

УДК 502/504:631.311.5

В. А. ПЕРОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

ОЦЕНКА ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ФРОНТАЛЬНОГО ПОГРУЗЧИКА ПРИ УЧЕТЕ СЛУЧАЙНОГО ХАРАКТЕРА НЕРОВНОСТЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

Фронтальный погрузчик с грузом перемещается по неровностям со случайным профилем. Это вызывает случайные колебания в машине и увеличивает динамическую нагруженность. Получены зависимости статистических характеристик ускорений точек погрузчика. Сделаны выводы о влиянии параметров погрузчика на динамическую нагруженность.

Фронтальный погрузчик, случайные колебания, расчетная динамическая система, динамическая нагруженность, статистические характеристики.

Front loader with its load moves on rough grounds of random profile. This causes random vibrations in the machine and increases dynamic loading. The dependencies of statistic characteristics of accelerations of loader's points were received. There were drawn conclusions on the influence of loader's parameters on dynamic loading.

Front loader, random vibrations, rated dynamic system, dynamic loading, statistical characteristics.

Для механизации погрузочно-разгрузочных работ, в том числе и в сельском хозяйстве, используют фронтальные погрузчики напорного действия [1]. Конструктивное оформление машин фронтальных погрузчиков следующее: опорная рама для связи погрузчика с трактором (колесным чаще всего), подъемная стрела, гидроцилиндры подъема, рабочий орган.

Фронтальный погрузчик, работающий в крановом режиме, представляет собой весьма сложную колебательную систему, которую с достаточной точностью можно привести к расчетной динамической системе (схеме) с тремя степенями свободы (рис. 1).

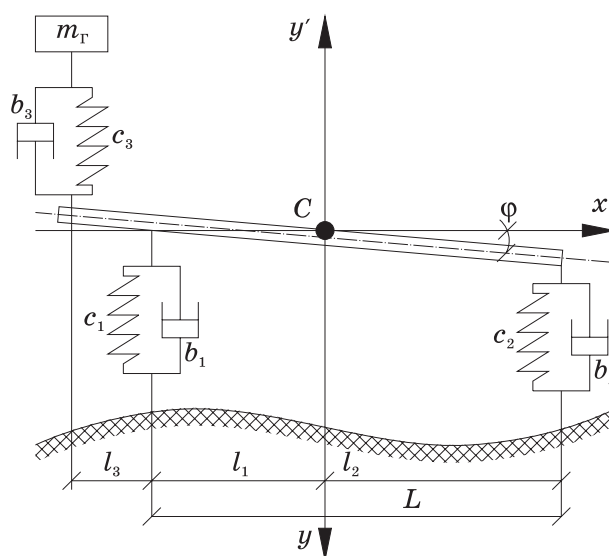


Рис. 1. Расчетная динамическая схема погрузчика

Применив уравнения Лагранжа 2-го порядка, после преобразований получим систему дифференциальных уравнений для обобщенных координат:

$$q_1 = y; q_2 = \Phi; q_3 = y_{\Gamma},$$

где y – перемещение центра тяжести трактора; Φ – угол поворота вокруг центра тяжести; y_{Γ} – перемещение груза.

Система имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} & a_{11}\ddot{q}_1 + a_{12}\ddot{q}_2 + a_{13}\ddot{q}_3 + b_{11}\dot{q}_1 + \\ & + b_{12}\dot{q}_2 + c_{11}q_1 + c_{12}q_2 = c_{11}y_0; \\ & a_{21}\ddot{q}_1 + a_{22}\ddot{q}_2 + a_{23}\ddot{q}_3 + b_{21}\dot{q}_1 + \\ & + b_{22}\dot{q}_2 + c_{21}q_1 + c_{22}q_2 = c_{21}y_0; \quad (1) \\ & a_{31}\ddot{q}_1 + a_{32}\ddot{q}_2 + a_{33}\ddot{q}_3 + b_{31}\dot{q}_1 + b_{32}\dot{q}_2 \\ & + b_{33}\dot{q}_3 + c_{31}q_1 + c_{32}q_2 + c_{33}q_3 = 0. \end{aligned}$$

В матричной форме:

$$L\ddot{\bar{q}} = A\ddot{\bar{q}} + B\dot{\bar{q}} + C\bar{q} = D\bar{y}_0,$$

где матрицы

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}; B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & 0 \\ b_{21} & b_{22} & 0 \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{bmatrix};$$

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & 0 \\ c_{21} & c_{22} & 0 \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} \end{bmatrix}; D = \begin{bmatrix} c_{11} \\ c_{22} \\ 0 \end{bmatrix};$$

векторы

$$\bar{q} = \begin{bmatrix} y \\ \Phi \\ y_{\Gamma} \end{bmatrix}; \bar{y}_0 = \begin{bmatrix} y_0 \\ y_0 \\ 0 \end{bmatrix};$$

y_0 – функция неровностей поверхности движения погрузчика.

