



МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Н.И. Билалова, Р.Ф. Маликов

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ В СРЕДЕ RAND MODEL DESIGNER

(Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы)

Под *динамической системой* понимается любой объект, процесс или явление, для которого однозначно определено понятие состояния как совокупности некоторых величин и задан закон, который описывает изменение начального состояния с течением времени, двигающуюся в пространстве и изменяющуюся во времени. Динамическими объектами могут быть механические, производственные, физические, химические, биологические объекты, вычислительные процессы и др.

Динамические системы описываются различными способами: дифференциальными уравнениями, дискретными отображениями, марковскими цепями, графическими образами и др. Они классифицируются в зависимости от вида оператора отображения и структуры фазового пространства. Различают линейные и нелинейные, непрерывные и дискретные операторы в соответствии определяются системы линейные и нелинейные, системы с *дискретным* временем и системы с *непрерывным* временем.

В основе методологии *моделирования динамических систем* и построения объектно-ориентированных моделей в технических системах лежит агрегативный подход, который был заложен в 1960-70-х годах советским ученым Н.П.Бусленко, здесь сложная система представлялась в виде агрегата (черного ящика), имеющего множество входных и выходных сигналов и воздействующих управляющих сигналов [1, 2]. Математические модели систем автоматического управления и ее элементов представляются в виде уравнений динамики (движения), которые записываются либо в форме дифференциальных, интегральных и разностных уравнений, либо в виде уравнений «вход-выход» в пространстве состояний, благодаря которому они нашли широкое применение в инженерной практике. Описание динамических систем и элементов в пространстве состояний позволяет легко перейти к уравнениям для моделирования на ЭВМ, а также провести моделирование систем автоматического управления в виде структурных схем с помощью аппарата передаточных функций и динамических звеньев [2, 3, 4]. Для моделирования динамических систем используются системы визуального моделирования, так называемые среды схемотехнического моделирования: VISSIM, SIMULINK+ MATLAB и др.



Пакет визуального моделирования динамических систем в виде инструментальной среды имитационного моделирования (СИМ) Model Vision 2 была задумана и в первоначальном варианте создана Ю.Б. Колесовым в начале 90-х гг. XX в. В 1997 году была основана компания MVSTUDIUM Group (рис.1), которая разработала СИМ Model Vision 3 и следующие модификации. В 2009 г. появилось название «Rand Model Designer» (RMD) для общей версии (специальные версии имеют название «MVStadium»). Пакет RMD является системой визуального объектно-ориентированного имитационного моделирования, базирующейся на расширении языка UML для непрерывно-дискретных систем. В декабре 2020 г. выпущена новая версия 8.0 AnyDynamics, поддерживающая символьное дифференцирование и создание 64-разрядных моделей. Авторами инструментальной среды визуального моделирования RMD [5] были написаны ряд учебных и методических пособий, которые представлены на сайте компании MVStadium (<https://www.mvstudium.com/>).

Пакет RMD представляет собой некоторую интегрированную среду, которую необходимо запустить. На рис.1 представлен простейший интерфейс для разработки непрерывных моделей.

