

## **МОДЕЛЮВАННЯ НЕЛІНІЙНОЇ ДИНАМІКИ РОТОРНИХ СИСТЕМ З МАГНІТНИМИ ПІДШИПНИКАМИ ЯК ОПОРАМИ**

**Мартиненко Г.Ю., Марусенко О.М.**  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Збільшення потреб у використанні роторних систем у сучасних машинобудівних виробках робить актуальним створення нових розрахункових моделей таких систем і методів їх дослідження. Це обумовлено необхідністю детального урахування особливостей елементів їх конструкцій та створення нових способів дослідження динамічної поведінки при різних навантаженнях.

Натепер запропоновано велику кількість розрахункових моделей та методів для дослідження динамічних властивостей роторних систем за допомогою сучасних розрахункових комплексів, які базуються на використанні методу скінченних елементів. Вони певною мірою враховують жорсткі та пружні властивості опори, допомагають здійснити модальний, гармонічний аналіз, дають можливість отримати амплітудно-частотні характеристики системи. Проте запропоновані моделі та підходи не визначають повної картини динамічної поведінки роторних систем, які використовують пасивні та активні магнітні підшипники як опори, оскільки вони є істотно нелінійними через особливості конструкції та матеріалу. При дослідженні таких роторних систем повинні враховуватись їх нелінійні силові характеристики, які виникають, зокрема, за рахунок зміни коефіцієнта демпфування магнітних підшипників, залежності від швидкості обертання ротора при розгоні, нелінійних властивостей матеріалу. Разом із тим, нелінійні характеристики сили та коефіцієнта демпфування магнітних підшипників можна змінювати за рахунок варіювання електричними параметрами електромагніту [1]. Тому побудова достовірної розрахункової моделі та розробка нових підходів до методу розрахунку роторної системи з урахуванням нелінійних властивостей є актуальною задачею.

У роботі побудована балочно-масова скінченно-елементна модель ротора, опорами якої є пасивні та активні магнітні підшипники. Вони моделюються поєднанням пружних і демпферних скінченних елементів із використанням модифікації методу накладених сіток [2]. Силові характеристики магнітних підшипників верифікуються результатами скінченноелементних розрахунків за експериментально підтвердженою методикою. За результатами модального та гармонічного лінійних аналізів та нелінійного аналізу перехідних процесів, що моделює періодичний відгук, розв'язується задача про вимушені коливання ротора. Результати розрахунків порівнюються з результатами, отриманими аналітично та експериментально.

### **Література:**

1. Martynenko G. Resonance Mode Detuning in Rotor Systems Employing Active and Passive Magnetic Bearings with Controlled Stiffness. International Journal of Automotive and Mechanical Engineering 2016, 13(2): 3293-3308.
2. Martynenko V.G. An Original Technique for Modeling of Anisotropic Viscoelasticity of Orthotropic Materials in Finite Element Codes Applied to the Mechanics of Plates and Shells. Mech Mech Eng 2017; 21(2): 389-413.