

# PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES

## СТАТИСТИЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ТА СИСТЕМ

**Волох Людмила Василівна**

к.ф.-м.н.,

Київський національний університет

технологій та дизайну

м. Київ, Україна

**Вступ. / Introductions.** Проблема забезпечення надійності технічних об'єктів та систем— одна з нагальних під час проектування, виробництва та експлуатації будь-яких ТС. Надійність техніки є найважливішим елементом її якості. Роль проблеми забезпечення надійності сучасних ТС зростає через безупинне їх ускладнення, постійне збільшення навантажень та інтенсивності використання, значне розширення діапазону умов експлуатації й галузей застосування, підвищення рівня автоматизації ТОС.

**Мета роботи. / Aim.** Побудова графічного методу подання вибірки досліджень статистичного ряду спостережень наробітку технічних об'єктів/систем до часу їх відмови.

### **Матеріали та методи./Materials and methods.**

- встановлення показників надійності технічних об'єктів;
- розроблення аналітичних методів оцінювання надійності;
- спрощення аналізу та оцінювання надійності;

**Результати та обговорення./Results and discussion.** Нехай за результатами випробувань  $N$  невідновлюваних однакових об'єктів отримано

статистичну вибірку (у будь-яких одиницях виміру) – масив наробітку до відмови кожного з  $N$  об'єктів, які випробовувались. Вибірка характеризує випадкову величину наробітку  $T = \{t\}$  до відмови об'єкта. Потрібно вибрати закон розподілу випадкової величини  $T$  і перевірити правильність вибору за відповідним критерієм.

Закон розподілу підбирають на основі апроксимації (згладжування) експериментальних даних про наробіток до відмови, які можуть бути подані у вигляді таблиці, у вигляді аналітичної залежності (математичної моделі) або у компактному графічному вигляді. Вибір тієї або іншої функції для апроксимації має характер гіпотези, яку висуває дослідник. Експериментальні дані можуть із більшою або меншою вірогідністю підтверджувати або спростовувати справедливість тієї або іншої гіпотези, тому дослідник має отримати відповідь на питання: чи узгоджуються результати експерименту з гіпотезою про те, що випадкова величина наробітку підпорядкована заданому закону розподілу? Відповідь на це питання є результатом розрахунку спеціальних критеріїв адекватності математичної моделі.

*Алгоритм оброблення результатів і розрахунку показників надійності. Формування статистичного ряду.* Якщо кількість об'єктів, що випробуються, велика, то отриманий масив наробітків  $\{\dots, t_i, \dots\}$  описується громіздкою таблицею, яка є ненаочною формою подання випадкової величини  $T$ . Більш компактним та ілюстративним способом подання вибірки для знаходження закону розподілу є графічний метод, коли статистичний ряд зображують у вигляді гістограми наробітку до відмови (рис. 1).

Алгоритм побудови гістограми такий:

1) установлюють інтервал наробітку  $[t_{min}, t_{max}]$  і його довжину  $\zeta_t = t_{max} - t_{min}$ , де  $t_{min} \leq \min_i\{\dots, t_i, \dots\}$ ;  $t_{max} \geq \max_i\{\dots, t_i, \dots\}$

2) інтервал наробітку  $[t_{min}, t_{max}]$  розбивають на  $k$  інтервалів однакової ширини  $\Delta t = \frac{\zeta_t}{k}$ ,  $\Delta t = t_{i+1} - t_i = t_i - t_{i-1}$ ,

де  $\Delta t$  – крок гістограми (вибір  $k$  або  $\Delta t$  залежить від умов досліду,

