

УДК 519.873

Фролов М.В.¹, Танченко С.В.²

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

ВИЗНАЧЕННЯ МІНІМАЛЬНИХ КІЛЬКОСТІ ЗРАЗКІВ ТА ЧАСУ ДЛЯ ВИПРОБУВАНЬ З НУЛЬОВИМИ ВІДМОВАМИ

Одним з різновидів випробувань будь яких технічних об'єктів є демонстраційні метою яких є демонстрація факту, що виріб відповідає мінімальним встановленим вимогам. Демонстрація відбувається шляхом проведення випробувань вибірки зразків об'ємом n на протязі певного часу t , при цьому жоден з елементів вибірки не має відмовити. Такого роду тести носять назву «випробування з нульовими відмовами» або використовуються такі синонімічні назви як «сертифікаційні випробування», «кваліфікаційні випробування» та ін.

Нижня межа надійності R_L виводиться з міркувань про відсутність відмов в n тестах за біноміальним розподіленням. Є підстави вважати що відмови переважної кількості технічних об'єктів можуть бути описані розподіленням Вейбулла з параметром форми α та параметром масштабу або характеристичним часом β . Наведені міркування призводять до наступного ключового виразу [1] з якого можуть бути отримані співвідношення для оцінки тих чи інших характеристик:

$$\exp \left[- \left(\frac{t}{\beta} \right)^\alpha \right] \geq (1 - q)^{\frac{1}{n}} \quad (1)$$

де q – довірна імовірність.

Одним з таких співвідношень, що може бути отримано з (1) є співвідношення між об'ємом вибірки та часом випробування t який має бути більше або дорівнювати мінімальному τ

$$t \geq \tau = L_L \left[\frac{\ln(1-q)}{n \cdot \ln\left(1 - \frac{p}{100}\right)} \right]^{\frac{1}{\alpha}}, \quad (2)$$

де L_L – нижня межа часу безвідмовної роботи з імовірністю відмови p в %.

При плануванні випробувань за виразом (2) вважають, що параметр форми α відомий та дорівнює значенню отриманому зі статистики відмов - $\hat{\alpha}$. Але не враховується, що α є величиною випадковою і лежить в межах довірчого інтервалу [2]:

$$\hat{\alpha} \cdot \exp\left(\frac{-0,78 \cdot Z_q}{\sqrt{N}}\right) \leq \alpha \leq \hat{\alpha} \cdot \exp\left(\frac{0,78 \cdot Z_q}{\sqrt{N}}\right). \quad (3)$$

Тут N – об'єм вибірки за якою визначаються параметри розподілення; коефіцієнт Z_q залежить від довірчої імовірності і приймає наступні значення [2]: $Z_{0,9} = 1,645$; $Z_{0,95} = 1,96$; $Z_{0,99} = 2,576$.

Враховуючи (3) для $L_L = 60$ хв.; $\alpha = 3$; $q = 0,95$; $p = 10\%$ для $n = 5$ мінімальний час випробувань τ визначається як інтервал від 129 до 93 хвилин, тоді як рекомендоване (номінальне) значення складає 107 хв. Тобто в цьому випадку випробування треба проводити не менше 129 хвилин і умова відсутності відмов може бути і не виконана, хоча цей факт не обов'язково буде свідчити що зразки випробування не пройшли. Таким чином потрібно прагнути до звуження різниці між верхнім τ_U та нижнім τ_L значеннями мінімального часу випробування і в якості показника для вибору кількості зразків пропонується прийняти аналог коефіцієнту осциляції, що буде характеризувати коливання крайніх значень відносно номіналу:

$$Ko = \frac{\tau_U - \tau_L}{\hat{\tau}}, \quad (4)$$

де $\hat{\tau}$ – номінальний мінімальний час випробувань, розрахований для показника форми $\hat{\alpha}$. На Рис.1 показано графік залежності Ko від кількості зразків для різних значень довірчої імовірності.

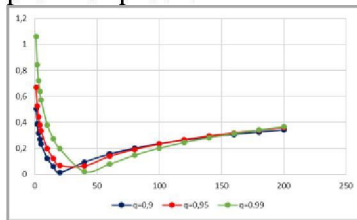


Рисунок 1 – Залежність коефіцієнту осциляції від кількості зразків.

Мінімальний коефіцієнт для $q=0,9$ відповідає $n=20$ – час випробування складе 63 хв. при номіналі 62. Така кількість зразків і може бути прийнята для випробувань. При зростанні кількості зразків відхилення необхідного часу випробувань від номінального буде дещо зростати але не перевищить 5 хв.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. LaFollette J. P. Introduction to reliability demonstration testing of nonelectronic components / J. P. LaFollette. – Griffiss Air Force Base, NY : Rome Air Development Center, 1987. – 123 p.

2. Weibull analysis handbook / R. B. Abernethy et all. – West Palm Beach, FL : Pratt & Whitney Aircraft, 1983. – 228 p