SOI: 1.1/TAS DOI: 10.15863/TAS
International Scientific Journal
Theoretical & Applied Science
p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)
Year: 2023 Issue: 05 Volume: 121
Published: 11.05.2023 http://T-Science.org

Issue Article

Olimjon Musurmonovich Dusmatov
Samarkand State University
Professor to Department of,
Theoretical and Applied Mechanics,
dusmatov62@bk.ru

Nurali Sunnat ugli Qudratov
Samarkand State University
Masters

ON A PROBLEM OF DYNAMIC SUPPRESSION OF OSCILLATIONS OF AN ELASTIC ROD

***Abstract**: In this paper, we consider the problem of transverse vibrations of an elastic rod with a dynamic damper under kinematic influences. The transfer function of a vibration-protected rod is obtained in order to determine the optimal parameters of a dynamic vibration damper.*
***Key words**: vibrations, elasticity, rod, dynamic absorber, vibration protection, transfer function, efficiency.*
***Language**: Russian*
***Citation**: Dusmatov, O. M., & Qudratov, N. S. (2023). On a problem of dynamic suppression of oscillations of an elastic rod. *ISJ Theoretical & Applied Science, 05 (121),* 71-73.
***Soi**: http://s-o-i.org/1.1/TAS-05-121-14 ***Doi**: https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2023.05.121.14
***Scopus ASCC**: 2200.*

ОБ ОДНОЙ ЗАДАЧЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ГАШЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ УПРУГОГО СТЕРЖНЯ

***Аннотация**: В данной работе рассматривается задача о поперечных колебаниях упругого стержня с динамическим гасителем при кинематических воздействиях. Получена передаточная функция виброзащищаемого стержня с целью определения оптимальных параметров динамического гасителя колебаний.*
***Ключевые слова**: колебания, упругость, стержень, динимачеcкий гаситель, виброзащиты, передаточная функция, эффективность.*

Введение

В технике многочисленные задачи динамики машин, конструкции механизмов и приборов связаны с разработкой методов борьбы с вибрациями. Одним из эффективных методов устранения колебаний упругих систем является применения динамических гасителей колебаний (ДГК). Основным достоинством ДГК является их простота, надёжность работы, а также при малых затратах дополнительных материалов получение желаемого эффекта снижения уровня колебаний.

До настоящего времени выполнено большое количество работ, посвященных различным направлениям, методом и средствам борьбы с недопустимыми вибрациями [1-8].

В данной работе рассматривается задача о поперечных колебаниях упругого с ДГК. Рассеяние энергии в материалах стержня и упруго-демпфирующим элементе ДГК применяется по гипотезе Е.С.Сорокина [9].

Колебания стержня и ДГК при кинематическом возбуждении можно описать системой двух дифференциалных уравнений, первое из которых уравнения движения стержня, второе- уравнения ДГК, причем оба уравнения оказываются связанными

$$\frac{\partial^2 M_x}{\partial x^2} - c\xi(1+j\eta)\delta(x-x_0) = -\rho F\frac{\partial^2 w_a}{\partial t^2};$$
$$m_0\frac{\partial^2 w_i(x_0)}{\partial t^2} + m_0\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} + c\xi(1+j\eta) = \qquad (1)$$
$$= -m_0\frac{\partial^2 w_0}{\partial t^2},$$

где M_x – изгибающий момент; c, m_0-коэффициент жесткости -дельта-функция Дирака; $w_i(x_0)$-перемещение точки стержня, в которой установлен ДГК; x_0 –координата установки ДГК; w_0 –перемещение основания; w_a –абсолютное перемещение стержня; ξ – перемещение ДГК относительно стержня; η – коэффициент механических потерь элемента ДГК; $j^2 = -1$; ρ, F-плотность материала и площадь поперечного сечения стержня соответственно.

Вычислим изгибающий момент, действующий в сечении стержня по известной методике [10]

$$M_x = 2b\int_0^{h/2}\sigma_x z dz, \qquad (2)$$

где σ_x – напряжение

$$\sigma_x = E\frac{\partial^2 w_i}{\partial x^2}z, \qquad (3)$$

Подставляя выражение (3) в (2), имеем

$$M_x = EJ\frac{\partial^2 w_i}{\partial x^2}, \qquad (4)$$

Где $J = \frac{bh^3}{12}$ – момент инерции сечения стержня; E-модуль Юнга.

Теперь подставляя выражения (4) в первое уравнение системы (1), запишем дифференциальное уравнение поперечных колебаний стержня с ДГК в следующем виде:

$$EJ\frac{\partial^4 w_i}{\partial x^4} - c\xi(1+j\eta)\delta(x-x_0) = -\rho F\frac{\partial^2 w_a}{\partial t^2};$$
$$m_0\frac{\partial^2 w_i(x_0)}{\partial t^2} + m_0\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} + c\xi(1+j\eta) = \qquad (5)$$
$$= -m_0\frac{\partial^2 w_0}{\partial t^2};$$

Для решения системы уравнений (5) функции прогиба стержня разложим в ряд по собственным формам:

$$w_i(x) = \sum_{i=1}^{\infty} u_i(x)q_i(t), \qquad (6)$$

где q_i –функция времени; $u_i(x)$ – собственная форма колебаний стержня, удовлетворяющая уравнению

$$c_0^2\frac{d^4 u_i}{dx^4} - \omega_i^2 u_i = 0, \qquad (7)$$

где $c_0^2 = \frac{EJ}{\rho F}$; ω_i^2 – собственные частоты.

