

Верстка — Вёрстка // Издательский словарь-справочник : [электрон. изд.] / А. Э. Мильчин. — 3-е изд., испр. и доп. — М.: ОЛМА-Пресс, 2006. — 230 с.

Кацпражак — Кацпражак, Е. И. История книги / Е. И. Кацпражак. — М.: Книга, 1964. — 422 с.

Кулак — Кулак, М. И. История книги и книгопечатания : Учеб. пособие по одноим. курсу для студентов специальности Т.14.01.00 / Бел. гос. технол. ун-т. — Мин. : БГТУ, 1997. — 46 с.

Лункевич — Лункевич, В. В. Чудеса науки и техники. Вып. 2: Книгопечатание. Фотография. Фонограф» / В. В. Лункевич. — М.: Научно-популярная библиотека для народа, 1906. — 98 с.

Шматов — Шматов, В. Ф. Искусство книги Франциска Скорины / В. Ф. Шматов. — М.: Книга, 1990. — 208 с.

УДК 621.3.019.32

Н. С. Голуб, аспирант, магистр техн. наук
(БГТУ, г. Минск)

ИНТЕРВАЛЬНАЯ ОЦЕНКА СРЕДНЕЙ НАРАБОТКИ ПОЛИГРАФИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДО ОТКАЗА

Количество статистических данных для оценки надежности, полученных в процессе эксплуатации, принципиально ограничено. Полученные по ограниченному объему информации точечные оценки могут оказаться весьма приближенными. Причем отклонения этих оценок от истинного значения оцениваемого параметра являются величинами случайными. На основе опытных данных используется специальная методика оценки показателей надежности в определенном интервале возможных их значений.

Предположим, что истинное значение средней наработки до отказа составляет T_0 , а средняя наработка до отказа определена по полученным отказам:

$$\bar{T} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i, \quad (1)$$

где n — количество отказов за время испытаний, t_i — наработка до i -го отказа.

Найти точные границы, в пределах которых находится истинное значение искомой величины, не представляется возможным. Однако можно определить интервал ее возможных значений с некоторой доверительной вероятностью $P_{\text{д}} = \beta$. При этом, чем больше доверительная β вероятность, тем шире границы интервала и наоборот. В общем виде эта зависимость имеет запись

$$\beta = P(T_H \leq T_0 \leq T_B), \quad (2)$$

где T_H и T_B — соответственно нижняя и верхняя границы средней наработки до отказа, где лежат \bar{T} и T_0 .

Вероятность того, что значение T_0 выйдет за заданный интервал называется уровнем значимости:

$$\alpha = P(T_H > T_0 > T_B) = 1 - \beta. \quad (3)$$

Значения β доверительных вероятностей обычно принимают равными 0,9; 0,95; 0,99. Соответствующие им уровни значимости составят 0,1; 0,05; 0,01. Доверительная β вероятность, определяемая выражением (2), характеризует степень достоверности результатов двусторонней (то есть с определением верхней и нижней границ) оценки.

Доверительный интервал для средней наработки до отказа при равных вероятностях выхода за правую (верхнюю) и левую (нижнюю) границы для экспоненциального распределения [1] определяется по выражению

$$T_H = \frac{2T_{\sum r}}{\chi_{\frac{\alpha}{2}; 2r}^2} < \bar{T} < \frac{2T_{\sum r}}{\chi_{1-\frac{\alpha}{2}; 2r}^2} = T_B, \quad (4)$$

где $\chi_{\frac{\alpha}{2}; 2r}^2$ и $\chi_{1-\frac{\alpha}{2}; 2r}^2$ — χ^2 — хи-квадрат при параметрах $\frac{\alpha}{2}$ и $1 - \frac{\alpha}{2}$; $2r = k$ — число степеней свободы, для вероятностей $P = \frac{\alpha}{2}$ и $P = 1 - \frac{\alpha}{2}$ соответственно.

В выражение (4) $T_{\sum r}$ — суммарная наработка до отказа по отказам, зафиксированным во время эксперимента. Значения

$\chi_{\frac{\alpha}{2};2r}^2$ и $\chi_{1-\frac{\alpha}{2};2r}^2$ определяются по таблице квантилей распределения χ^2 (хи-квадрат) [2].

Таким образом, для заданных уровней значимости α и числа степеней свободы k по таблице [2] находят соответствующие χ^2 значения, подставляют в выражение (4) и находят T_H и T_B . Величина α задается в зависимости от требований, предъявляемых к анализируемой системе.