Элементы матриц A , B и C записываются так:

$$\begin{aligned} & a_{11} = 1 + \eta_{12} + \eta_{13}; \\ & a_{12} = l_1 - \eta_{12}l_2 + \eta_{13}l_2; a_{13} = \eta_{13}; \\ & a_{21} = 1 + \eta_2 - \eta_{23}; \\ & a_{22} = \eta_2l_1 - \eta_{23}l_2 - l_2; \\ & a_{23} = -\eta_{23}; a_{31} = 1; a_{32} = l_2; a_{33} = 1; \\ & b_{11} = 2\varepsilon_1; b_{12} = 2\varepsilon_1l_2; b_{13} = 0; \\ & b_{21} = 2\varepsilon_2; b_{22} = -2\varepsilon_2l_2; \\ & b_{23} = 0; b_{31} = 2\varepsilon_3(1 - \alpha + \alpha_1); \\ & b_{32} = 2\varepsilon_3(l_2 - \alpha l_1 - \alpha_1l_2); \\ & b_{33} = 2\varepsilon_3; c_{11} = \omega_1^2; c_{12} = \omega_1^2l_1; \\ & c_{13} = 0; c_{21} = \omega_2^2; c_{22} = -\omega_2^2l_2; \\ & c_{23} = 0; c_{31} = \omega_3^2(1 - \alpha + \alpha_1); \\ & c_{32} = \omega_3^2(l_2 - \alpha l_1 - \alpha_1l_2); c_{33} = \omega_3^2, \end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned} \omega_1 &= \sqrt{\frac{c_1}{m_1}}; \omega_2 = \sqrt{\frac{c_2}{m_2}}; \omega_3 = \sqrt{\frac{c_3}{m_{\Gamma}}}; \\ \varepsilon_1 &= \frac{b_1}{2m_1}; \varepsilon_2 = \frac{b_2}{2m_2}; \varepsilon_3 = \frac{b_3}{2m_3}; \end{aligned}$$

m_{Γ} – масса груза; c_1, c_2, c_3 – жесткости передних и задних шин трактора и стрелы погрузчика (с учетом жесткости гидросистемы); b_1, b_2, b_3 – коэффициенты сопротивления в передних и задних шинах трактора и гидроцилиндрах подъема погрузчика;

$$\begin{aligned} \eta_1 &= \frac{m_3}{m_1}; \eta_2 = \frac{m_3}{m_1}; m_3 = m_{\Gamma} \frac{(l_1l_2 - \rho^2)}{L^2}; \\ \eta_{23} &= \frac{m_{\Gamma}}{m_2} \alpha; \eta_{13} = \frac{m_{\Gamma}}{m_1} \alpha; \alpha = \frac{l_3}{L}; \alpha_1 = \alpha + 1. \end{aligned}$$

Приведем массы трактора к передней оси m_1 и к задней оси m_2 :

$$m_1 = m_{\Gamma} \frac{(l_2^2 + \rho^2)}{L^2}; m_2 = m_{\Gamma} \frac{(l_1^2 + \rho^2)}{L^2},$$

где m_{Γ} – масса трактора; l_1, l_2 – расстояние от центра тяжести трактора до передней и задней осей соответственно; L – база трактора; ρ – радиус инерции трактора относительно оси, проходящей через центр тяжести.

Неровности y_0 поверхности движения погрузчика будем считать однородной случайной функцией с известной матрицей спектральных плотностей $S_{\bar{y}_0}(\omega)$ [1].

При помощи соотношений статистической динамики получаем формулу для матрицы спектральных плотностей обобщенных координат [2]:

$$S_{\bar{q}}(\omega) = H^*(-i\omega)S_{\bar{y}_0}(\omega)H(i\omega),$$

где матрица $H(i\omega) = L^{-1}(i\omega)$; $i = \sqrt{-1}$; звездочкой обозначена комплексно-сопряженная матрица.

