

УДК 539.3

М. В. Марчук, Р. І. Тучапський✉

## РОЗРАХУНОК ЛОКАЛЬНО НАВАНТАЖЕНИХ ТОНКИХ ОРТОТРОПНИХ ЗАМКНЕНИХ КОНІЧНИХ ОБОЛОНОК НА ОСНОВІ КЛАСИЧНОЇ ТА ДЕЯКИХ УТОЧНЕНИХ ТЕОРІЙ

*Реалізовано напіваналітичні алгоритми розв'язування задач про напружено-деформований стан тонких ортотропних зрізаних замкнених конічних оболонок під дією локальних навантажень, для моделювання яких використано дельтаподібні функції. Алгоритми використовують системи рівнянь теорій оболонок Кірхгоффа–Лява, типу Тимошенка та методу  $\{m, n\}$ -апроксимації, розв'язаних відносно частинних похідних першого порядку за координатою вздовж меридіана (при цьому всі невідомі функції, що в них входять, виражено через компоненти векторів розв'язків і частинні похідні за кільцевою координатою від них). Ці системи рівнянь записано в спеціальній формі і з використанням тригонометричних рядів Фур'є за кільцевою координатою зведено до послідовностей незв'язаних нормальних систем звичайних диференціальних рівнянь, які можна розв'язувати за допомогою методу ортогональної прогонки С. К. Годунова. Отримані результати свідчать про надійність реалізованих алгоритмів і важливість уточнених теорій оболонок для адекватного опису тривимірного напруженого стану.*

**Ключові слова:** конічна оболонка, локальне навантаження, теорія Кірхгоффа – Лява, теорія типу Тимошенка, метод  $\{m, n\}$ -апроксимації, тригонометричний ряд, метод ортогональної прогонки С. К. Годунова.

## CALCULATION OF LOCALLY LOADED THIN ORTHOTROPIC CLOSED CONICAL SHELLS ON THE BASIS OF CLASSICAL AND SOME REFINED THEORIES

*Semi-analytical algorithms for solving problems on the stress-strain state of thin orthotropic truncated closed conical shells under local loads modeled by delta-shaped functions are implemented. The algorithms are based on the systems of equations of the Kirchhoff–Love, the Timoshenko-type, and the  $\{m, n\}$ -approximation method shell theories solved with respect to the first order partial derivatives with respect to the coordinate along the meridian (all unknown functions included in these equations were expressed via the components of solution vectors and partial derivatives from these components with respect to the circumferential coordinate). These systems of equations are written in a special form and, using trigonometric Fourier series in the circumferential coordinate, are reduced to sequences of uncoupled normal systems of ordinary differential equations, which can be solved using the S. K. Godunov method of orthogonal successive substitutions. The obtained results indicate the reliability of the implemented algorithms and the importance of refined shell theories for an adequate description of three-dimensional stress state.*

**Key words:** conical shell, local load, Kirchhoff–Love theory, Timoshenko theory,  $\{m, n\}$ -approximation method, trigonometric series, S. K. Godunov method of orthogonal successive substitutions.

Ін-т прикл. проблем механіки і математики  
ім. Я. С. Підстригача НАН України, Львів

Одержано  
22.04.24

---

✉ roman.tuch@gmail.com