

1. Решетов Д. Н., Иванов А. С., Фадеев В. З. Надежность машин – М.: Высшая школа, 1988. – 238 с.

2. Проников А. С. Параметрическая надежность машин – М.: Изд-во МГТУ имени Баумана, 2003. – 536 с.

3. Степнов М. Н., Шаврин А. В. Статистические методы обработки результатов механических испытаний: справочник. – М.: Машиностроение, 2007. – 400 с.

4. Детали машин и основы конструирования: учебник / М. Н. Ерохин[и др.]; под ред. М.Н. Ерохина. – М.: КолосС, 2005. – 462 с.

5. Стакян М. Г., Миракян Г. Г., Маргарян Э. А. Математическое моделирование

процесса коррозионного усталостного разрушения // Вестник Инженерной академии Армении (ВИАА). – 2010. – № 2. – Т. 7. – С. 194–200.

Материал поступил в редакцию 15.05.12.

**Чибухчян Сурен Смеилович**, кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой «Наземные транспортные системы»

Тел. 8-374-93-22-35-04

**Стакян Мигран Григорьевич**, доктор технических наук, профессор кафедры «Механика»

Тел. 8 (374) 52-03-48

**Попов Валентин Валентинович**, доктор технических наук, профессор кафедры «Тракторы и автомобили»

Тел. 8 (499) 976-07-44

УДК 502/504 : 631.3.004.67-631.145

**Г. И. БОНДАРЕВА**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина»

**В. Н. ОРЛОВ**

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

## ОБОСНОВАНИЕ ОБЪЕМА ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАБОЧИХ ЭЛЕМЕНТОВ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

*При обосновании объема необходимой информации и проведении наблюдений для изучения случайных величин предложена процедура определения минимального числа объектов наблюдений, при которой вначале устанавливаются оценки среднеарифметической величины изучаемого показателя и его дисперсия, а затем подсчитывается коэффициент вариации.*

*Информация, дисперсия, коэффициент вариации, наблюдения, наработка.*

*When substantiating a volume of the necessary information and carrying out observations for studying random varieties there is proposed a determination procedure of the minimal number of observation objects under which at first arithmetic mean value estimates of the indicator under study and its dispersion are established and then the coefficient of dispersion is calculated.*

*Information, dispersion, coefficient of variation, observations, volume of information and operating time.*

При проведении экспериментальных исследований возникает необходимость выбора теоретического закона распределения случайной величины, найденной

опытным путем. Для определения величин параметров технического состояния элементов машин и оборудования с достаточной точностью перед проведением

экспериментальных исследований необходимо установить минимальное необходимое число измерений.

Известно, что совокупность полученных в процессе испытаний значений измеряемой величины образует эмпирическое распределение, которое рассматривается обычно как некоторая «выборка» их «генеральной» совокупности, или теоретическое распределение всех возможных значений данной величины при бесконечно большом числе измерений [1].

Выборочные характеристики эмпирического распределения являются оценками для соответствующих характеристик теоретического распределения. При этом точность определения выборочных характеристик зависит от объема выборки и планирования экспериментальных исследований (рисунок).

Задача заключается в нахождении такого количества наблюдений  $N$ , при ко-

тором вероятность отклонения выборочного значения средней величины измеряемого параметра от генеральной средней на величину, большую  $\delta$ , была бы очень мала.

В процессе обоснования объема необходимой информации и проведении наблюдений для изучения случайных величин предложена процедура определения минимального числа объектов наблюдений, при которой вначале устанавливаются оценки среднеарифметической величины изучаемого показателя  $\bar{t}$  и его дисперсия  $S^2$ , а затем подсчитывается коэффициент вариации  $V_t$  (табл. 1).

Если заранее невозможно предположить, какой теоретический закон распределения использовать для выравнивания информации, то можно задаться ВБР элемента или машины, а также величиной односторонней доверительной вероятности  $\beta$  и ориентировочно определить

Этап 1



Планирование экспериментальных исследований

**Определение числа объектов наблюдений  $N$   
при известном законе распределения**

Закон распределения	Функция плотности вероятности	Расчетная зависимость
Экспоненциальный	$f(t) = \exp(-\lambda t); \lambda = 1/t\lambda$ при $t \geq 0$	$\delta + 1 = \frac{2N}{\chi^2_{1-\beta; 2N}}$
Вейбулла (ЗРВ)	$f(t) = b \cdot \lambda \cdot t^{b-1} \cdot \exp(-\lambda t)$ при $t \geq 0$	$V_t = \sqrt{\left\{ \frac{\Gamma\left(1 + \frac{2}{b}\right)}{\left[\Gamma\left(1 + \frac{1}{b}\right)\right]^2} \right\} - 1};$ $(\delta + 1)^b = \frac{2N}{\chi^2_{1-\beta; 2N}}$
Нормальный (ЗНР)	$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp[-(t - \bar{t})^2 / 2\sigma^2]$ при $t \geq$	$\frac{\delta}{V_t} = \frac{t_\beta(N-1)}{\sqrt{N}}$

Примечание:  $\lambda, b$  – параметры распределения;  $\delta$  – относительная ошибка среднего значения исследуемой случайной величины;  $\chi^2$  – критерий согласия Пирсона теоретического и статистического распределения изучаемой величины с заданной доверительной вероятностью  $\beta$ ;  $\sigma$  – среднеквадратическое отклонение случайной величины от среднего значения;  $\Gamma$  – гамма-функция;  $t_\beta$  – квантиль нормального распределения, принимаемый в соответствии с таблицей.

Таблица 2

**Определение минимального числа объектов наблюдений  
при неизвестном законе распределения**

$P(t)$	Значение $N$ при $\beta$			
	0,80	0,90	0,95	0,99
0,80	8	10	13	20
0,90	15	21	30	44
0,95	30	40	60	85
0,98	75	120	140	230
0,99	150	220	280	430

повторность информации  $N$ :

$$N = \frac{\ln(1 - \beta)}{\ln P(t)}, \tag{1}$$

где  $P(t)$  – заданная ВБР элемента в интервале наработки  $t$  (табл. 2).

Порядок определения числа объектов наблюдения при неизвестном законе распределения следующий [2]:

1. Задается установленная в соответствии с нормативной документацией минимальная величина ВБР  $P(t)$  в течение времени  $t$ .

2. Выбираются значения довери-

тельной вероятности  $\beta$ .

3. Для заданных значений  $P(t)$  и  $\beta$  по табл. 2 находится соответствующее число  $N$  объектов наблюдений.

Необходимо иметь в виду, что в процессе длительного наблюдения за совокупностью машин и оборудования повторность информации увеличивается по мере роста наработки и, следовательно, первоначальная величина относительной ошибки  $\delta$  постепенно убывает.

**Выводы**

С помощью анализа обоснования объема информации при проведении

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 работ 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