

УДК 539.3

С.І. Федак, к. т. н, доцент

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## ВИБІР ЯДРА ДЛЯ ОПИСУ ПОВЗУЧОСТІ МАТЕРІАЛІВ ЗА УМОВИ НАКЛАДАННЯ ЦИКЛІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ

S.I. Fedak, Ph.D., Assoc. Prof.

### CHOOSING OF MEMORY FUNCTION FOR DESCRIBING MATERIALS CREEP AT THE CONDITION OF CYCLIC COMPONENT STACK-UP

Експлуатація багатьох елементів конструкцій у машинобудуванні, авіатехніці, мостобудуванні супроводжується взаємодією високого рівня статичних навантажень та довготривалих низькоамплітудних циклічних напружень (турбіни, трубопроводи, посудини високого тиску, мостові конструкції та ін.). Службові та механічні властивості конструкційних матеріалів залежать від часу. В таких випадках необхідно врахувати повзучість за зміни структурних параметрів матеріалу.

Для розрахунків міцності застосовують теорії повзучості та довготривалої міцності з використанням ядра повзучості. Для моделі в'язко-пружного матеріалу найчастіше використовують закон спадкової пружності у формі Вольтерра:

$$\sigma_y(x, y) = E_1 \left[ \varepsilon_y(x, t) + \int_0^t K(t - \tau) \varepsilon_y(x, \tau) d\tau \right]$$

де  $K(t)$  – ядро релаксації;  $E_1$  – миттєвий модуль Юнга матеріалу.

Розглянемо два найбільш використовувані приклади в'язко-пружних матеріалів.

Тіло Кельвіна. Ядро повзучості має вигляд  $R(t - \tau) = \mu e^{-\beta(t - \tau)}$ ,  $\beta > 0$ ,  $\mu > 0$ .

Тіло Максвелла (матеріал зі степеневим ядром повзучості). Для такого матеріалу ядро повзучості має вигляд  $R(t - \tau) = \lambda(t - \tau)^{\beta - 1}$ ,  $0 < \beta < 1$ , де  $\lambda$ ,  $\beta$  – реологічні характеристики матеріалу.

Процеси релаксації напружень інтенсивніші у матеріалі Максвелла і з часом напруження у матеріалі можуть знизитись навіть до нуля.

Через здатність до повзучості однієї з фаз структурно неоднорідного матеріалу може суттєво змінюватися напружено-деформований стан у тілі, що перебуває під дією довготривалих статичних навантажень. Тоді, розраховуючи концентрацію напружень біля дефектів у часі, необхідно врахувати реологічні властивості матеріалів. Різниця в розрахунках, виконаних за пружної і в'язко-пружної постановок, може бути дуже суттєва.

У випадку накладання ще й циклічної складової за моделлю Максвелла, реологічні характеристики матеріалу можуть виступати як деякі часові функції, пов'язані зі змінами структури:  $\lambda(t)$  та  $\beta(t)$ .

При зміні характеристик циклічного навантажування (частота  $\omega$  та асиметрія циклу  $r$ ) також можуть відбуватись зміни у структурі матеріалу та відповідні зміни реологічних характеристик. Тому для опису процесу за моделлю в'язко-пружного матеріалу  $\lambda$  та  $\beta$  також будуть залежними від  $r$  та  $\omega$ .

Для дослідження функцій  $\lambda(r, \omega)$  та  $\beta(r, \omega)$  можна використати експериментальні дані зміни деформації на ділянці усталеної повзучості за відповідних характеристик циклічного навантажування.