

УДК 681.3.06

С. Ж. Козлова, кандидат педагогических наук, доцент, Чайковский технологический институт (филиал) Ижевского государственного технического университета имени М. Т. Калашникова

Е. А. Морозов, доктор технических наук, профессор, Чайковский технологический институт (филиал)

Ижевского государственного технического университета имени М. Т. Калашникова

Д. А. Козлов, магистрант, Чайковский технологический институт (филиал) Ижевского государственного технического университета имени М. Т. Калашникова

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ИССЛЕДОВАНИЯ ЭВОЛЮЦИИ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Приведено обоснование эффективности разработки виртуальных лабораторных комплексов для исследования эволюции динамических систем. Представлено описание основных проектных решений и пример их реализации.

Ключевые слова: эволюция динамической системы, виртуальный эксперимент.

Динамическая система является математической формализацией всевозможных процессов естествознания, обладающих свойствами детерминированности, конечномерности и дифференцируемости [1].

Состояние динамической системы обычно характеризуется ее расположением или конфигурацией и скоростью изменения последней, а закон движения указывает, с какой скоростью изменяется состояние системы [2]. Скорость изменения состояния динамической системы в соответствии с законом движения определяет эволюцию заданной системы.

Задачи исследования эволюции динамических систем сопряжены с трудностями, связанными с объективной сложностью математической модели объекта и методов ее анализа. Наряду с этим необходимо отметить возрастающие требования к точности вычислительных процессов, необходимость обработки больших массивов данных.

Эффективным решением выявленных проблем является создание лабораторных комплексов, направленных на реализацию методов исследования динамических систем в форме виртуального эксперимента, а также обеспечивающих автоматизацию функций сбора, обработки, хранения информации об экспериментах, формирование отчетной документации об экспериментальной базе и результатах исследований.

Примером такого комплекса является виртуальный лабораторный комплекс (ВЛК) исследования колебаний элементов транспортного средства в процессе его эксплуатации.

Разработанный ВЛК в частности позволяет решать задачи моделирования и исследования свободных колебаний поддресоренной массы автомобиля и двух неподдресоренных масс его мостов в условиях диссипации энергии упругими элементами. Такая модель может быть положена в основу более сложных моделей колебательных процессов.

Границами исследования следует считать положения:

1. При движении на автомобиль через его колеса действуют переменные по величине и времени силы взаимодействия с дорогой. Колебания системы под действием сил, зависящих от времени как от параметра, называются вынужденными. Характеристики этих колебаний определяются сочетанием свойств колебательной системы – автомобиля и законов изменения внешних воздействий, определяемых микропрофилем дороги.

2. Микропрофиль дороги представляет собой случайный набор выступов и впадин различной глубины, расположенных на различных расстояниях. Следовательно, возмущения, вызывающие вынужденные колебания при реальном движении автомобиля, носят случайный характер.

3. При работе с компьютерной моделью движения автомобиля, как и при реальном испытании машин на автополигонах, целесообразно использовать функции, моделирующие специальные профили дорог, – синусоидальные волны, короткие волны, бельгийская мостовая и т. д. Как правило, такие профили можно успешно имитировать комбинацией тригонометрических функций, влияние которых определяет так называемые гармонические возмущения.

4. Влияние гармонических возмущений на колебание поддресоренной и неподдресоренной масс рассмотрим на примере используемого на автополигонах профиля дороги в форме синусоидальных волн с шагом (длиной волны) λ от 1 до 15 м с амплитудой при максимальном шаге до 0,4 м.

В рамках границ исследований рассмотрим систему, заданную как колебания поддресоренной массы с двумя степенями свободы. В качестве координат, характеризующих состояние системы, можно взять либо координаты (z, α) вертикального перемещения центра масс и угол в продольной плоскости, либо (z_1, z_2) – координаты смещения упругих элементов подвески (рис. 1).

