

УДК 681.51

О.Д.Клименко, Е.Л.Селезньов, Д.Е.Селезньов

Луцький національний технічний університет

### РЕАЛІЗАЦІЯ СТАТИСТИЧНОГО АПАРАТУ ТЕОРІЇ НАДІЙНОСТІ З ВИКОРИСТАННЯМ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

*В роботі розглядається проблема використання обчислювальної техніки для реалізації статистичного апарату теорії надійності.*

Ключові слова: *надійність, план випробувань, закон розподілення, масив даних, гістограма.*

Постановка проблеми. Традиційно оцінка надійності об'єктів (систем) проводиться, виходячи з того, що початкові показники надійності елементів, складових системи, відомі. Однак надійність закладається при проектуванні, забезпечується при виготовленні і підтримується в експлуатації. На кожному з етапів життєвого циклу об'єкта необхідно оцінювати його фактичну надійність, для цього потрібні експериментальні дані. У експлуатації персонал має в своєму розпорядженні паспортні початкові показники надійності елементів, що складають об'єкт (систему). Для того, щоб оцінити фактичну довговічність, безвідмовність, ремонтпридатність і порівняти їх з параметрами заводу-виробника, необхідні дані, одержані в умовах експлуатації. Важливим джерелом інформації про надійність є система збору даних про роботу об'єктів в процесі експлуатації.

Обробка масиву даних задача непроста і вимагає проведення великої кількості обчислень. В зв'язку з цим, актуальним є використання обчислювальної техніки для реалізації статистичного апарату теорії надійності.

Основна частина.

Відповідно до вимог ГОСТ 27.002-83 планування випробувань передбачає ряд попередніх умов, що забезпечують ефективність випробувань. Вводяться умовні позначення різних планів у вигляді сукупності трьох символів, перший з яких указує число випробовуваних об'єктів (пристроїв)  $N$ , другий, - наявність ( $R$ ) або відсутність ( $U$ ) заміни (відновлення) об'єктів, що відмовили під час випробувань, третій - тривалість випробувань ( $r$  або  $T$ ). Таким чином, для випробувань  $N$  об'єктів без заміни тих, що відмовили, маємо наступні три плани:

$(N, U, r)$  - випробування до  $r$ -ої відмови,  $r \leq N$ ;

$(N, U, T)$  - випробування тривалістю  $T$ ;

$[N, U(r, T)]$  - випробування тривалістю, рівною  $\min(tr \text{ або } T)$ , де  $tr$  - момент  $r$ -ї відмови, а  $T$  - свідомо заданий час, або експлуатаційні показники.

Аналогічно вводяться позначення для планів із заміною (відновленням) пристроїв, що відмовили:  $(N, R, r)$ ;  $(N, R, T)$ ;  $[N, R(r, T)]$ .

У плані  $(N, R, r)$ , на відміну від  $(N, U, r)$ , число  $r$  може бути більше, ніж  $N$  (де, зокрема, допустимо  $N = 1$ ). Тут приведено 6 найбільш поширених типів випробувань.

Результати статистичної обробки випробувань істотно залежать від імовірнісних моделей, тобто від теоретичних розподілів інтервалів безвідмовної роботи і відновлень. Ці результати можуть приводити до свідомо помилкових висновків, якщо модель не відображає реальні процеси виникнення відмов і механізми відновлення. Тому до рішення основних задач апостеріорного (на основі досвіду) аналізу надійності доцільно спочатку перевірити за допомогою статистичного критерію згоди на відповідність вибраного теоретичного розподілу емпіричному розподілу, побудованому на підставі даних проведених випробувань.

Початковими даними (випадковими величинами), які піддаються обробці, є час напрацювання на відмову, час напрацювання на відновлення і число відмов однотипних елементів. Після того, як такий матеріал зібраний, його обробка дозволяє встановити закони розподілу показників надійності: імовірність безвідмовної роботи, інтенсивність відмов, середній час напрацювання на відмову і ін.

Упорядкування вибірових спостережень полягає в розташуванні значень (ресурсів, напрацювань до першої відмови, часу відновлення і т. д.) у вигляді варіаційного ряду у порядку збільшення:

$$X_1 < X_2 < X_3 \cdots X_n. \quad (1)$$

Величини  $X_1 < X_2 < X_3 \dots X_n$  називаються варіантами. Якщо число членів варіаційного ряду велике (при  $n > 80 \dots 100$ ), то для зручності його аналізу розподіляють значення, що спостерігались, по інтервалах, утворюючи інтервальний ряд.

Число інтервалів  $r$  визначають за правилом Старжесса для вибірки об'ємом  $n$ :

$$r = 1 + 3,3 \lg(n). \quad (2)$$

Тоді довжина інтервалу  $H$  визначається з виразу:

$$H = (X_{\max} - X_{\min}) / r, \quad (3)$$

де  $X_{\max}$  і  $X_{\min}$  – відповідно максимальна і мінімальна варіанти.

