

Динамические процессы и системы

УДК 519.6, 81'32

Акулов В.А., Чигищев В.Д., Шуджаири Марван Адил Хашим, Тюрина Д.С.

ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ ГАРМОНИЧЕСКИХ ОСЦИЛЛЯТОРОВ

Введение

К числу актуальных проблем высшего образования РФ относится «модернизация профессионального образования, в том числе посредством внедрения адаптивных, практико ориентированных и гибких образовательных программ» [1]. Составной частью модернизации является разработка и применение технических средств обучения (ТСО), в том числе, двуязычных, что обусловлено рядом причин. Во-первых, расширяются масштабы международного сотрудничества в сфере образования. Во-вторых, в российских ВУЗах, включая Самарский университет, часть дисциплин преподаётся на английском языке. В-третьих, в гуманитарных приложениях, включая направление «Business English», необходимы специализированные ТСО. В-четвёртых, значительная часть иностранных студентов не обладает достаточными знаниями русского языка, особенно в начальный период обучения (первый-второй курс). Таким образом, существует потребность в универсальных, межпредметных ТСО, в которых реализованы современные технологии, связанные с математическим и компьютерным моделированием, методами цифровой обработки информации, а также другими средствами, применяемыми при выполнении вычислительных экспериментов.

В качестве объектов исследований выбраны колебательные системы, что обусловлено следующими факторами. Прежде всего, колебательные системы получили широкое распространение в различных предметных областях. Примерами служат авиакосмическая техника, пассажирский, грузовой и трубопроводный транспорт, вибростенды, строительные механизмы, энергетические системы, природные явления, пульсирующие процессы в живых организмах и т.д. Вследствие значительного разнообразия и значимости колебательных систем предусмотрено их изучение в ряде фундаментальных дисциплин. Основные из них – высшая математика, физика, сопротивление материалов, теоретическая механика, электро/радио техника, небесная механика. Перечисленные и им подобные факторы послужили основанием для следующей постановки задачи.

Цель исследований: разработка англоязычной цифровой модели колебательных систем, предназначенной в качестве универсального ТСО в технических и гуманитарных предметных областях.

Задачи исследований:

1. Выбор математической модели колебательных систем, обеспечивающей требование универсальности.
2. Выбор среды программирования.
3. Разработка интерфейса пользователя.
4. Построение сервисных подсистем, обеспечивающих корректность цифровой обработки информации при вариации исходных данных в широких пределах.

1. Выбор математической модели колебательных систем

В качестве математической модели колебательных систем, удовлетворяющей требованию универсальности (многопрофильности ТСО), выбрана модель гармонических осцилляторов (ГО) [2]

$$x'' + \omega_0^2 x = 0, \quad (1)$$

где x – обобщённый, безразмерный параметр, x'' – производная второго порядка, ω_0 – собственная частота колебаний.

Так, например, если моделируется механическая система, то под x понимаются отклонения подвижного элемента (колеблющейся массы) от положения равновесия ($x(t)$). Тогда параметры x' , x'' представляют собой обобщенную скорость и ускорение, соответственно. Если моделируются колебательные контуры в электротехнике, то x – мгновенное значение силы тока.

В разделе «Теоретические основы колебательных систем» приведено подробное изложение решения дифференциального уравнения (1) на русском и английском языке с нахождением общего и частного решения, удовлетворяющего начальным условиям. Ниже, в качестве иллюстрации, приводится фрагмент англоязычного раздела "Theoretical foundations of oscillatory systems".

Initial equation:
$$x'' + \omega_0^2 x = 0, \quad (1)$$

where x is displacement, x'' is acceleration of the moving element, ω is oscillation frequency.
– linear differential equation of second order with constant coefficients.

Note: x is a generalized variable.

