С. Сейфуллиннің 125 жылдығына арналған **«Сейфуллин оқулары – 15: Жастар, ғылым, технологиялар: жаңа идеялар мен перспективалар»** атты халықаралық ғылыми-теориялық конференциясының материалдары = Материалы Международной научно-теоретической конференции **«Сейфуллинские чтения – 15: Молодежь, наука, технологии - новые идеи и перспективы»**, приуроченной к 125 летию С. Сейфуллина. - 2019. - Т.I, Ч.1 - С.205-208

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАТОРА НАПРАВЛЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ

Санкибаев Т. Е., Горбунов Б. Н.

В настоящее время в народном хозяйстве нашли широкое применение вибраторы направленных колебаний, сферой их использования является машиностроение, транспорт, строительство. Согласно проведённых исследований [1,2] перспективным направлением вибрации является сельскохозяйственная техника, почвообрабатывающие машины.

Механическая система (рис.1) состоит из несущей рамы и на нем жестко закреплен вибратор. Вибратор состоит из трех шестерен с одинаковыми радиусами и к шестерням прикреплены массы: для первой шестерни $m_1=2m$, для второй и третей шестерни $m_2=m_3=m$, находящихся от оси вращения на одинаковых расстояниях $O_1C_1= O_2C_2= O_3C_3=r$. Масса рамы механизма равна m_4. Шестерни имеют одинаковые угловые скорости w_1, углы вращения шестерён равны (рис.1):

$$\left.\begin{array}{r}\varphi_1 = \varphi = \omega t,\\ \varphi_2 = \varphi_3 = -(\omega t + \pi).\end{array}\right\} \quad (1)$$

На механизм действуют силы: $m_1\vec{g}$, $m_2\vec{g}$, $m_3\vec{g}$–силы тяжести дебаланса,$m_4\vec{g}$ – силы тяжести рамы с шестернями. $\vec{F_1}$ и$\vec{F_2}$- проекции силы трения на оси Ox и Oy , $\vec{N}$- равнодействующая нормальной реакции земли, $\vec{P}$-сила тяги.

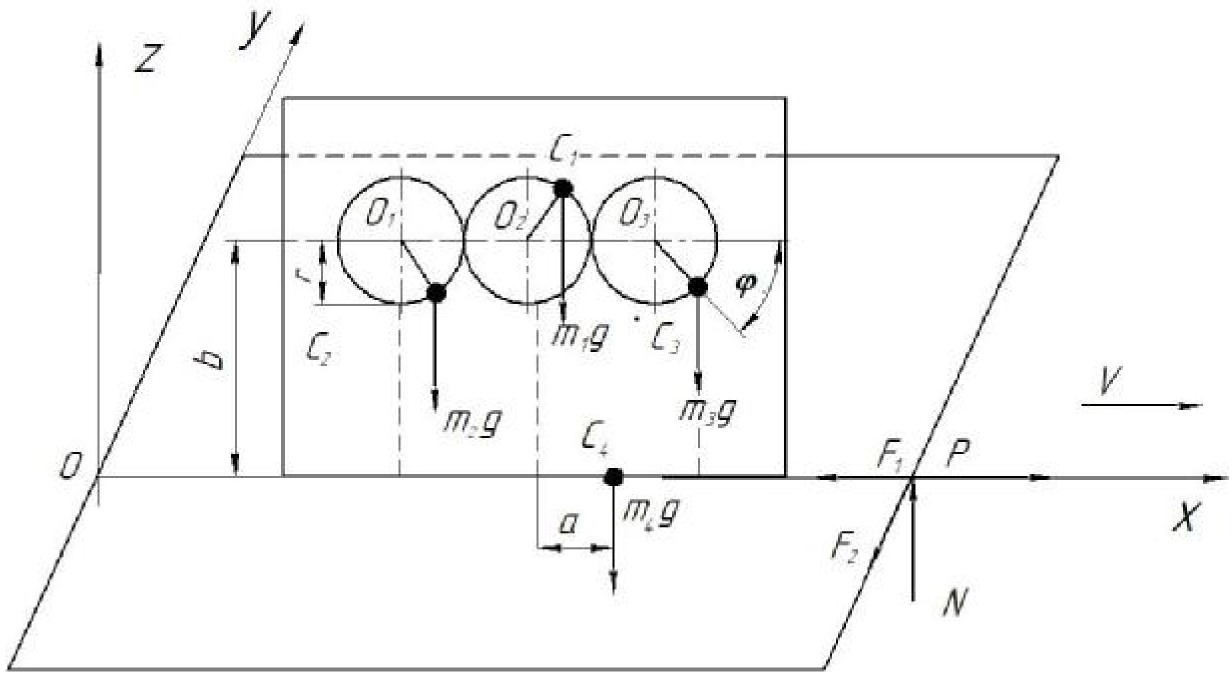

Рисунок 1- Схема вибратора

Рассмотрим, когда вибратор расположен вертикально на раме, в плоскости *Oxz*. Плоскость *Oxz* является плоскостью симметрии основания. Тогда координаты дисбалансов $C_1(x_1,y_1,z_1)$, $C_{12}(x_2,y_2,z_2)$, $C_3(x_3,y_3,z_3)$ и центры тяжести основы с шестернями - $C_4(x_4,y_4,z_4)$, определятся согласно следующих выражений (рис.1):

$$\left.\begin{aligned} & x_1 = x_4 - a + r\, sinj\ , x_2 = \\ & x_4 - a - 2r + r\, sinj\ , \\ & x_3 = x_4 - a + 2r + r \\ & sinj\ , \\ & z_1 = z_4 + b + r\, cosj\ , \\ & z_2 = z_4 + b + r\, cosj\ , \\ & z_3 = z_4 + b + r\, cosj\ , \\ & y_1 = y_2 = y_3 = y_4 = 0\ . \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

здесь*a, b,r* – постоянныевеличины.