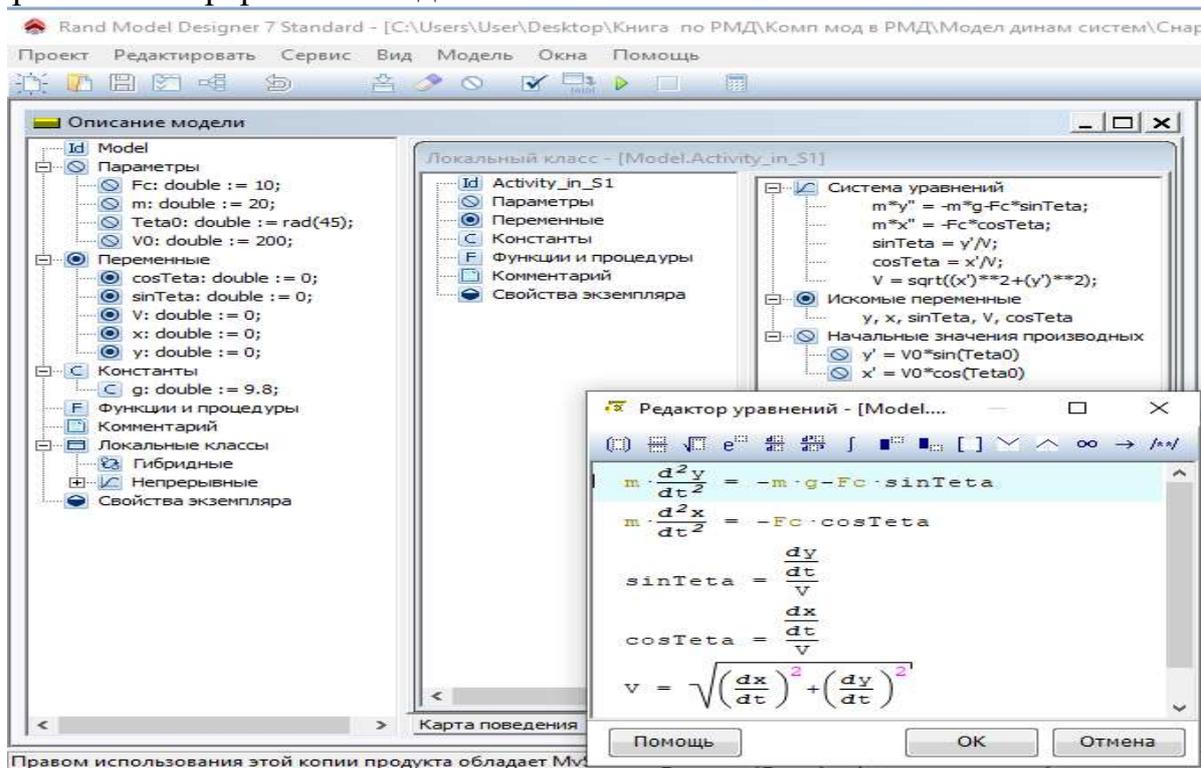


Рис.1. Интерфейс программной среды Rand Model Designer для разработки непрерывных моделей

Интегрированная среда — это визуальное средство разработки моделей. Пользователь, используя интегрированную среду, создает в нем проект, являющийся описанием модели, и наполняет его модельными элементами. В среде имеются редактор уравнений, в которой можно ввести системы уравнений в естественной математической форме и редактор карты поведения, с помощью которого можно нарисовать карту поведения системы (объекта). При описании



системы уравнений интегрированная среда автоматически запрашивает и предлагает описание констант, параметров и переменных.

Здесь в левом окне определяются параметры системы, зависимые переменные и постоянные, локальные классы, используемые для построения модели, определяемые и задаваемые функции и процедуры и комментарии к задаче. Локальные непрерывные классы представляют математическую модель в виде системы дифференциальных уравнений, с начальными условиями и искомыми переменными. Уравнения записываются с помощью редактора уравнений (окно редактора открывается при нажатии правой кнопки в поле «Система уравнений»).

Для разработки электронных пособий используют различные информационные технологии [6, 7]. Для усвоения инструментальной среды RMD нами было разработано электронное интернет пособие. На рис. 2 представлен интерфейс электронного пособия «Компьютерное моделирование динамических систем в среде RMD».

