

## ІДЕНТИФІКАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ МОДЕЛЕЙ РУЙНУВАННЯ ПО КРИВИМ ПОВЗУЧОСТІ

*В. М. Михалевич, В. О. Краєвський (Вінниця, ВДТУ)*

Для визначення накопичення пошкоджень при нестационарних навантаженнях використовується тензорна модель накопичення пошкоджень

$$\begin{aligned} \psi_{ij}(t) = & (1 - \rho) \cdot \int_0^t n \cdot \frac{(t - \tau)^{n-1}}{t_{*c}^n(\tau)} \cdot \beta_{ij}(\tau) \cdot d\tau + \\ & + \rho \cdot \int_0^{\varepsilon_u(t)} p \cdot \left( \frac{\varepsilon_u^*}{\varepsilon_{*c}(\varepsilon_u^*)} \right)^{p-1} \cdot \frac{1}{\varepsilon_{*c}} \cdot \beta_{ij}(\varepsilon_u^*) \cdot d\varepsilon_u^* \end{aligned} \quad (1)$$

де  $\psi_{ij}$  - тензор пошкоджень;  $\beta_{ij}$  - напрямний тензор напружень;  $\varepsilon_u$  - накопичена деформація;  $\varepsilon_{*c}$  - гранична деформація;  $t_{*c}$  - час до руйнування;  $p, n, \rho$  - параметри моделі, які залежать від матеріалу та температури.

Стосовно до стаціонарного деформування із моделі (1), впливає співвідношення

$$\psi_u(t) = (1 - \rho) \cdot \psi^n + \rho \cdot \psi^p, \quad (2)$$

де  $\psi_u(t)$  - використаний ресурс пластичності,  $\psi$  - використаний ресурс тривалої міцності.

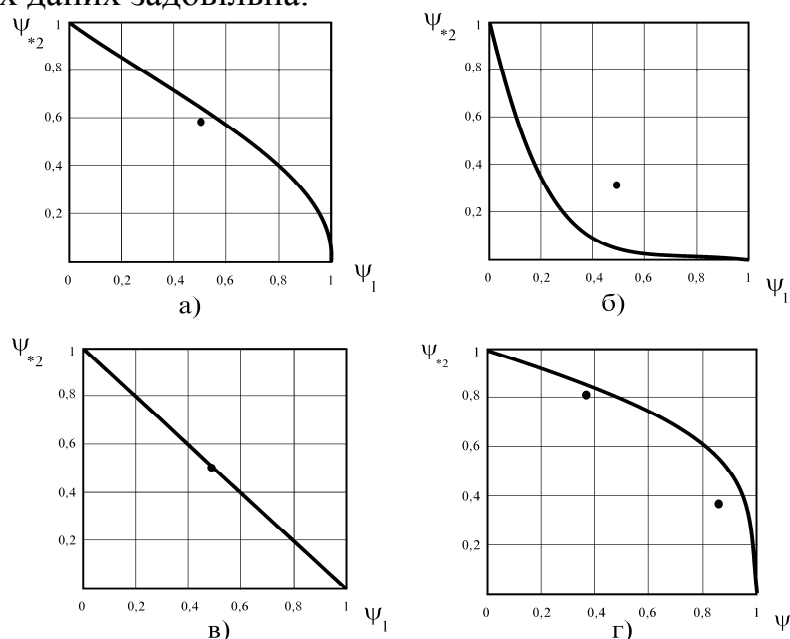
При обробці апроксимацій кривих повзучості та експериментальних даних ми дістали дуже важливий результат: виявляється, що залежність  $\psi = \psi(\delta)$ , де  $\psi = \varepsilon/\varepsilon_*$ ,  $\delta = t/t_*$ , інваріантна до навантаження, при якому відбувається випробовування.

Цілком природньо припустити, що процес накопичення пошкоджень відображує закономірності деформації повзучості. Враховуючи також те, що характер кривих повзучості та накопичення пошкоджень схожий, ми пропонуємо знаходити параметри моделі (1) з кривих повзучості, які побудовані у відносних координатах.

Параметри  $p, n, \rho$  знаходили шляхом безпосереднього розв'язання задачі чисельної мінімізації суми квадратів відхилень. Для вирішення цієї задачі використали надбудівлю офісного додатку Excel Поиск Решения. Виведення результатів та обробка різних

апроксимацій кривих повзучості здійснювались за допомогою додатку MathCad.

Для перевірки запропонованого підходу визначення параметрів  $p, n, \rho$  моделі (1) були використані експериментальні дані двоступеневого навантаження стали ЭИ826 при температурі  $800^{\circ}\text{C}$ , які наведені у роботі [2]. Результати експерименту та розрахункові криві показані на рисунку 1. Адекватність експериментальних та розрахункових даних задовільна.



**Рисунок 1 - Залежність між залишковим та використаним ресурсами тривалої міцності при двоступеневому навантаженні:**

а – сплав ЭИ826 при  $800^{\circ}\text{C}$  ( $\alpha_{21} = 1.3$ ); б - сплав ЭИ826 при  $800^{\circ}\text{C}$  ( $\alpha_{21} = 0.3$ ); в – сплав ЭИ826 при  $800^{\circ}\text{C}$  ( $\alpha_{21} = 1$ ); г – сплав 03X20H45M4БЧ при  $700^{\circ}\text{C}$  ( $\alpha_{21} = 2.6$ );

(• - експеримент; - - розрахунок).

Запропонований підхід до визначення параметрів моделі накопичення пошкоджень має наступні переваги:

- в попередніх моделях при визначенні параметрів зважали лише на граничну точку, а при даному підході враховується уся крива повзучості, тобто враховується історія деформування;
- у літературі накопичена величезна кількість даних по стаціонарному навантаженні, тому експерименти для визначення параметрів моделі проводити не потрібно.

#### Література

1. Михалевич В. М. Тензорні моделі накопичення пошкоджень. Монографія. – Вінниця: “УНІВЕРСУМ-Вінниця”, 1998. – 195 с.
2. Осаюк В. В., Олисов А. Н. К вопросу о гипотезах суммирования относительных долговечностей // Проблемы прочности. – 1979. - №11. – С. 31-33.