

Нестеров Владимир Николаевич, Поздняков Андрей Петрович, Добринский Даниил Ражиевич
**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПИСАНИЮ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ:
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2011/7/16.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2011. № 7 (50). С. 68-71. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2011/7/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

$\Phi(x, y)$, м	670.00	667.83	661.25	650.00
$h(x, y)$, м	669.80	667.96	661.21	649.88
$f(x, y)$, м/сут	0.07	-0.15	-0.05	-0.2
абс. погр., м	0.20	0.13	0.04	0.12

Список литературы

1. **Васильев П. В.** Методы решения экстремальных задач. М.: Наука, 1981. 400 с.
2. **Джаныбеков Ч. Дж., Уралиев А. А.** Об одном приближенном способе конструирования оптимального управления движениями подземных вод в неоднородной пористой среде // Вестник Ысык-Кульского государственного университета. 2004. № 11. С. 19-23.
3. **Мурзакматов М. У., Маданбекова Э. Э.** Математическая модель неустановившейся фильтрации подземных вод в многослойных пластах // Доклады 2-ой Международной конференции «Проблемы управления и информатики». Бишкек, 2007. Кн. 2. С. 112-117.

УДК 534.1:004

*Владимир Николаевич Нестеров, Андрей Петрович Поздняков, Даниил Ражиевич Добринский
Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет*

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПИСАНИЮ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ:
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ[©]**

Колебания - это движения или процессы, обладающие той или иной степенью повторяемости во времени. В физике выделяются механические и электромагнитные колебания. Колебания любых физических величин всегда связаны с переменным превращением энергии одного вида в энергию другого вида. Так при отклонении маятника от положения равновесия, увеличивается потенциальная энергия груза, запасенная им в поле тяжести. Если груз отпустить он падает, вращаясь около точки подвеса как около центра. В крайнем нижнем положении потенциальная энергия превращается в кинетическую, груз проскакивает равновесное положение, увеличивая потенциальную энергию, далее процесс перекачки энергии повторяется, пока диссипации энергии, обусловленные трением, не приводят к полному прекращению колебаний.

В случае колебаний электрических зарядов и токов в колебательном контуре, роль потенциальной играет электрическая энергия, а кинетической - магнитная.

Возбуждение колебаний происходит либо путем непосредственного воздействия на состояние колебательной системы, либо путем периодического изменения параметров этой системы, либо благодаря самовозбуждению. В первом случае говорят о вынужденных колебаниях, а во втором о параметрическом возбуждении колебаний, а в третьем - об автоколебаниях.

Рассмотрим вынужденные колебания на примере пружинного маятника. Для этого задаем параметры колебательной системы: k - коэффициент жесткости пружины, m - масса колеблющегося груза (Рис. 1).

Далее определяем собственную частоту колебаний ω_0 (Рис. 1).

Задаем коэффициент затухания β (Рис. 1). Выбираем конечный промежуток времени моделирования t_{end} (Рис. 1) и амплитуду вынуждающей силы F (Рис. 1). Определяем по формуле $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$ резонансную частоту колебаний (Рис. 1). Далее записывается блок решения дифференциального уравнения вынужденных колебаний. Блок открывается оператором Given (Рис. 1).

Далее записывается дифференциальное уравнение вынужденных колебаний (Рис. 1). Задаются начальные условия смещения $x(0)=0$ и скорость $x'(0)=10$ (Рис. 1).

Решение находится с помощью оператора Odesolve (Рис. 1). Ниже выводится график временной зависимости смещения (Рис. 1).

Скорость является первой производной от смещения (Рис. 2). По временным зависимостям смещения и скорости задаются временные зависимости потенциальной энергии $U(t)$ и кинетической энергии $E_k(t)$, сумма потенциальной и кинетической энергии дает полную энергию механической системы $E(t)$ (Рис. 2).

Выводятся графики временной зависимости потенциальной, кинетической и полной энергий.

Для сравнения фазовых портретов при силовом подходе $x(t) - v(t)$ и энергетическом подходе $U(t) - E_k(t)$ строятся соответствующие графики.