Initial conditions:
$$\text{if } t=0 \text{ then } x = x_0, \quad x' = x'_0. \quad (2)$$

General solution of the equation (1):
$$x = C_1 \cos \omega_0 t + C_2 \sin \omega_0 t, \quad (3)$$

where C_1, C_2 - constants, defined by initial conditions.

$$(3)' \Rightarrow x' = -C_1 \omega_0 \sin \omega_0 t + C_2 \omega_0 \cos \omega_0 t. \quad (4)$$

$$(3)'' \Rightarrow x'' = -C_1 \omega_0^2 \cos \omega_0 t - C_2 \omega_0^2 \sin \omega_0 t. \quad (5)$$

$$(2) \rightarrow (3): x_0 = C_1 \cos 0 + C_2 \sin 0 \Rightarrow C_1 = x_0.$$

$$(2) \rightarrow (4): x'_0 = -x_0 \omega_0 \sin 0 + C_2 \omega_0 \cos 0 \Rightarrow C_2 = x'_0 / \omega_0.$$

$$C_1, C_2 \rightarrow (3): x = x_0 \cos \omega_0 t + \frac{x'_0}{\omega_0} \sin \omega_0 t. \quad (6)$$

$$(6)' \Rightarrow x' = -x_0 \omega_0 \sin \omega_0 t + x'_0 \cos \omega_0 t. \quad (7)$$

$$(7)' \Rightarrow x'' = -x_0 \omega_0^2 \cos \omega_0 t - x'_0 \omega_0 \sin \omega_0 t. \quad (8)$$

Как следует из приведенного фрагмента, теоретическая часть содержит множество профессиональных терминов, освоение которых составляет одну из основ дисциплины «Деловой английский», а также вышеназванных общетехнических дисциплин, которые изучаются иностранными студентами. Для программной реализации приняты уравнения (6) – (8), описывающие взаимосвязь и изменение по времени трёх основных параметров, что важно для изучения закономерностей колебательных процессов различной физической природы.

Выбор среды программирования

В результате анализа нескольких систем программирования выбран ЭП Excel. Основаниями послужили его доступность, широкое распространение, относительно простая реализация моделей (6) – (8), многостраничная структура, позволяющая выполнить архивацию результатов серии моделирований, встроенная графика. Как результат, обеспечивается высокая технологичность масштабных по объёму вычислительных экспериментов. Кроме того, благодаря англоязычному интерфейсу данного ЭП обеспечивается доступность ТСО иностранным студентам.

Разработка интерфейса пользователя

На рис. 1 представлен типовой экран программы, на котором выполняется моделирование колебательных процессов. Он состоит из трёх информационных областей.

Область 1 (таблица "Giving data») предназначена для ввода исходных данных, которыми являются начальные условия (начальное отклонение исследуемой величины от равновесного состояния (x_0), начальная скорость ($x' in t = 0$)), шаг дискретизации (Δt), собственная частота колебаний объекта исследований (ω). Отметим, что Δt является удобным средством, обеспечивающим корректность цифровой модели при вариации исходных данных в широких пределах (0 – 500 Гц) за счёт выполнения условий теоремы Котельникова.

