

Н. Н. ЕГОРОВ

УО МГПУ им. И. П. Шамякина (г. Мозырь, Беларусь)

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ЗАДАЧИ ПО ФИЗИКЕ

В числе приоритетных задач современной высшей естественно-технической школы в настоящее время в образовательных стандартах называется формирование навыков исследовательской работы, заключающейся в планировании и проведении научного эксперимента, в умении проводить научный анализ полученных результатов, осуществлять творческое применение научных достижений в области информационных технологий в проектировании и производстве (например, [1]). Одним из средств реализации этой цели являются исследовательские задачи прикладного характера. При этом компьютерное моделирование позволяет значительно расширить круг решаемых задач.

В литературе имеется много примеров компьютерных моделей. Многие из них, на наш взгляд, являются весьма удачными для проведения исследований (например, [2,3]). Одной из основных целей моделирования является получение новых знаний, в том числе поиск ответа на вопрос «А что будет если...?».

Исследовательские задачи позволяют студентам не только углублять знания в предметной области, но и развивать творческое мышление. Кроме того, расширение кругозора приводит к выявлению аналогий в, казалось бы, несвязанных областях.

В качестве примера рассмотрим задачу о колебаниях цепочки связанных грузов, подробно описанную Поршневым С. В. [2].

Непосредственное решение задачи о колебаниях связанной цепочки не вызывает у студентов большого энтузиазма. Однако небольшое видоизменение задачи может в корне изменить ситуацию.

Прежде всего, уберем одну из крайних пружин. Затем представим полученную конструкцию в виде вертикальной строительной конструкции – многоэтажное здание. Если к нижней пружине приложить внешнюю возмущающую силу, то можно провести имитацию поведения здания в условиях землетрясения. Естественно, в такой постановке задачи большое количество достаточно сильных упрощений, огрублений, но многие интересные моменты явления можно смоделировать.

Например, при каких частотах определенный этаж будет сильнее всего отклоняться от равновесия? А за какое время произойдет затухание колебаний? ... И т. д.

На рисунке 1 представлен MathCAD-алгоритм решения задачи.

$$m := \begin{pmatrix} 4.5 \\ 4 \\ 3.5 \\ 3 \\ 2.5 \\ 2 \\ 1.5 \\ 1 \\ 1 \\ 0.5 \end{pmatrix} \quad k := \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} \quad R0 := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad v0 := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \gamma := \begin{pmatrix} 0.1 \\ 0.09 \\ 0.08 \\ 0.07 \\ 0.06 \\ 0.05 \\ 0.04 \\ 0.03 \\ 0.02 \end{pmatrix}$$

$$N := \text{rows}(m) \quad \Omega := 1 \quad A := 10 \quad F(t) := \Phi(t - 5) \cdot A \cdot \cos(\Omega \cdot t) \cdot \Phi(105 - t)$$

$$\alpha := 0..N \quad \beta := 0..N - 1$$

$$\omega_{\alpha, \beta}^2 := \frac{k_{\alpha}}{m_{\beta}}$$

$$D(t, Y) := \begin{pmatrix} Y_1 \\ [-\omega_{0,0}^2 \cdot Y_0 - \omega_{1,0}^2 \cdot (Y_0 - Y_2)] - \gamma_0 \cdot Y_1 + F(t) \\ Y_3 \\ [-\omega_{1,1}^2 \cdot (Y_2 - Y_0) - \omega_{2,1}^2 \cdot (Y_2 - Y_4)] - \gamma_1 \cdot Y_3 \\ Y_5 \\ [-\omega_{2,2}^2 \cdot (Y_4 - Y_2) - \omega_{3,2}^2 \cdot (Y_4 - Y_6)] - \gamma_2 \cdot Y_5 \\ Y_7 \\ [-\omega_{3,3}^2 \cdot (Y_6 - Y_4) - \omega_{4,3}^2 \cdot (Y_6 - Y_8)] - \gamma_3 \cdot Y_7 \\ Y_9 \\ [-\omega_{4,4}^2 \cdot (Y_8 - Y_6) - \omega_{5,4}^2 \cdot (Y_8 - Y_{10})] - \gamma_4 \cdot Y_9 \\ Y_{11} \\ [-\omega_{5,5}^2 \cdot (Y_{10} - Y_8) - \omega_{6,5}^2 \cdot (Y_{10} - Y_{12})] - \gamma_5 \cdot Y_{11} \\ Y_{13} \\ [-\omega_{6,6}^2 \cdot (Y_{12} - Y_{10}) - \omega_{7,6}^2 \cdot (Y_{12} - Y_{14})] - \gamma_6 \cdot Y_{13} \\ Y_{15} \\ [-\omega_{7,7}^2 \cdot (Y_{14} - Y_{12}) - \omega_{8,7}^2 \cdot (Y_{14} - Y_{16})] - \gamma_7 \cdot Y_{15} \\ Y_{17} \\ -\omega_{8,8}^2 \cdot (Y_{16} - Y_{14}) - \omega_{9,8}^2 \cdot Y_{16} - \gamma_8 \cdot Y_{17} \end{pmatrix}$$

