ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ УКОРОЧЕННЫХ ПО ВРЕМЕНИ ИСПЫТАНИЙ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Гайдаш М. А.

Кириллов В. И – д-р. техн. наук, профессор

Важнейшей технической характеристикой качества продукции является надежность. В самом понятии надежности заключается элемент некоторой неуверенности и неопределенности. Отсюда следует, что надежность это свойство изделий, которое можно оценить с помощью вероятностных характеристик, основанных на обработке опытных данных статистическими методами. Ввиду этого вероятностные методы определения показателей надежности позволяют вполне определенно и достаточно хорошо оценивать надежность работы различных технических изделий и систем.

В данной работе рассматриваются теоретические основы и практические методы решения задачи прогнозирования показателей надежности технической системы по результатам укороченных испытаний, проводимых в режиме нормальной эксплуатации. Расчеты позволяют определить, какой вид теоретического закона и с какими параметрами наилучшим образом аппроксимирует результаты эксперимента, а затем для найденного оптимального теоретического закона определить прогнозное значение гарантированного времени безотказной работы и ряд других важнейших показателей, которые будут обеспечены при нормальной эксплуатации системы[1].

Первый этап

Для решения указанных задач осуществим предварительную обработку исходных данных – результатов опытных испытаний, которые обычно представляют в виде набора пар данных (H_j, t_j), $j \in (1, N_0)$ где H_j – номер j-го изделия, присвоенный ему до начала испытания; t_j – время работы до отказа j-го изделия; N_0 – общее число изделий[3].

Примем $t_{\max}$ за максимальное время работы до отказа последнего изделия из партии. Представляемое число изделий в партии N_0>100, тогда разобьем рассматриваемый временной интервал $0 - t_{\max}$ на K одинаковых подинтервалов длительностью Δt, рассчитываемых из уравнений(1,2) [1,2,3]:

$$K \geq (1 + 1{,}4 \ln N_0) \quad 1 + 3{,}2 \lg N_0 \tag{1}$$

$$\Delta t = \frac{t_{\max}}{K} \ . \tag{2}$$

Результаты испытаний сведем в двухстрочную таблицу вида i–n_i, где в верхней строке укажем номер интервала i = 1, 2, … , K, а в нижней строке – число изделий n_i, вышедших из строя в промежутке времени $\Delta t \in (t_{i-1}, t_i)$ от $t_{i-1} = (i-1)\Delta t$ до $t_i = i\Delta t$. Результаты испытаний приведем в виде таблицы 1 (верхние две строки)[3]. Здесь K = 12; $i \in \overline{1,12}$; Δt = 10 ч; $N_0 = \sum_{i=1}^{12} n_i = 100.$

Таблица 1– Пример группирования опытных данных по интервалам

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
n_i	38	24	14	9	6	3	2	2	1	1	0	0
N_i	62	38	24	15	9	6	4	2	1	0	0	0
P_i	0,62	0,38	0,24	0,15	0,09	0,06	0,04	0,02	0,01	0	0	0
$f_i\Delta t$	0,38	0,24	0,14	0,09	0,06	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0	0
$\lambda_i\Delta t$	0,47	0,48	0,45	0,46	0,5	0,4	0,4	0,67	0,67	2	0	0

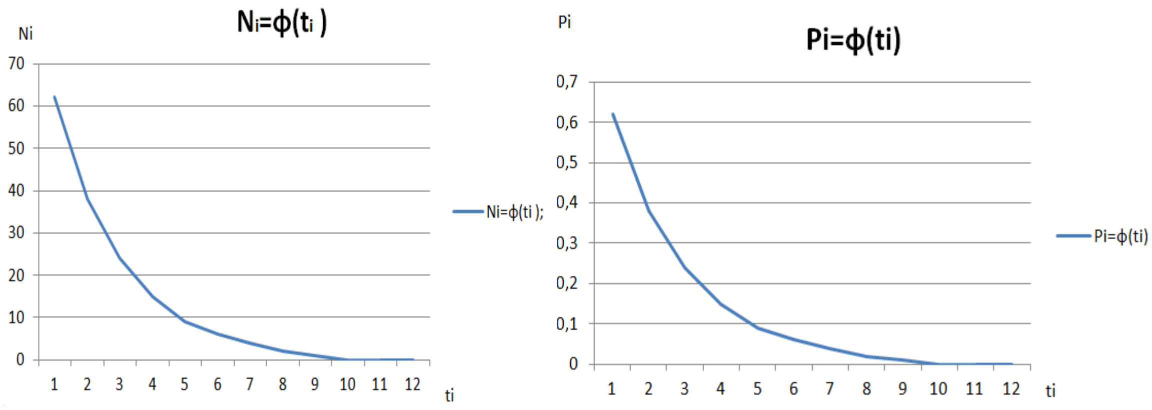
Результаты испытаний приведенные в первых двух строках таблицы 1, используем затем для определения выборочных значений других характеристик безотказной работы изделий по формулам а) $$P(t = i\Delta t) = P_i = \frac{N_i}{N_0} = 1 - \sum_{s=1}^{i} \frac{n_s}{N_0} = 1 - \frac{n_1 + kn_2 + .. + n_i}{N_0}$$

