\dot{x}+x=0.$$

На рисунках представлена динамика данной колебательной системы: (a) — с нелинейной матрицей инерции, (b) — с линейной матрицей инерции.



Для системы (1) рассматривается решение трех задач:

1. Настройка части параметров системы таким образом, чтобы система обладала заданными спектральными характеристиками.

2. Настройка параметров системы по экспериментальным данным. На данном этапе в зависимости от цели задачи могут решаться задачи идентификации, оптимального управления системой, построение программных движений. Задача заключается в оценивании параметров модели системы $u(t)$ из условия минимума показателя

$$J=\int_{t_0}^{t_1} f_0\big(x(t),u(t)\big)dt.$$

Физический смысл показателя может быть интрерпретирован как мера рассогласования множества экспериментальных данных (или заданного программного движения), интегральный показатель энергетических затрат и так далее.

3. Адаптивное управление.

Список литературы

1. Елисеев С. В., Волков Л. Н., Кухаренко В. П. Динамика механических систем с дополнительными связями. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ие. 1990. 214 с.

Ощепкова Наталья Владимировна
Пермский государственный университет,
Россия, Пермь
e-mail: nvo@psu.ru