$$Y0 := \begin{pmatrix} R0_0 \\ v0_0 \\ R0_1 \\ v0_1 \\ R0_2 \\ v0_2 \\ R0_3 \\ v0_3 \\ R0_4 \\ v0_4 \\ R0_5 \\ v0_5 \\ R0_6 \\ v0_6 \\ R0_7 \\ v0_7 \\ R0_8 \\ v0_8 \end{pmatrix}$$

$$Z := \text{rkfixed}(Y0, 0, 200, 2^{14} - 1, D)$$

Рисунок 1

Здесь m – массы грузов, k – жесткости пружин (крайняя отсутствует $k=0$), γ – параметр затухания, $R0, v0$ – начальные смещения и скорости грузов соответственно. $D(t, Y)$ – правые части системы дифференциальных уравнений движения грузов. Решение проводится методом Рунге-Кутты 4-го порядка. F – внешняя возбуждающая сила. Φ – функция Хевисайда, которая равна нулю при отрицательном значении аргумента и единице – при положительном. Первая Φ -функция определяет начало действия «подземных толчков», а вторая – их окончание (статистика утверждает, что толчки длятся около 100 секунд).

Изменяя параметры системы, можно убедиться в наличии резонансных частот для каждого груза (этажа) в зависимости от параметров системы. На рисунке 2 показаны смещения первого, пятого и девятого грузов в зависимости от времени.

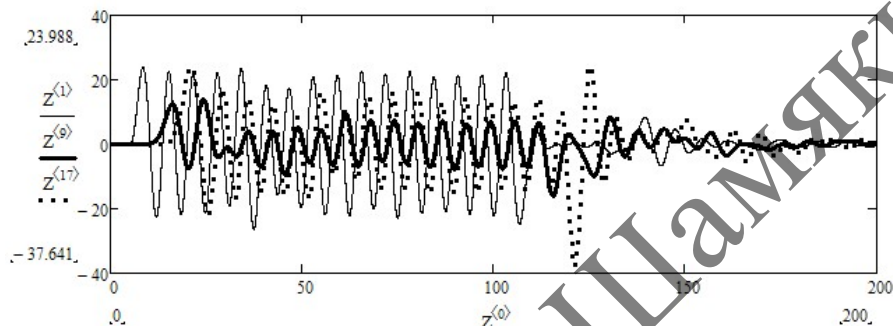


Рисунок 2

Изменяя частоты и вид внешней возбуждающей силы, можно обнаружить много интересных закономерностей. Анализируя получаемые зависимости и сопоставляя с описаниями очевидцев землетрясений небольшой магнитуды, можно обнаружить много совпадений.

Использование компьютерного моделирования значительно расширяет возможности развития творческого мышления студентов. Кроме того, использование вычислительной техники ускоряет проведение вычислительного эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная программа «Образование и молодежная политика» (2016–2020 гг.) [Электронный ресурс]: Постановление Совета Министров Республики Беларусь 28 марта 2016 г. № 250 / ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2018.
2. Поршневу, С. В. Компьютерное моделирование физических систем с использованием пакета MathCAD : учеб. пособие. – М. : Горячая линия. – Телеком. 2004. – 319 с.
3. Гулд, Х. Компьютерное моделирование в физике в 2 томах / Х. Гулд, Я. Тобочник. – М. : Мир, 1992. – 400 с.