В следующей программе приведен анализ энергетического баланса вынуждающей силы $AF(t)$ и диссипативной силы $AB(t)$ (Рис. 5-7).

$$k=1 \quad m_1=1$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m_1}}$$

$$= 0.06$$

$$tend = 100$$

$$= \sqrt{\omega_0^2 + \gamma^2}$$

Given

$$\frac{d^2}{dx^2} x(t) + 2 \cdot \frac{d}{dt} x(t) + \omega_0^2 \cdot x(t) = F \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$x'(0) = 10 \quad x(0) = 0$$

$$x = \text{odesolve}(t, tend)$$

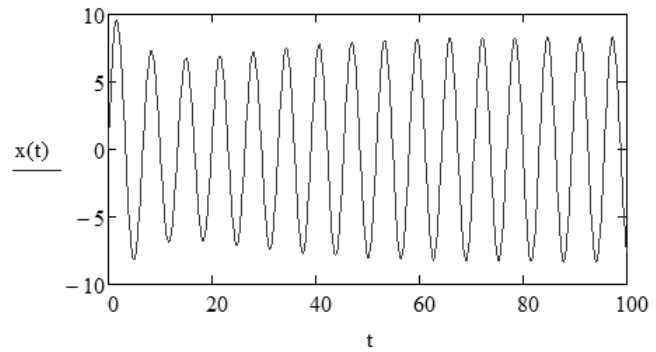


Рис. 1. Первый фрагмент программы моделирования вынужденных колебаний. Решение дифференциального уравнения и вывод графика зависимости смещения от времени

$$v(t) = \frac{d}{dt} x(t)$$

$$U(t) = \frac{k \cdot x(t)^2}{2} \quad Ek(t) = \frac{m_1 \cdot v(t)^2}{2}$$

$$E(t) = U(t) + Ek(t)$$

Рис. 2. Второй фрагмент программы моделирования вынужденных колебаний. Задание временных функций потенциальной энергии $U(t)$, кинетической $Ek(t)$ и полной энергии $E(t)$

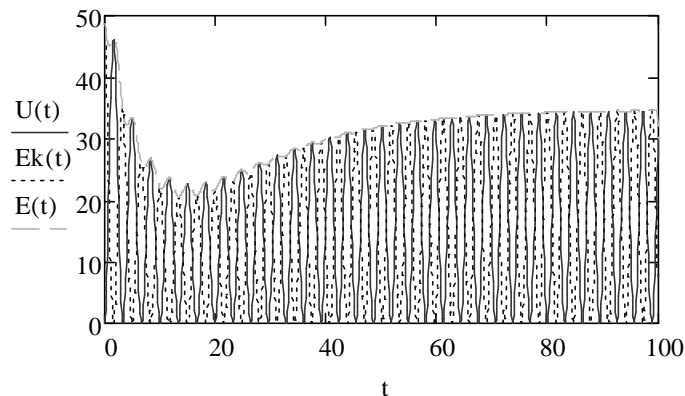
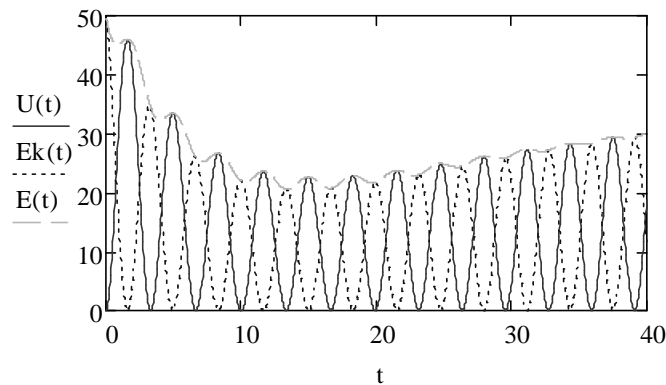


Рис. 3. Третий фрагмент программы моделирования вынужденных колебаний. Графики временных зависимостей потенциальной $U(t)$, кинетической $Ek(t)$ и полной $E(t)$ в различных временных масштабах

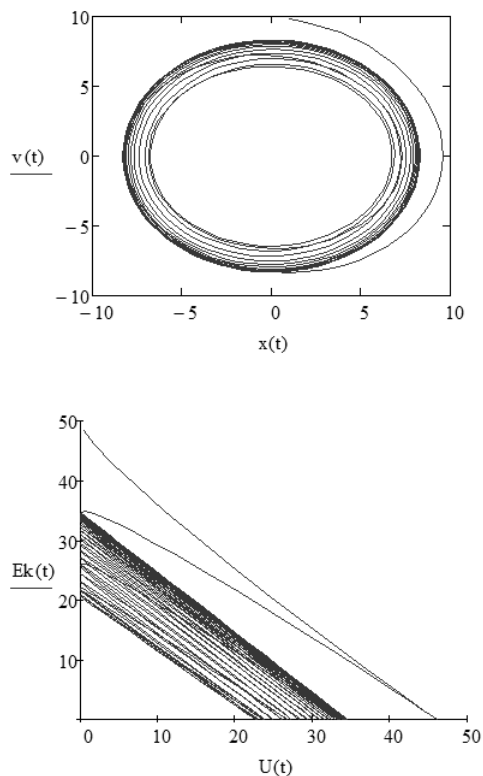


Рис. 4. Четвертый фрагмент программы моделирования вынужденных колебаний. Фазовые портреты для силового подхода $x(t) - v(t)$ энергетического подхода $U(t) - Ek(t)$

$$\begin{aligned} \omega_0 &= 1 \quad \gamma = 0.1 \quad \text{tend} = 300 \quad F = 1 \\ \omega &= \sqrt{\omega_0^2 + \gamma^2} \\ \text{Given} \\ \frac{d^2}{dx^2} x(t) + 2 \cdot \frac{d}{dt} x(t) + \omega_0^2 \cdot x(t) &= F \cdot \sin(\omega \cdot t) \\ x'(0) &= 10 \quad x(0) = 0 \\ x &= \text{odesolve}(t, \text{tend}) \end{aligned}$$

