

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРА СЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МЕТОДОМ СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Введение. Имитационное моделирование позволяет воспроизводить процесс функционирования системы во времени с сохранением элементарных явлений, их логической структуры и последовательности протекания во времени. Это позволяет по исходным данным получить сведения о состояниях процесса в будущем в определённые моменты времени. В настоящее время имитационный метод является наиболее эффективным, а нередко и единственным методом исследования сложных систем на этапе их проектирования.

В настоящее время всё больше и больше имитационных моделей реализуется на ЭВМ. Основной подход для создания имитационной модели на ЭВМ заключается в формировании случайных величин и функций и многократного их воспроизведения в соответствии с закономерностями моделируемого процесса. В результате последующей статистической обработки получаемых частных результатов формируются итоговые результаты, характеризующие процесс функционирования системы. Машинный вариант имитационного моделирования называется методом статистического моделирования [1].

Одним из основных компонентов устройств имитационного моделирования являются генераторы случайных величин с заданными вероятностными и корреляционными характеристиками.

Основная часть. Как следует из описания сущности имитационного моделирования, основой его является учёт случайных воздействий на рассматриваемую систему. Наличие простых и экономичных способов формирования случайных чисел в ЭВМ во многом определяет эффективность и возможности использования данного вида моделирования [1].

Генерация произвольного случайного числа состоит из двух этапов: генерация нормализованного случайного числа (т. е. равномерно распределённого от 0 до 1); преобразование нормализованных случайных чисел r_i в случайные числа x_i , которые распределены по необходимому пользователю (произвольному) закону распределения или в необходимом интервале.

Генераторы случайных чисел (далее — ГСЧ) по способу получения чисел бывают следующие:

1) физические. Примером могут служить монета; игральные кости; поделенный на секторы с цифрами барабан со стрелкой; аппаратный генератор шума (ГШ), в качестве которого используют шумящее тепловое устройство, например, транзистор;

2) табличные. Такие ГСЧ в качестве источника случайных чисел используют специальным образом составленные таблицы, содержащие проверенные некоррелированные, т. е. никак не зависящие друг от друга, цифры. Обходя таблицу слева направо сверху вниз, можно получать равномерно распределённые от 0 до 1 случайные числа с нужным числом знаков после запятой;

3) алгоритмические. Числа, генерируемые с помощью этих ГСЧ, всегда являются псевдослучайными (или квазислучайными), т. е. каждое последующее сгенерированное число зависит от предыдущего. Последовательности, составленные из таких чисел, образуют петли, т. е. обязательно существует цикл, повторяющийся бесконечное число раз. Достоинством данных ГСЧ является быстрдействие; генераторы практически не требуют ресурсов памяти, компактны; недостатки — числа нельзя в полной мере назвать случайными, поскольку между ними имеется зависимость, а также наличие периодов в последовательности квазислучайных чисел [2].

Необходимо, чтобы числа, используемые для организации пуассоновского потока и получаемые при помощи генератора, были равномерно распределены в интервале (0; 1).

Если генератор выдаёт числа, смещённые в какую-то часть интервала (одни числа выпадают чаще других), то результат решения задачи, решаемой статистическим методом, может оказаться неверным. Поэтому проблема использования хорошего генератора действительно случайных и действительно равномерно распределённых чисел стоит очень остро.

В данном исследовании использовался алгоритмический ГСЧ, построенный на линейном конгруэнтном методе, который является одной из простейших и наиболее употребительных в настоящее время процедур, имитирующих случайные числа. В этом методе используется операция $\text{mod}(x, y)$, возвращающая остаток от деления первого аргумента на второй. Каждое последующее случайное число рассчитывается на основе предыдущего случайного числа по следующей формуле [3]: $r_{i+1} = \text{mod}(k \cdot r_i + b, M)$, где M — модуль ($0 < M$); k — множитель ($0 \leq k < M$); b — приращение ($0 \leq b < M$); r_0 — начальное значение ($0 \leq r_0 < M$).

Последовательность случайных чисел, полученных с помощью данной формулы, называется линейной конгруэнтной последовательностью.

Т а б л и ц а 1 — Результаты работы построенного генератора

Номер числа	Значение	Номер числа	Значение
1	0,72239	6	0,87733
2	0,36474	7	0,10470
3	0,59117	8	0,08399
4	0,19273	9	0,62515
5	0,77731	10	0,02469

Для качественного генератора требуется подобрать подходящие коэффициенты. Необходимо, чтобы число M было довольно большим, так как период не может иметь больше M элементов. С другой стороны, деление, используемое в этом методе, является довольно медленной операцией, поэтому для двоичной вычислительной машины логичным будет выбор $M = 2^N$, поскольку в этом случае нахождение остатка от деления сводится внутри ЭВМ к двоичной логической операции «AND». Также широко распространен выбор наибольшего простого числа M , меньшего, чем 2^N . В качестве примера можно привести одно из чисел Мерсенна, равное $2^{31} - 1$.

Одним из требований к линейным конгруэнтным последовательностям является как можно большая длина периода, которая зависит от значений M , k и b . В качестве исходных данных было принято взять следующие значения: $M = 2^{31} - 1$; $k = 1\ 220\ 703\ 125$; $b = 7$; $r_0 = 7$ [3]. ГСЧ, использующий эти исходные данные, будет выдавать случайные неповторяющиеся числа с периодом, равным 7 миллионам.

Проверим качество работы выбранного генератора на равномерность распределения. ГСЧ должен выдавать близкие к следующим значениям статистических параметров, характерных для равномерного случайного закона: $m_r = \sum_{i=1}^n r_i / n \approx 0,5$ — математическое ожидание; $D_r = \sum_{i=1}^n (r_i - m_r)^2 / n \approx 0,0833$ — дисперсия; $\sigma_r = \sqrt{D_r} \approx 0,2887$ — среднее квадратическое отклонение.

