

УДК 539.3

## **ВІЛЬНІ КОЛИВАННЯ ГОФРОВАНОЇ ЗАМКНУТОЇ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ОБОЛОНКИ ЗМІННОЇ ТОВЩИНИ**

**Олександр Григоренко, Максим Борисенко,  
Олена Бойчук, Наталія Борейко**

*Інститут механіки ім. С.П. Тимошенка НАН України,  
Миколаївський національний аграрний університет*

ayagrigenko1991@gmail.com, mechanics530@gmail.com,  
boychuklena27@gmail.com, nataliya.petrivna@ukr.net

Різноманітні оболонкові конструкції знаходять широке застосування в різних галузях промисловості. Особливе місце серед них належить циліндричним оболонкам, які мають високу міцність та стійкість при відносно невеликій масі. Підвищення характеристик на міцність при збереженні маси можна здійснювати внаслідок зміни геометричних параметрів таких, як товщина стінки оболонки або зміни форми поперечного перерізу, наприклад, за допомогою гофрування. Моделювання таких конструкцій пов'язане з рядом попередніх досліджень, одним з яких є дослідження динамічних характеристик при різних граничних умовах, конструктивних неоднорідностях та інших різних параметрах оболонки. Інформація про частоти і форми вільних коливань та їх залежності від різних параметрів дає можливість керувати спектром частот та виводити конструкцію з резонансних режимів, які можуть спричинити руйнування. У зв'язку з цим є необхідним поширити чисельні методи дослідження частот і форм вільних коливань гофрованих циліндричних оболонок.

Одним із методів розрахунку частот вільних коливань є метод скінчених елементів (МСЕ), який лежить в основі багатьох сучасних програмних комплексів інженерного проектування і аналізу, наприклад, програмного комплексу FEMAP. Запропонований комплекс використовується при дослідженнях, як кругових [4], так і некругових [2, 3] циліндричних оболонок. В роботах [1, 5, 6] проведені дослідження відкритих та замкнутих гофрованих циліндричних оболонок сталої товщини.

Метою даної роботи є визначення частот та форм вільних коливань конської ізотропної тонкої замкнутої гофрованої кругової циліндричної оболонки змінної товщини.

Визначено МСЕ частоти і форми вільних коливань тонкої замкнутої гофрованої кругової циліндричної оболонки з кількістю гофр по контуру  $k=8$  змінної вздовж контуру поперечного перерізу товщини з жорстко закріпленим торцем. Встановлено симетричні і антисиметричні форми коливань. Проведено порівняння частот гофрованої оболонки змінної товщини з частотами аналогічної гофрованої циліндричної оболонки сталої товщини еквівалентної маси [5].

Реалізовані у роботі підходи дають можливість досліджувати динамічні характеристики закритих та відкритих гофрованих циліндричних оболонок змінної товщини з різними граничними умовами та іншими різними параметрами, що є актуальною проблемою прикладної математики та механіки.

1. Grigorenko A.Y., Borysenko M.Y., Boychuk O.V., Boreiko N.P. Free Vibration Corrugated Open Cylindrical Shells. In: Altenbach H., Bauer S., Eremeyev V., Mikhasev G., Morozov N. (eds). Recent Approaches in the Theory of Plates and Plate-Like Structures. – Cham: Springer. – 2021. – **151**. – P. 63–74.
2. Grigorenko A.Y., Borysenko M.Y., Boychuk O.V., Vasil'eva L.Y. Free Vibrations of an Open Non-circular Cylindrical Shell of Variable Thickness. In: Altenbach H., Chinchaladze N., Kienzler R., Müller W. (eds). Analysis of Shells, Plates, and Beams. Advanced Structured Materials. – Cham: Springer. – 2020. – **134**. – P. 141–154.
3. Grigorenko A.Ya., Borisenko M.Yu., Boichuk E.V. Free Vibrations of an Open Elliptical Cylindrical Shell // Int. Appl. Mech. – 2020. – **56**, No. 4. – P. 389–401.
4. Grigorenko A.Ya., Borisenko M.Yu., Boichuk E.V., Prigoda A.P. Numerical Determination of Natural Frequencies and Modes of the Vibrations of a Thick-Walled Cylindrical Shell // Int. Appl. Mech. – 2018. – **54**, No. 1. – P. 75–84.
5. Grigorenko O.Y., Borisenko M.Y., Boichuk O.V. Free Vibrations of a Corrugated Closed Cylindrical Shell // Int. Appl. Mech. – 2022. – **58**, No. 1. – C. 43–52.
6. Grigorenko O.Y., Borisenko M.Y., Boichuk O.V., Shums'ka A.A. Numerical determination of natural frequencies and modes of closed corrugated cylindrical shells // Int. Appl. Mech. – 2022. – **58**, No. 5. – C. 520–532.

#### FREE VIBRATIONS OF A CORRUGATED CLOSED CYLINDRICAL SHELL OF VARIABLE THICKNESS

*The frequencies and forms of free vibrations of a thin closed corrugated circular cylindrical shell with variable thickness along the contour of the cross section with one end fixed rigidly are determined by the finite element method. Symmetric and antisymmetric forms of vibrations are presented. The frequencies of a corrugated shell of variable thickness are compared with the frequencies of a similar corrugated cylindrical shell of a constant thickness of equivalent mass [4]. The approaches implemented in the work make it possible to study the dynamic characteristics of closed and open corrugated cylindrical shells with variable thickness, various boundary conditions and other various parameters.*