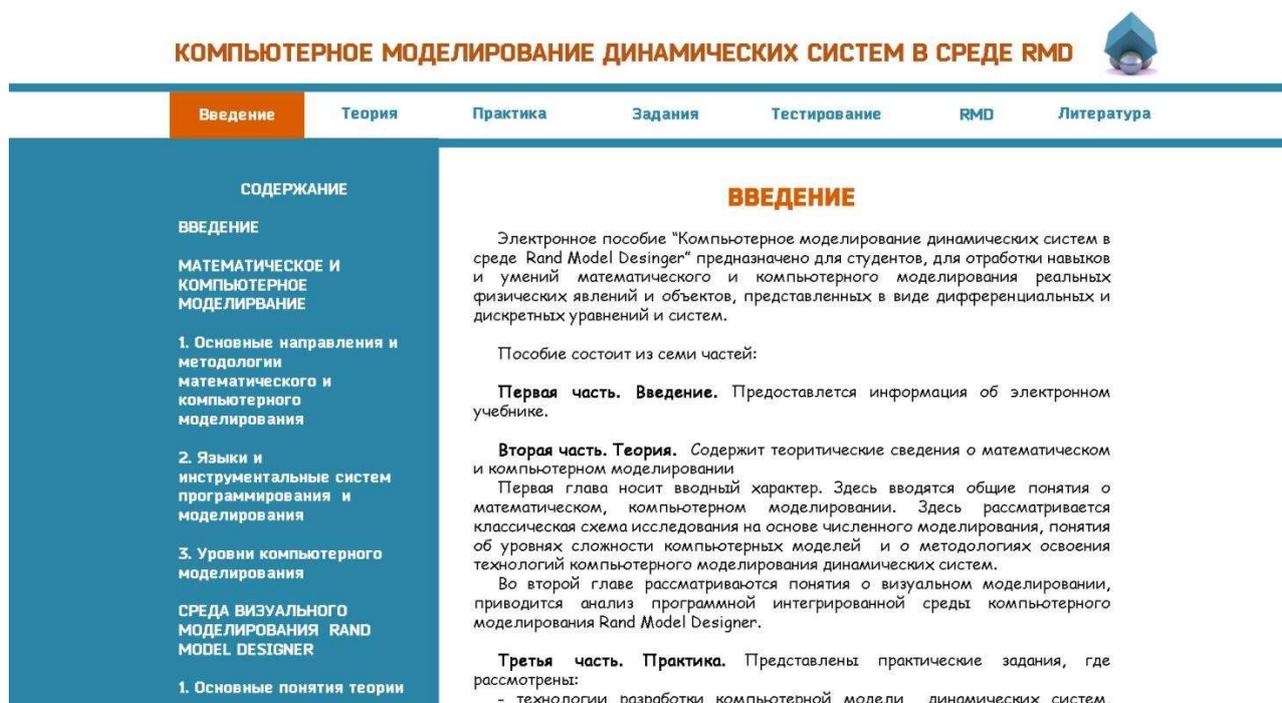


Рис.2. Дизайн интерфейса главной страницы электронного пособия

Структура электронного пособия имеет семь основных блоков: «Введение», «Теория», «Практика», «Задания для самостоятельного решения», «Тестирование», «RMD», «Литература». В блоке «Введение» будет расположен вступительный текст, а также содержание электронного пособия. Блок «Теория» содержит теоретические основы и разделен на два пункта «Математическое и компьютерное моделирование» и «Среда визуального моделирования в среде RMD», которые имеют еще несколько подпунктов. В блоке «Практика» содержатся практические работы, где пользователю представлено последовательное решение этих работ. Блок разделен на главы:

Глава 1. Моделирование динамических систем



Глава 2. Моделирование гибридных систем

Глава 3. Моделирование нелинейных динамических систем.

В каждой главе содержатся по несколько практических работ. В блоке «Задачи для самостоятельного решения» приведены задачи по каждой главе из практики, которые пользователь должен решить самостоятельно. Блок «Тестирование» предназначен для тестов, где пользователь может проверить свои знания и навыки по теме. В блоке «RMD» будет располагаться информация об программном продукте Rand Model Designer и ссылка на его установочный файл. В блоке «Литература» содержатся литература, на основе которой будет построено электронное пособие.

В разделе практика приведены различные примеры пошагового построения компьютерных моделей динамических, гибридных и нелинейных систем в среде RMD. Задачи были выбраны из учебных пособий [8, 9].

Литература

1. Бусленко, Н.П. Моделирование сложных систем / Н.П. Бусленко. – М.: Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1968. – 356с.
2. Дьяконов В. П. VisSim+Mathcad+MATLAB. Визуальное математическое моделирование. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 384 с.
3. Дьяконов В.П. MATLAB 6/6.1/6.5. Simulink 4/5. в математике и моделировании. Полное руководство пользователя. – М.: Солон-Пресс, 2003. – 576с.
4. Маликов, Р.Ф. Основы систем компьютерного моделирования. Учеб. пособие / Р.Ф.Маликов. – Уфа: Изд-во БГПУ, 2008. – 279с. ISBN 978-5-87978-453-4.
5. Колесов, Ю.Б. Объектно-ориентированное моделирование в среде Rand Model Designer 7: учебно-практическое пособие / Ю.Б.Колесов, Ю.Б.Сениченков. — Москва : Издательство «Прспект», 2016. — 256 с. ISBN 978-5-392-22360-2.
6. Атамененко В.А. Электронное учебное пособие «стандарты педагогических программных средств» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elar.rsvpu.ru/bitstream/123456789/12239/1/RSVPU_2016_150.pdf. - (Дата обращения 5.11.20).
7. Марчук Т.А. Технология создания электронного учебника [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nsportal.ru/shkola/informatika-i-ikt/library/2012/02/14/tekhnologiya-sozdaniya-elektronno-uchebnika> .- (Дата обращения 15.11.20)
8. Маликов Р.Ф. Основы математического моделирования: учеб. пособие. – М: Изд-во «Горячая линия –Телеком», 2010. – 348с.
9. Кузнецов А.П. Динамические системы и бифуркации: учебно-научное издание. – Саратов: ООО Издательский центр «Наука», 2015. – 168 с.