

РАСЧЕТ СПЕКТРА УДАРА**Волуев Р.Ю., студент; Цапенко Г.И. доц. к.т.н.***(Донецкий национальный технический университет,
г. Донецк, Украина)*

Прочностные характеристики проектируемых изделий, подверженных ударным воздействиям, определяются по реакции изделия на удар. Спектр удара позволяет судить о максимальных реакциях конструкций на ударные воздействия, при этом учитываются собственная частота и коэффициент демпфирования конструкции. Расчетные зависимости спектра удара определяется, исходя из представления оборудования в виде обобщенной модели второго порядка колебательной системы (рис. 1).

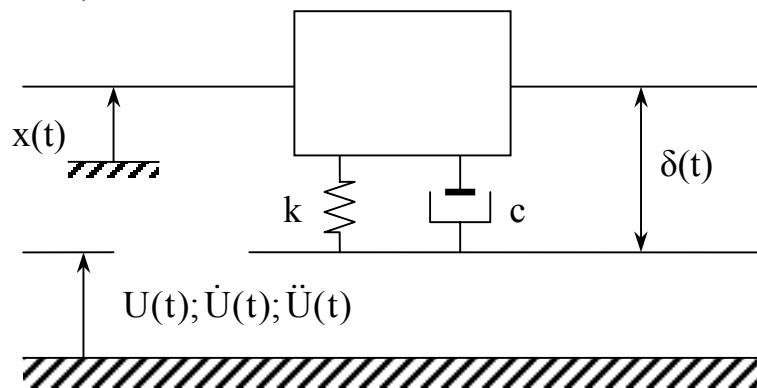


Рисунок 1 – Модель колебательной системы

Дифференциальное уравнение движения системы, имеет вид:

$$\ddot{x}(t) + 2\xi\omega_n \dot{\delta}(t) + \omega_n^2 \delta(t) = 0 \quad (1)$$

$$\ddot{\delta}(t) + 2\xi\omega_n \dot{\delta}(t) + \omega_n^2 \delta(t) = \ddot{U}(t) \quad (2)$$

Относительное смещение системы (рис.1), является результатом удара, определяется в соответствии с (1) интегралом Дюамеля:

$$\delta(t) = \frac{1}{\omega d} \int_0^t \ddot{U}(t) e^{-\xi\omega_n(t-t_v)} \cdot \sin[\omega d(t-t_v)] dt_v \quad (3)$$

$\omega d = \omega_n \sqrt{1 - \xi^2}$ -собственная частота демпфированных колебаний. Построим рекуррентную формулу вычисления относительного смещения $\delta(t)$ с шагом Δt . Для этого дадим приращение Δt аргументу t в выражении (3), получим систему:

$$\begin{cases} \delta(t + \Delta t) = b\delta(t) + ae(t) + \frac{1}{\omega d} \cdot Z_1 \\ e(t + \Delta t) = be(t) - a\delta(t) + \frac{1}{\omega d} \cdot Z_2 \end{cases} \quad (4)$$

$$a = e^{-\xi\omega_n\Delta t} \sin(\omega d\Delta t), \quad b = e^{-\xi\omega_n\Delta t} \cos(\omega d\Delta t) \quad (5)$$

$$Z_1 = \int_t^{t+\Delta t} \ddot{U}(t_v) e^{-\xi\omega_n(t+\Delta t-t_v)} \sin[\omega d(t + \Delta t + t_v)] dt_v \quad (6)$$

$$Z_2 = \int_t^{t+\Delta t} \ddot{U}(t_v) e^{-\xi\omega_n(t+\Delta t-t_v)} \cos[\omega d(t + \Delta t + t_v)] dt_v \quad (7)$$

Расчет спектра удара, определяемого ускорением $\ddot{U}(t)$, на ЭВМ предполагает задание $\ddot{U}(t)$ в дискретном виде с некоторым шагом Δt . В этом случае интегралы (6), (7) берутся в виде:

$$Z_1 = x\ddot{U}(t) + y\ddot{U}(t + \Delta t) \quad (8)$$

$$Z_2 = g\ddot{U}(t) + e\ddot{U}(t + \Delta t) \quad (9)$$

где

$$x = \frac{sd - \omega db}{s^2 + \omega d^2} - \frac{(s^2 - \omega^2 d)d - 2s\omega db + 2s\omega d}{\Delta t(s^2 + \omega^2 d)^2};$$

$$y = \frac{\omega d}{s^2 + \omega d^2} - \frac{(s^2 - \omega^2 d)d - 2s\omega db + 2s\omega d}{\Delta t(s^2 + \omega^2 d)^2};$$

$$g = \frac{\omega dd + sb}{s^2 + \omega d^2} - \frac{(s - \omega d^2)b + 2s\omega da - (s^2 - \omega^2 d)}{\Delta t(s^2 + \omega^2 d)^2};$$

$$e = \frac{s}{s^2 + \omega d^2} + \frac{(s^2 - \omega^2 d)b + 2s\omega da - (s^2 - \omega^2 d)}{\Delta t(s^2 + \omega^2 d)^2}.$$

Расчет спектра удара по формулам (8) (9) реализован на ЭВМ, для чего составлена программа на языке высокого уровня.

Перечень ссылок

1. Харкевич А.А. Спектры и анализ. М.: Гостехиздат, 1957. – 324с.

Корн Г.А. Моделирование случайных процессов на аналоговых и аналого-цифровых машинах. М.: Мир, 1968. – 316с.