

УДК 620.178.3

## МЕТОД ПРИСКОРЕНОЇ ОЦІНКИ ДОВГОВІЧНОСТІ І МЕЖІ ВИТРИВАЛОСТІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ПРИ РІЗНИХ РЕЖИМАХ НАВАНТАЖЕННЯ

Калінін Є.І., к.т.н., доц., Петров Р.М.

(Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка)

Пропонується новий метод прискореної оцінки довговічності і межі витривалості натурних деталей і конструкцій, що забезпечує необхідну точність (похибка не більше 2%) і стабільність оцінок втомної довговічності шляхом виключення систематичних і частково випадкових помилок експериментальних даних, отриманих при рівнях навантажень відповідних діапазону  $10^5 \leq N \leq 10^7$  циклів навантаження [1]. Цей новий метод передбачає прискорене визначення параметрів функції прогнозу довговічності і межі витривалості за обраним законом розподілу, шляхом випробування на декількох рівнях навантаження (не менше трьох) при постійних значеннях амплітуди по п'ять-шість зразків до руйнування, для кожного рівня випробувань складається варіаційний ряд і визначаються медіанні значення довговічності або значення довговічності для заданої ймовірності руйнування, за результатами яких проводиться згладжування експериментальних даних графіко-аналітичним методом, заснованим на побудові графіка залежності виду:

$$\lg(\lg M_{\alpha}) = \frac{C}{\sqrt{\lg N}} + D\sqrt{\lg N}, \quad (1)$$

і обробці цих результатів методом найменших квадратів. При побудові графіка по осі ординат відкладається добуток величин  $\sqrt{\lg N} \cdot \lg(\lg M_{\alpha})$ , а по осі абсцис  $-\lg N$  (де  $M_{\alpha}$  – рівень навантаження,  $N$  – число циклів навантаження до руйнування).

В основу методу покладено математичну модель сімейства кривих втоми з різною ймовірністю руйнування [2]. Зокрема, при використанні закону розподілу Вейбулла маємо:

$$N_{(\gamma+z)} = A \left[ -\lg(1 - \alpha_{\gamma z} + \frac{M_{\alpha\gamma}}{M_{\alpha\gamma}} a_{\gamma z}) \right]^{\beta}, \quad (2)$$

де:  $N_{(\gamma+z)}$  – число циклів до руйнування на  $(\gamma+z)$ -ому рівні навантаження;  $M_{\alpha\gamma}$  – амплітудне значення навантаження на обраному  $(\gamma)$ -ому рівні навантаження;  $M_{\alpha\gamma}$  – навантаження, що представляє собою різницю між обраним  $(\gamma)$ -им рівнем навантаження і фактичною межею витривалості деталей;  $A, \beta$  – параметри, які визначаються за результатами випробувань;  $\alpha_{\gamma z} = M_{\alpha\gamma} / M_{\alpha(\gamma+z)}$  – відношення навантажень обраного  $(\gamma)$ -ого і  $(\gamma+z)$ -ого рівнів навантаження.

В окремому випадку, коли  $\alpha_{\gamma z} = \alpha_{\gamma} = 1 (z=0)$  вираз (2) перетворюється в:

$$N_{\gamma} = A \left[ -\ln \left( \frac{M_{\alpha\gamma_0}}{M_{\alpha\gamma}} \right) \right]^{\beta} \quad (3)$$

Для визначення параметрів  $A, \beta$  використовуються вирази (1) і (2). У результаті їх перетворень отримаємо:

$$\beta = \frac{\lg [N_{\gamma} / N_{(\gamma+z)}]}{\lg \left[ \frac{\ln \left( 1 - \alpha_{\gamma z} + \frac{M_{\alpha\gamma_0}}{M_{\alpha\gamma}} \alpha_{\gamma z} \right)}{\ln (M_{\alpha\gamma_0} / M_{\alpha\gamma})} \right]} \quad (4)$$

$$A = N_{(\gamma+z)} \left[ -\ln \left( 1 - \alpha_{\gamma z} + \frac{M_{\alpha\gamma_0}}{M_{\alpha\gamma}} \alpha_{\gamma z} \right) \right]^{-\beta} \quad (5)$$

При визначенні параметра  $\beta$  слід застосовувати аналітичний або графоаналітичний метод. У першому випадку необхідно витримуватися критеріальна умова сталості параметра  $\beta$  при різних варіаціях  $\alpha_{\gamma z}$ , а в іншому випадку умовою є перетин в одній точці графіків залежності  $\beta = f(M_{\alpha\gamma_0} / M_{\alpha\gamma})$  при різних варіаціях  $\alpha_{\gamma z}$ .

При прогнозуванні межі витривалості деталей і конструкцій при різних базах  $N_{\delta}$  використовуються отримані значення параметрів  $A, \beta, M_{\alpha\gamma_0}$  у виразі (2), який після перетворень має вид:

$$M_{-1}(N_{\delta}) = (M_{\alpha\gamma} - M_{\alpha\gamma_0}) \left\{ 1 - \exp \left[ - \left( \frac{N_{\delta}}{A} \right)^{1/\beta} \right] \right\}^{-1} \quad (6)$$

Принципи пропонованого методу прискореної оцінки довговічності і межі витривалості можуть бути успішно застосовані і при інших законах розподілу.

Рекомендований метод апробований на експериментальних даних втомних випробувань натурних деталей і конструкцій при різних режимах їх навантаження, взятих з різних джерел. Цей метод дає суттєву економію часу і може бути рекомендований для контролю втомної міцності зразків металів і виробів машинобудування при прискорених випробуваннях.

### Список використаних джерел

1. Калінін Є.І., Романченко В.М., Юр'єва Г.П. Формування умови стійкості лінійної системи при випадкових збуреннях її параметрів. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2017. № 7. С. 100-108.
2. Калінін Є.І., Поляшенко С.О. Розв'язок статичної плоскої задачі теорії пружності для неоднорідних ізотропних тіл. Математичне моделювання. 2018. №2(39). С. 102-111