

## Современные технологии компьютерного моделирования в вычислительном эксперименте

А.А. КОВАЛЕВ, И.Н. ЯКОВЦОВ,<sup>1</sup> А.А. ДАВИДЕНКО<sup>2</sup>,

В статье рассматриваются общие вопросы применения вычислительного эксперимента на занятиях по физике, даются рекомендации по проведению таких занятий для студентов начальных курсов.

**Ключевые слова:** вычислительный эксперимент, физическая модель, моделирование.

The article deals with the general issues of application of computer simulation in the classroom for physics, provides guidance on the conduct of such activities for students of elementary courses.

**Keywords:** computational experiment, the physical model, modeling.

Вычислительный эксперимент относится к виду деятельности, средством реализации которой является компьютерное моделирование. Моделирование, в свою очередь, является одним из методов познания, суть которого состоит в замещении одного объекта другим с целью получения информации о свойствах исходного объекта.

Следует отметить, что основной функцией моделирования считается исследовательская, то есть изучение реального объекта по его модели. В свою очередь, компьютерное моделирование – это процесс построения модели реальной физической системы средствами компьютерной техники.

На сегодняшний день нет однозначного определения понятия «модель». Большинство определений основывается на выделении неких конкретных функций модели.

Обобщая, можно сказать, что модель – это система произвольной природы, отражающая конкретные свойства, структуру и поведение реального устройства или процесса. Иными словами, основной функцией модели является получение информации о моделируемом объекте, которую затруднительно или невозможно получить путем непосредственного исследования оригинала. Отсюда следует, что модель должна отражать только существенные для решения данной задачи параметры объекта. При этом отсутствие в модели несущественных элементов не менее важно, чем присутствие в ней существенных [1, с. 323].

В процессе обучения физике также широко используется моделирование. Это связано с тем, что при непосредственном наблюдении за физическими явлениями исследователю затруднительно выделить отдельные элементы целостной структуры. Модель делает более понятной общую структуру исследуемого объекта и показывает причинно-следственные связи.

Существует большое разнообразие моделей, поэтому трудно составить их однозначную классификацию.

Большинство исследователей, такие, как В.А. Штофф, В.А. Веников, С.Е. Попов и др. [2] делит все модели на два больших класса – материальные и идеальные.

При материальном моделировании объект исследования заменяется материальным аналогом, т.е. другим реальным объектом, который воспроизводит основные физические, геометрические и функциональные характеристики исходного объекта. Примерами материальных моделей, используемых при изучении физики, могут служить модели двигателя внутреннего сгорания, насосов, турбин, кристаллов и др.

Идеальные модели являются виртуальными, т.е. конструируются мысленно или реализуются средствами компьютерного моделирования.

Можно выделить два основных способа идеального моделирования – интуитивное и научное.

Интуитивное моделирование основано на интуитивном представлении об объекте исследования, не поддающемся формализации или не нуждающемся в ней.

Научное моделирование – это всегда логически обоснованное моделирование, использующее минимальное число предположений, принятых в качестве гипотез на основе наблюдений за исследуемым объектом.

Любое исследование начинается с интуитивного моделирования, т.е. с некоторого предположения, идеи. Однако не все гипотезы выдерживают проверку экспериментом. Интуитивные модели строятся на основе определенных систем понятий, которые человек использует не напрямую, а опосредованно, например, в форме когнитивных моделей (мысленных образов). Носителем таких моделей является мозг человека, поэтому качество таких моделей определяется объемом знаний исследователя, особенностями его мышления, эмоционального состояния и рядом других причин.

При описании изучаемой модели на естественном языке мы переходим к устной (вербальной) модели. В физике для описания объектов, процессов и явлений используют систему понятий и терминов.

Вербальную модель, построенную с помощью данных понятий, называют концептуальной или частично-формализованной моделью. Данные модели допускают некоторую неоднозначность описаний свойств и характеристик моделируемого объекта.

Концептуальная модель является основой для описания формальной модели. Для построения формальных моделей используют некоторые искусственные языки с однозначной семантикой и синтаксисом (язык математики, языки программирования). Таким образом, любое исследование есть построение системы сменяющих друг друга моделей. Как правило, построению формальной модели на одном из языков программирования предшествует построение математической модели изучаемого объекта, основанной на языке математики. Реализация математической модели с помощью компьютеров получило название компьютерного моделирования.

В процессе обучения используют познавательные модели, направленные на изучение объектов, процессов или явлений.

