



5. Данилова Н.Л., Панков В.В., Суханов В.С., Михайлов Ю.А. Интегральный преобразователь давления //Патент РФ №2362132. 2009.
6. Игнатьева Е. В., Михайлов Ю. А. О показателе чувствительности конструкции кремниевых тензопреобразователей давления, Датчики и системы. 2008. №10, С. 35 –38.
7. Официальный сайт компании ANSYS [электронный ресурс] ULD: www.ansys.com (дата обращения: 01.12.2017).
8. Ваганов В.И. Интегральные тензопреобразователи, М., Энергоатомиздат, 1983., 136 с.

О.И. Малыхина

АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕТОДА МНОГОКРАТНОГО ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КОШИ

(Самарский университет)

Несмотря на существование большого числа пакетов программ для математических вычислений, которые могут применяться для проведения различных расчетов при решении широкого класса инженерных задач, популярность математического пакета MathCad остается на стабильно высоком уровне. Это объясняется как ее широким распространением, так и удобством, а также интуитивно понятными принципами работы в данной программе. Время, которое необходимо затратить на ее освоение оказывается минимальным, что определяет весьма широкий круг инженерных работников, знакомых с данной программой. Указанные обстоятельства определяют тот факт, что программы, написанные в MathCad играют роль языка общения, способного передавать не только математические формулы, которые необходимы для проведения тех или иных расчетов, но и алгоритмы, содержащие логику практической реализации автоматизированного решения сложных инженерных задач. Это весьма важно, так как зачастую позволяет в значительной степени сэкономить время на разработку алгоритмов и расчетных программ, что является неотъемлемой частью работы современного инженера-расчетчика. При этом программы, написанные в MathCad, четко демонстрируют логическую структуру алгоритма и, при необходимости, могут быть с легкостью переработаны в программы, написанные средствами любого другого математического пакета или языка программирования.

С учетом указанных особенностей программы MathCad построена книга [1], в которой приведены алгоритмы и программы, которые могут быть использованы при проведении расчетов для решения конкретных практических задач. Одной из задач, рассмотренных в указанной книге, является задача расчета форм и частот колебаний балок с переменными по длине массовыми и жесткостными характеристиками. Авторы приводят оригинальный способ решения данной задачи с использованием многократного решения задачи Коши, однако



отмечают, что попытка полностью автоматизировать процесс вычислений не привела к успеху. Данный факт затрудняет возможность практического использования предложенного метода.

В настоящей работе приводится вариант модификации рассматриваемой программы расчета, использование которого позволит устранить указанный недостаток и минимизировать усилия пользователя при проведении расчетов.

Итак, в рассматриваемой программе проводится решение системы дифференциальных уравнений (СДУ) вида:

$$\dot{f}(x) = D(x, f_i(x), \Omega),$$

где $f(x)$ – вектор, содержащий четыре элемента $f_i(x)$ ($i = 1 \dots 4$), каждый из которых является функцией переменной x ;

D – вектор правых частей, содержащий элементы вектора $f(x)$, а также некоторый параметр Ω , значение которого заранее не известно и подбирается в процессе решения СДУ.

Значение параметра Ω подбирается среди значений, лежащих в заранее определенном интервале от начального значения Ωr до конечного значения Ωk . Число таких интервалов, на которых производится подбор параметра Ω , может быть различным и зависит от количества частот колебания конструкции, которые необходимо определить. Текущее значение Ω в общем случае зависит от значений Ωr и Ωk , а также от выбранного числа точек интервала (общего числа шагов), в которых производятся вычисления. При проведении же вычислений на данном конкретном шаге параметр Ω является функцией номера шага j , т.е.

$$\Omega = \Omega(j).$$

Предварительно создадим функцию правых частей СДУ вида

$$D1 = D1(x, f_i(x), j),$$

где вместо неизвестного параметра Ω запишем выражение, определяющее значение данного параметра через номер шага j .

После этого, создадим программу-функцию [2], содержащую цикл, внутри которого при изменении номера шага j происходит: вычисление вектора правых частей $D1$; присвоение полученного значения вектору D ; решение СДУ с правой частью D (рис. 1). На основе данных, полученных в процессе решения СДУ, с помощью программы-функции, приведенной в работе [1], проводится вычисление собственной частоты ω_{nt} и других характеристик конструкции, соответствующих текущему тону колебаний с номером nt .