Дляданногомеханизматеоремаодвижениицентрамассмеханической системы имеет такой вид:

$$M\overrightarrow{W_c} = \vec{P} + \vec{N} + \overrightarrow{F_1} + \overrightarrow{F_2} + m_1\vec{g} + m_2\vec{g} + m_3\vec{g} + m_4\vec{g}, \qquad (3)$$

здесь $M=m_1+m_2+m_3+m_4$ - масса механической системы, $\overrightarrow{W_c}$ ускорения центра масс системы.

Проекции этого векторного уравнения на оси координат *Oxyz* равны:

$$\left.\begin{aligned} &M\ddot{x}_c=\vec{P}+\vec{F_1},\\ &M\ddot{y}_c=-\vec{F_2},\\ &M\ddot{z}_c=\vec{N}-m_1\vec{g}-m_2\vec{g}-m_3\vec{g}-m_4\vec{g},\end{aligned}\right\}\qquad(4)$$

здесь

$$\left.\begin{aligned} &M\ddot{x}_c=M\ddot{x}_4-r\omega^2 4\,m\sin\varphi,\\ &M\ddot{y}_c=M\ddot{y}_4,\\ &M\ddot{z}_c=M\ddot{z}_4.\end{aligned}\right\}\qquad(5)$$

Следовательно система уровнений 4 имет вид:

$$\left.\begin{aligned} &M\ddot{x}_4-r\omega^2 4\,m\sin\varphi=\vec{P}+\vec{F_1},\\ &M\ddot{y}_4=0=-\vec{F_2},\\ &M\ddot{z}_4=\vec{N}-4m\vec{g}-m4\vec{g}.\end{aligned}\right\}\qquad(6)$$

Так как центр тяжести $\ddot{z}_4=0;$ то $\vec{N}-4m\vec{g}-m_4\vec{g}=0.$

Следовательно, проекция силы трения на осьOx:

$$\vec{F_1}=f\vec{N}=f\vec{g}(4m-m_4).\qquad(7)$$

Тогда первое уровнение формулы (5) примет такой вид:

$$M\ddot{x}_4-r\omega^2 4\,m\sin\varphi=\vec{P}-f\vec{g}(4m-m_4).$$

Следовательно закон движения основы механизма

$$\ddot{x}_4=\frac{1}{M}\left[\vec{P}-f\vec{g}(4m-m_4)+r\omega^2 4\,m\sin\omega t\right].\qquad(8)$$

Если P =const, тогда

$$\ddot{x}_4==\frac{1}{M}\left[\vec{P}-f\vec{g}(4m-m_4)+r\omega^2 4\,m\sin\omega t\right]=T\text{-const}\qquad(9)$$

Следовательно

$$\dot{x}_4=Tt+c_1-4\,mr\cos\omega t,$$

$$x_4=T\frac{t^2}{2}+c_1+c_2-4\,m\,r\sin\omega t,$$

где c_1,c_2 -интегральные постоянные определятся из начальных условий $t=0;$ $x_{4o}=0;\dot{x}_4=V_o.$

$$x_4=T\frac{t^2}{2}+V_o t-4\,m\,r\sin\omega t.\qquad(10)$$

Если рассматриваемая система имеет установившиеся движение, $M\ddot{x}_c=0$в уравнении (5)т.е. центр масс системы движения равномерно $V=V_0$, , тогда из формулы (6) первое уравнение примет вид:

$$M\ddot{x}_4-r\omega^2 4\,m\cos\omega t=0,$$

$$\ddot{x}_4==\frac{1}{M}r\omega^2 4\,m\sin\omega t,$$

$$\dot{x}_4 = = \frac{1}{M}\omega^2 4\, m \cos\omega t + c_1,$$

$$x_4 = -\frac{4m}{M}\sin wt + c_1 t + c_2,\ \text{т.к. } t=0,\ V_{40}=V_0.$$

Тогда

$$x_4 = V_0 t - \frac{4m}{M}\sin wt. \quad (11)$$

На основании теоретических исследований установлено что движущая несущая рама колеблется с циклической частотой ω по направлению движения, создаваемой силой тяги Р, амплитуда колебаний равна $\frac{4m}{M}$.Вышеуказанные характеристики позволяют использовать вибратор направленных колебаний при обработке почвы с целью уменьшения тягового сопротивления почвообрабатывающих агрегатов.

Список литературы

1.Горячкин В.П. Собрание сочинений. Т.2.М.:Колос,1968. 480 с.

2.Константинов М.М., Дроздов С.Н., Туманов А.У., КукаевХ.С., Найманов И.Д. Почвообрабатывающие орудия с источником направленных колебаний// Материалы ФГБОУ ВПО Оренбургский ГАУ, 87-89с.

3.Бухгольц, Н. Н. Основной курс теоретической механики. В 2-х ч. Ч. 2. Динамика системы материальных точек: учеб. Пособие Текст. / Н.Н. Бухгольц. 7-е изд., стер. — СПб.: Лань, 2009. -336 с.: ил.

4.Angeles, J. Fundamentals of Robotic Mechanical Systems: Theory, Methods, and Algorithms Springer (Mechanical Engineering Series) Текст. / J. Angeles, 2006. 549 с.