Познавательные модели в обучении являются источником информации: определения свойств и характеристик объектов, процессов и явлений; определения закономерностей протекания процесса; выявления причинно-следственных связей и т.д. Современные компьютерные технологии позволяют моделям выполнять также функцию наглядности.

Для построения компьютерных познавательных моделей физических процессов и явлений студентам необходимы знания физических законов и умения применять их к конкретной ситуации, а также знания в области математики. Для создания компьютерной модели и организации на ее базе вычислительного эксперимента необходимо развивать навыки и умения, необходимые для реализации основных этапов научного исследования.

При проведении вычислительного эксперимента можно выделить следующие этапы:

- постановка задачи, определение объекта моделирования;
- выдвижение гипотез – формирование когнитивной модели;
- разработка концептуальной модели на основе законов физики – построение физической модели;
- формализация модели – построение математической модели;
- решение модели с помощью численных методов решения математических задач, создание алгоритмов и программ (построение компьютерной модели);
- планирование и проведение экспериментов с компьютерной моделью;
- анализ и интерпретация результатов.

Данный подход основывается на использовании технологии программирования, он требует от студентов опыта работы хотя бы с одним из языков программирования.

Предмет «Физика», как и «Программирование», начинается с первого семестра первого курса обучения студентов физического факультета. Ко второму семестру они получают базовые знания по программированию. В принципе данных знаний должно быть достаточно для построения несложных компьютерных физических моделей, но программирование – очень трудоемкий процесс, требующий временных затрат. А на обучение физике, с учетом объема знаний и умений, которые студенты должны получить, выделяется недостаточное количество часов.

Указанные обстоятельства заставляют искать новые подходы к организации вычислительного эксперимента.

Одним из них является использование, вместо программирования, современных технологий компьютерного моделирования.

Данные технологии основываются на использовании для создания компьютерных моделей универсальных (табличные процессоры, математические пакеты) и специализированных (программы блочного моделирования, физического моделирования, гибридного моделирования и др.) программ.

Достоинства данных программ:

– для создания модели необходимо владеть только предметным содержанием (в нашем случае знаниями в области физики) и навыком работы с интерфейсом компьютерных программ;

– есть возможность использовать элементы программирования для создания отдельных частей модели или на отдельных этапах ее построения;

– программа сама подбирает наиболее подходящий метод решения задачи, но есть возможность пользователю самому определять методы;

– обладают возможностями построения двухмерных и трехмерных графиков и диаграмм, а также визуализации модели в виде двухмерной или трехмерной анимации;

– в специализированных программах есть элементы управления параметрами модели, создающие виртуальную среду для управления экспериментом.

Перечисленные возможности программ моделирования позволяют упростить и ускорить построение компьютерной модели, тем самым освободив время на проведение экспериментов с моделью.

При этом пятый этап вычислительного эксперимента, связанный с разработкой модели с помощью численных методов и созданием программы, заменяется выбором наиболее подходящей программы и построением с ее помощью модели.

Программы моделирования позволят студенту создавать достаточно сложные модели физических процессов и явлений в естественной для прикладной области форме (в виде блоков, связей между ними, систем уравнений и т.д.). Такими моделями легко управлять, например, менять параметры моделирования, так как программы моделирования имеют графический интерфейс, похожий на физический испытательный стенд. Результаты моделирования, как правило, представляются в виде диаграмм и анимационных картинок, обеспечивая наглядность моделей.

Современный рынок программного обеспечения предлагает множество программ, которые могут быть использованы в процессе обучения физике. При этом область применения таких программ очень широка – от представления теоретического материала до автоматизации проведения научно-исследовательских работ.

Попробуем классифицировать данное программное обеспечение по типу программ:

- 1) специальные обучающие программы;
- 2) универсальные программы;

Первая группа программ представляет собой мультимедийные учебники по физике, которые включают изложение теоретического материала, задачки, справочники, интерактивные модели, видеофрагменты и компьютерные ролики физических опытов и явлений. К этому же классу программ можно отнести программы для интерактивных досок и измерительных комплексов на базе персонального компьютера.

Как правило, программы первой группы больше подходят для школ. Кроме того, преподаватель не может изменить заложенную в программный продукт методику, реализовать свои педагогические приемы и методы.

Вторая группа программ – это программы, создаваемые для образовательных целей отдельными людьми или малыми коллективами, например, учителями, преподавателями, студентами. Но авторские программы, как правило, охватывают только отдельные разделы физики, а методика их использования привязана к конкретному учебному плану, или программы вообще не снабжены методическими рекомендациями.