Начальное значение параметра Ω для проведения вычислений на следующем интервале (для вычисления характеристик следующего тона колебаний) определяется через частоту предыдущего тона по формуле

$$\Omega r = \omega_{nt-1}^2.$$

Для обеспечения автоматической подстановки нового начального значения параметра Ω организуем внешний цикл, который будет основан на обращении к текстовому файлу, содержащему необходимую информацию. Для этого создадим текстовый файл *FileChastot.txt*, в который будем записывать все значения квадрата частоты, полученные в процессе работы программы.



```


$$\Delta\Omega = \left\{ \begin{array}{l} j \leftarrow 2 \\ \Delta\Omega_1 \leftarrow 0 \\ \Delta\Omega_2 \leftarrow 0 \\ \text{while } \Delta\Omega_{j-1} \cdot \Delta\Omega_j \geq 0 \\ \quad \left\{ \begin{array}{l} j \leftarrow j + 1 \\ D(x, f) \leftarrow D1(x, f, j) \\ Z1_j \leftarrow \text{Bulstoer}(f10, 0, 1, mt, D) \\ Z2_j \leftarrow \text{Bulstoer}(f20, 0, 1, mt, D) \\ \Delta\Omega_j \leftarrow (Z1_j)_{mt+1, 4} \cdot (Z2_j)_{mt+1, 5} - (Z1_j)_{mt+1, 5} \cdot (Z2_j)_{mt+1, 4} \\ \Delta\Omega \leftarrow \text{submatrix}(\Delta\Omega, 3, \text{last}(\Delta\Omega), 1, 1) \end{array} \right. \end{array} \right.$$


```

Рисунок 1 – Вид программы-функции для вычисления пробного значения параметра Ω

Переменной *Chast* присвоим значения данных, содержащихся в указанном файле. Первоначально файл будет содержать единственное значение, равное нулю. Так как значение переменной *Chast* в этом случае будет числовое, с ней невозможно будет совершать матричные операции, что может лишить нашу программу необходимой общности при проведении действий с указанной переменной. По этой причине необходимо создать вспомогательную программу-функцию (рис. 2), которая позволит преобразовать нулевое числовое значение в матрицу, содержащую единственный элемент.

```

Chast1 =  FileChastot.txt
Chast =  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Chast}_1 \leftarrow 0 \text{ if } \text{IsArray}(\text{Chast}) = 0 \\ \text{Chast} \leftarrow \text{Chast}_1 \text{ otherwise} \\ \text{Chast} \end{array} \right.$ 

Номер рассматриваемого тона      Начальное значение параметра  $\Omega$ 
nt = last(Chast)                   $\Omega_r = \text{Chast}_{nt}$ 

```

Рисунок 2 – вид программы-функции для модификации переменной *Chast*

Теперь мы с легкостью сможем определить номер рассматриваемого тона колебаний, как номер последнего элемента вектора *Chast*, а также начальное значение параметра Ω , как значение указанного последнего элемента (рис. 2).

После проведения всех вычислений с помощью программ-функций, приведенных в работе [1], а также описанных выше в настоящей работе, вычисленное на текущем этапе значение квадрата частоты дописывается в файл *FileChastot.txt* с помощью функции *APPENDPRN*.



Для проведения следующего цикла расчетов, соответствующего другому тону колебаний, пользователю лишь остается нажать кнопку «Пересчитать документ» или комбинацию клавиш «*Ctrl+F9*». Все расчеты будут проведены автоматически. Однако, в случае, если возникнет необходимость корректировки шага интегрирования или других параметров, пользователь с легкостью сможет это сделать на текущем этапе, не прерывая весь процесс вычисления и не начиная его с начала.

Литература

1. Кирилин А.Н., Ахметов Р.Н., Соллогуб А.В. Проектирование, динамика и устойчивость движения ракет-носителей: Методы, модели, алгоритмы, программы в среде MathCad. М.: Машиностроение, 2013. 296 с.
2. Основы работы и программирования в системе MathCad: учебное пособие / сост. Е.А. Кочегурова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012 – 25 с.

Г.Х. Мирхайдарова

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ УЧАСТКОВ ДОРОГИ СУБЪЕКТА ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ПОСТРОЕНИЯ ДИАГРАММЫ ИСИКАВЫ

(УГАТУ)

В результате применения старых инструментов контроля качества к задаче системного анализа дорожно-транспортных происшествий (ДТП) были выявлены факторы, позволяющие снизить число ДТП [1] и построена поверхность отклика для идеального случая распределения этих параметров.

Построим диаграмму Исикавы, чтобы было наглядно видно, какие факторы влияют на дорожное покрытие.

Итак, разберем на диаграмме факторов для улицы Академика Королева:

Далее с помощью метода априорного ранжирования на примере использования метода экспертных оценок осуществим быстрый поиск решений, среди которых выберем наилучшее.

Оценка аварийности на дорогах происходит пятью экспертами (с1, с2, с3, с4, с5). На каждом участке разное количество факторов.