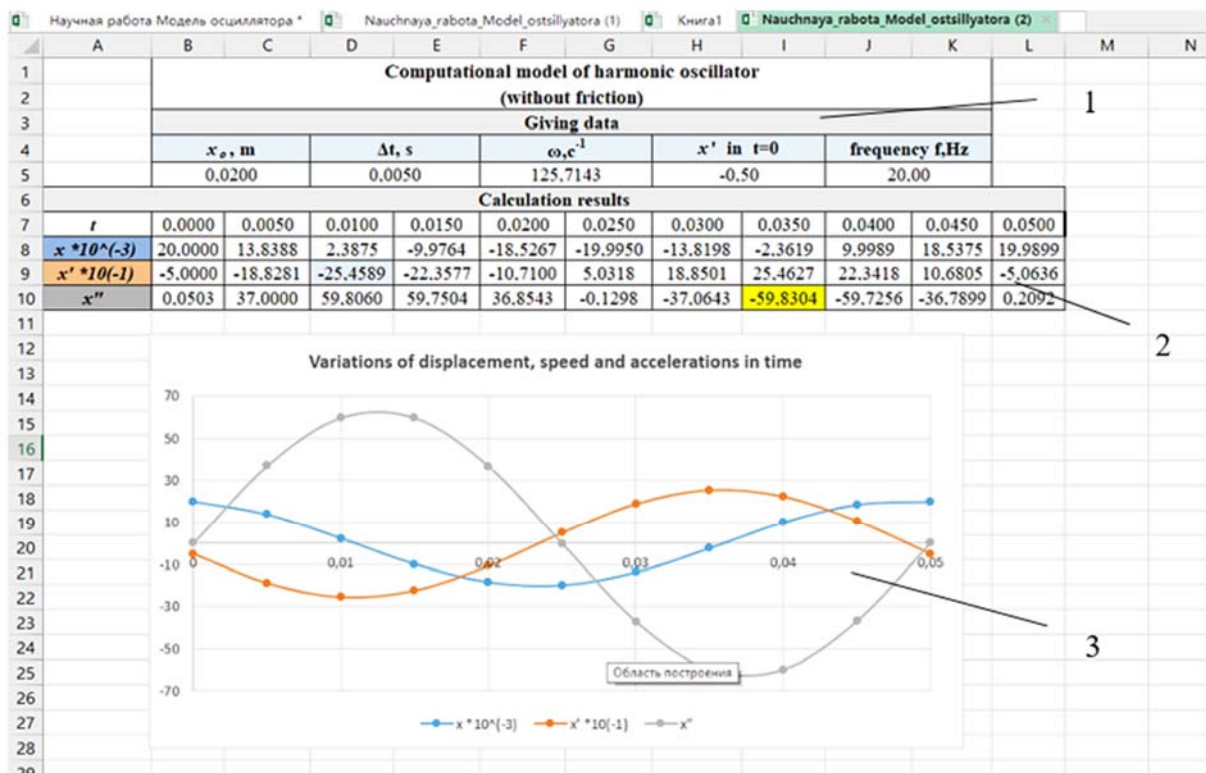


Рис. 1. Типовой экран англоязычной версии программы

Область 2 образует таблица «Calculation results» с результатами моделирования в виде зависимости параметра x , его первой и второй производной от времени. По данным таблицы строятся совмещённые графики в виде зависимости переменной x , её первой и второй производной от времени (область 3). Подобные графики являются удобным средством изучения свойств колебательных систем. Примером служит определение взаимосвязей между x , x' , x'' в любой момент времени, включая максимальные отклонения массы от положения равновесия и моменты его прохождения.

Выводы

1. Разработана универсальная цифровая модель гармонических осцилляторов, предназначенная для изучения свойств колебательных систем методом вычислительных экспериментов в различных предметных областях, как технических, так и гуманитарных.
2. Математическую основу модели, обеспечивающей междисциплинарность, составляет дифференциальное уравнение гармонических осцилляторов с обобщённым (безразмерным) параметром x . В качестве выходных параметров выбраны зависимости x , x' , x'' от времени.
3. Модель ориентирована на студентов различных форм обучения, включая дистанционную, и выполнена в двуязычном варианте (русский, английский), что важно для

российских студентов, изучающих дисциплину «Business English», а также иностранных студентов с недостаточным знанием русского языка.

4. В связи с разнообразием предметных областей, что означает вариацию исходных данных в широких пределах, предусмотрена корректировка шага дискретизации, являющегося средством, исключаяющим выдачу ошибочных результатов (биения) при нарушении условий теоремы Котельникова.

5. С целью повышения наглядности результатов вычислительных экспериментов предусмотрено управление масштабом графической информации.

Направления дальнейших исследований

- Апробация ТСО на профильных кафедрах, в числе которых, иностранный язык, высшая математика, физика, электротехника, сопротивление материалов.
- Разработка сервисной подпрограммы, формирующей обобщённый экран, на котором совмещаются результаты серии моделирований.
- Учёт трения в технических приложениях и активного сопротивления в электротехнических приложениях.

Библиографический список

1. Паспорт национального проекта «Образование».
<http://static.government.ru/media/files/YumshgCpXWEMsqRmMTxDs0wjiGzY30hs.pdf>
2. Демидович, Б.П. Дифференциальные уравнения: Учебное пособие [Текст] / Б.П. Демидович, В.П. Моденов, – СПб.: Издательство «Лань», 2008. – 288 с.