УДК 69.04

DOI 10.37153/2687-0045-2021-14-137-138

ПЕРЕДАТОЧНЫЕ И ИМПУЛЬСНЫЕ ПЕРЕХОДНЫЕ ФУНКЦИИ ПРИ РАСЧЕТЕ СИСТЕМ С КОНЕЧНЫМ ЧИСЛОМ СТЕПЕНЕЙ СВОБОДЫ С ВЫКЛЮЧАЮЩИМИСЯ СВЯЗЯМИ

проф., д.т.н. Чернов Ю.Т.

Одним из наиболее эффективных методов расчета линейных систем с конечным числом степеней свободы, в том числе систем с выключающимися связями является метод основанный на передаточных (ПФ) и импульсных переходных функций (ИПФ) линейных систем и их связи. При расчете подобных систем по сравнению с традиционным методом «нормальных форм» значительно сокращаются этапы расчета и, в частности, построение форм собственных колебаний, записи уравнений относительно главных координат и обратное вычисление обобщенных функций. В этом варианте решение сразу определяется относительно главных координат.

Проиллюстрируем алгоритм расчета на примере горизонтально-вращательных колебаний твердых тел (рис. 1). При выключении связи реакция системы определяется зависимостью (рис. 2):

Рисунок 1

Рисунок 2

$$R = K_x y, \text{ при } y \leq y_0; R_\phi = R_0 \mp K_2(y - y_0) \quad (1)$$

Система уравнений горизонтально-вращательных колебаний в этом случае [1]:

$$\begin{aligned} m_0 \ddot{s}_z + K_x s_z - K_{zx} \vartheta_y &= R h_\omega; \\ m_0 s_x - K_{xz} \vartheta_y + K_x s_x &= -m_0 \ddot{\xi}_0 + R, \end{aligned} \quad (2)$$

где s_x, ϑ_y – горизонтальное смещение центра масс и угол поворота относительно оси y . После определения частот собственных колебаний можно определить передаточные функции:

$$H_s = F_r \sum_{r=1}^2 (-1)^{r+1} \frac{N_r(\lambda_i p_r^2)}{p_r^2 - \omega^2 + i p_r^2 \gamma_r}; \quad (3)$$

$$N_r(\lambda_i p_r^2) = \frac{1}{m_0} \left[K_x \frac{K_\theta}{\rho_{\theta y}^2} K_{xz} \right]; F_r = \frac{E}{p_2^2 - p_1^2}; \quad (4)$$

Подобным образом определяется H_θ , откуда следуют формулы для передаточных функций и само решение:

$$s_x = F_r \int_0^t \ddot{\xi}_0(\tau) \sum_{r=1}^2 (-1)^{r+1} U_r(t - \tau) d\tau, \text{ при } x \leq x_0 \quad (5)$$

где $U_r = \frac{N_r}{p_r} e^{-\frac{\gamma}{2} p_r(t-\tau)} \sin p_r(t - \tau) d\tau$ плюс

$$s_{x\varphi} = F_r \int_{t_0}^t R(x, \tau) \sum_{r=1}^2 (-1)^{r+1} U_r p_r(t - \tau) d\tau, \text{ при } x > x_0 \quad (6)$$

Решение для угла поворота ϑ_y :

$$\vartheta_y = F \int_{t_0}^t R(x, \tau) h_0 U_s(t - \tau) d\tau \quad (7)$$

Решения при произвольном кинематическом воздействии (5-7) вычисляются на основе шагового метода по времени (при $\Delta t < \frac{T_r}{20}$), где T_r – период колебаний при минимальной частоте. Как следует из (2) и (3), решения, по существу, представляются в виде разложения по собственным формам колебаний.

Литература

1. Чернов Ю.Т. Вибрации строительных конструкций. Аналитические методы расчета. Основы проектирования и нормирования вибраций строительных конструкций, подвергающихся эксплуатационным динамическим воздействиям. 2-е изд., испр. и доп. М.: Изд-во АСВ, 2011. 383 с.
2. Чернов Ю.Т., Зебилина М.Д.Х. Плоские колебания массивных виброизолированных тел при произвольном смещении основания. Основания, фундаменты и механика грунтов. 2018. № 3. С. 18-22.