

## LABOUR SAFETY AND ECOLOGICAL ASPECTS DURING THE EXPLOITATION OF AUTOMOTIVE GAS-GENERATOR INSTALLATIONS

A. Golubenko, N. Tsyvenkova

### *Summary*

The basic problems of labour's safety during the exploitation of automotive gas-generator installations are distinguished; the ways of their solution are planned. The basic recommendations about heightening safety of gas-generator's installations exploitation, including automotive gas-generator installations, are presented.

УДК: 681.3

## МАТЕМАТИЧНЕ КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ КОЛИВАНЬ ТА ЙОГО ЗАСТОСУВАННЯ У ЛАБОРАТОРНОМУ ПРАКТИКУМІ

Болбат О.І., асистент;

Морозов М.В., к.ф.-м.н.,

Радєв С.Ю.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-06-18

**Анотація** – Розглянуто математичне моделювання різноманітних коливань за допомогою середі програмування MathCad та використання цього комп'ютерного моделювання у лабораторному практикумі з фізики та теоретичної механіки.

**Ключеві слова** – математичне моделювання процесу коливань, лабораторні роботи з використанням MathCad.

*Постановка проблеми.* Персональні комп'ютери все більше широко і ефективно використовуються у навчальному процесі [1] при вивченні курсу фізики та теоретичної механіки. Тому актуальні дослідження математичного моделювання процесів механічних і електромагнітних коливань з використанням MathCad та проведення віртуа-

льних, імітаційних лабораторних робіт з відповідних розділів курсів фізики і теоретичної механіки.

*Аналіз останніх досліджень.* В роботі [2] розглянуто математичне моделювання вільних, незгасаючих коливань з використанням інтегрованої, математичної програмної системи MathCad 14.0 PRO. Перевагою MathCad порівняно з іншими системами та мовами програмування є зручний інтерфейс системи аналогічний інтерфейсу текстового редактора Word і електронних таблиць Excel, можливість завдання математичних формул у природній математичній формі з використанням звичайної символіки для математичних знаків і зручність побудови графіків, що робить документи MathCad подібними тексту наукової статті або звіту [3].

*Формулювання цілей статті.* Розглянути математичне моделювання згасаючих механічних і електромагнітних коливань за допомогою MathCad та використання комп'ютерного моделювання для організації і проведення віртуальних лабораторних робіт з курсу фізики і теоретичної механіки.

*Основна частина.* У випадку дії сил тертя (опору середовища) механічні коливання будуть згасаючими. Рішення диференціального рівняння для згасаючих коливань пружинного маятника, якщо сила опору дорівнює  $\vec{F} = -r \cdot \vec{v}$  ( $r$  – коефіцієнт опору), має вигляд:

$$x(t) = A \cdot e^{-\delta t} \cdot \cos \omega t \quad (1)$$

де  $A$  – початкова амплітуда при  $t=0$ ;

$$\delta = \frac{r}{2m} \text{ – коефіцієнт згасання;}$$

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2} \text{ – циклічна частота згасаючих коливань;}$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \text{ – циклічна частота незгасаючих коливань, коли } r = 0;$$

$k, m$  – жорсткість пружини та маса тіла відповідно.

Тоді швидкість коливань дорівнює:

$$v = \frac{dx}{dt} = -A \cdot e^{-\delta t} (\delta \cdot \cos \omega t + \omega \cdot \sin \omega t) \quad (2)$$

Визначаємо кінетичну, потенціальну та повну енергію коливань:

$$E_K(t) = \frac{m \cdot v^2}{2} \quad (3)$$

$$E_I(t) = \frac{k \cdot x^2}{2} \quad (4)$$

$$W(t) = E_K(t) + E_I(t) = \frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2} \quad (5)$$

Система програмування MathCad дозволяє визначити характеристики згасаючих механічних коливань: коефіцієнт згасання, циклічну частоту та період коливань, логарифмічний декремент згасання, час релаксації  $\tau$  (згасання), якщо задані параметри коливальної системи ( $m$ ,  $k$ ,  $r$ ) та початкові умови. Крім того, можна визначити значення зміщення тіла від положення рівноваги, швидкість та енергію коливань для будь якого моменту часу, а також побудувати відповідні графіки:  $x = x(t)$  та  $v = v(t)$  (рис. 1).