Учитывая соотношение (7), подставляя (6) в систему уравнений (5), имеем

$$\sum_{i=1}^{\infty} u_i(\ddot{q}_i + \omega_i^2 q_i) - \frac{c}{\rho F}\xi(1+j\eta)\delta(x-x_0) =$$
$$= -\frac{\partial^2 w_0}{\partial t^2}; \qquad (8)$$
$$\sum_{i=1}^{\infty} u_i(x_0)\ddot{q}_i + \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} + \frac{c}{m_0}\xi(1+j\eta) = -\frac{\partial^2 w_0}{\partial t^2}$$

Используя метод Бубнова-Галеркина для первого уравнения системы, в результате после преобразований получим

$$\sum_{i=1}^{\infty}(\ddot{q}_i + \omega_i^2 q_i)\int_0^L u_i u_k dx - \frac{c}{\rho F}\xi(1+j\eta)\times$$
$$\times\int_0^L u_k\,\delta(x-x_0)dx = -\frac{\partial^2 w_0}{\partial t^2}\int_0^L u_k dx; \qquad (9)$$
$$\sum_{i=1}^{\infty} u_i(x_0)\ddot{q}_i + \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} + \frac{c}{m_0}\xi(1+j\eta) = -\frac{\partial^2 w_0}{\partial t^2}$$

На основании условия ортогональности собственных функций, для одночленной аппроксимации получим систему следующих обыкновенных дифференциальных уравнений

$$\ddot{q}_k + \omega_k^2 q_k - d_{k0}(1+j\eta)\xi = -d_k\frac{\partial^2 w_0}{\partial t^2};$$
$$u_k(x_0)\ddot{q}_k + \ddot{\xi} + f_0(1+j\eta)\xi = -\frac{\partial^2 w_0}{\partial t^2}, \qquad (10)$$

где

$$d_{k0} = \frac{cu_k(x_0)}{\rho F d_{k1}};\ d_k = \frac{d_{k2}}{d_{k1}};\ d_{k1} = \int_0^L u^2{}_k dx;$$
$$d_{k2} = \int_0^L u_k dx;\ f_0 = \frac{c}{m_0}.$$

Для нахождения решения системы дифференциальных уравнений (10) применим к ним одностороннее преобразование Лапласа при нулевых начальных условиях. Решая полученную систему алгебраических уравнений относительно искомых функций-изображений, найдем

$$q_k = -\frac{1}{\Delta}\frac{\partial^2 w_0}{\partial t^2}[d_k S^2 + (d_k f_0 + d_{k0})(1+j\eta)]; \qquad (11)$$

$$\xi = -\frac{1}{\Delta}\frac{\partial^2 w_0}{\partial t^2}[S^2 + \omega_k^2 + u_k(x_0)d_k S^2], \qquad (12)$$

где

$$\Delta = [S^2 + \omega_k^2][S^2 + f_0(1+j\eta)] + $$
$$+ u_k(x_0)d_{k0}S^2(1+j\eta)$$

В задачах виброзащиты наибольший интерес представляет абсолютное ускорение движения системы, т.е. величина

$$\ddot{w}_a = \ddot{w}_k + \ddot{w}_0, \qquad (13)$$

где

$$\ddot{w}_0 = \frac{\partial^2 w_0}{\partial t^2}.$$

Используя выражение (11) с учётом (13), получим следующее выражение для передаточной функции стержня с ДГК :

$$W_k(S,x) = 1 + \frac{u_k S^2 q_k(S)}{\ddot{w}_0}. \qquad (14)$$

Полученное выражение передаточной функции стержня с ДГК позволяет оценить влияние параметров системы (отношения масс коэффициентов, зависящих от диссипативных свойств материла ДГК, места, установки ДГК и т.д.) на эффективность гашения колебаний.

References:

1. Alekseev, A.M., & Sborovskij, A.K. (1962). *Sudovye vibrogasiteli*. (p.196). L.: Sudpromgiz.
2. Eliseev, S.V., & Nerubenko, G.P. (1982). *Dinamicheskie gasiteli kolebanij*. (p.144). Novosibirsk: Nauka.
3. Karamyshkin, V.V. (1988). *Dinamicheskoe gashenie kolebanij*. (p.108). L.: Mashinostroenie.
4. Korenev, B.G., & Reznikov, L.M. (1988). *Dinamicheskie gasiteli kolebanij: Teorija i tehnicheskie prilozhenija*. (p.304). Moscow: Nauka.
5. Pavlovskij, M.A., Ryzhkov, L.M., Jakovenko, V.B., & Dusmatov, O.M. (1997). *Nelinejnye zadachi dinamiki vibrozashhitnyh sistem*. (p.204). K.: Tehnika.
6. Dusmatov, O.M. (1997). *Modelirovanie dinamiki vibrozashhitnyh sistem*. (p.167). Tashkent: Izdatel`stvo Fan.
7. Hamidreza, F., Mehdi, Sh., & Roozbeh, P. (2020). Application of tuned liquid column damper for motion reduction of semisubmersible platforms. *International journal of coastal & offshore engineering*. Volume 4(2), pp. 23-40.
8. Sarkar, S., Fitzgerald, B., Basu, B., & Chakraborty, A. (2020). *Magneto-rheological tuned liquid column dampers to improve reliability of wind turbine towers.* Lecture Notes in Mechanical Engineering part of Advances in Rotor Dynamics, Control, and Structural Health Monitoring, pp. 467-496. Retrieved from https://doi.org/10.1007/978-981-15-5693-7_34
9. Sorokin, E.S. (1960). *K teorii vnutrennego trenija pri kolebanijah uprugih sistem*. (p.131). Moscow: Gostrojizdat.
10. Pisarenko, G.S., & Boginich, O.E. (1981). *Kolebanija kinematicheski vozbuzhdaemyh mehanicheskih sistem s uchetom dissipacii jenergii*. (p.220). Kiev: Nauk. dumka.