

экспериментов по повышению надежности рабочих элементов машин и оборудования природообустройства были установлены этапы планирования экспериментальных исследований.

Предложена процедура определения минимального числа повторяемости информации объектов наблюдения, которая увеличивается с увеличением объема наработки машин и оборудования, следовательно, относительная ошибка среднего значения исследуемой величины постоянно убывает.

1. Бешелев С. Д., Гурвич Ф. Г. Математико-статистические методы экспертных

оценок. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Статистика, 1980. – 263 с.

2. Муйземнек А. О., Богач А. А. Математическое моделирование процессов удара и взрыва в программе LS-DYNA: учебное пособие. – Пенза: информационно-издательский центр ПГУ, 2005. – 106 с.

Материал поступил в редакцию 05.04.12.

Бондарева Галина Ивановна, кандидат технических наук, доцент

Тел. 8-903-296-41-64

E-mail: Boss2569@yandex.ru

Орлов Борис Намсынович, доктор технических наук, профессор кафедры «Технология металлов и ремонт машин»

Тел. 8 (499) 976-21-61

УДК 502/504:631.311.5

В. А. ПЕРОВ

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

МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ДИНАМИКИ ЗЕМЛЕРОЙНОЙ МАШИНЫ ПРИ УЧЕТЕ ДЕЙСТВИЯ СЛУЧАЙНЫХ НАГРУЗОК

В процессе работы на землеройные машины действуют случайные нагрузки. Для динамической эквивалентной системы машины (бульдозера с рабочим оборудованием) разработана методика составления системы дифференциальных уравнений движения в матричной форме. Определены матрицы спектральных плотностей обобщенных координат.

Землеройная машина, бульдозер с рабочим оборудованием, динамическая эквивалентная система, система дифференциальных уравнений в матричной форме, матрицы спектральных плотностей.

In the course of work earthmoving machines are affected by random loads. For the machine dynamic equivalent system (a bulldozer with the working equipment) a method is developed for drawing up a system of differential equations of motion in the form of a matrix. Matrixes of spectral densities of the generalized coordinates are determined.

Earthmoving machine, bulldozer with working equipment, dynamic equivalent system, system of differential equations in the matrix form, matrixes of spectral densities.

Для механизации гидромелиоративных работ используют различные землеройные и мелиоративные машины. В процессе работы на землеройную машину действуют разнообразные виды нагрузок, в том числе и случайные нагрузки [1]. Машину вместе с рабочим оборудова-

нием, рамой, двигателем и трансмиссией рассматривают как ряд сосредоточенных масс с определенными моментами инерции, соединенных упругими связями, в виде валов, муфт, редукторов, различных передач, обладающих соответствующей жесткостью. Такую систему называют

динамической эквивалентной системой [1].

В качестве землеройной машины рассмотрим бульдозер с рабочим оборудованием, на конструкцию которого наложим динамическую эквивалентную систему (рисунок).

Считаем, что вся энергия двигателя реализуется через трансмиссию и движители. Трансмиссия рассматривается как ряд сосредоточенных масс, обладающих моментом инерции: I_1 – вала двигателя и всех частей, приведенных к валу; I_2 – первичного вала передач; I_3 – промежуточного вала коробки передач; I_4 – вторичного вала коробки передач; I_5 – главной передачи; I_6 – боковых редукторов; I_7 – ведущих звездочек гусеничного движителя. Кроме этого, имеем сосредоточенные массы: m_1 – масса гусеничных тележек; $m_2 = (m - m_{p.o.} - m_1)$ – масса рамы; m – масса бульдозера; $m_{p.o.}$ – масса рабочего оборудования ($m_3 = m_{p.o.}$).