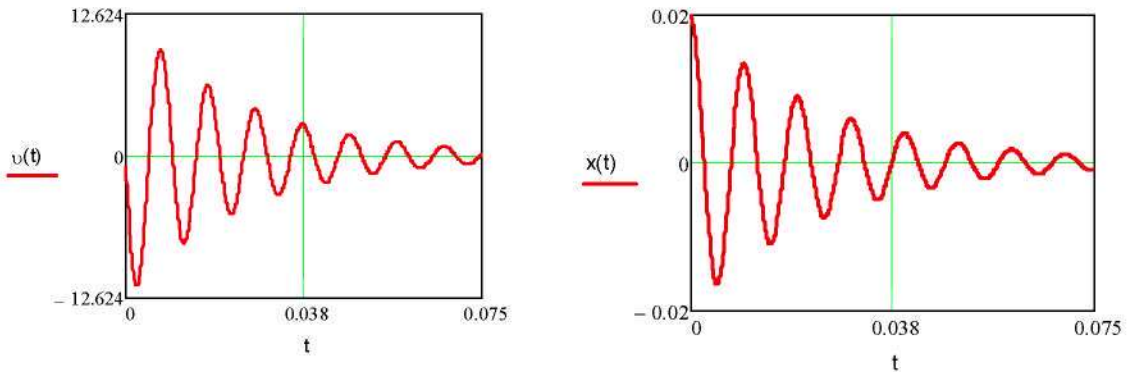


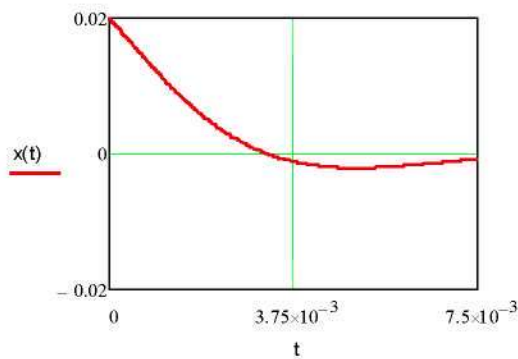
Рис.1. Залежність координати  $x(t)$  та швидкості  $v(t)$  для згасаючих коливань:  $m=0,5$  кг;  $k=2 \cdot 10^5$  Н/м;  $r = 40$  Н·с/м;  $A = 0,02$  м;  $\tau = 0,025$  с.

Для захисту програми від можливого, але небажаного та некваліфікованого доступу, наприклад, студентів, використовується операція Lock Regions (закриті, недоступні для редагування області). Крім того, деякі елементи програмування можуть бути «скриті» на екрані ПК, що дозволяє розробляти навчальні програми для роботи в діалоговому режимі. У випадку, коли коефіцієнт загасання  $\delta$  буде більше, ніж  $\omega_0$  – циклічна частота власних, незгасаючих коливань пружинного маятника, величина циклічної частоти  $\omega$  згасаючих коливань буде мнимою, а рух – аперіодичним (рис.2,3).

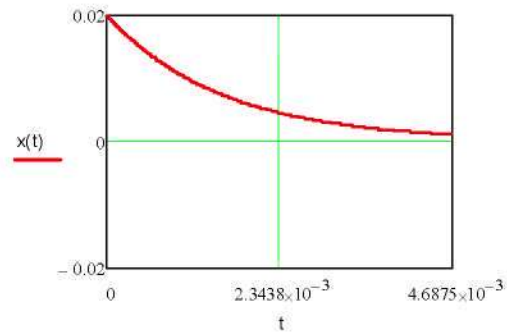
При вивченні залежності характеристик коливань від параметрів пружинного маятника представляє інтерес процес анімації або «оживлення» графіків. Наприклад, при зростанні коефіцієнту опору  $r$  у 10 разів відповідно змінюються  $\delta$  коефіцієнт згасання, час  $\tau$  релаксації та період  $T$  згасаючих коливань. Це можливо спостерігати на екрані ПК. Використовується команда «Animation» на панелі інструментів та відповідна формула для координати  $x(t,q)$ , в якій застосовується змінна FRAME  $q$ :

$$x(t,q) = A \cdot e^{-q\delta \cdot t} \cdot \cos(\sqrt{\omega_0^2 - (q\delta)^2} \cdot t) \quad (6)$$

Діапазон зміни цієї величини FRAME  $q = 1 \dots 10$  та частота кадрів задаються у діалоговому вікні команди Animation, у якому і спостерігається зміна відповідного графіка  $x(t)$ .