Число спостережень з однаковим значенням варіанти називають частотою, тобто якщо значення  $X_i$  спостерігалось  $M_i$  разів, то  $M_i$  – частота. Сума частот дорівнює об'єму вибірки

$$\sum_{i=1}^k M_i = n, \text{ де } k \text{ – число різних значень } X_i; n \text{ – об'єм вибірки.}$$

Відношення частоти до об'єму вибірки називають відносною частотою:

$$P_i = \frac{M_i}{n}. \quad (4)$$

Після цього визначаються статистичні характеристики.

Середнє арифметичне:

$$X_{CP} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{\sum_{i=1}^k M_i X_i}{n} = \sum_{i=1}^n X_i \cdot P_i. \quad (5)$$

Вибіркова дисперсія:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_{CP})^2}{n-1}. \quad (6)$$

Середнє квадратичне відхилення:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_{CP})^2}{n-1}}. \quad (7)$$

Центральний момент третього порядку:

$$m_3 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \tilde{O}_{CP})^3}{n-1}. \quad (8)$$

Асиметрія:

$$A(X) = \frac{m_3}{S^3}. \quad (9)$$

Центральний момент четвертого порядку:

$$m_4 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_{CP})^4}{n-1}. \quad (10)$$

Ексцес:

$$E(X) = m_4 / S^4 - 3. \quad (11)$$

Далі будують гістограму відносних частот, користуючись наступним правилом: розмах варіаційного ряду розбивають на інтервали; над кожним інтервалом будують прямокутник висотою, що дорівнює відношенню суми відносних частот інтервалу до його довжини:

$$f(x) = \frac{\sum_{i=1}^j M_i}{n \cdot H}, \quad (12)$$

де  $j$  – число різних значень спостережень, які попали в даний інтервал;  $\sum_{i=1}^j M_i$  – число членів вибірки, які попали в даний інтервал;  $H$  – довжина інтервалу.

З'єднуючи середини верхніх сторін прямокутників гістограми відносних частот, будують полігон для інтервального варіаційного ряду.

Вимоги до програми для реалізації статистичного апарату теорії надійності:

– Визначити основні статистичні характеристики розподілу напрацювання до руйнування, наприклад, шпонкового з'єднання.

– Побудувати гістограму і полігон інтервального варіаційного ряду.

Програма написана на мові Object Pascal у середовищі Delphi.

При запуску програми виникає вікно, в якому можна обрати джерело початкових даних.

Після натискання відповідного пункту відкривається вікно з даними, які були збережені в файл, або порожнє вікно, готове до ручного вводу даних (рис.1).

Із цього вікна можна завантажувати з файлу, редагувати і зберігати дані напрацювань в файл.

Після натискання кнопки "Рахувати" здійснюється розрахунок із виведенням результатів розрахунку, таблиці і гістограми (рис. 2, 3). За допомогою контекстного меню на гістограмі її можна надрукувати або зберегти у формі зображення.

Дана методика і програма застосовується для підготовки студентів 3 курсу спеціальності «Обладнання легкої промисловості та побутового обслуговування» і використовується при виконанні практичних занять з дисципліни «Надійність машин галузі».



Рис. 1. Вигляд вікна з даними

#	Інтервал	Середина інт.	Сума частот	P	f(x)
1	125...253	189,2	11	0,070512820	0,000548902195601
2	253...382	317,7	6	0,038461536	0,000293401197601
3	382...510	446,2	11	0,070512820	0,000548902195601
4	510...639	574,6	4	0,025641025	0,000199600798401
5	639...767	703,1	5	0,032051282	0,000249500998001
6	767...896	831,5	11	0,070512820	0,000548902195601
7	896...1024	960	6	0,038461536	0,000293401197601
8	1024...1153	1088,5	36	0,230769230	0,001796407185621
9	1153...1281	1216,9	51	0,326323076	0,002544910179641
10	1281...1410	1345,4	36	0,230769230	0,001796407185621
11	1410...1538	1473,9	22	0,141025641	0,001097804391721

Рис. 2. Таблиця результатів розрахунку

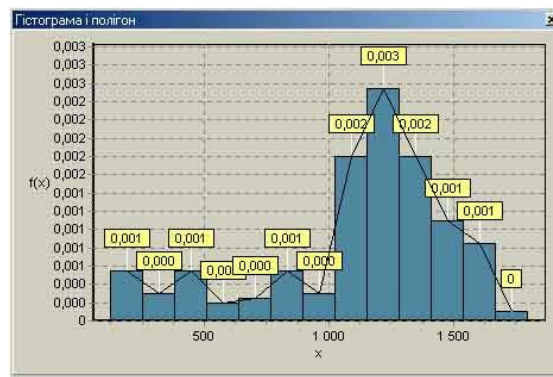


Рис. 3. Гістограма

Використання обчислювальної техніки при проведенні статистичної обробки масиву даних значно спрощує процес обрахунку і дозволяє отримати адекватні результати.