

DOI: 10.34185/1991-7848.itmm.2023.01.036

ВИКОРИСТАННЯ ПОЛІНОМІАЛЬНОЇ АПРОКСИМАЦІЇ ЗУСИЛЬ У МЕТОДІ КОРИГУВАЛЬНИХ ФУНКЦІЙ

Зеленцов Д.Г., Бричковський О.Д.

Український державний хіміко-технологічний університет

Вступ. Процес корозії в конструкціях описується системою диференціальних рівнянь із врахуванням механічних напружень, для якої можливий тільки чисельний розв'язок. Алгоритм розв'язання задачі оптимального проектування кородуючих конструкцій вимагає обчислення функцій обмежень, які передбачають обчислення напруженого стану конструкції в певний момент часу. Наявність зворотного зв'язку в даному алгоритмі збільшує обчислювальні витрати та чутливість до похибок.

Основний матеріал. Останні дослідження пропонують використання нейронних мереж для контролю точності чисельних розв'язків систем диференціальних рівнянь, однак ці алгоритми ігнорують зміну внутрішніх зусиль в елементах кородуючих конструкцій. Пізніше був запропонований метод коригувальних функцій, де коригувальна функція була апроксимована нейронною мережею з використанням коефіцієнтів полінома, який описує зміни внутрішніх зусиль з часом. Коефіцієнти поліному визначалися на етапі отримання наближеного розв'язку, таким чином, точність розв'язку задачі в цілому залежала від точності поліноміальної апроксимації [1].

Метою роботи є дослідження впливу ступеня поліномів, які апроксимують залежність «зусилля – час» в елементах кородуючих конструкцій, та способу їх отримання на точність обчислення довговічності.

Система диференціальних рівнянь (СДР), що описує процес корозії з врахуванням впливу механічних напружень, має вигляд:

$$\frac{d\delta_i}{dt} = v_0 \cdot \Phi(\sigma_i(\bar{\delta})); \quad \delta_i|_{t=0} = 0; \quad i = \overline{1, K}. \quad (1)$$

де δ_i – глибина корозійного ураження (параметр пошкодження); v_0 – швидкість корозії при відсутності напруження; Φ – відома функція напруження; t – час; K – кількість параметрів пошкодження, що однозначно визначають форму та розміри конструкційного елемента (розмірність СДР).

Для кородуючого стержневого елемента відома аналітична формула, що дозволяє визначити час, за який напруження в ньому збільшується від початкового до граничного при постійному значенні осевого зусилля [2].

Вищезгадана формула дозволяє отримати точний розв'язок задачі довговічності тільки в тому випадку, коли внутрішні зусилля в стержневих елементах конструкції залишаються постійними протягом всього періоду її експлуатації, тобто для статично визначеної конструкції. З іншого боку, якщо відомий номер елемента m , довговічність якого визначає довговічність конструкції в цілому, і закон зміни зусилля в ньому, то розв'язок єдиного диференціального рівняння вигляду:

$$\frac{d\delta_m}{dt} = v_0 \cdot \Phi \left(\frac{Q_m(t)}{A_m^0 - P_m^0 \delta + a\delta^2} \right) \quad (2)$$

буде збігатися з розв'язком системи (1).

Апроксимуємо залежність $Q_m(t)$ поліномом ступеня n :

$$Q_m(t) = P_n(t) = \sum_{k=0}^n \alpha_k \cdot t^k. \quad (3)$$

Для визначення коефіцієнтів полінома необхідна інформація про напружено-деформований стан шарнірно-стержневої конструкції в $(n+1)$ вузлових точках, включаючи початковий момент часу $t = 0$. Застосування чисельно-аналітичного методу дозволить отримати наближений розв'язок при мінімальних обчислювальних витратах (кількість звернень до процедури методу скінченних елементів визначається порядком полінома (3)) і при цьому визначити номер елемента, що визначає довговічність конструкції, і значення коефіцієнтів полінома.

Таким чином, спосіб обчислення коефіцієнтів полінома (3) визначається методом отримання наближеного розв'язку. Далі є доцільним визначити ступінь полінома, що забезпечує необхідну точність розрахунку.

Було проведено порівняння еталонних значень розв'язків задачі довговічності з результатами чисельного розв'язання із використанням апроксимуючих поліномів різних ступенів.

Отримані результати показують, що збільшення ступеня апроксимуючих поліномів не приводить к суттєвому збільшенню точності розрахунків.

Висновки:

1. Проведене дослідження дозволяє обґрунтувати параметри поліноміальної апроксимації при використанні методу коригувальних функцій
2. Наведений підхід узгоджується зі стратегією нежорсткого допуску і дозволяє суттєво знизити обчислювальні витрати.

Література

1. Zelentsov D.G., Denysiuk O.R., Korotka L.I. The Method of Correction Functions in Problems of Optimization of Corroding Structures. // Advances in Computer Science for Engineering and Education III (ICCSEEA 2020), 2020. – pp. 132 – 142.
2. Зеленцов Д.Г., Короткая Л.И. Технологии вычислительного интеллекта в задачах моделирования динамических систем. Днепр: Баланс-Клуб, 2018. – 178 с.

USE OF POLYNOMIAL APPROXIMATION OF FORCES IN THE METHOD OF CORRECTION FUNCTIONS

Zelentsov Dmytro, Brychkovskyi Oleksii

Abstract. The paper considers the problem of polynomial approximation of the "force - time" dependencies in the elements of corroding hinged-rod structures from the point of view of the influence of the degree of the polynomial on the error in calculating their durability. A method for determining the coefficients of approximating polynomials is proposed, which is based on the use of a numerical-analytical algorithm for solving a system of differential equations describing the corrosion process. The results of numerical experiments are presented, illustrating for various constructions the dependence of the error in solving the problem on the degree of approximating polynomials.

Keywords: corrosion process, correction functions method, systems of differential equations, polynomial approximation.

References

1. Zelentsov D.G., Denysiuk O.R., Korotka L.I. The Method of Correction Functions in Problems of Optimization of Corroding Structures. // Advances in Computer Science for Engineering and Education III (ICCSEEA 2020), 2020. – pp. 132 – 142.
2. Zelentsov D.G., Korotkaya L.I. Tehnologii vyichislitelnogo intellekta v zadachah modelirovaniya dinamicheskikh sistem. Dnepr: Balans-Klub, 2018. – 178.