

УДК 539.3
DOI: 10.7868/S25000640240402

ОБ УСТОЙЧИВОСТИ СОСТАВНЫХ СФЕРИЧЕСКИХ ТЕЛ С ВЫСОКОПОРИСТОЙ ОСНОВОЙ И ПРЕДНАПРЯЖЕННЫМИ ОДНОРОДНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

© 2024 г. Д.Н. Шейдаков¹, И.Б. Михайлова¹, В.А. Лыжов¹

Аннотация. Широкое использование в различных отраслях промышленности обуславливает актуальность вопроса анализа устойчивости современных композитов со сложной микроструктурой и внутренними напряжениями. Настоящая работа посвящена изучению бифуркации равновесия составных нелинейно-упругих сферических тел, которые являются распространенными элементами конструкций. В рамках общей трехмерной теории устойчивости рассмотрено выпучивание трехслойного полого шара при внутреннем и внешнем давлении. При этом полагалось, что средний слой шара (основа) выполнен из высокопористого материала, а внутренний и внешний слои (покрытия) однородны, предварительно деформированы и содержат внутренние напряжения. При его моделировании в данной статье использовался оригинальный подход: для описания поведения пористой основы применялись определяющие уравнения нелинейного континуума Коссера, а поведение покрытий изучалось в рамках классической упругости. Это позволило детально учесть влияние микроструктуры материала на бифуркацию равновесия. С использованием представлений уравнений состояния относительно разных отсчетных конфигураций для модели физически-линейного материала получены уравнения нейтрального равновесия, описывающие поведение составного шара с высокопористой основой и преднапряженными однородными покрытиями в возмущенном состоянии. Исследование устойчивости в общем случае сведено к решению линейной однородной краевой задачи для системы двенадцати дифференциальных уравнений в частных производных. Однако в случае осесимметричных возмущений показано, что при использовании специальной подстановки на основе полиномов Лежандра для анализа устойчивости достаточно решить упрощенную линеаризованную краевую задачу для системы обыкновенных дифференциальных уравнений.

Ключевые слова: нелинейная упругость, устойчивость деформации, микрополярная среда, внутренние напряжения, трехслойный полый шар, пористая основа, преднапряженные покрытия.

ON STABILITY OF COMPOSITE SPHERICAL BODIES WITH HIGHLY POROUS CORE AND PRESTRESSED UNIFORM COATINGS

D.N. Sheidakov¹, I.B. Mikhailova¹, V.A. Lyzhov¹

Abstract. Widespread use in various industries determines the relevance of the issue of stability analysis for modern composites with a complex microstructure and internal stresses. The present paper is dedicated to studying the equilibrium bifurcation of nonlinearly elastic composite spherical bodies, which are common structural elements. Within the framework of the general three-dimensional theory of stability, the buckling is considered for a three-layer hollow ball under internal and external pressure. It is assumed that the middle layer of the ball (core) is made of a highly porous material, while the inner and outer layers (coatings) are homogeneous, pre-strained and contain internal stresses. An original approach is taken when modeling the ball in this paper: to describe the behavior of the porous core, the governing equations of a nonlinear Cosserat continuum are used, and the behavior of the coatings is studied within the framework of the classical elasticity. This made it possible to take into account in detail the influence of material microstructure on the equilibrium

¹ Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук (Federal Research Centre the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41, e-mail: sheidakov@mail.ru

bifurcation. Using the representations of the constitutive relations for different reference configurations, neutral equilibrium equations were obtained for the model of a physically linear material, describing the behavior of a composite ball with a highly porous core and prestressed uniform coatings in a perturbed state. The study of stability in the general case was reduced to solving a linear homogeneous boundary value problem for a system of twelve partial differential equations. However, in the case of axisymmetric perturbations, it was shown that when using a special substitution based on Legendre polynomials, it is sufficient to solve a simplified linearized boundary value problem for a system of ordinary differential equations for the stability analysis.

Keywords: nonlinear elasticity, deformation stability, micropolar medium, internal stresses, three-layer hollow ball, porous core, prestressed coatings.