

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРІОДУ ДОКРИТИЧНОГО РОСТУ КОРОЗІЙНО-МЕХАНІЧНИХ ТРИЩИН В ЕЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦІЙ

Грига Долінська, Юрій Каниук

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, [ira\\_dolinska@ukr.net](mailto:ira_dolinska@ukr.net),  
[kaniukyurii@gmail.com](mailto:kaniukyurii@gmail.com)

Корозійне середовище посилює руйнування металевих матеріалів за довготривалого статичного навантаження і сприяє поширенню корозійно-механічних тріщин. Для визначення періоду докритичного росту таких тріщин (залишкового ресурсу) в металевих елементах конструкцій потрібно мати відповідні розрахункові моделі. Більшість із відомих на сьогодні ґрунтуються на описі тільки конкретних експериментальних результатів. На основі цих теорій можна визначити залишковий ресурс лише деяких елементів конструкцій із тих матеріалів, на яких експериментували.

В роботі на основі раніше розробленого [1] енергетичного підходу, а також законів фізичної хімії побудовано розрахункову модель (диференціальне рівняння з початковою і кінцевою умовами) для визначення періоду докритичного росту тріщин в елементах конструкцій за дії довготривалого навантаження і корозійного середовища.

*Постановка задачі та метод її розв'язання.* Розглянемо товстостінний елемент конструкції з малою плоскою поверхневою тріщиною. Вважається, що елемент підданий дії довготривалого статичного навантаження і корозійного середовища. В результаті такої дії в розглядуваному елементі поширюватиметься плоска корозійно-механічна тріщина, площа  $S$  якої за час  $t = t_*$  досягне критичної величини  $S = S_*$ . Задача полягає у визначенні часу  $t = t_*$ , по досягненні якого пройде руйнування елемента конструкції.

Для розв'язку задачі побудуємо математичну модель – математичні рівняння, які описують процес поширення тріщини. Вважається, що тріщина рухається неперервно від початкового розміру  $S = S_0$  до критичного  $S = S_*$ . Це припущення коректне, оскільки реальний її рух супроводжується стрибками малого розміру за відносно великі проміжки часу. Далі записуємо баланс енергетичних складових і роботи зовнішніх сил під час стрибка тріщини, як елементарного акту руйнування і, відповідно, баланс швидкостей зміни цих складових. У даному випадку враховується енергія руйнування

**Конференція молодих учених «Підстригачівські читання – 2022»,  
25–27 травня 2022 р., Львів**

тіла, яка залежить від дії корозійного середовища. Розглядається випадок електрохімічної корозії, де наближено площу елементарного стрибка тріщини представимо, як суму елементарного поширення тріщини за рахунок анодного розчинення і механічного стрибка внаслідок механічного навантаження і наводнювання за електрохімічної корозії. В результаті отримали диференціальне рівняння для визначення кінетики росту тріщини від початкового до її критичного розміру. Це рівняння разом із початковими і кінцевими умовами стане математичною моделлю для розв'язання даної задачі.

$$V = \frac{dS}{dt} = \alpha \frac{\int_L [\delta_t(\xi, 0) - \delta_{scc}] d\xi}{\delta_{CC} - \left| \int_L \delta_t(\xi, 0) d\xi \right|^{-1} \int_L \delta_t^2(\xi, 0) d\xi}. \quad (1)$$
$$t = 0, \quad S(0) = S_0, \quad t = t^*, \quad S(t^*) = S^*; \quad \delta_t(S^*) = \delta_C. \quad (2)$$

Тут  $\alpha$  – характеристика, яку визначають із експерименту,  $\delta_t(\xi, 0)$  – розкриття у вершині тріщини,  $\delta_{CC}$  – критичне значення  $\delta_t(\xi, 0)$  за корозійного руйнування,  $\delta_{scc}$  – нижнє порогове значення на кінетичній діаграмі поширення корозійно-механічної тріщини,  $L$  – контур тріщини,  $\xi$  – біжуча координата вздовж контуру тріщини,  $V$  – швидкість росту тріщини.

Модель (1), (2) побудована в деформаційних параметрах розкриття тріщини біля її контуру, що дає змогу застосовувати її для розрахунку елементів конструкцій з малими тріщинами. Оцінено залишковий ресурс торсіона, послабленого в найнапруженішому (нормальні напруження) перерізі під кутом  $45^\circ$  до його осі півеліптичною тріщиною і підданого закруту моментом  $M$  в умовах дистильованої води і водних розчинах органічних та неорганічних інгібіторів.

1. *Андрейків О.С., Долінська І.Я.* Визначення періоду докритичного росту малих плоских тріщин високотемпературної повзучості в елементах конструкцій // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 2021. – № 2. – С. 16–23.

**MATHEMATICAL MODEL FOR DETERMINATION OF THE PERIOD  
SUBCRITICAL GROWTH OF CORROSION-MECHANICAL CRACKS IN  
STRUCTURAL ELEMENTS**

A computational model for determining the residual life of structural elements with cracks under long-term static loads and corrosive environment is built. The model is built in deformation parameters.