

УДК 531.8

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТРЕХМАССОВОГО ВИБРОРОБОТА ПО КРИВОЛИНЕЙНОЙ ТРАЕКТОРИИ

© 2011 г.

Л.Ю. Волкова, С.Ф. Яцун, И.В. Лупехина

Юго-Западный госуниверситет, Курск

teormeh@inbox.ru

Поступила в редакцию 24.08.2011

Представлена математическая модель мобильного вибрационного робота, перемещающегося по криволинейной траектории на горизонтальной поверхности за счет движения двух внутренних масс и внешней несимметричной силы вязкого сопротивления. Приведены результаты моделирования движения объекта.

Ключевые слова: трехмассовый мобильный вибрационный робот, криволинейная траектория, сила вязкого трения, моделирование, внутренняя масса.

Введение

Мобильные вибрационные роботы представляют собой класс роботов, свойства и особенности динамики которых до конца не изучены. С каждым годом их исследованию уделяется все большее внимание. Целый ряд работ посвящен моделированию движения вибрационных роботов, отличающихся по конструкции, числу и закону движения внутренних масс [1–3].

Разработана математическая модель робота, движущегося по криволинейной траектории, и исследованы особенности его управляемого движения.

Математическая модель робота

Рассматриваемый виброробот (расчетная схема изображена на рис. 1) представляет собой трехмассовую конструкцию: m_0 – масса корпуса 3 устройства, сосредоточенная в точке $O_0(x_0, y_0)$; m_1, m_2 – две подвижные массы 1 и 2 внутри корпуса робота. Корпус робота является абсолютно твердым телом. Видно, что в горизонтальной плоскости корпус робота представляет собой прямоугольник, центр масс O_0 которого расположен в центре симметрии прямоугольника.

Внутренние массы 1 и 2 движутся по прямым, параллельным оси O_0x_0 , по некоторым законам $A_1(t)$ и $A_2(t)$. Прямые равноудалены относительно центра масс корпуса робота вдоль оси O_0y_0 на расстояние b . В качестве обобщенных координат примем проекции перемещения корпуса робота x_0, y_0 на оси абсолютной системы координат $Oxyz$ и угол поворота корпуса φ_0 . Систему сил, действу-

ющих на корпус со стороны окружающей среды, приведем к главному вектору \mathbf{R} и главному моменту \mathbf{M} , проекции которых на соответствующие оси принимают вид: $R_{x0} = -\mu_{x0}\dot{x}_0, R_{y0} = -\mu_{y0}\dot{y}_0, M_{z0} = -\mu_{\varphi 0}\dot{\varphi}_0$.

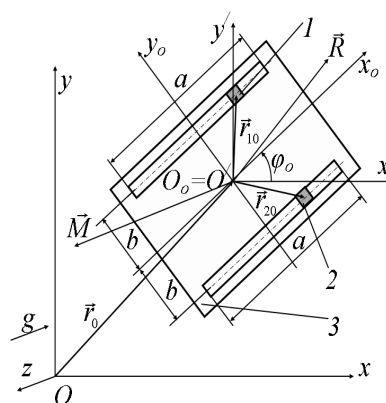


Рис. 1

При разработке математической модели будем считать, что робот движется без отрыва от поверхности.

Уравнения движения робота по горизонтальной поверхности имеют вид:

$$\begin{aligned} \ddot{x}_0 M^* + \sum_{j=1}^2 m_j [-2\dot{\varphi}_0 \dot{A}_j \sin \varphi_0 - \ddot{\varphi}_0 (A_j \sin \varphi_0 + \\ + B_j \cos \varphi_0) - \dot{\varphi}_0^2 (A_j \cos \varphi_0 - B_j \sin \varphi_0) + \\ + \ddot{A}_j \cos \varphi_0] = R_{x0}, \\ \ddot{y}_0 M^* + \sum_{j=1}^2 m_j [2\dot{\varphi}_0 \dot{A}_j \cos \varphi_0 - \ddot{\varphi}_0 (-A_j \cos \varphi_0 + \\ + B_j \sin \varphi_0) - \dot{\varphi}_0^2 (A_j \sin \varphi_0 + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &+B_j \cos \varphi_0 + \ddot{A}_j \sin \varphi_0] = R_{y0}, \\
 &\ddot{\varphi}_0 [J_0 + \sum_{j=1}^2 m_j (A_j^2 + B_j^2)] + \\
 &+ \sum_{j=1}^2 m_j [\sin \varphi_0 (-\ddot{x}_0 A_j - \ddot{y}_0 B_j) + \cos \varphi_0 (-\ddot{x}_0 B_j + \\
 &+ \ddot{y}_0 A_j) + 2\dot{\varphi}_0 A_j \dot{A}_j - \ddot{A}_j B_j] = M_{z0}, \quad (1)
 \end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned}
 M^* &= m_0 + \sum_{j=1}^2 m_j, \quad A_j = a_j \sin(\omega_j t + \alpha_j), \\
 B_j &= (-1)^{j-1} b.
 \end{aligned}$$

Решение системы дифференциальных уравнений (1) осуществляется численным методом.