Для определения матрицы H применяем следующую формулу [3]:

$$H(i\omega) = A_2 - iB_2,$$

$$\text{где } A_2 = (A_1 + B_1A_1^{-1}B)^{-1}; B_2 = A^{-1}B_1A_1 = A_1B_1A_1^{-1}; A_1 = (i\omega)^2A + C; B_1 = \omega B.$$

Здесь также введено обозначение вектора:

$$\bar{f}_0 = \begin{bmatrix} c_{11} & y_0 \\ c_{21} & y_0 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Вычислим элементы матрицы выходных координат $Sq_jq_k(\omega)$ (действительную часть), а также соответствующие дисперсии:

$$\sigma_{q_1}^2 = \int_{-\infty}^{\infty} Sq_1q_1(\omega)d\omega;$$

$$\sigma_{q_2}^2 = \int_{-\infty}^{\infty} Sq_2q_2(\omega)d\omega;$$

$$\sigma_{q_3}^2 = \int_{-\infty}^{\infty} Sq_3q_3(\omega)d\omega.$$

Если взять параметры известной машины $m_T = 1,02 \text{ кг см}^2/\text{см}$, $c_1 = 860 \text{ кг/см}$, $c_2 = 680 \text{ кг/см}$, $c_3 = 160 \text{ кг/см}$, $\alpha = 0,84$, то после вычислений можно построить следующие зависимости (рис. 2).

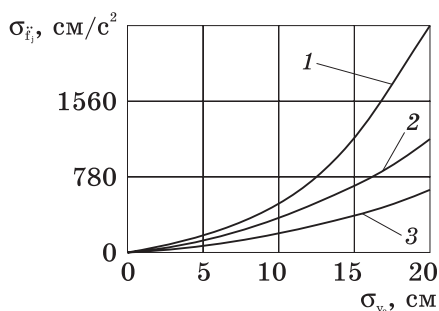


Рис. 2. Зависимости среднеквадратичных ускорений \ddot{f}_j от среднеквадратичной неровности: 1 – на переднем мосте; 2 – на конце стрелы; 3 – на заднем мосте

Дисперсии ускорений соответствующих точек погрузчика определим по следующей формуле:

$$\sigma_{\ddot{f}_j}^2 = \int_{-\infty}^{\infty} \omega^4 S_{f_j f_j}(\omega) d\omega, \dots j = 1, 2, 3,$$

где $\ddot{f}_1 = \ddot{q}_1 \pm l_1 \ddot{q}_2$; $i=1,2$; $\ddot{f}_3 = \ddot{q}_3$ – ускорения на передней и задней осях трактора и ускорение груза на стреле соответственно.

Выводы

Из трех рассматриваемых случаев динамического нагружения наибольшую

опасность представляет преодоление неровностей передними колесами трактора.

Наибольшее влияние на динамическую нагруженность погрузчика оказывают следующие параметры: жесткость стрелы c_3 , жесткость передних шин (жесткость подвески) c_1 , относительный вылет стрелы α .

Полученные зависимости динамической нагруженности несущих конструкций погрузчика и трактора от конструктивных параметров могут быть использованы при проектировании новых конструкций погрузчиков.

1. Мелиоративные и строительные машины / Б. А. Васильев [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1986. – 431 с.

2. Болотин В. В. Случайные колебания упругих систем. – М.: Наука, 1979. – 335 с.

3. Перов В. А. Стохастические задачи оптимизации параметров и оценки надежности нелинейных упругих систем (узлов) машин. – М.: ФГОУ ВПО МГУП, 2000. – 232 с.

Материал поступил в редакцию 10.05.12.

Перов Виктор Александрович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Теоретическая механика и теория машин и механизмов»
Тел. 8 (499) 976-05-75

УДК 502/504:629.113

С. А. ТИШКИН, В. А. ЕВГРАФОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АВТОТРАНСПОРТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВЫ В РАЙОНЕ ИХ ДЕЙСТВИЯ

Рассмотрены проблемы и степень влияния антигололедных мероприятий на экологическую обстановку в районе расположения источников природопользования.

Предельно допустимая концентрация, степень влияния, концентрация загрязняющих веществ, объем выбросов.

There are considered problems and degree of influence of anti-rime ice measures on the ecological environment in the area of location of nature management sources.

Maximum permissible concentration, degree of influence, concentration of polluting matters, volume of emissions.