

УДК 534

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЗОНАНСНОГО СТАНУ ТА ПЕРЕХІДНОГО ПРОЦЕСУ В ДВОХ НЕІДЕАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

Яна Лебеденко, Юрій Міхлін

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Yana.Lebedenko@infiz.khpi.edu.ua, yuri.mikhlin@gmail.com

У цій роботі досліджуємо резонансну поведінку та перехідний процес двох систем з обмеженим джерелом живлення (або неідеальних систем) з трьома степенями свободи кожна (рис.1). Перша система містить пружну підсистему та маятниковий поглинач коливань; друга система містить порталну раму з валом, що підтримується двома підшипниками, де два сталевих дрти мають істотно нелінійні характеристики.

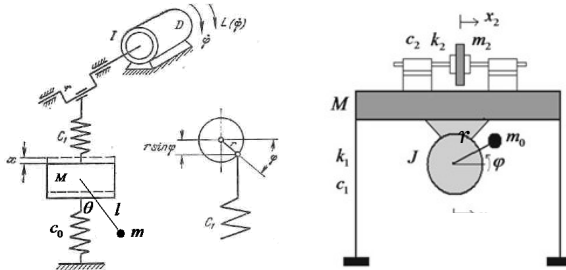
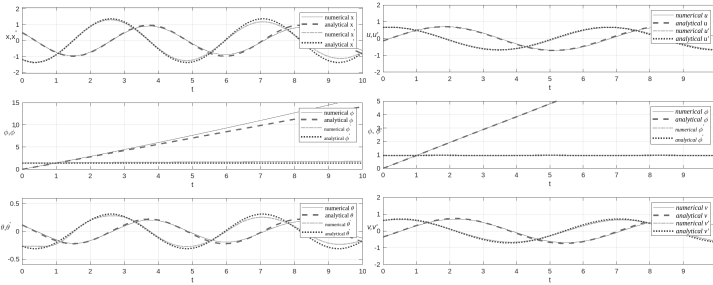


Рис. 1 Дві моделі, що описують неідеальні системи

Для опису резонансної поведінки систем в області резонансу 1:1 використовується метод багатьох масштабів, де малий параметр характеризує малість маси гасника по відношенню до маси пружної частини системи, малість складових коливань при змінності в часі кута повороту двигуна по відношенню до основної постійної складової, малість дисипації та відносно невелика нелінійність в силах пружності. Припускається, що в області резонансу зовнішнє збудження є малою величиною. При дослідженні перехідного процесу використовуються дрібно-раціональні наближення Паде, що містять експоненти.

Аналітичні результати порівнюються з чисельними розрахунками, які виконаними за допомогою процедури Рунге – Кутти 4-го порядку. Чисельне моделювання демонструє як хорошу точність побудованого стаціонарного стану, так і наближення отриманого перехідного процесу до резонансного

стаціонарного стану зі збільшенням часу. На рис. 2 наведено порівняння аналітичного стаціонарного розв’язку з чисельним моделюванням. Графічні подання вже на проміжку часу $T \in (0; 10)$ дають гарне наближення розв’язків розглянутих систем.



а) Порівняння аналітичного стаціонарного розв’язку з чисельним моделюванням першої системи для змінних x, φ та θ ;
 б) Порівняння аналітичного стаціонарного розв’язку з чисельним моделюванням другої системи для змінних u, φ та v

Показано, що вибір параметрів дає змогу суттєво зменшити амплітуди резонансних коливань. А саме, в першій системі значне зменшення амплітуди резонансних коливань можемо спостерігати при збільшенні параметра нелінійності в силі пружності і маси маятника; в другій системі це досягається зміною параметру нелінійності в силі пружності. Також показано наближення перехідного процесу, як в аналітичному представленні, так і при чисельному розрахунку, до стаціонарного розв’язку розглянутих систем.

1. *Balthazar J.M., Tusset A.M., Brasil R.M.L.R.F. et al.* An overview on the appearance of the Sommerfeld effect and saturation phenomenon in non-ideal vibrating systems (NIS) in macro and MEMS scales // *Nonlinear Dyn.* – 2018. – **93**. – P. 19–40.
2. *Lebedenko Y.O., Mikhlin Y.V., Pinsky M.A.* Resonance dynamics of the non-ideal system having the pendulum as absorber of elastic vibrations / In: Balthazar J.M. (ed.) // *Nonlinear Vibrations Excited by Limited Power Sources. Mechanisms and Machine Science.* – Cham: Springer, 2022. – **116**. – P. 139–149.

ANALYSIS OF RESONANCE STATE AND TRANSIENT PROCESS IN TWO NON-IDEAL SYSTEMS

A resonance behavior of two 3-DOF systems with a limited power supply is considered. Resonance steady states are constructed by the multiple scales method. Transient is described by the rational Padé approximants. Obtained analytical results are compared with the numerical simulation. It is shown that amplitudes of the resonance vibrations of the elastic sub-system can be essentially decreased by change of the system parameters.