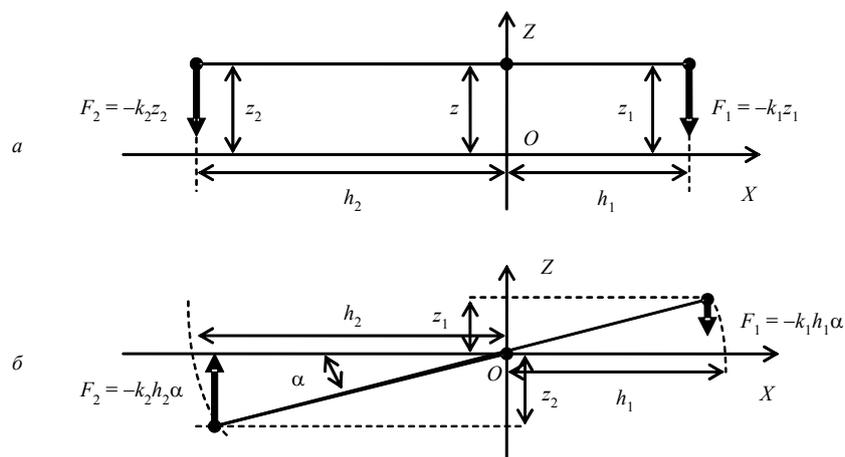


Рис. 1. Схема для расчета колебаний поддресоренной массы: а – вертикальное смещение, б – поворот

Для моделирования и исследования поведения представленной динамической системы был применен метод канонического интегрирования [2].

Программная реализация метода позволяет исследовать вынужденные колебания поддресоренной массы автомобиля и двух неподдресоренных масс его мостов в условиях диссипации энергии упругими элементами.

ВЛК исследования колебаний поддресоренной массы под действием различных сил разработан в соответствии с методологией объектно-ориентированного анализа и проектирования систем [3].

В основе разработанного ВЛК лежат бизнес-процессы научно-исследовательской деятельности и выполнения лабораторно-практических работ:

1. Проведение исследовательских работ. В данном случае участвует актер-Исследователь, который выбирает:

- цель исследовательской работы;
- физическую модель исследования;
- используя теоретические знания, формирует математическую модель;
- выбирает параметры для получения результата;
- настраивает оборудование для проведения экспериментов;
- проводит эксперименты на приборе и расчеты;
- сравнивает с математической моделью;
- делает выводы о полученных результатах.

2. Проведение лабораторных и практических работ. В данном случае участвуют актеры – Преподаватель и Студент. Задачи Преподавателя заключаются в следующем:

- выдача необходимых теоретических знаний Студенту;
- выдача задания на лабораторную или практическую работу;
- проверка правильности полученных результатов и выводов у Студента.

Студент выполняет следующие операции:

- изучает необходимые теоретические знания;
- изучает цель работы;
- настраивает оборудование для проведения экспериментов;
- подбирает параметры для получения результата;

- проводит эксперименты с приборами;
- выполняет необходимые расчеты с результатами;
- делает выводы о работе.

Функционал системы позволяет формировать и выполнять следующие операции:

1. Формирование начальных данных для проведения эксперимента.

2. Расчет характеристик системы каноническим методом.

3. Работа с базой данных экспериментов:

- подключение к базе данных;
- запись данных в базу данных;
- чтение данных из базы данных;
- нахождение совпадения уже проведенного ранее эксперимента.

4. Работа в режиме реального времени.

5. Вывод данных проведенного эксперимента на экран:

- визуальная модель работающей системы;
- параметризованный отчет;
- графики:
- зависимости координат от времени;
- зависимости импульсов от времени;
- зависимости импульсов от координат.

6. Работа с отчетами:

- задание параметров отображения данных;
- вывод отчета на внешний носитель в формате HTML.

7. Вызов документов внутрипрофильного обмена:

- методические указания к выполнению лабораторных работ;
- методика проведения эксперимента;
- руководство пользователя;
- дополнительные теоретические источники.

Для проведения эксперимента разрабатывается соответствующая методика, которая представлена в регламентирующем документе внутрипрофильного обмена. Система предоставляет механизмы хранения документов и обеспечения доступа к ним. Пользователь должен ознакомиться с указанным документом.

Далее вводятся начальные данные эксперимента: момент импульса, начальная координата, начальный угол поворота, шаг интегрирования, начальная

координата первого моста, начальная координата второго моста, момент инерции, количество итераций. Система производит сверку о наличии в базе данных введенных значений начальных данных. Если данные найдены, то формируется отчет пользователя. Отчет по требованию пользователя можно сохранить на внешнем носителе. В случае, если данные не обнаружены, производится запуск эксперимента.

На функциональной схеме видно, что работа модулей происходит при взаимодействии с главным модулем (рис. 2). На главном модуле расположенные основные управляющие элементы, которые позволяют запускать модули и передавать данные между ними. Модуль работы с БД связывается с базой данных, при необходимости считывает или записывает в нее данные. Если в данных уже находятся схожие исходные параметры, то главный модуль запускает модуль генерации отчета.