Программы двух первых групп имеют еще один недостаток. Как правило, работа студента с такими программами сводится к подстановке данных физических задач и оценке результата. Все вычисления, требуемые для получения результата и определения погрешностей, скрыты от студента, программа лишь демонстрирует результат. При таком подходе у студента не формируются ни навыки по решению физических задач, ни профессиональная компетентность.

Теперь рассмотрим программы третьей группы. На наш взгляд, именно они обладают более эффективными дидактическими возможностями по сравнению с программами первых двух групп. Использование профессиональных универсальных программ позволяет реализовать профессиональную направленность обучения. Таким образом, разработка методики использования универсальных программ при обучении физике является наиболее эффективным. К таким универсальным программам, которые можно использовать для организации вычислительного эксперимента, относятся:

- табличные процессоры;
- математические пакеты;
- пакеты визуального моделирования динамических систем.

На современном рынке компьютерных технологий существует множество программ моделирования. Но можно выделить следующие классы этих программ:

1. Программы структурного (блочного) моделирования основаны на графическом языке построения иерархических блок-схем. Модель представляется в виде преобразующих сигналы блоков, связи между входными и выходными сигналами устанавливаются посредством задания передаточных функций. Блоки такого типа называются ориентированными блоками, или блоками с направленными связями. К таким программам относятся MatLab Simulink, EASY, VisSim, LabView и т.д. Эти программы подходят для создания относительно несложных физических моделей, так как чем сложнее модель, тем более громоздкой и непонятной становится блок-схема модели.

2. Программы физического моделирования. Данные программы основаны на использовании универсальной библиотеки моделей элементов физических устройств (блоков), из которых можно составлять физические схемы. Между блоками устанавливаются неориентированные и потоковые связи. При этом дискретная составляющая поведения модели задается описанием дискретных событий, а непрерывная – системой дифференциальных уравнений и формул. Программы физического моделирования: Modelica, Dymola, Omola, OmSim, 20-Sim и т.д. Такие программы подходят для создания сложных физических моделей – механических, электрических, гидравлических систем и систем, состоящих из блоков различной физической природы.

3. Программы, ориентированные на использование схемы гибридных автоматов. Данные программы включают активные динамические объекты и специальную форму наглядного представления гибридного поведения – карту поведения, позволяют работать с ориентированными и неориентированными блоками, а непрерывное поведение физических систем описывается системой алгебро-дифференциальных уравнений. Примеры таких программ: Model Vision Studium, AnyLogic, Shift и т.д. С помощью этих программ можно создавать гибридные (дискретно-непрерывные) системы со сложной логикой переключений.

4. Программы схематического моделирования позволяют моделировать и анализировать электрические и электронные схемы (Electronic WorkBench, MultiSim, MicroCap и т.д.). С помощью данных программ можно собирать из готовых библиотек элементов (резисторов, транзисторов, диодов, источников питания и т.д.) электрические цепи, подключать измерительные приборы, наблюдать их показания и осциллограммы.

Программы моделирования позволят студенту создавать достаточно сложные модели физических процессов и явлений в естественной для прикладной области форме (в виде блоков, связей между ними, систем уравнений и т.д.). Такими моделями легко управлять, например, менять параметры моделирования, так как программы моделирования имеют графический интерфейс, похожий на физический испытательный стенд.

Результаты моделирования, как правило, представляются в виде диаграмм и анимационных картинок, обеспечивая наглядность моделей.

Подводя итог, отметим, что использование вычислительного эксперимента на основе современных технологий компьютерного моделирования на занятиях по физике позволяет:

- 1) интегрировать предметное содержание физики и профессиональные умения в области современных информационных технологий;
- 2) обогатить процесс обучения физике новыми средствами и методами;
- 3) активизировать исследовательскую деятельность студентов в процессе обучения физике;
- 4) повысить познавательный интерес и мотивацию к предмету «Физика».

### Литература

1. Гулд, Х. Компьютерное моделирование в физике / Х. Гулд – М. : Мир, 1990. – 400 с.
2. Штоф, В.А. Моделирование и философия / В.А. Штоф – М. : Наука, 1966. – 303 с.

---

<sup>1</sup> Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины

<sup>2</sup> Черниговский областной институт последипломного педагогического образования

Поступила в редакцию 17.11.2013