СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Капур К., Ламберсон Л. Надежность и проектирование систем / Пер. с англ.— М.: Мир, 1980.— 604 с.

Поступила 23 марта 1994 г.

УДК 630*377.44-192.001.57

*В. И. КУЧЕРЯВЫЙ*

Ухтинский индустриальный институт

# МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕСУРСА ДЕТАЛЕЙ ЛЕСНЫХ МАШИН ПО КРИТЕРИЮ ИЗНОСА

Методом Монте-Карло установлено, что если в уравнении динамики износа коэффициент имеет нормальное распределение, то ресурс детали подчиняется логнормальному распределению. Результаты получены реализацией предложенного алгоритма на ПЭВМ.

Using Monte-Karlo method, it has been stated that if in a dynamic wear equation a coefficient has normal distribution, a resource of a machine part is subject to lognormal distribution. The results are obtained by implementing the algorithm offered on PC.

Статистические данные по леспромхозам Республики Коми показывают, что около 40 % всех видов разрушений деталей лесной техники составляют отказы по причине износа. Особенно быстро изнашиваются такие детали ходовой части трелевочных тракторов, как катки и направляющие колеса. Для прогнозирования потребного числа запасных частей необходимо располагать ресурсными характеристиками деталей.

В детермированном виде ресурс детали $t$ по критерию износа определяется по формуле [1]

$$t = (I_0/a)^{1/\beta}, \tag{1}$$

где $I_0$ — предельный износ детали, мкм;
$a$ — коэффициент, мкм/ч;
$\beta$ — показатель в уравнении динамики износа.

Значение $I_0$ приводится в технических условиях на ремонт, а $\beta$ — в [1].

Для однотипных деталей, из-за изменчивости условий эксплуатации, величина $a$ в формуле (1) — случайная. Следовательно, ресурс детали $t$ есть функция одного случайного аргумента, т. е. $t = f(a)$. В [1] показано, что если коэффициент вариации $V_a = 0{,}1 \ldots 0{,}4$, то распределение $a$ подчиняется нормальному закону с математическим ожиданием (МО) $\bar{a}$ и стандартным отклонением (СО) $\sigma$.

В данной статье рассмотрим задачу по определению вероятностного закона распределения $t$ и числовые параметры ресурса: $\bar{t}$ (МО) и $\sigma_t$ (СО) в соответствии с формулой (1). Решение задачи выполним методом статистических испытаний (Монте-Карло) [2] с применением ПЭВМ. Порядок алгоритма заключается в следующем: вначале с помощью оператора *RND* $(x)$ (язык ТУРБО БЕЙСИК) генерируется последовательность статистически независимых чисел $y_1, y_2, \ldots, y_N$, равномерно распределенных от 0 до 1. Затем попарно вычисляют последовательность статистически независимых случайных чисел $z_1, z_2, \ldots, z_N$ с помощью соотношений

$$z_i = (-2 \ln y_i)^{1/2} \cos (2\pi y_{i+1}); \quad z_{i+1} = (-2 \ln y_i)^{1/2} \sin (2\pi y_{i+1}), \tag{2}$$

где $i = 1, 3, 5 \ldots$

Числовая случайная последовательность (2) имеет нормальное распределение с нулевым средним значением и дисперсией, равной 1.

Аргумент $a$ моделируем по нормальному закону, используя преобразование

$$\{a_N\} = \overline{a} + \{z_N\} \sigma. \tag{3}$$

Подставляя (3) в (1), получаем

$$\{t_N\} = \left(I_0/[\overline{a} + \{z_N\} \sigma]\right)^{1/\beta}, \tag{4}$$

где $N$ — число реализаций.

Выражение (4) моделирует числовую случайную последовательность ресурса детали $t$. Полученную последовательность $\{t_N\}$ обрабатывают статистически в целях установления теоретического распределения ресурса.

Выполним реализацию изложенного алгоритма на конкретном примере. Для катка трактора ТТ-4 известно: $I_0 = 1150$ мкм; $\beta = 1{,}1$; $\overline{a} = 0{,}55$ мкм/ч; $\sigma = 0{,}015$ мкм/ч. По разработанной программе, в соответствии с формулой (4), была получена случайная числовая последовательность $\{t_N\}$ размером $N = 1000$ значений, которую обрабатывали методами математической статистики по следующим теоретическим распределениям: $\beta$-, $\chi^2$-, Эрланга, показательному, Фишера, $\gamma$-, логнормальному, нормальному, Стьюдента, треугольному, равномерному на интервале, Вейбулла.

Наибольшая вероятность согласия $P = 0{,}62$ получена для логнормального распределения, что выше допускаемой $P = 0{,}05$. При этом значении критерий согласия $\chi^2 = 9{,}1$, а число степеней свободы 11. Результаты статистической обработки на ПЭВМ для логнормального закона распределения $t$, при заданных исходных данных, приведены в таблице. Параметры смоделированного распределения равны: $\overline{t} = 1043{,}99$ ч; $\sigma_t = 25{,}5$ ч. На основании полученных данных можно найти функцию распределения ресурса, интенсивность отказов, вероятность безотказной работы и потребное число запасных деталей на определенный период эксплуатации.

| Граница ресурса $t$, ч | | Частота | | $\chi^2$ |
|---|---|---|---|---|
| нижняя | верхняя | смоделированная | теоретическая | |
| $<990$ | 990 | 12 | 15,2 | 0,6867 |
| 990 | 1000 | 19 | 24,6 | 1,2939 |
| 1000 | 1010 | 51 | 49,5 | 0,0426 |
| 1010 | 1020 | 96 | 84,0 | 1,6998 |
| 1020 | 1030 | 119 | 120,9 | 0,0293 |
| 1030 | 1040 | 151 | 148,1 | 0,0567 |
| 1040 | 1050 | 156 | 155,3 | 0,0035 |
| 1050 | 1060 | 130 | 139,9 | 0,6952 |
| 1060 | 1070 | 114 | 108,7 | 0,2561 |
| 1070 | 1080 | 73 | 73,2 | 0,0007 |
| 1080 | 1090 | 41 | 42,9 | 0,0842 |
| 1090 | 1100 | 16 | 21,9 | 1,6096 |
| 1100 | 1110 | 14 | 9,8 | 1,7639 |
| $>1110$ | — | 8 | 5,8 | 0,8451 |