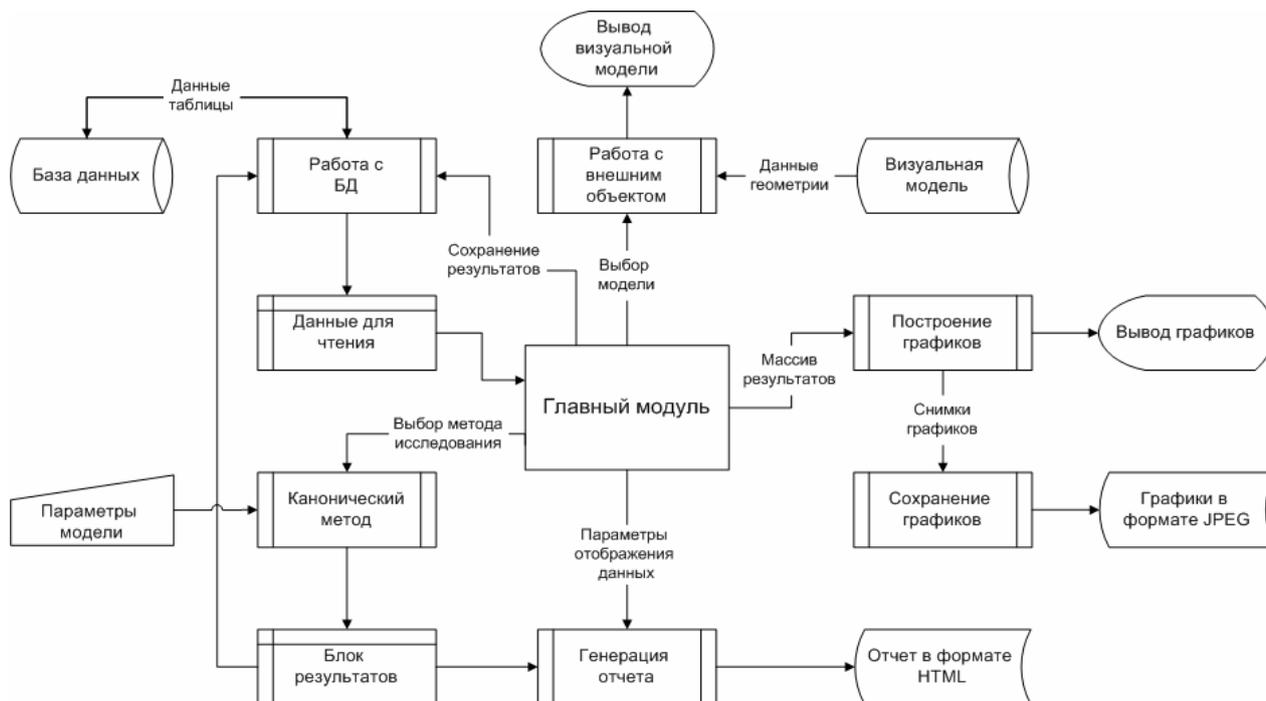


Рис. 2. Функциональная схема ВЛК

Пользователь вводит параметры эксперимента, которые, в свою очередь, поступают в модуль расчета каноническим методом. Этот модуль формирует блок результатов, на основании которых данные могут быть занесены в базу данных и сформирован отчет с помощью модуля генерации отчетов. В свою очередь модуль генерации позволяет сохранить отчет в формате HTML.

Работа с визуальной моделью происходит через соответствующий модуль работы с внешним объектом, в случае успешной загрузки модель выводится на экран. За вывод графиков отвечает модуль построения графиков, при необходимости можно произвести сохранение графиков. В этом случае модуль построения графиков передает снимки исходному модулю сохранения графиков, который реализует свой процесс сохранения графиков в формате JPEG.

Программный комплекс реализован на платформе J2SE с применением технологий Java и HTML, может быть развернут на любом компьютере с установленной JVM.

Разработанный программный комплекс может быть применен для решения задач инженерной ме-

ханики: балансировка машин, колебания в валах и зубчатых передачах, колебания турбинных лопаток и дисков, оптимизация частоты вращений валов, колебания колец мембран пластин.

Также комплекс может быть прототипом ВЛК для решения общих задач транспортных систем: колебания корпусов автомобилей, колебания систем с амортизаторами, устойчивость движения транспортных средств, автоматическое регулирование и управление, балансировка, безопасность движения.