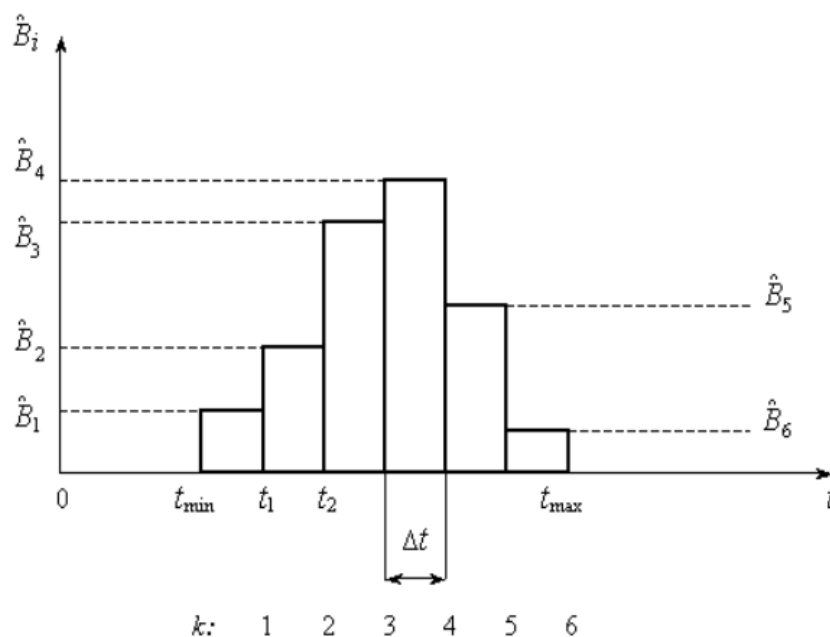
необхідної точності апроксимації тощо);

3) у кожному  $i$ -му інтервалі підраховують частоту  $\hat{B}_i$  появи відмов (для всіх  $k$  інтервалів):

$$\hat{B}_i = \frac{\Delta n(t_i, t_i + \Delta t)}{N} = \frac{\Delta n(t_i, t_{i+1})}{N}$$

де  $N$  – загальна кількість об’єктів;  $\Delta n(t_i, t_i + \Delta t)$  – кількість об’єктів, що відмовили в інтервалі  $[t_i, t_i + \Delta t]$ ; очевидно, що  $\sum_{i=1}^k \hat{B}_i = 1$ ;

4) отриманий статистичний ряд подають у вигляді гістограми, яку будують таким чином. По осі абсцис ( $t$ ) відкладають інтервали  $\Delta t$ , на кожному з яких, як на основі, будують прямокутник, висота якого пропорційна (в обраному масштабі) відповідній частоті  $\hat{B}_i$ . Можливий вигляд гістограми (для  $k=6$ ) показано на рис. 1.



**Рис. 1. Гістограма наробітку до відмови об’єкта**

Для правильного вибору закону розподілу показників безвідмовності об’єкта за отриманими статистичними даними дуже важливо правильно вибрати тривалість інтервалу  $\Delta t$ . З одного боку, цей інтервал не має бути настільки великий, щоб згладити характерні параметри закону розподілу. З другого – не настільки малий, щоб почали проявлятися побічні властивості. У

кожному конкретному випадку потрібно знаходити оптимальну тривалість інтервалу  $\Delta t_{opt}$  розбиття загального часу випробування.

Побудова гістограми є одним з перших кроків до побудови та розрахунку статистичних оцінок числових характеристик. Також можна використати дані сформованого статистичного ряду. Використовують такі статистичні оцінки числових характеристик: а) оцінку середнього наробітку до відмови (статистичне середнє наробітку; б) оцінку дисперсії наробітку до відмови (емпірична дисперсія наробітку); в) оцінку середньо-квадратичного відхилення. Також доцільно розрахувати оцінки деяких допоміжних характеристик розсіювання випадкової величини, такі як г) вибіркового коефіцієнта асиметрії наробітку до відмови ; д) вибіркового ексцесу наробітку до відмови. Ці характеристики використовують для вибору функції під час апроксимації.

**Висновки./Conclusions.** В даній роботі представлений компактний та ілюстративний способом подання вибірки для знаходження закону розподілу - графічний метод, коли статистичний ряд зображують у вигляді гістограми наробітку до відмови. Тоді гістограма є графіком, який дозволяє показати, як розподіляються дані статистичної вибірки чи сукупності щодо деякої числової змінної. На підставі гістограми робляться висновки про час наробітку технічного об'єкта до відмови в точці контролю. Така оцінка робиться по сумі значень потрапляння в інтервали, що укладаються в допустимий діапазон появи відмов. За допомогою гістограми знаходиться і ймовірність виходу частоти відмови за нормально допустимі значення. Це дозволяє робити висновки про причини частих відмов та про надійність систем.