



УДК 681.31-192

П.В. СТРЕЛЬНИКОВ

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПОДКОНТРОЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Abstract: In work techniques of handlings of results of supervision about refusals of means at a small number of refusals (and even of absence of those) on the basis of use of is likelihood-physical model of refusals and are represented the additional aprioristic information, in particular, about factor of a variation of an operating time to refusal.

Key words: reliability, fail-safe tests, an average operating time to refusal (on refusal), confidential probability, a relative error.

Аномація: У роботі представлені методики обробки результатів спостережень про відмови технічних засобів при невеликій кількості відмов (і навіть при відсутності таких) на основі використання ймовірнісно-фізичної моделі відмов і додаткової апіорної інформації, зокрема, про коефіцієнт варіації напрацювання до відмови.

Ключові слова: надійність, випробування на надійність, середнє напрацювання до відмови (на відмову), відносна помилка.

Аннотация: В работе представлены методики обработки результатов наблюдений об отказах технических средств при небольшом числе отказов (и даже при отсутствии таковых) на основе использования вероятностно-физической модели отказов и дополнительной априорной информации, в частности, о коэффициенте вариации наработки до отказа.

Ключевые слова: надежность, испытания на надежность, средняя наработка до отказа (на отказ), доверительная вероятность, относительная ошибка.

1. Введение

В настоящей работе представлены оценки показателей надежности различных типовых устройств современной вычислительной техники на основании наблюдений в процессе эксплуатации этой техники. При этом были использованы новые методики обработки немногочисленных данных об отказах и прогнозирования показателей надежности на основе использования вероятностно-физической модели надежности, в частности, диффузионного немонотонного распределения.

2. Оценка показателей надежности по результатам наблюдений

Превалирующими процессами разрушения, приводящими к отказам (предельному состоянию) электронного и электротехнического оборудования, являются необратимые деградационные процессы типа объемная и контактная усталость, старение, а также электрические процессы. На основании рекомендаций стандартов [1–2] в качестве теоретической модели отказов электронного и электротехнического оборудования принимают диффузионное немонотонное распределение (DN -распределение).

При эксплуатационных наблюдениях, как правило, не планируют объем наблюдений, вид цензурирования, а обрабатывают конкретные наблюдаемые статистические данные об отказах за определенный период эксплуатации. По результатам полученных данных устанавливают точечные и граничные оценки показателей надежности, соответствующие наблюдаемой относительной ошибке и заданной доверительной вероятности оценки показателей надежности (или соответствующие наблюдаемой доверительной вероятности при заданной относительной ошибке).

В связи с малочисленностью отказов в рассматриваемом случае оценка коэффициента вариации наработки (оценка параметра формы DN -распределения) будет производиться на основе имеющейся априорной информации. Коэффициенты вариации наработки рассматриваемых объектов представлены в табл. 1.

Таблица 1. Значения коэффициентов вариации наработок и видов процессов разрушений объектов вычислительной техники

Наименование объектов	Основные виды разрушения (отказов)	Коэффициент вариации
Системный блок	Электрические процессы, усталость вследствие циклического нагрева, старение	0,6 – 1, 2
Монитор	Электрические процессы, старение, усталость вследствие циклического нагрева	0,6 – 1,2
Принтер	Старение, усталость материалов вследствие циклического нагружения, износ, механические разрушения	0,5 – 0,9

Следует отметить, что диапазон значений коэффициентов вариации наработок и видов процессов разрушений объектов вычислительной техники, представленных в данной таблице, получен на достаточно большом статистическом материале и соответствует доверительной вероятности не менее 0,9.

На рис. 1–3 представлены диаграммы эксплуатационных наблюдений (испытаний) исследуемых блоков вычислительной техники.

