

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ МГНОВЕННОМ ОТКАЗЕ

Ольшанский В.И., Буравцов А.Л.

Функционирование любой механической системы характеризуется различными техническими параметрами [1]. Свойство системы сохранять значения основных технических параметров, обеспечивающих ее работоспособность, называется параметрической надежностью. Выход параметров за пределы допустимых значений приводит к потере работоспособности. Изменение параметров связано с взаимодействием многих элементов технической системы и носит случайный характер. Поэтому при исследовании работоспособности механических систем вся совокупность параметров рассматривается как случайная функция.

В данной работе прогнозирование показателей параметрической надежности механических систем: наработка до отказа t , вероятность безотказной работы $P(t)$, интенсивность отказов $l(t)$, рассматриваются в предположении, что выбросы стационарной эргодической случайной функции происходят мгновенно. В этом случае отказы возникают при выбросах технических параметров за уровень допустимого предела a . На рис.1 представлена схема отказов экспериментально зарегистрированной стационарной эргодической случайной функции $X(t)$. В этом случае любой выброс реализации $X(t)$ за допустимый предельный уровень a , квалифицируется как отказ, а любое текущее значение параметра можно представить как

$$X(t) = Q + C(t); \quad (1)$$

где: Q - начальное значение параметра;

$C(t)$ - случайные флуктуации параметра.

Распределение наработки до первого выброса (отказа) хорошо описывается [2] экспоненциальным законом с плотностью вероятности

$$f(t) = \lambda_a \exp(-\lambda_a t); \quad (2)$$

где: λ_a - интенсивность первых выбросов.

Однако сложные технические системы даже одного класса различаются исходным качеством изготовления и уровень a становится случайным, как и начальное значение Q реализаций. В подобных случаях отказы системы рассматриваются как мгновенное повреждение. С математической точки зрения все такие модели могут быть приведены к модели со случайным средним значением реализаций. Плотность вероятностей наработки до первого выброса при этом определяется рандомизацией плотности $f(t; Q)$ полученной по формуле (1):

$$f(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t, Q) f(Q) dQ.$$

Оценивание параметров распределения случайной функции при мгновенных отказах можно выполнять в такой последовательности:

1. Определяется начальное значение параметра:

$$Q = \frac{1}{(k+1)J} \sum_{k,i} X(t_k)$$

где: k - номер сеанса, $k = 0, 1, \dots, K$;

J - объем выбора единичных экземпляров;

i - номер единичного экземпляра, $i = 1; 2; \dots, I$.

2. Определяется дисперсия случайных флуктуаций параметра:

$$\sigma_c^2(t) = \frac{1}{J} \sum_{i=1}^J \sigma_c^2(t)$$

3. Определяется дисперсия производной случайных флуктуаций параметра:

$$\sigma_i^2(t) = \frac{1}{(k+1)J(L-1)} \sum_{L, L'} [C_k(t_L) - C_k(t_L - 1)]^2;$$

где: L - номер последнего дискретного измерения в сеансе;

$0 \leq t' \leq \theta$ - продолжительность сеанса.

4. Определяется интенсивность отказов

$$\lambda_a = \frac{1}{2\pi} \frac{\sigma_c'}{\sigma_c} \exp \left[-\frac{(a-Q)^2}{2\sigma_c^2} \right];$$

После оценивания параметров распределения можно определить показатели параметрической надежности: вероятность безотказной работы $P(t) = \exp(-\lambda t)$ и наработку на отказ $T = 1/\lambda$.

Литература:

1. Балдерс Э.К., Салениекс Н.К. Н.Т. Сборник "Точность и надежность механических систем" РПИ. Рига, 1981. с. 5-22.
2. Герцбах И.В., Кордонский Х.В. "Модели отказов". М.: Сов. радио, 1966. с.166.

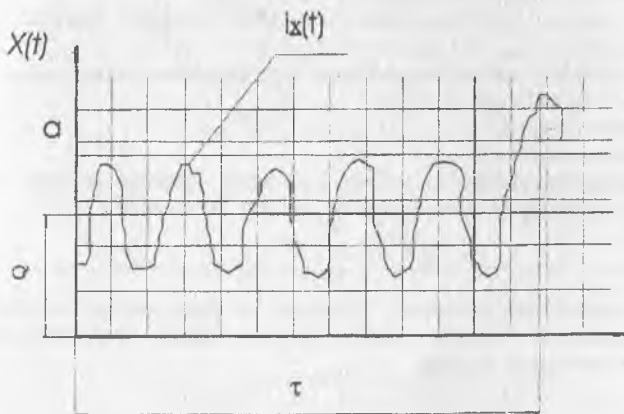


Рис. 1. Схема мгновенного отказа стационарной эргодической функции.