С помощью построенного генератора получим 10 равномерно распределённых чисел (таблица 1). Вычислим математическое ожидание, дисперсию и среднее квадратическое отклонение: $m_r = 0,5056$; $D_r = 0,089936$; $\sigma_r = 0,299893$.

Вычисленные показатели соответствуют теоретическим с небольшой погрешностью, поэтому можно сделать вывод о том, что генератор построен верно.

Заключение. Имитационное моделирование стохастических устройств используется для повышения эффективности работ, связанных с исследованием, проектированием и внедрением элементов стохастических устройств и систем на их основе.

Список цитируемых источников

1. Лукьянов, В. С. Проектирование компьютерных сетей методами имитационного моделирования : учеб. пособие / В. С. Лукьянов, Г. В. Слесарев. — Волгоград : ВолгГТУ, 2001. — 72 с.
2. Строгалев, В. П. Имитационное моделирование : учеб. пособие / В. П. Строгалев, И. О. Толкачева. — М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. — 280 с.
3. Советов, Б. Я. Моделирование систем / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. — М. : Высш. шк., 2009. — 343 с.

Материал поступил в редакцию 07.03.2014 г.

УДК 372.853

И. Е. Вольнец

Белорусский государственный университет, Минск

КОМПЬЮТЕРНОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ УЧЕБНОГО ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Введение. Физика — наука экспериментальная. Поскольку между физикой-наукой и физикой — учебным предметом существует тесная связь, процесс обучения физике заключается в последовательном формировании новых для учащихся физических понятий и теорий на основе немногих фундаментальных положений, которые опираются на опыт.

В физике источником знаний и методом исследования является эксперимент. Школьный учебный эксперимент представляет собой отражение научного метода изучения физических явлений, поэтому ему (хотя он и не тождествен научному) должны быть присущи основные элементы физического эксперимента, по которым учащиеся смогут получить представление о научном экспериментальном методе [1].

Основная часть. Информационный взрыв породил множество проблем, важнейшей из которых является проблема обучения. Особый интерес представляют вопросы, связанные с автоматизацией обучения, поскольку «ручные методы» без использования технических средств давно исчерпали свои возможности. Наиболее доступной формой автоматизации обучения является применение ЭВМ. В первую очередь это автоматизация как самого процесса создания данных, так и хранения их в любой необходимой форме, далее — это работа с практически неограниченным объемом данных.

Информационные технологии, наиболее часто применяемые в учебном процессе, можно разделить на две группы: 1) технологии, ориентированные на локальные компьютеры (обучающие программы; компьютерные модели физических процессов; демонстрационные программы; компьютерные лаборатории; лабораторные работы; электронные задачки; контролирующие программы; дидактические материалы); 2) сетевые технологии, использующие локальные сети и глобальную сеть Интернет.

Для решения более частных проблем (например, для решения конкретной исследовательской задачи) учитель может использовать различные системы объектно ориентированного программирования, которые позволяют ему без владения профессиональными навыками программиста составлять программное обеспечение для решения задач различных направленностей. К таким системам программирования относятся: Delphi 7.0; Macromedia (Adobe) Flash; Microsoft Visual Studio (создание программного обеспечения при помощи языков программирования C#, Visual Basic, Visual C++ и др.).

В частности, нами предложено использование систем программирования для разработки программного обеспечения установок, применяемых в учебно-исследовательской деятельности. Нами было использовано оборудование, произведенное научно-производственным предприятием «Учтехприбор» (рисунок 1).

Установка состояла из пусковой трубы с закреплёнными на ней оптодатчиками, электронного секундомера, панели для выбора угла наклона, набора грузов (сплошной и с полостью). Данную установку мы использовали для проведения нескольких исследований: 1) измерения ускорения свободного падения; 2) измерения ускорения тела, движущегося по наклонной плоскости без учёта сил сопротивления; 3) измерения ускорения тела, движущегося по наклонной плоскости с учётом сил сопротивления; 4) исследования закономерностей изменения скорости движения тела, движущегося по наклонной плоскости; 5) исследования выполнения закона сохранения энергии.

Заключение. При помощи системы программирования Visual Studio 2012 было разработано программное обеспечение, которое содержало методики выполнения экспериментов, моделирование процессов, происходящих в экспериментах, а также модуль, производящий обработку результатов измерений (рисунок 2). Оно представляет из себя приложение Windows Forms, состоящее из нескольких форм. Программное обеспечение разработано на объектно ориентированном языке программирования C#.

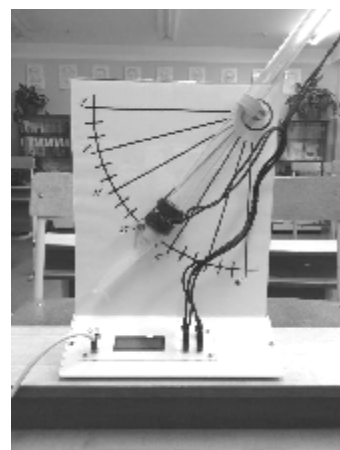


Рисунок 1 — Вид собранной установки



Рисунок 2 — Модуль для обработки результатов исследования

Список цитируемых источников

1. Каменецкий, С. Е. Теория и методика обучения физике в школе. Общие вопросы : учеб. пособие для студентов высш. пед. учеб. заведений / С. Е. Каменецкий ; под. ред. С. Е. Каменецкого, Н. С. Пурышевой. — М. : Академия, 2000. — 368 с.

Материал поступил в редакцию 27.02.2014 г.