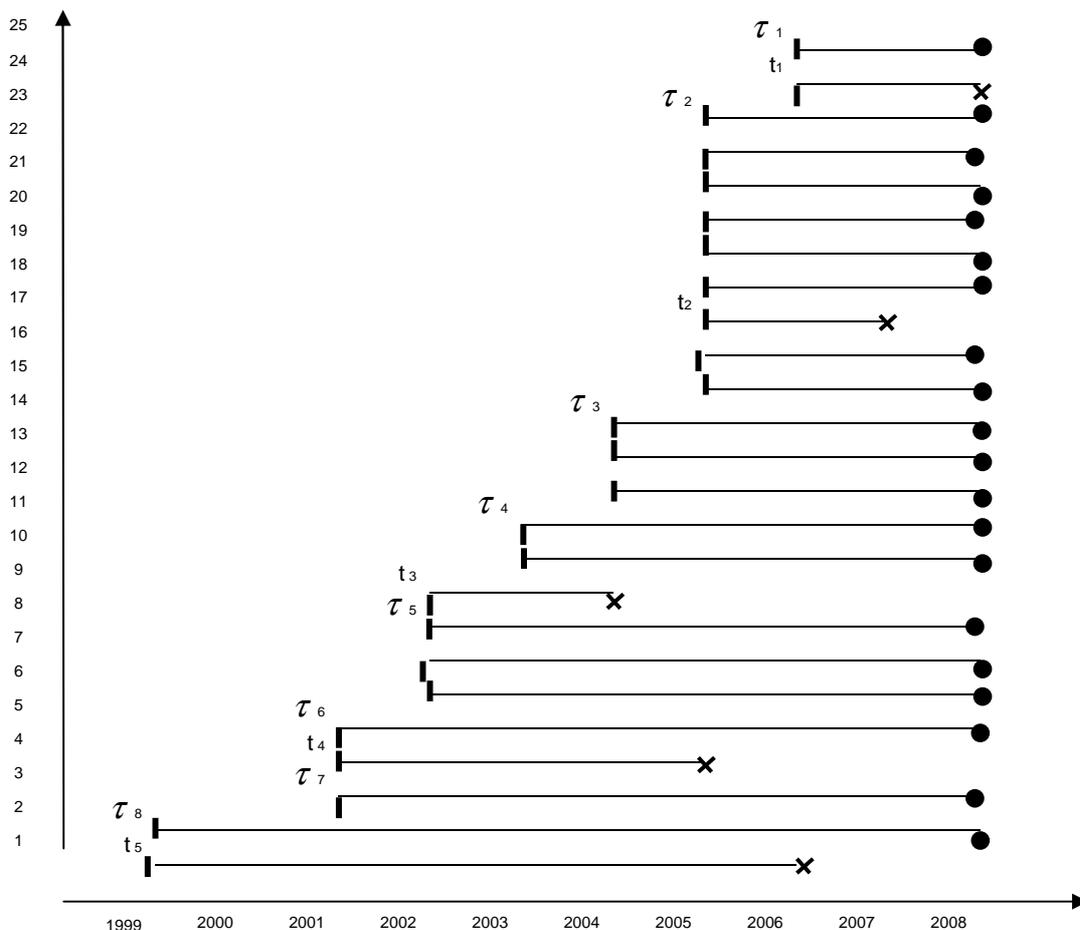


Рис. 1. Диаграммы наблюдений за эксплуатацией системных блоков (t – начало наблюдений, x – отказ, ● – приостановка наблюдений)

С учетом пятидневной рабочей недели и времени эксплуатации 6–8 часов в день принят коэффициент эксплуатации, равный $K_э = 0,2$, т.е. в течение года наработка каждого устройства составляет $t \approx 1900$ ч.

Оценка показателей надежности системных блоков (под наблюдением были системные блоки “Версия”, “Аспарк”, “Panadina”, “Delfics”), эксплуатационные диаграммы которых представлены на рис. 1, в соответствии со схемой многократного цензурирования и наличия отказов (малая выборка) сводится к следующей процедуре:

1. В связи с малым числом отказов (5 отказов) принимают среднее значение коэффициента вариации наработки до отказа системных блоков согласно табл. 1 $\nu = 0,9$.

2. По результатам наблюдений ($t_1 = 1900, t_2 = 3500, t_3 = 4700, t_4 = 7200, t_5 = 12600$) и ($\tau_1 = 1900, \tau_2 = 3400$ (6), $\tau_3 = 4600$ (2), $\tau_4 = 7100$ (3), $\tau_5 = 9400$ (2), $\tau_6 = 10200$ (3), $\tau_7 = 13100$ (2), $\tau_8 = 18050$) формируют вариационный числовой ряд по неубыванию суммарных наработок до отказа и до цензурирования:

$$(\tau_1, t_1, \tau_2 \text{ (6)}, t_2, \tau_3 \text{ (2)}, t_3, \tau_4 \text{ (3)}, t_4, \tau_5 \text{ (2)}, \tau_6 \text{ (3)}, t_5, \tau_7 \text{ (2)}, \tau_8).$$

3. Выбирают пять интервалов w . Граничные значения интервалов: t_1, t_2, t_3, t_4, t_5 .

4. Определяют значение эмпирической функции распределения на конец каждого интервала по формуле

$$F_j = F_{j-1} + (1 - F_{j-1}) \frac{r_j}{\left[N - \sum_{i=1}^{j-1} (r_i + n_i) \right]},$$

где $r_{j(i)}, n_{j(i)}$ – соответственно число отказов (полных наработок) и число неполных наработок в j (i) интервале ($j = 1, 2, \dots, w$).

