

ПОВЗУЧИСТЬ ЛІНІЙНО-В'ЯЗКОПРУЖНИХ МАТЕРІАЛІВ ЗА УМОВ СКЛАДНОГО НАПРУЖЕНОГО СТАНУ

Ярослав Павлюк, Віра Рагуліна, Володимир Пелих

Інститут механіки ім. С. П. Тимошенка НАН України,
slavikp406@gmail.com

Розглядається повзучість ізотропних однорідних і нестаріючих лінійно-в'язкопружних матеріалів за умов складного напруженого стану. Визначальні рівняння повзучості, що задають залежність між компонентами тензора деформацій ε_{ij} , тензора напружень σ_{ij} і часом t , мають вигляд [1]:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{ij}(t) - \frac{1}{3} \delta_{ij} \varepsilon_v(t) &= \frac{3}{2} \frac{\varepsilon_i(t, \sigma_i)}{\sigma_i(t)} (\sigma_{ij}(t) - \delta_{ij} \sigma_0(t)), \\ \varepsilon_i(\sigma_i, t) &= \frac{2(1+\nu)}{3E} \left(\sigma_i(t) + \lambda_i \int_0^t K_i(t-\tau) \sigma_i(\tau) d\tau \right), \\ \varepsilon_v(\sigma_0, t) &= \frac{3(1-2\nu)}{E} \left(\sigma_0(t) + \lambda_v \int_0^t K_v(t-\tau) \sigma_0(\tau) d\tau \right).\end{aligned}\quad (1)$$

Тут $\varepsilon_v(t)$ і $\varepsilon_i(\sigma_i, t)$ – об'ємна деформація та інтенсивність деформації повзучості; $\sigma_0(t)$ і $\sigma_i(\varepsilon_i, t)$ – середнє напруження та інтенсивність напружень; $K_i(t-\tau)$ і $K_v(t-\tau)$ – ядра інтенсивності повзучості й об'ємної повзучості; E – модуль пружності; ν – коефіцієнт Пуассона; λ_i , λ_v – реологічні параметри; δ_{ij} – одинична функція Кронекера.

Встановлюємо залежність між ядрами повзучості $K_i(t)$ і $K_v(t)$, що задають скалярні властивості лінійно-в'язкопружних матеріалів за умов складного напруженого стану. Одновимірні моделі повзучості, що встановлюють залежність між напруженнями, деформаціями і часом при $\sigma_{11} = const$ зводяться до рівнянь:

$$\varepsilon_{11}(t) = \frac{\sigma_{11}}{E} \left(1 + \lambda_{11} \int_0^t K_{11}(t-\tau) d\tau \right),$$

$$\varepsilon_{22}(t) = -\frac{\nu\sigma_{11}}{E} \left(1 + \lambda_{22} \int_0^t K_{22}(t-\tau) d\tau \right). \quad (2)$$

Тут $\sigma_{11}(t)$ – поздовжнє напруження; $\varepsilon_{11}(t)$ і $\varepsilon_{22}(t)$ – поздовжня і поперечна деформації, що включають пружну деформацію і деформацію повзучості; $K_{11}(t)$ і $K_{22}(t)$ – ядра поздовжньої і поперечної повзучості; E – модуль пружності; ν – коефіцієнт Пуассона; λ_{11} і λ_{22} – реологічні параметри.

Залежність між ядрами інтенсивності повзучості $K_i(t)$ та об'ємної повзучості $K_v(t)$, і ядрами поздовжньої і поперечної повзучості $K_{11}(t)$ й $K_{22}(t)$ встановлюється, виходячи із сумісного розв'язку рівнянь (1) і (2):

$$\lambda_i K_i(t) = \frac{\lambda_{11} K_{11}(t) + \nu \lambda_{22} K_{22}(t)}{1 + \nu}, \quad (3)$$

$$\lambda_v K_v(t) = \frac{\lambda_{11} K_{11}(t) - 2\nu \lambda_{22} K_{22}(t)}{1 - 2\nu}. \quad (4)$$

Рівняння (3) і (4) дозволяють розрахувати дискретні значення ядер інтенсивності повзучості $K_i(t)$ та об'ємної повзучості $K_v(t)$ за умов складного напруженого стану в функції часу t . Параметри ядер визначаються за результатами апроксимації дискретних значень ядер вибраним для ядра аналітичним виразом.

1. Голуб В. П., Кобзарь Ю. М., Рагулина В. С. Метод определения параметров ядер наследственности нелинейно-вязкоупругих материалов с использованием весовых функций // Теорет. и прикл. механика. – 2009. – Вып. 46. – С. 70-80.

CREEP OF LINEAR-VISCOELASTIC MATERIALS UNDER THE COMPLEX STRESS STATE

The relations between heredity kernels giving the scalar properties of isotropic linear-viscoelastic materials under the complex stress state and creep kernels obtained under the uniaxial tension and pure torsion have been established. The constitutive equations are chosen in the form corresponding to the hypothesis of the proportionality of deviators.