УДК 621.81:620

Л. М. Березін, канд. техн. наук, доцент
Київський національний університет технологій та дизайну

ДО ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ЗА ДАНИМИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

Оскільки шкарпеткові автомати мають послідовне з'єднання деталей і механізмів за вимогою надійності та характеризуються закінченим технологічним циклом, то вимоги до їх функціональної та параметричної надійності є важливими. З метою підвищення надійності автоматів в експлуатації та при проектуванні їх нових зразків із забезпеченням конструктивної спадковості використовують інформацію про відмови автоматів в умовах виробництва.

Рекомендації до організації та обробка даних експлуатаційних спостережень достатньо регламентовані [1], але обчислення показників надійності ускладнюється передусім встановленням закону розподілу випадкових значень шуканого параметру надійності. Недбалість при виборі розподілу може призводити до суттєвих помилок, що наочно показано за формулами таблиці для визначення, наприклад, середнього наробітку між відмовами (MTBF) для найбільш вживаних в теорії надійності законів розподілу.

Таблиця – Формули для визначення середнього наробітку між відмовами (MTBF)[2]

Закони розподілу			
Нормальний	Логарифмічно-нормальний	Експоненціальний	Вейбулла
MTBF=			
μ	$exp(\mu + 0{,}5\sigma^2)$	$1/\lambda$	$\eta\Gamma(1+m^{-1})$

Примітка. Використано наступні позначення: μ – середнє арифметичне; σ – середньо квадратичне відхилення; λ – інтенсивність відмов; η, m – параметри розподілу; $\Gamma(\cdot)$ – гамма-функція.

Пропонується першочергово використовувати двопараметричний закон розподілу Вейбула виду:

$$f(t)=\frac{m}{\eta}\left(\frac{t}{\eta}\right)^{m-1} exp\left[-\left(\frac{t}{\eta}\right)^{m}\right], \tag{1}$$

де η та m – параметри масштабу та форми розподілу.

Універсальність розподілу Вейбула очевидна у наступних випадках. При $m<1$ функції інтенсивності відмов $\lambda(t)$ та густини розподілу $f(t)$ від наробітку до відмови зменшуються. При $m=1$ розподіл має $\lambda(t)=const$ та $f(t)$ – спадаючу функцію, що характерно для експоненціального закону. При $m>1$ функція має одну вершину, функція $\lambda(t)$ має неперервне зростання: при $1<m<2$ з випуклістю вгору, а при $m>2$ – з випуклістю вниз. При $m=2$ функція $\lambda(t)$ є лінійною і розподіл Вейбула перетворюється в так званий розподіл Релея, який підходить до опису раптових відмов періоду приробітку деталей. При $m=3{,}3$ розподіл Вейбула близький до нормального, який переважно використовують при поступових відмовах, які характерні для зносу деталей.

Оцінку параметрів розподілу Вейбула доцільно виконувати методом найменших квадратів для лінійної системи з однією незалежною змінною (за часом). Якщо данні вибірки відповідають розподілу Вейбула, то маємо лінійне рівняння виду:

$$y=mx-m\ln\eta, \tag{2}$$

де $y=ln(-ln(1-F(t))$ та $x=ln\,t$ при $F(t)=1-exp\left[-\left(\frac{t}{\eta}\right)^{m}\right]$.

Після перевірки на відповідність між емпіричними $\hat{y}$ та теоретичними y_i значеннями розподілів за формулою

$$R^2=\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(y_i-\bar{y}\right)^2}{\sum_{i=1}^{n}\left(\hat{y}-\bar{y}\right)^2}, \tag{3}$$

де $\bar{y}$ – середнє значення y, можна визначати параметри розподілу η та m графічно [3] або розраховувати за формулами [4]:

$$m=b; \qquad \eta=exp(-\frac{a}{b}), \tag{4}$$

де a та b – коефіцієнти, що обчислюють за формулами в [4].

Параметри математичної моделі відмов Вейбулла також оцінюються методом максимальної правдоподібності при використанні способу послідовних наближень за формулами:

$$m = m_o + \frac{m_o \sum t^{m_o} (M \sum t^{m_o} + m_o \sum ln\, t \sum t^{m_o} - M m_o \sum t^{m_o}\; ln\, t)}{M((\sum t^{m_o}\;)^2 + m_o^2 \sum t^{m_o} (ln\, t)^2 - m_o^2 \sum t^{m_o}\; ln\, t)};$$

$$\eta = (\frac{\sum t^{m_o}}{M})^{1/ m_o}\ , \qquad (5)$$

де m_o та m – початкове та кінцеве наближення параметру форми до кореню рівняння максимізації функції правдоподібності;

M – кількість відмов в вибірці.

До важливої практичної особливості розподілу Вейбулла також можна віднести те, що надійність системи з послідовно з'єднаних однакових елементів, які підпорядковуються розподілу Вейбула, також підпадає під цей розподіл, що значно спрощує подальші розрахунки.

Список використаних джерел:

1. Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними: ДСТУ 3004-95. – К.: Держспожив-стандарт України, 1995. – 129с.

2. Березін Л.М. Оцінка довговічності та надійності в’язальних механізмів панчішно-шкарпеткових автоматів: монографія. – К.: КНУТД, 2013. – 191 с.

3.Решетов Д.Н., Иванов А.С., Фадеев В.З. Надежность машин. – М.: Высш. шк., 1988. – 238с.

4. Канарчук В.Є. Надійність машин / В.Є. Канарчук, С.К. Полянский, М.М. Дмитрієв. – К.: Либідь, 2003. – 424 с.