

При оптимизации методом сеток сходимость достигалась во всех рассмотренных функциях.

Проведенные исследования показывают, что при использовании тестовых функций методы оптимизации сеток и штрафных функций работают устойчиво и получаются идентичные результаты. При проведении вычислительного эксперимента имеются некоторые рассогласования при использовании этих методов оптимизации. Это связано со сложным характером исследуемой функции цели. При решении задач рассматриваемого класса большей стабильностью и надежностью обладает метод сеток с переменным шагом. Однако метод штрафных функций является более эффективным по числу обращений к целевой функции.

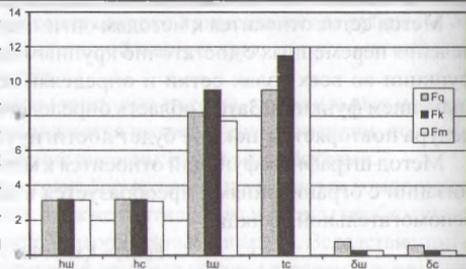


Рис. 1. Оптимальные параметры обрешетки испарителя на основе методов штрафной функции (индекс ш) и сеток (индекс с)

Литература

1. Бажан П.И., Каневец Г.Е., Селиверстов В.М. Справочник по теплообменным аппаратам. – М.: Машиностроение, 1989. – С. 367.
2. Иоселиани А.Н., Михалевич А.А., Нестеренко В.Б. Методы оптимизации параметров теплообменных аппаратов АЭС. – Мн.: Наука и техника, 1981. – С. 144.
3. Калафати Д.Д., Попалов В.В. Оптимизация теплообменников по эффективности теплообмена. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – С. 152.
4. Володин В.И. Комплексный подход к расчету параметров компрессионной холодильной машины // Холодильная техника. – 1998. – № 2 – С. 8-10.
5. Банди Б. Методы оптимизации. – М.: Радио и связь, 1988. – С. 128.

УДК 621

ПРИМЕНЕНИЕ ПАКЕТА MATLAB ДЛЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ В.В. Хайновский, Д.А. Зенькевич

Белорусский государственный технологический университет, г. Минск

Application of mathematical package MatLab for the decision of the specialized applied problems.

Любое серьезное физико-техническое исследование немислимо без математического моделирования какого либо процесса или явления. Также часто возникает необходимость проведения эксперимента с дальнейшей обработкой полученных данных и их сопоставления с результатами моделирования либо использования в качестве параметров для этого моделирования.

Еще недавно молодые ученые сталкивались с серьезной проблемой при решении вышеуказанных задач. Так, в зависимости от сложности математической модели могли применяться самые различные средства: программируемый калькулятор.

несложные математические программы, различные языки программирования (Pascal, Basic, C, Fortran и др.). Причем, если математическая модель оказывалась достаточно сложной, ее составление часто оказывалось непосильной задачей для молодого ученого, т.к. для этого требовались серьезные навыки программирования и глубокое знание численных методов вычислений.

Бурное развитие аппаратных средств персональных компьютеров за последние несколько лет повлекло за собой создание множества прикладных математических пакетов различной степени сложности и специализации, с помощью которых молодые ученые и инженерно-технические работники, имеющие средние навыки пользователя ПК, могут успешно составлять и исследовать достаточно сложные математические модели. Одним из таких пакетов является MatLab, который позволяет на самом современном уровне осуществлять сложные математические преобразования, моделировать всевозможные процессы и явления, легко импортировать экспериментальные данные для их дальнейшей обработки и визуализации. Преимуществами этого пакета являются: высокая универсальность, дополняемая множеством пакетов расширений, которая позволяет решать различные задачи для самых разнообразных областей науки и техники, ориентированность на вычисления больших массивов данных и большая гамма средств визуализации полученных результатов.

Интерфейс пакета MatLab 6.0 содержит несколько окон, одно из которых называется командным. В нем можно с помощью команд системы производить вычисления, визуализировать полученные результаты и запускать на выполнение встроенные или собственные программы. При этом переменные, над которыми проводятся вычисления сохраняются в так называемом рабочем пространстве, которое можно редактировать и сохранять на диск с расширением ".mat". Для написания собственных программ служит встроенный редактор-отладчик, в окне которого записывается текст программы на языке высокоуровневого программирования и сохраняется на диске с расширением «.m». После необходимой отладки программа запускается на выполнение, в ходе которого может выполнять следующие действия: импортировать данные из внешнего файла или других источников, использовать все встроенные процедуры и функции MatLab и пакетов расширения, а также самостоятельно написанные функции с поддержкой языков программирования Fortran и C++ [1].

