

## ЧИСЕЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВІЛЬНИХ КОЛИВАНЬ ТОНКОСТІННИХ ТА ТОВСТОСТІННИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ОБОЛОНОК

Олександр Григоренко<sup>1</sup>, Максим Борисенко<sup>1</sup>, Олена Бойчук<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Інститут механіки ім. С.П.Тимошенка НАНУ, м. Київ, ayagrigenko1991@gmail.com,  
mechanics530@gmail.com,

<sup>2</sup>Миколаївський національний аграрний університет, м. Миколаїв, boychuklena27@gmail.com

Циліндричні оболонки різної товщини є основою багатьох інженерних та архітектурних споруд, наприклад, таких як корпуси літаків та кораблів або автотунелі та шахти реакторів АЕС. Такі споруди піддаються статичним та динамічним навантаженням різної природи, що може призвести до їх руйнувань. Щоб уникнути руйнувань в наслідок резонансу, необхідно володіти інформацією про розподіл їх частот і форм вільних коливань. В рамках теорії тонких оболонок ця задача розв'язується за допомогою різних методик, однак у випадку товстостінних циліндричних оболонок більшість теорій втрачають свою актуальність, оскільки для проведення розрахунків необхідно використовувати просторову теорію з великими обсягами обчислювального характеру. Завдяки розвитку комп'ютерних технологій одним із варіантів розв'язання цієї проблеми є використання системи автоматизованого конструювання, яка дає можливість проводити розрахунок конструкції будь-якої складної форми завдяки методу скінченних елементів. Однією з таких систем є програмний комплекс для інженерного розрахунку FEMAP [3]. Даний комплекс апробовано на багатьох задачах динаміки циліндричних оболонок з різними конструктивними неоднорідностями [4, 6], а отримані результати добре узгоджуються з результатами отриманими іншими авторами [1, 2]. Зокрема [5] методом скінченних елементів розраховані частоти та форми вільних коливань товстостінної циліндричної оболонки, проведено порівняння отриманих результатів з результатами отриманими експериментально.

Дане повідомлення присвячене чисельному розрахунку методом скінченних елементів частот і форм вільних коливань замкнутих кругових циліндричних оболонок різної товщини з жорстко закріпленими обома торцями.

За допомогою системи FEMAP побудовано геометрію п'яти замкнутих кругових циліндричних оболонок висотою  $h = 0,12$  м, радіусом серединної поверхні  $R_c = 0,04$  м та з різним співвідношенням товщини оболонки до радіуса серединної поверхні  $d/R_c$ : 1/10, 1/8, 1/6, 1/5, 1/4 (рис. 1). Як матеріал задавалась сталь з характеристиками: модуль Юнга  $E = 214$  ГПа, коефіцієнт Пуассона  $\nu = 0,32$ , густина  $\rho = 7820$  кг/м<sup>3</sup>. Оболонки досліджувалась при різних жорстко закріплених обох торцях (CC).

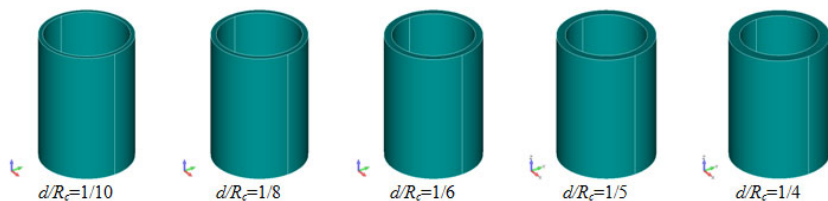


Рис. 1. Комп'ютерні моделі циліндричних оболонок різної товщини

В результаті розрахунків отримано частоти та форми вільних коливань циліндричних оболонок різної товщини з жорстко закріпленими обома торцями (СС). Деякі форми коливань оболонки  $d/R_c=1/5$  представлені на рис. 1, де  $m$  – кількість півхвиль вздовж твірної,  $n$  – кількість півхвиль вздовж контуру поперечного перерізу

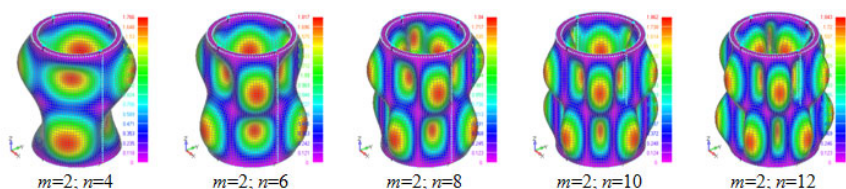


Рис. 2. Деякі форми коливань циліндричної оболонки  $d/R_c=1/5$  (СС)

1. *Лекомцев С.В.* Конечно-элементные алгоритмы расчёта собственных колебаний трёхмерных оболочек // Вычислительная механика сплошных сред. – 2012. – 5, № 2. – С. 233-243.
2. *Пузырев С.В.* О свободных колебаниях неруговых цилиндрических оболочек с гофрированным эллиптическим сечением // Збірник наукових праць НУК. – 2013. – №1. – С. 47-53.
3. *Рудаков К.Н.* FEMAP 10.2.0. Геометрическое и конечно-элементное моделирование конструкций – К. НТУУ «КПІ», 2011. – 317с.
4. *Grigorenko A.Ya., Borisenko M.Yu., Boichuk E.V.* Free Vibrations of an Open Elliptical Cylindrical Shell // Int. Appl. Mech. – 2020. – 56, №4. – P. 389-401.
5. *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, №1. – P. 75-84.
6. *Grigorenko A.Y., Borysenko M.Y., Boychuk O.V., Boreiko N.P.* Free Vibration Corrugated Open Cylindrical Shells // Recent Approaches in the Theory of Plates and Plate-Like Structures. Advanced Structured Materials. – 2021. – 151. – P. 63-74.

#### NUMERICAL ANALYSIS OF FREE VIBRATIONS OF THIN-WALLED AND THICK-WALLED CYLINDRICAL SHELLS

*The free vibrations of circular cylindrical shells of different thickness of rigidly fixed edges using the finite element method. The dependence of the frequency of the free vibrations on the shell thickness was analyzed.*