ПРОГРАММА ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НЕРАВНОВЕСНОГО ПЕРЕХОДА, ИНДУЦИРОВАННОГО ВЗАИМНО КОРРЕЛИРОВАННЫМИ ШУМАМИ

Будённый В.С., *студент*; Литвиненко Д.О., *студент*;
СумГУ, гр. ИТ-81

В курсе общей физики значительное внимание уделяется рассмотрению замкнутых систем, находящихся в состоянии теплового равновесия. В то же время любая физическая система является открытой, т.е. обменивается веществом и энергией с окружающей средой, и изначально находиться в состояниях, далеких от равновесия. В свою очередь свойства внешней среды могут случайно изменяться во времени, т.е. флуктуировать. Воздействие флуктуирующей среды на систему может быть учтено посредством внешнего шума с известными статистическими характеристиками.

В неравновесных системах, взаимодействующих с флуктуирующей средой, существует класс явлений, названных неравновесными переходами, индуцированными шумом. К указанному классу относится так называемый одномодальный-бимодальный переход. Суть этого явления состоит в следующем. Пусть есть некоторая система, детерминированная динамика которой характеризуется одноямным потенциалом. При учете воздействия внешнего шума на систему, отклик системы будет случайной функцией, которую можно охарактеризовать плотностью вероятности. По истечении достаточно длительного времени система переходит в стационарное состояние. При малой интенсивности шума, меньшей некоторого критического значения, стационарная плотность вероятности будет одномодальной (с одним максимумом), причем ее точка максимума будет соответствовать точке минимума детерминированного потенциала. Другими словами наиболее вероятное состояние системы с учетом влияния шума будет соответствовать точке устойчивого равновесия в системе, в которой эффектом внешнего шума пренебрегли. Указанное обстоятельство является вполне обычным и интуитивно понятным. Если же интенсивность шума больше критической, то стационарная плотность вероятности будет бимодальной (с двумя максимумами), причем ее точки максимума уже не будут соответствовать точке устойчивого равновесия детерминированной системы. Максимумы плотности вероятности определяют состояния, в окрестности которых система проводит наибольшее число своего времени, именно эти состояния преимущественно наблюдаются при экспериментах. Таким образом, внешний шум может индуцировать в системе новые состояния, тем самым, играя конструктивную роль в ее поведении.

В работе [1] исследуется модель, описываемая сравнительно простым нелинейным дифференциальным уравнением первого порядка с одной переменной. В уравнение входят две взаимно коррелированные случайные функции типа гауссовского белого шума. Точными аналитическими методами показывается, что изменение взаимной корреляции шумов может приводить к качественному изменению стационарной плотности вероятности системы, а именно к одномодальному-бимодальному переходу.

Нами разработан алгоритм, написана программа в среде Delphi 7 для исследования численными методами модели, предложенной в работе [1]. Для генерирования гауссовских белых шумов с заданной корреляцией используется метод статистических испытаний (метод Монте-Карло). Дифференциальное уравнение решается методом Эйлера с заданным шагом дискретизации; находится N реализаций отклика системы $x(t)$ на временном интервале определенной длины t_m. Выделенная область значений $[x_{min}, x_{max}]$ случайной величины $x(t_m)$ разбивается на N_x равных интервалов, и определяется число попаданий значений $x(t_m)$ в каждый из заданных интервалов. Плотность вероятности вычисляется как отношение частоты попаданий в интервал к длине интервала. Графики плотности вероятности строятся с помощью разработанной программы. Также данные записываются в файл.

Нами установлено, что стационарные плотности вероятности, полученные численными и аналитическими методами, полностью совпадают. Это свидетельствует о корректности применяемых в работе [1] точных аналитических методов и разработанного нами алгоритма программы. Программа может быть использована, например, для нахождения нестационарных плотностей вероятности рассмотренной в данной работе модели.

1. S.I. Denisov, A.N. Vitrenko, et al, *Phys. Rev. E* **68**, 046132 (2003).

Руководитель: Витренко А.Н., *ст. преподаватель*