

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ТРІЩИНИ ПРИ ПОВЗУЧОСТІ

Бреславський Д.В., Козлюк А.В.
*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Умови експлуатації високонавантажених конструктивних елементів сучасного енергетичного та авіаційно-космічного машинобудування часто характеризується високими температурами. При цьому в матеріалі таких елементів розвиваються деформації повзучості, які супроводжуються накопиченням прихованої пошкоджуваності. У певний момент часу мікрodefекти зливаються у зародок макротріщини й починається етап руйнування елемента шляхом її розповсюдження. Однією з важливих задач, що виникають при цьому, є оцінювання остаточного часу життя: для різних матеріалів та форм конструктивних елементів він може чи складати лічені хвилини, чи бути співмірним з часом прихованого руйнування. В останньому випадку у зв'язку з коштовністю конструкцій, що розглядаються, виникає можливість продовження їхнього ресурсу за умов оцінювання часу повільного розвитку тріщини.

Доповідь присвячено викладенню методу розрахунку, опису алгоритмів та розробленого програмного забезпечення для розв'язання двовимірних задач повзучості та руйнування. Надано математичну постановку задачі. Метод розрахунку базується на поєднанні методу скінчених елементів для розв'язання крайових задач та прогнозу-корекції для початкових. Викладено алгоритм виключення «зруйнованих» скінчених елементів чи їхніх груп, який потребує перебудови матриці жорсткості системи з відповідними змінами в геометрії моделі та прикладеного навантаження, перезапису всіх поточних значень компонентів векторів напружень, деформацій, переміщень й параметру пошкоджуваності для різних моментів часу. Алгоритм працює до моменту повного розділення на частини конструктивного елемента.

Отримані дані чисельного скінченноелементного моделювання поточної довжини тріщини та її залежності від часу використані для визначення параметрів, які входять до рівняння, що описує розвиток тріщини. До моделювання залучено диференціальне рівняння першого порядку. Обговорюється методика визначення констант.

Роботу даної методики продемонстровано на прикладах пластин з надрізами з жароміцних нікелевих та алюмінієвого сплаву. Обговорюються отримані дані з чисельної збіжності розв'язків як для скінченноелементних моделей, так й при інтегруванні за часом.

Отримано значення часу закінчення прихованого та повного руйнування, місця виникнення макрodefектів, поточну геометрію зруйнованих пластин та напрямок розвитку макротріщини. Наведено результати інтегрування диференціального рівняння руху тріщини, надано порівняння цих даних з даними скінченноелементного моделювання.