При проектировании различных машин и механизмов часто возникает необходимость исследовать их колебания в процессе работы или движения. В качестве примера рассмотрим математическую модель колебаний трактора МТЗ при перезде им единичной пороговой неровности синусоидального профиля. На рис. 1. приведена расчетная схема трактора, включающая три степени свободы (Z_M , Z_T и Θ) и три упругодемпфирующих элемента.

Система дифференциальных уравнений, описывающая динамику колебаний трактора в продольной вертикальной плоскости имеет вид:

$$\begin{aligned} M_T \cdot \ddot{Z}_T + c_p \cdot (Z_T + a \cdot \Theta - Z_M) + k_p \cdot (Z_T + a \cdot \Theta - Z_M) + \\ + c_{ш2} \cdot (Z_T - b \cdot \Theta - q_1) + k_{ш2} \cdot (Z_T - b \cdot \Theta - q_1) = 0; \\ I_T \cdot \ddot{\Theta} + c_p \cdot a \cdot (Z_T + a \cdot \Theta - Z_M) + k_p \cdot a \cdot (Z_T + a \cdot \Theta - Z_M) - \\ - c_{ш2} \cdot b \cdot (Z_T - b \cdot \Theta - q_2) - k_{ш2} \cdot b \cdot (Z_T - b \cdot \Theta - q_2) = 0; \end{aligned} \quad (1)$$

$$m_m \cdot \ddot{Z}_m - c_p \cdot (Z_T + a \cdot \Theta - Z_m) - k_p \cdot (Z_T + a \cdot \Theta - \dot{Z}_m) + c_{ш1} \cdot (Z_m - q_1) + k_{ш1} \cdot (Z_m - \dot{q}_1) = 0;$$

где M_t , M_{np} , m_m – соответственно массы трактора, прицепа, переднего моста; I_T – момент инерции трактора; $c_{ш(1,2)}$, $k_{ш(1,2)}$ – коэффициенты жесткости и демпфирования шин передней (задней) оси; c_p , k_p – коэффициенты жесткости и демпфирования рессоры переднего моста; a , b – расстояния от центра тяжести трактора до передней и задней оси; q_1 и q_2 – воздействие микропрофиля дороги на шины трактора.

Для реализации приведенной модели в пакете MatLab, необходимо представить систему уравнений (1) в явной форме Коши:

$$\frac{dy}{dt} = Z(y, t), \quad (2)$$

где y – вектор переменных состояний системы, t – аргумент (время), Z – вектор заданных нелинейных функций.

После этого необходимо написать M-функцию MatLab, в которой необходимо подробно указать правые части уравнений (1) в форме (2). Для рассматриваемого примера текст функции приведен ниже.

```
function F=ModelMTZ(t,y)
global J M mm kh1 kh2 kr ch1 ch2 cr a b;
[q1,qq1,q2,qq2]=MPR1(t);
F(8,:)=((y(1)+y(2)*a-y(3))*cr-(y(3)-q1)*ch1-(y(8)-qq1)*kh1+(y(6)+y(7)*a-... y(8))*kr)/mm;
F(7,:)=(-a*(y(1)+y(2)*a-y(3))*cr+b*(y(1)-y(2)*b-q2)*ch2-a*(y(6)+y(7)*a-... y(3))*kr+b*(y(6)-y(7)*b-qq2)*kh2)/J;
F(6,:)=(-y(1)+y(2)*a-y(3))*cr-(y(1)-y(2)*b-q2)*ch2-(y(6)+y(7)*a-y(8))*kr-... (y(6)-y(7)*b-qq2)*)/M;
F(3,:)=y(6);
F(2,:)=y(5);
F(1,:)=y(4);
```

Первая строка – управляющая, в ней содержатся сведения о структуре системы уравнений, во второй и третьей строке указано расположение значений переменных в рабочем пространстве, остальные строки содержат правые части дифференциальных уравнений рассматриваемой модели.