Рис.2. Залежність координати  $x(t)$ :

$m=0,5\text{кг}$ ;  $k=2\cdot 10^5\text{Н/м}$ ;  $r=400\text{Н}\cdot\text{с/м}$ ;  $A=0,02\text{ м}$ ;  $\delta=400\text{с}^{-1}$ ;  $\omega_0=632,5\text{ с}^{-1}$ ;  $\tau=0,0025\text{ с}$ ;  $\omega=490\text{ с}^{-1}$ .

Рис.3. Залежність координати  $x(t)$ 

для аперіодичного руху:  $m=0,5\text{кг}$ ;  $k=2\cdot 10^5\text{Н/м}$ ;  $r=640\text{Н}\cdot\text{с/м}$ ;  $A=0,02\text{ м}$ ;  $\delta=640\text{с}^{-1}$ ;  $\omega_0=632,5\text{ с}^{-1}$ ;  $\tau=1,56\cdot 10^{-3}\text{ с}$ ;  $\omega=98\cdot i\text{ с}^{-1}$ .

На базі застосування системи MathCad для математичного, комп'ютерного моделювання різноманітних коливань розроблені наступні лабораторні роботи з курсу теоретичної механіки: «Вивчення вільних, незгасаючих механічних коливань пружинного маятника» та «Вивчення згасаючих механічних коливань пружинного маятника» і з курсу фізики: «Вивчення вільних незгасаючих електромагнітних коливань» та «Вивчення згасаючих електромагнітних коливань у cLR – контурі».

В подальшому можливо використання математичного, комп'ютерного моделювання для дослідження також вимушених коливань, перехідних процесів та додавання різноманітних механічних та електромагнітних коливань. Крім того, використання середовища програмування MathCad можливо для обробки експериментальних результатів вимірювань, обчислювання та аналізу похибок і будови різноманітних графіків при виконанні традиційних, звичайних лабораторних робіт.

*Висновки:* використання математичного моделювання на базі MathCad дозволяє дослідити різноманітні коливальні процеси та організувати імітаційні, віртуальні лабораторні роботи з відповідних розділів курсу теоретичної механіки і фізики. Проведення таких лабораторних робіт з застосуванням комп'ютерного моделювання підвищує самостійність та зацікавленість студентів, активізує навчальний процес і забезпечує поглиблене вивчення відповідних фізичних явищ та процесів.

#### Література.

1. Данченко М.М. Організація самостійної роботи студентів при вивченні курсу фізики/ М.М. Данченко, М.В. Морозов. Вип. 4, Меліто-

- поль // Збірник науково-методичних праць ТДАТА «Удосконалення навчального вихованого процесу в вищому навчальному закладі», 2001р. – С. 31-32.
2. *Радев С.Ю.* Організація та проведення лабораторних робіт з курсу фізики з використанням імітаційного математичного моделювання. – Збірник наукових праць магістрантів та студентів Таврійського державного агротехнологічного університету / *С.Ю. Радев, М.В. Морозов.* – Мелітополь: ТДАТУ, 2009р. – Вип. 8, Т. 5. - С. 55-56.
  3. *Дьяконов В.* MathCad 2001: учебный курс. / *В. Дьяконов.* – СПб.: Питер, 2001. – 624с.

### **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ КОЛЕБАНИЙ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ В ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ**

Болбат О.И., Морозов Н.В., Радев С.Ю.

#### *Аннотация*

**Рассмотрены математическое моделирование различных колебаний с помощью среды программирования MathCad и использование этого компьютерного моделирования в лабораторном практикуме по физике и теоретической механике.**

### **MATHEMATICAL COMPUTER SIMULATION PROCESSES VIBRATIONS AND ITS USE IN LABORATORY PRACTICE**

O. Bolbat, N. Morozov, S. Radev

#### *Summary*

**The mathematical modeling of various vibrations through MathCad programming and use of this simulation of computer in the laboratory workshop on physics and theoretical mechanic are considered.**