Результаты моделирования

Графики прямолинейного и вращательного движений робота при соотношениях коэффициентов вязкости $\mu_2/\mu_1 = 2$ (1), $\mu_2/\mu_1 = 3$ (2), $\mu_2/\mu_1 = 4$ (3) (рис. 2, где q – обобщенная координата), приведены, соответственно, на рис. 3 и 4.

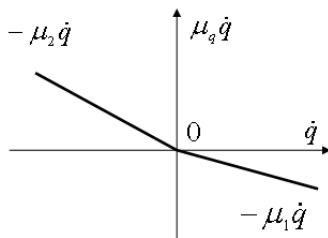


Рис. 2

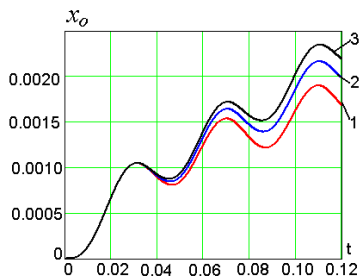


Рис. 3

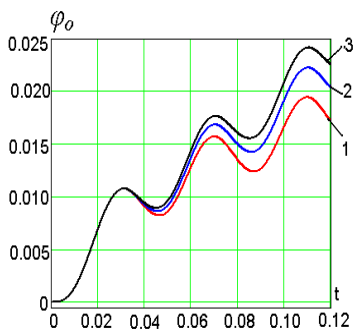
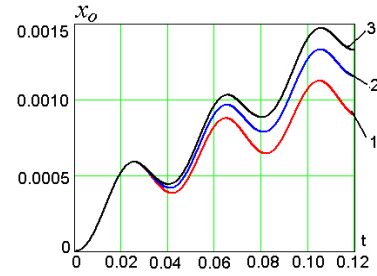
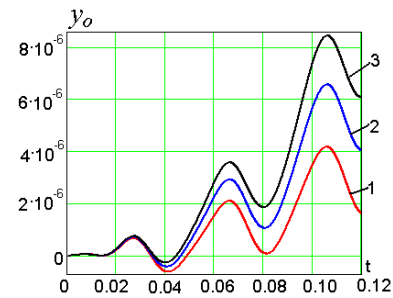


Рис. 4

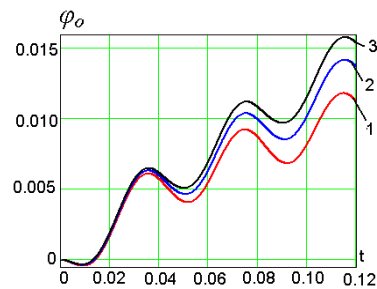
Графики плоскопараллельного перемещения вдоль осей Ox (а) и Oy (б), а также угла поворота (в) приведены на рис. 5.



а)



б)



в)

Рис. 5

Выводы

1. Разработана математическая модель мобильного вибрационного робота с двумя внутренними массами, перемещающегося по криволинейной траектории по горизонтальной поверхности под действием внешней силы несимметричного вязкого сопротивления.

2. Установлено, что разность фаз между движениями внутренних масс является управляющим воздействием. При синфазном движении внутренних масс $1 = 2$ робот перемещается прямолинейно, при движении внутренних масс в противофазе $1 = 2 +$ вращается относительно центра масс, а в остальных случаях совершает плоскопараллельное движение.

3. Выявлено, что при всех видах движения робот возвратно-поступательно перемещается в направлении меньшего коэффициента вязкости.

Список литературы

1. Chernousko F.L. Optimal motion of a two-body system in a resistive medium // Journal of Optimization Theory and Applications. 2010. № 147. P. 278–297.
2. Черноусько Ф.Л. О перемещении тела в жидко-

сти за счет колебаний присоединенного звена // Докл. РАН. 2010. № 431. С. 46–49.

3. Болотник Н.Н., Зейдис И.М., Циммерман К., Яцун С.Ф. Динамика управляемых движений вибрационных систем // Изв. РАН. Теория и системы управления. 2005. №3. С. 149–156.

**INVESTIGATION OF THE MOVEMENT OF A THREE-MASS VIBRATING ROBOT
ALONG A CURVED TRAJECTORY**

L. Yu. Volkova, S.F. Jatsun, I.V. Lupehina

A mathematical model of a mobile vibrating robot moving along a curved trajectory on a horizontal surface due to the motion of two internal masses and external asymmetrical force of viscous friction is presented. The results of modeling of movement of the object are given.

Keywords: three-mass mobile vibrating robot, curved trajectory, force of a viscous friction, modeling, internal mass.