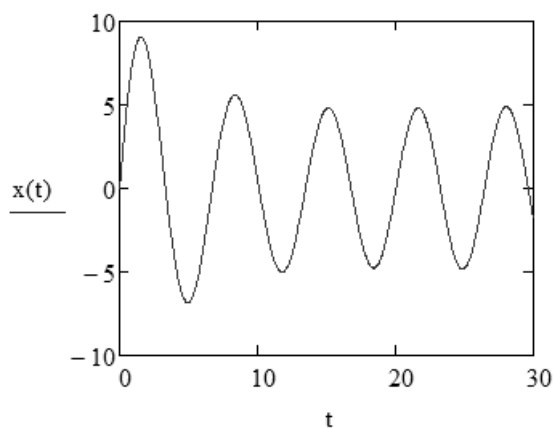


Рис. 5. Первый фрагмент программы анализа энергетического баланса, решение дифференциального уравнения

$$v = \frac{1}{T} \quad v = 0.157$$

$$e = 2 \cdot v$$

$$e = 0.988$$

$$\frac{1}{e} \cdot 100 = 1.698$$

$$AF(t) = \int_0^t F \cdot \sin(\omega t) \cdot \frac{d}{dt} x(t) dt$$

$$AB(t) = \int_0^t \left(\frac{d}{dt} x(t) \right)^2 dt$$

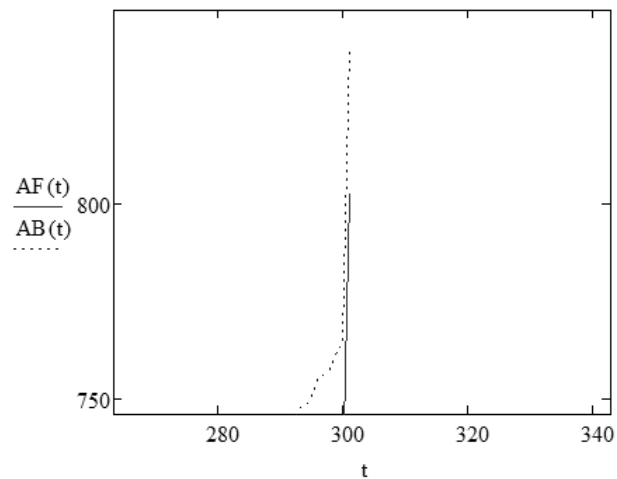


Рис. 6. Второй фрагмент программы анализа энергетического баланса, задание функции работы внешней силы $AF(t)$ и работы сил диссипации $AB(t)$

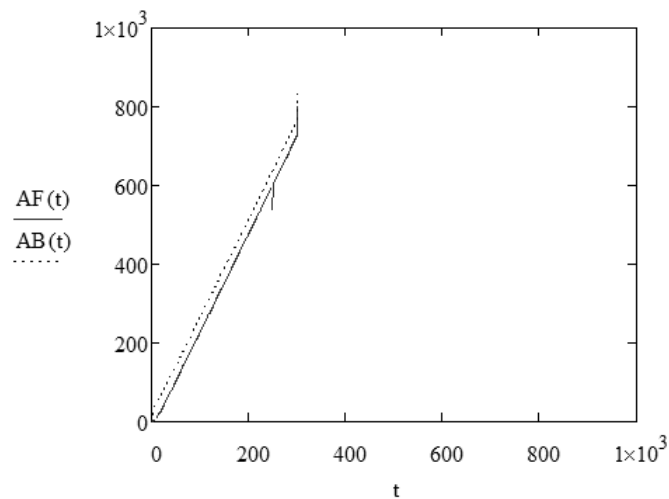


Рис. 7. Третий фрагмент программы анализа энергетического баланса, график энергетического баланса в различных временных масштабах

Список литературы

1. Деглаф А. А. Курс физики: учебное пособие для студентов вузов. 8-е издание, стереот. / А. А. Деглаф, Б. М. Яворский. М.: Академия, 2009. 720 с.
2. Трофимова Т. И. Курс физики: колебания и волны: теория, задачи и решения / Т. И. Трофимова, А. В. Фирсов. М.: Академия, 2003. 256 с.