Для получения безотказности изделия с экспоненциальным распределением достаточно получить оценку одного из следующих показателей: \bar{T} , λ или $p(t)$. Данные показатели связаны между собой, что позволяет записать соотношения между точечными оценками и доверительными границами показателей безотказности.

$$\left. \begin{aligned} \bar{\lambda} &= \frac{1}{\bar{T}} = \frac{1}{t} \ln \bar{p}(t) \\ \lambda_B &= \frac{1}{T_H} = \frac{1}{t} \ln p_H(t) \\ \lambda_H &= \frac{1}{T_B} = \frac{1}{t} \ln p_B(t) \end{aligned} \right\} (5)$$

Найдем точечные и интервальные оценки средней наработки до отказа упаковочного и печатного оборудования. В табл. 1 приведены количество отказов за период проведения эксперимента и суммарная наработка оборудования. Значения доверительных вероятностей для расчетов примем $\beta = 0,9$, соответственно уровень значимости составят $\alpha = 0,1$.

Таблица 1. Данные для расчета показателей надежности

Вид оборудования	Количество зафиксированных отказов, r	Суммарная наработка оборудования за время наблюдения, $T_{\sum r}$, дни
Печатная машина Komori Lithrone 628+C EM	38	958
Печатная машина Планета Р-44	81	1911
Шоколадная линия	11	2421
Упаковщик SIG	5	2244

По таблице квантилей распределения χ^2 были найдены значения $\chi_{\frac{\alpha}{2};2r}^2$ и $\chi_{1-\frac{\alpha}{2};2r}^2$ при параметрах $\frac{\alpha}{2}=0,05$ и $1-\frac{\alpha}{2}=0,95$, которые представлены в табл. 2.

Таким образом, по данным табл. 1-2 можно определить среднюю наработку до отказа на определенном интервале. Расчетные данные представлены в табл. 3.

Таблица 2. Квантили распределения χ^2

Вид оборудования	$\chi_{\frac{\alpha}{2};2r}^2$	$\chi_{1-\frac{\alpha}{2};2r}^2$
Печ. машина Komori	56,05	96,22
Печ. машина Планета	126,25	201,37
Шоколадная линия	12,34	33,92
Упаковщик SIG	3,94	18,31
Упаковщик Линепак	3,94	18,31

Таблица 3. Интервальное оценивание средней наработки до отказа оборудования

Вид оборудования	$T_H < \bar{T} < T_B$
Печ. машина Komori	19,913<25,211<34,184
Печ. машина Планета	18,981<23,593<30,273
Шоколадная линия	142,478<220,091<392,382
Упаковщик SIG	245,112<448,800<1139,086
Упаковщик Линепак	45,221<82,800<210,152

Главное преимущество интервальной оценки — возможность характеризовать уверенность в вычисленных параметрах распределения. По практическим соображениям чаще находят только нижние границы показателей надежности. По результатам табл. 3 можно утверждать, что истинное значение средней наработки до отказа, найденное интервальным методом ниже, чем полученные результаты при точечной оценке. Таким образом, разница точечной и нижней границы интервальной оценки надежности снижает показатели на 19-45 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Интервальная оценка показателей надежности [Электронный ресурс] // Анализ показателей надежности по экспериментальным данным. Режим доступа: <http://nadegnost.narod.ru/lection8.html>. — Дата доступа: 07.04.2017.

2. Квантили распределения хи-квадрат [Электронный ресурс] // Статистические таблицы. Режим доступа: <http://www.studfiles.ru/preview/3795082/page:2/>. — Дата доступа: 07.04.2017.

УДК 655.366.83

И. Г. Громыко, доц., канд. техн. наук

Г. П. Терешко, магистр техн. наук

(БГТУ, г. Минск)

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТИСНЕНИЯ ФОЛЬГОЙ НА ОСНОВЕ УЧЕТА ХАРАКТЕРА СТРУКТУРЫ ЗАПЕЧАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ

До недавнего времени тиснение фольгой использовали преимущественно для книжных переплетов. Сейчас этот вид отделки стал широко использоваться и для книг в мягкой обложке, и для периодических изданий, и для листовой рекламной продукции.

Качество тиснения фольгой определяется комплексом печатно-технических свойств, характеризующих поведение фольги при транспортировке в размоточно-намоточном устройстве прессов для тиснения, взаимодействием слоев фольги между собой и запечатываемым материалом и качеством получаемого оттиска.

Оценка качества тиснения фольгой на основе учета характера структуры запечатываемой поверхности осуществлялась с помощью экспериментальных образцов, которые были получены на автоматическом прессе Bobst SP 102. При этом использовалась универсальная фольга марки Univacco 705G, предназначенная для широкого диапазона картонных поверхностей. Данная фольга характеризуется хорошими адгезионными свойствами на ламинате из полипропилена, печатных, непечатных и лакированных поверхностях. Обладает хорошим сопротивлением к истиранию и царапанию. Фольга предназначена для работы в диапазоне температур от 120 до 160 °C. Тиснение фольгой осуществлялось при температуре 130 °C. Для этого использовались латунные клише, изготовленные травлением.

Для проведения эксперимента были выбраны марки картона, обладающие различной микроструктурой поверхности. В ходе эксперимента были получены по два образца для каждого вида картона. Воспроизводимый оригинал представлял собой большие