

О.О. ЛАРИН, К.Є. ПОТОПАЛЬСЬКА, Є.М ГРІНЧЕНКО, Н.Р. РАЗУМОВСЬКА, Н. ВАСИЛЬЧЕНКО

РОЗРОБКА РОЗРАХУНКОВИХ МОДЕЛЕЙ ПАСИВНИХ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПІДВІШУВАННЯ З КВАЗІНУЛЬОВОЮ ЖОРСТКІСТЮ, ЩО ВИГОТОВЛЕНІ З КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ

У цій роботі розроблено метаструктуру з квазінульовою динамічною жорсткістю для застосування у віброзахисних системах. Структура складається з одиничних комірок, які включають елементи з негативною та позитивною жорсткістю, розташовані паралельно, що дозволяє досягти області квазінульової жорсткості. Проведено чисельне моделювання статичних характеристик одиничної комірки під одноосьовим стисканням, а також розроблено конструкцію, що включає множину таких комірок. Результати дослідження демонструють, що для запропонованої метаструктури зона квазінульової жорсткості знаходиться в діапазоні переміщень від 11 мм до 40 мм. У цій зоні значення сили залишається майже незмінним і становить близько 300 Н. Така поведінка дозволяє використовувати метаструктуру для ефективної віброізоляції. Одержані залежності переміщення платформи від навантаження дозволяють налаштувати статичну жорсткість конструкції для різних застосувань ще на етапі проектування. Таким чином, метаструктура, створена на основі одиничних комірок з квазінульовою жорсткістю, є перспективним рішенням для розробки віброзахисних систем, що дозволяє забезпечити ефективну ізоляцію в широкому діапазоні навантажень.

Ключові слова: квазінульова жорсткість, метаматеріали, напруження, силовий відтік

O.O. LARIN, K.E. POTOPALSKA, E.M. GRINCHENKO, N.R. RAZUMOVSKA, N. VASILCHENKO

DEVELOPMENT OF CALCULATION MODELS OF PASSIVE STRUCTURAL SUSPENSION ELEMENTS WITH QUASI-ZERO STIFFNESS MADE OF COMPOSITE MATERIALS

This study introduces the design and analysis of a novel metastructure with quasi-zero dynamic stiffness for potential use in vibration isolation systems. The proposed metastructure is constructed from unit cells that integrate elements with both negative and positive stiffness. These elements are arranged in parallel to create a region of quasi-zero stiffness. This unique configuration allows the metastructure to achieve a balance between stability and flexibility, making it highly adaptable for various engineering applications. Numerical simulations were conducted to evaluate the static characteristics of a single unit cell under uniaxial compression. The results demonstrated that the unit cell exhibits a quasi-zero stiffness zone, characterized by a displacement range between 11 mm and 40 mm, where the applied force remains nearly constant at approximately 300 N. Additionally, a comprehensive multi-cell design was developed to explore the scalability and practical applicability of the metastructure in larger systems. The analysis showed that the metastructure's static stiffness and the boundaries of the quasi-zero stiffness zone can be tailored by adjusting the geometric and material properties of the unit cells. Graphical results, including displacements along the Y-axis and equivalent stress distributions for a displacement of 30 mm, confirm the effectiveness of the design. The ability to maintain consistent force in the quasi-zero stiffness zone highlights the potential for this metastructure to enhance vibration isolation performance across a broad spectrum of operating conditions. The proposed metastructure demonstrates significant promise for use in vibration protection systems due to its tunable properties and efficient isolation capabilities. By utilizing the derived dependencies between platform displacement and applied load, engineers can optimize the design parameters during the development phase to achieve desired performance outcomes. This work lays a foundation for the practical implementation of metastructures in vibration-sensitive applications, offering innovative solutions for challenges in dynamic load management and structural stability.

Keywords: quasi-zero stiffness, metamaterials, stresses, force buckling.