В области разработок авиационной и космической техники – прототипом для создания исследовательских систем колебания турбинных лопаток и дисков, устойчивости работы двигателей.

Библиографические ссылки

1. Математическая энциклопедия / гл. ред. И. М. Виноградов. – Т. 1–5. – М. : Советская энциклопедия, 1977–1984.
2. Морозов Е. А. Каноническое интегрирование в проектировании динамических систем. – Изд-во Ин-та экономики УРО РАН : Екатеринбург ; Ижевск, 2006. – С. 196.
3. Ларман Крэг. Применение UML 2.0 и шаблонов проектирования. Практическое руководство. – 3-е изд. / пер. с англ. – М. : Вильямс, 2009. – 736 с.

S. Z. Kozlova, PhD in Education, Associate Professor, Tchaikovsky Technology Institute (branch) of Kalashnikov Izhevsk State Technical University

E. A. Morozov, DSc in Engineering, Professor, Tchaikovsky Technology Institute (branch) of Kalashnikov Izhevsk State Technical University

D. A. Kozlov, Master's Degree Student, Tchaikovsky Technology Institute (branch) of Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Modeling of Virtual Experiment to Investigate the Evolution of Dynamic Systems

The authors give the efficiency substantiation of the development of virtual laboratory facilities to study the evolution of dynamic systems. The paper presents the description of basic design decisions and an example of their implementation.

Key words: evolution of dynamic system, virtual experiment.

УДК 681.3.06

С. Ж. Козлова, кандидат педагогических наук, доцент, Чайковский технологический институт (филиал) Ижевского государственного технического университета имени М. Т. Калашникова

К МЕТОДИКЕ ПОСТРОЕНИЯ ПРОТОТИПА ОБЪЕКТА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Приведены основные положения методики формализации знаний для построения прототипа объекта экспериментальных исследований. В качестве примера прототипа рассмотрен виртуальный лабораторный комплекс.

Ключевые слова: объект исследования, прототип, компьютерная модель.

В настоящее время большинство организаций науки, образования и бизнеса обладают программными комплексами для проведения виртуальных экспериментов, в том числе дистанционно [1, 2].

Такие комплексы включают специализированное программное и аппаратное обеспечение, ориентированное на конкретные платформы, и решают, как правило, ограниченный круг задач [3].

В данной статье представлены результаты исследований в области унификации процесса создания лабораторных комплексов.

Создание таких комплексов – это новый путь при решении проблемы организации исследовательских лабораторий по изучению сложной измерительной аппаратуры и приборов, систем, состоящих из элементов, недоступных в данный момент для соединения, находящихся в разных частях страны или только за рубежом и т. п.

Определим виртуальный лабораторный комплекс (ВЛК) как систему интеллектуальных, организационных и вычислительных ресурсов, решающую задачи предметной области. Целью создания ВЛК является организация компьютерного эксперимента для изучения поведения объекта исследования и получения новых знаний о его природе. В рамках моделирования процессов управления виртуальным экспериментом выделим базовые функции: планирование эксперимента, формирование эксперимента, анализ результатов эксперимента [4].

Концептуально виртуальный лабораторный комплекс представляет собой сложную систему

$$\Omega = \langle O, P, KM, S \rangle, \quad (1)$$

где O – абсолютная совокупность характеристик реального объекта; P – прототип или представление реального объекта в системе заданных допущений; KM – компьютерная модель прототипа; S – система интерпретации характеристик компьютерной модели прототипа.

Абсолютная совокупность характеристик объекта O понимается нами как некоторая система абстрактных знаний о данном объекте. Построение системы допущений P гарантирует получение прототипа объекта, который можно однозначно описать на выбранном специальном языке. Специальным языком описания назовем систему регламентов, отражающих профиль организации (учреждения), выбранные технологии проектирования и программирования систем. Представление прототипа на таком языке позволяет построить компьютерную модель (KM) прототипа. Для выявления и анализа характеристик компьютерной модели прототипа необходим инструмент или система интерпретации характеристик компьютерной модели прототипа S . В качестве такого инструмента может выступить компьютерная среда создания виртуального лабораторного комплекса. Этот подход позволит унифицировать процесс создания виртуальных лабораторных комплексов.

Представление знаний об объекте O – это процесс формирования его внешнего образа. Результатом является получение когнитивных структур, в виде которых человек хранит информацию об объекте.

Полученные структуры позволяют перейти к следующему этапу представления знаний – к их интерпретации. Результат представляется такими внешними образами объекта исследования, как метамодели.