КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ КВАЗІСТАТИЧНИХ І ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ГУМОМЕТАЛІЧНІЙ ВІБРОІЗОЛЯЦІЙНІЙ ОПОРІ КВАЗІНУЛЬОВОЇ ЖОРСТКОСТІ

Корольова С.В., Мартиненко Г.Ю.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків

У роботі представлено дослідження віброізоляційної опори з ефектом квазінульової жорсткості (QZS), призначеної для ефективного захисту обладнання від низькочастотних вібрацій. Актуальність розробки зумовлена зростаючими вимогами до надійності та довговічності технічних систем, що експлуатуються в умовах підвищеної вібраційної активності. Розглянуто теоретичні основи концепції квазінульової жорсткості, що базується на принципі поєднання елементів з позитивною (PS) та негативною жорсткістю (NS) для досягнення мінімальної жорсткості системи в робочому діапазоні навантажень (див. рис. 1а) [1]. Розглянуто принцип роботи віброізоляційної системи з квазінульовою жорсткістю та її переваги, зокрема здатність забезпечувати високу статичну та низьку динамічну жорсткості. Сформульовано задачу розробки математичної моделі віброізоляційної опори з використанням програмного скінченноелементного пакету інженерного аналізу. Детально опрацьовано процес побудови геометричної та розрахункової скінченноелементної моделей, включаючи вибір типу скінченного елемента та задання граничних умов і навантажень. Особливу увагу приділено моделюванню матеріалу гуми, для якого застосовано гіперпружну модель Муні-Рівліна, що дозволяє адекватно врахувати нелінійні властивості матеріалу. Проведено порівняльний аналіз результатів моделювання квазістатичної та динамічної поведінки опори з використанням лінійного та нелінійного підходів. Продемонстровано значні відмінності в отриманих результатах, що підкреслює важливість коректного моделювання нелінійної поведінки гуми для забезпечення достовірності розрахунків та прогнозування реальної поведінки віброізоляційної опори (див. рис. 1б).

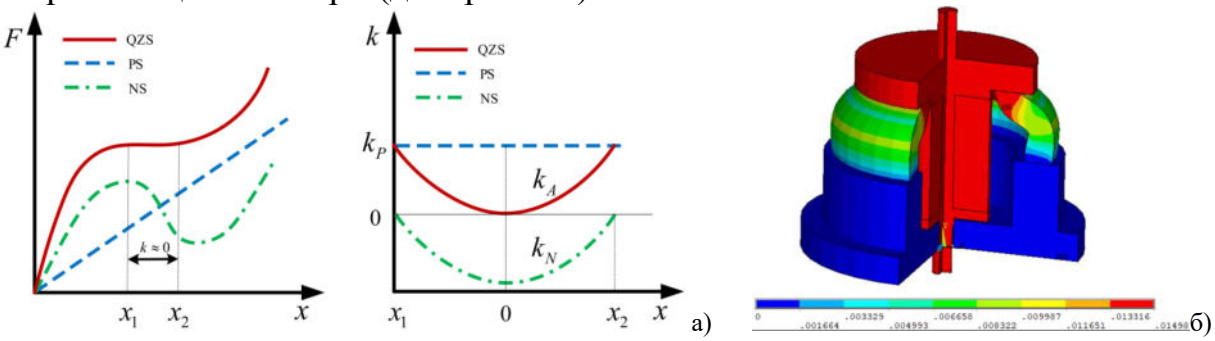

Рис. 1. Принцип роботи віброізолятора QZS: а) залежності «сила-переміщення» та «жорсткість-переміщення»; б) розподіл сумарних переміщень в гумометалічній віброізоляційній опорі у робочому стані

Література:

1. Ma Z., Zhou R., Yang Q. Recent Advances in Quasi-Zero Stiffness Vibration Isolation Systems: An Overview and Future Possibilities. Machines 10(9), 2022.

Дослідження виконане за підтримки Національного фонду досліджень України (грант НФДУ № 2023.03/0255).