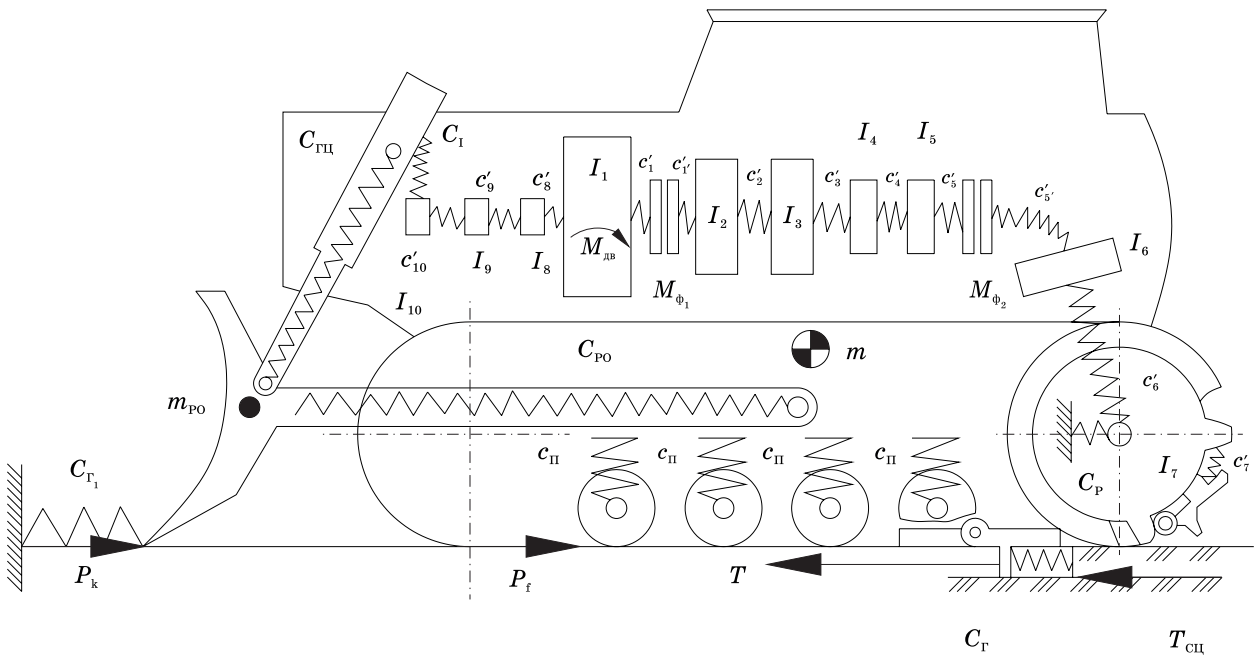
За обобщенные координаты для данной системы примем: углы поворота дискретных масс $\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3, \Phi_4, \Phi_5, \Phi_6, \Phi_7$; линейные перемещения S_1 – гусеничных тележек, S_2 – рамы бульдозера, S_3 – ножа бульдозера в направлении движения машины. Применяя уравнения Лагранжа 2-го порядка, после преобразований получим систему дифференциальных уравнений движения

для эквивалентной динамической системы (см. рисунок):

$$\begin{aligned} a_{11}\ddot{\Phi}_1 + b_{11}\dot{\Phi}_1 + c_{11}\Phi_1 - b_{12}\dot{\Phi}_2 - c_{12}\Phi_2 &= M; \\ a_{22}\ddot{\Phi}_2 + c_{22}\Phi_2 - c_{21}\Phi_1 - c_{23}\Phi_3 &= 0; \\ a_{33}\ddot{\Phi}_3 + c_{33}\Phi_3 - c_{32}\Phi_2 - c_{34}\Phi_4 &= 0; \\ a_{44}\ddot{\Phi}_4 + c_{44}\Phi_4 - c_{43}\Phi_3 - c_{45}\Phi_5 &= 0; \\ a_{66}\ddot{\Phi}_6 + c_{66}\Phi_6 + b_{66}\dot{\Phi}_6 - b_{65}\dot{\Phi}_5 - c_{65}\Phi_5 - c_{67}\Phi_7 &= 0; \\ a_{77}\ddot{\Phi}_7 + c_{77}\Phi_7 - c_{76}\Phi_6 - c_7 \frac{S_1}{r} &= 0; \\ m_1\ddot{S}_1 + d_1\dot{S}_1 + \left(c_p + \frac{c_7}{r^2} \right) S_1 - c_p S_2 - \frac{c_7}{r} \Phi_7 &= T - P_f; \\ m_2\ddot{S}_2 + d_2\dot{S}_2 + c_p S_2 - c_p S_1 - c_{p.o.} S_3 &= 0; \\ m_3\ddot{S}_3 + c_{p.o.} S_3 &= -P_k, \end{aligned} \tag{1}$$

где $a_{jj} = I_j$ ($j = 1, 2, \dots, 7$); $c_{11} = c_1 = c_{12} = c_{21}$; $c_{22} = (c_1 + c_2)$; $c_2 = c_{31} = c_{23}$; $c_3 = c_2 + c_3$; $c_3 = c_{34} = c_{43}$; $c_{44} = c_3 + c_4$; $c_4 = c_{45} = c_{54}$; $c_{66} = c_5 + c_6$; $c_5 = c_{65} = c_{56}$; $c_6 = c_{67} = c_{76}$; $c_{77} = c_6 + c_7$; c_j ($j = 1, 2, \dots, 7$) – крутильные жесткости элементов трансмиссии; $b_{11} = b_1, b_{12} = b_2$ – коэффициенты сопротивления при сцеплении (и бортовых фрикционных); $b_{66} = b_6, b_{65} = b_5$ – коэффициенты сопротивления в трансмиссии; d_1, d_2 – коэффициенты сопротивления для гусеничных тележек и рамы бульдозера; r – радиус зацепления ведущей звездочки; c_p – линейная жесткость рамы; $c_{p.o.}$ – линейная жесткость рабочего оборудования; $M_{дв}$ – момент на ободу двигателя; T – касательная сила тяги на ободу ведущего колеса (движущая сила); P_k – сила сопротивления копанью; P_f – сопротивление движению.

В матричной форме уравне-



Динамическая эквивалентная система для землеройной машины (бульдозер с рабочим оборудованием)