Подставляем соответствующие значения в последнюю формулу и получаем

$$F_1 = 0,04, F_2 = 0,0817, F_3 = 0,1391, F_4 = 0,377, F_5 = 0,468.$$

5. Вычисляют точечную оценку параметра масштаба $\tilde{\mu}$ по формуле

$$\begin{aligned} \tilde{\mu} &= \frac{1}{w} \sum_{j=1}^w t_j [x(F_j; \tilde{\nu})]^{-1} = \\ &= \frac{1}{5} \left(\frac{1900}{x(0,04; 0,9)} + \frac{3500}{x(0,0817; 0,9)} + \frac{4700}{x(0,1391; 0,9)} + \frac{7200}{x(0,377; 0,9)} + \frac{12600}{x(0,468; 0,9)} \right) = \\ &= \frac{1}{5} \left(\frac{1900}{0,197} + \frac{3500}{0,25} + \frac{4700}{0,312} + \frac{7200}{0,377} + \frac{12600}{0,468} \right) = 16946 \text{ ч.} \approx 8,9 \text{ лет.} \end{aligned}$$

Таким образом, средняя наработка до отказа исследуемых системных блоков составляет $T_{cp} = \tilde{\mu} = 16946$ ч., или для принятого значения коэффициента эксплуатации порядка 9 лет.

На рис. 2 представлены результаты наблюдения за эксплуатацией 10 образцов мониторов (жидкокристаллические фирмы ViewSonic).

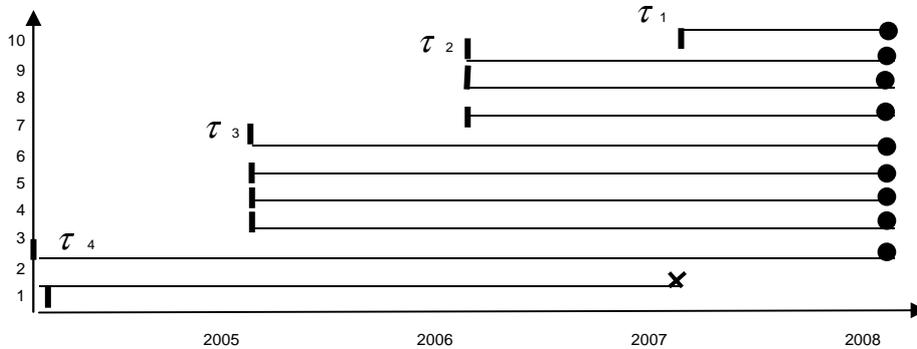


Рис. 2. Диаграммы наблюдений за эксплуатацией мониторов (| – начало наблюдений, x – отказ, • – приостановка наблюдений)

1. В связи с малым числом отказов (1 отказ) принимают среднее значение коэффициента вариации наработки до отказа исследуемых мониторов согласно табл. 1 $\nu = 0,9$.

2. По результатам наблюдений ($t_1 = 4900$) и ($\tau_1 = 800, \tau_2 = 3800$ (3), $\tau_3 = 4700$ (4), $\tau_4 = 7200$) формируют вариационный числовой ряд по неубыванию суммарных наработок до отказа и до цензурирования:

$$(\tau_1, \tau_2(3), \tau_3(4), t_1, \tau_4).$$

3. Выбирают два интервала w . Граничные значения интервалов: t_1, τ_4 .

4. Определяют значение эмпирической функции распределения на конец каждого интервала по вышеприведенной формуле: $F_1 = 0,1, F_2 = 0,1$.

Подставляем соответствующие значения в формулу для оценки параметра масштаба DN - распределения и получаем

$$\begin{aligned} \tilde{\mu} &= \frac{1}{w} \sum_{j=1}^w t_j [x(F_j, \tilde{\nu})]^{-1} = \frac{1}{2} \left(\frac{4900}{x(0,1; 0,9)} + \frac{7200}{x(0,1; 0,9)} \right) = \\ &= \frac{1}{2} \left(\frac{4900}{0,272} + \frac{7200}{0,272} \right) = 22243 \text{ ч.} \approx 11,7 \text{ лет.} \end{aligned}$$

Таким образом, средняя наработка до отказа исследуемых мониторов составляет $T_{cp} = \tilde{\mu} = 22243$ ч., или для принятого значения коэффициента эксплуатации порядка 12 лет.

На рис. 3 представлены результаты наблюдения за эксплуатацией 11 образцов лазерных принтеров HP Laser Jet (модели 1018, 1020, 1022).

1. В связи с отсутствием статистики отказов принимают среднее значение коэффициента вариации наработки до отказа исследуемых принтеров согласно табл. 1 $\tilde{V} = 0,7$ и верхнее значение $\bar{V} = 0,9$.

