

УДК 539.3

Я. М. Григоренко, О. І. Беспалова[✉]

УЗАГАЛЬНЕНИЙ МЕТОД СКІНЧЕННИХ ІНТЕГРАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ У ЛІНІЙНИХ І НЕЛІНІЙНИХ ЗАДАЧАХ СТАТИКИ ПОЛОГИХ ОБОЛОНОК

Запропоновано підхід до розв'язування двовимірних лінійних і нелінійних крайових задач статикою пологих оболонок на основі узагальненого методу скінченних інтегральних перетворень і методу лінеаризації Ньютона – Канторовича – Рафсона. У лінійному випадку застосування узагальненого методу скінченних інтегральних перетворень зводиться до побудови двох інтегральних перетворень за різними змінними області у припущенні, що ядра одного перетворення є трансформантами другого, і навпаки. Для розв'язання одержаної системи двох одновимірних задач використовується ітераційна процедура, що є аналогом процедури Лібмана – Гаусса – Зейделя в лінійній алгебрі. У нелінійному випадку на основі раціонального поєднання методу лінеаризації Ньютона – Канторовича – Рафсона та узагальненого методу скінченних інтегральних перетворень побудовано єдиний ітераційний процес, що об'єднує два типи ітерацій: лінеаризацію нелінійної задачі (метод Ньютона – Канторовича – Рафсона) і розв'язання окремої лінеаризованої задачі (метод Лібмана – Гаусса – Зейделя). Цей процес збігається досить швидко (кількість ітерацій знаходиться в межах одного порядку) і дає усталений розв'язок вихідної задачі при невеликій (3÷5) кількості трансформант-ядер в оберненому перетворенні. Наведено приклади тестування підходу та дослідження стійкості пологих оболонок при різних умовах закріплення граничного контуру.

Ключові слова: узагальнений метод скінченних інтегральних перетворень, метод лінеаризації Ньютона – Канторовича – Рафсона, статика пологих оболонок, лінійні і нелінійні крайові задачі, тестування, аналіз.

THE GENERALIZED FINITE INTEGRAL TRANSFORMATIONS METHOD IN LINEAR AND NONLINEAR STATIC PROBLEMS FOR SHALLOW SHELLS

The new approach to solving two-dimensional linear and nonlinear boundary-value static problems of shallow shells based on the generalized method of finite integral transformations and Newton – Kantorovich – Raphson method of linearization is developed. In the linear case, the application of the generalized method of finite integral transformations is reduced to construction of two integral transformations with respect to different variables of domain in assumption that the kernels of one transformation are transforms of the other one and vice versa. To solve the obtained system of two interconnected one-dimensional problems, an iterative procedure, which represents analog of the Libman – Gauss – Seidel procedure in linear algebra, is used. In the nonlinear case, the rational combination of the Newton – Kantorovich – Raphson method of linearization and the generalized method of finite integral transformations makes it possible to construct unified iterative process combining two kinds: linearization of nonlinear problem (Newton – Kantorovich – Raphson method) and solving of the single linearized problem (Libman – Gauss – Seidel method). The process constructed is characterized by rapid convergence (the number of iterations is within the limits of one order) and small quantity of transform-kernels in inverse transformation (3÷5), which assures stable solving of original problem. The examples of testing the approach developed and investigation of stability problems for shallow panels under various conditions of fastening of a boundary contour are presented.

Key words: generalized method of finite integral transformations, Newton – Kantorovich – Raphson method of linearization, statics of shallow shells, linear and nonlinear boundary-value problems, testing, analysis.

[✉]elena_bespalova@ukr.net

Ін-т механіки ім. С. П. Тимошенка
НАН України, Київ

Одержано
15.02.21