б) $$f_i = (P_{i-1} - P_i) / \Delta t = n_i / N_0 \Delta t; \; i \in \overline{1, K};$$ (3, а–в)

в) $$\lambda(t = (i - 0{,}5)\Delta t) = 2n_i / (\Delta t (N_i + N_{i-1}));$$

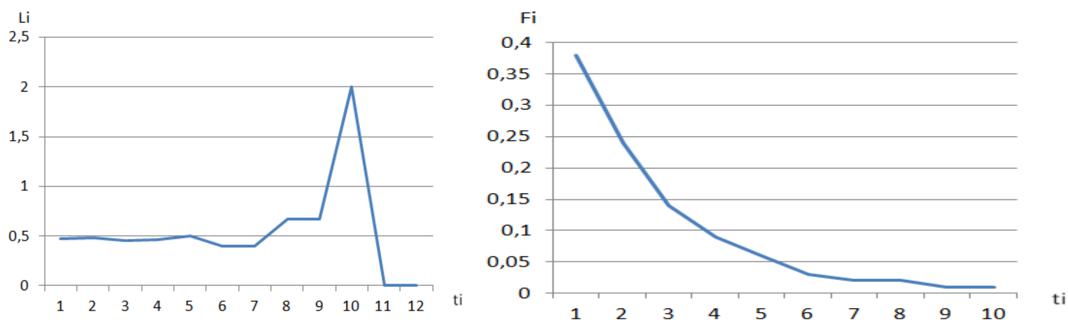
Второй этап

По результатам расчетов записанных в нижних строках таблицы 1 (строки 3–5) значения функций $N_i = N_0 - \sum_{s=1}^{i} n_s$; P_i, f_i и λ_i, рассчитанные по формулам (3, а–в) при времени t_i = 120 ч. и по исходным данным таблицы 1, которые приведены во второй строке этой таблицы, построим соответствующие им зависимости, которые показаны на рисунках (1, а, б) и (2, а, б).



а – $N_i = \varphi(t_i)$; б – $P_i = P(t_i)$

Рисунок 1 – Вид изменения функций $N(t_i)$ и $P(t_i)$ по данным таблицы 1



а – $\lambda(t_i) = \varphi(t_i)$; б – $f(t_i) = \varphi(t_i)$

Рисунок 2 – Зависимость во времени функций $f(t_i)$ и $\lambda(t_i)$ по данным таблицы 1

Затем, для расчета, выберем числовые характеристики (оценки, показатели) такие как выборочные начальные m_k и центральные d_e моменты (e = 1, 2 ,3, …)[2,3]. Наиболее распространенные характеристики это выборочные первый m_1 и второй m_2 моменты распределения и выборочня дисперсия d_2.

Третий этап

Третий этап прогнозирования заключается в выборе правильного теоретического закона распределения вероятности, который обеспечивает минимальное значение отклонения (4) по сравнению с другими вероятностными законами распределения [3].

В качестве «критерия близости» используем средний квадрат отклонений между значениями выбранной выборочной экспериментальной функции $\phi_Э(t_i)$ и соответствующей теоретической кривой $\phi_Т(t_i)$ в виде

$$\Delta_{\phi.1} = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^{K} (\varphi_Э(t_i) - \varphi_Т(t_i))^2 \qquad (4)$$

В заключении этой работы отметим что, при обработке статистическими методами данных, которые получены в результате проведения укороченных по времени испытаний технических систем, главной задачей будет являться нахождение подходящего теоретического закона распределения и его параметров с наименьшим отклонением от выборочных значений экспериментальной функции, полученных по результатам опытных испытаний.

Список использованных источников:

1. Александровская Я. Н. Теоретические основы испытаний и экспериментальная отработка сложных технических систем : учеб. пособие / Я. Н. Александровская [и др.]. – М.: Логос, 2003. – 736 с.
2. Большаков А. А. Методы обработки многомерных данных и временных рядов : учеб. пособие / А. А. Большаков, Р. Н. Каримов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 522 с.
3. Studopedia.org, Исследование функций надежности по результатам испытаний.[Электронный ресурс] – Режим доступа: https://studopedia.org/2-14103.html (дата обращения: 28.03.2018)