2. Поскольку за время наблюдений не было зафиксировано отказов и образцы имеют разное время эксплуатации, то вычисляют среднестатистическое значение наработки (в данном случае под наработкой понимают продолжительность включенного состояния):

$$\tilde{t}_u = \frac{1}{11} \sum_{i=1}^{11} \tau_i = \frac{1}{11} (1,3 \cdot 3 + 2 \cdot 3 + 2,7 \cdot 2 + 3,5 \cdot 3) = 2,345 \text{ лет.}$$

Или в часах $\tilde{t}_u = 2,345 \cdot 1900 = 4455 \text{ ч.}$

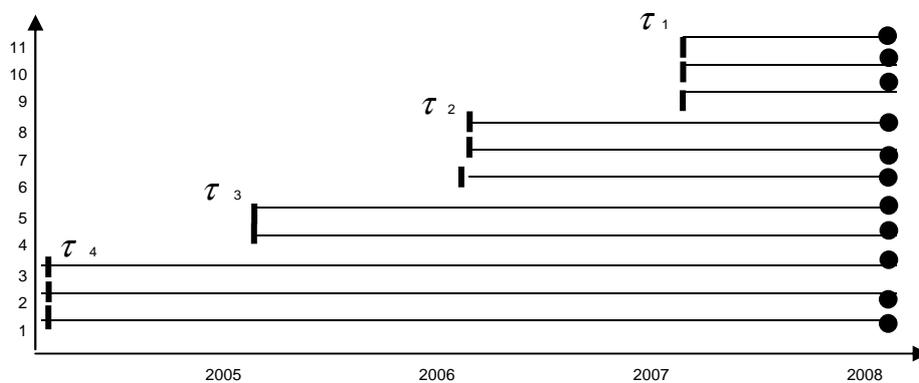


Рис. 3. Диаграммы наблюдений за эксплуатацией принтеров (| – начало наблюдений, x – отказ, • – приостановка наблюдений)

3. Принимая значение доверительной вероятности оценки параметра $q = 0,9$, вычисляют нижнюю границу вероятности отсутствия отказа за интервал испытаний (эксплуатации) \tilde{t}_u по формуле [3]

$$\underline{P}(\tilde{t}_u) = \left(\frac{1-q}{2} \right)^{1/N} = \left(\frac{1-0,9}{2} \right)^{\frac{1}{11}} = 0,762.$$

4. Вычисляют нижнюю доверительную границу параметра масштаба μ DN -распределения по формуле

$$\underline{\mu} = \frac{\tilde{t}_u}{x[1 - \underline{P}(\tilde{t}_u); \bar{V}]} = \frac{4455}{x(0,238; 0,9)} = \frac{4455}{0,41} = 10866,$$

где значение $x(F; V)$ определяют из соответствующих таблиц DN -распределения [3] по значениям F и V .

5. Используя оценку $\underline{\mu}$, соответствующую доверительной вероятности q , получают выборочную среднюю оценку параметра $\tilde{\mu}$:

$$\tilde{\mu} = \frac{\underline{\mu}}{x(1-q; \tilde{\nu})} = \frac{10866}{x(0,1; 0,7)} = \frac{10866}{0,361} = 30099.$$

Таким образом, средняя наработка до отказа исследуемого типа принтеров равна $T_{cp} = \tilde{\mu} = 30099$ ч. или для принятого значения коэффициента эксплуатации (включенного состояния) порядка 15 лет.

3. Выводы

На основании полученных данных наработок до отказа блоков компьютерного оборудования можно оценить среднюю наработку до отказа комплекта ПЭВМ (системный блок, монитор, принтер), используя, например, ВФ-метод [3]:

$$\tilde{T}_{cp\Sigma} = \left(\sum_{i=1}^3 \frac{1}{\tilde{T}_{cpi}} \right)^{-\frac{1}{2}} = \left(\frac{1}{16946^2} + \frac{1}{22243^2} + \frac{1}{30099^2} \right)^{-\frac{1}{2}} = 12302.$$

Следовательно, наработка до первого отказа ПЭВМ указанной конфигурации составит порядка 6 лет для принятого значения коэффициента эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 27.005-97. Надёжность в технике. Модели отказов. Основные положения. – Введ. 01.01.99. – 45 с.
2. ДСТУ 3004-95. Надёжность техники. Методы оценки показателей надёжности по экспериментальным данным. – Введ. 01.01.96. – 122 с.
3. Стрельников В.П., Федухин А.В. Оценка и прогнозирование надёжности электронных элементов и систем. – К.: Логос, 2002. – 486 с.

Стаття надійшла до редакції 09.01.2009