Для решения приведенной системы уравнений необходимо составить сценарий (программу управления). Ее текст представлен ниже.

```
global J M mm kh1 kh2 kr ch1 ch2 cr a b;
J=5.3; M=4.2; mm=0.22; a=1.7; b=0.75; ch1=316; ch2=483; kh1=30; kh2=70;
cr=373; kr=40;
[T,Y]=ode45('ModelMTZ',[0,15],[0,0,0,0,0,0,0,0]);
figNumber=figure('Name','Колебания трех степеней свободы');
plot(T,Y(:,1),T,Y(:,2),T,Y(:,3))
```

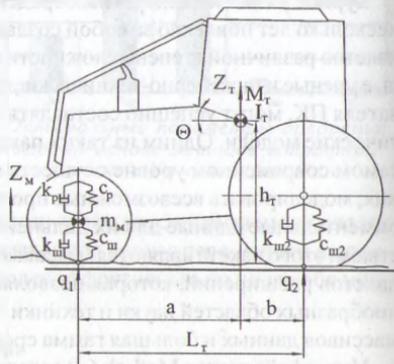


Рис. 1. Расчетная схема колебаний трактора

Непосредственно решение системы дифференциальных уравнений осуществляется с помощью одного из численных методов, реализуемых пакетом MatLab (в данном случае Рунге-Кутта 4 порядка точности, где величина шага интегрирования и абсолютные ошибки интегрирования контролируются методом 5-го порядка). Параметры решения указаны в четвертой строке приведенной выше программы. Здесь $[T, Y]$ – матрица, в которую будет записано решение системы, ode45 – встроенная функция численного метода Рунге-Кутта решения дифференциальных уравнений, а в скобках далее указаны: имя функции правых частей уравнений, матрица времени, для которой необходимо решить систему и матрица начальных значений системы.

Для моделирования линейных и нелинейных динамических систем и устройств, либо когда исследуемые функции не заданы заранее в аналитическом виде, больше подходит пакет расширения MatLab – Simulink [2]. Для моделирования в этом пакете необходимо построить функциональную блок-схему моделируемого устройства, именуемую S-моделью. Для этого Simulink имеет обширную библиотеку блочных компонентов и удобный редактор блок-схем, который основан на графическом интерфейсе пользователя и по существу является типичным средством визуально-ориентированного программирования. При этом возможны различные варианты моделирования: во временной области, в частотной области, с событийным управлением, на основе спектральных преобразований Фурье, с использованием метода Монте-Карло (реакция на воздействие случайного характера) и т.д.

Для импорта данных, полученных из внешних источников (например экспериментально) в пакете MatLab имеется множество возможностей: считывание и запись данных в текстовом виде, в виде бинарных файлов, с помощью электронной таблицы, считывание и запись растровых изображений, в том числе данных типа uint 8, данных в аудио формате с расширением wav и др.

Кроме рассмотренного выше пакета расширения Simulink, в системе MatLab имеются десятки других пакетов расширения, ориентированных на решение более узкоспециализированных задач. Так, например, для статистической обработки экспериментальных данных предназначен пакет Statistics Toolbox [3]. Данный пакет ориентирован на решение широкого спектра задач: от генерации случайных чисел и подбора кривых под экспериментальные данные до планирования эксперимента и задач промышленного статистического контроля. Statistics Toolbox включает более 200 функций и имеет возможность (с использованием других средств MatLab) организовывать моделирование стохастических объектов и процессов, в том числе с изменяющимися во времени характеристиками.

Таким образом, возможности системы MatLab применимы для самого широкого спектра задач в области математического моделирования, оптимизации и обработки экспериментальных данных, что позволяет рекомендовать молодым ученым изучение и использование данного пакета в своих научных исследованиях.

Литература

1. Мартынов Н.Н., Иванов А.П. MATLAB 5.x. Вычисления, визуализация, программирование. – М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2000. – С. 336.
2. Дьяконов В. Simulink 4. Специальный справочник. – СПб.: Питер, 2002. – С. 480.
3. Дьяконов В., Круглов В. Математические пакеты расширения MATLAB. Специальный справочник. – СПб.: Питер, 2001. – С. 480.