

УДК 539.3
DOI: 10.7868/S25000640230402

УСТОЙЧИВОСТЬ СОСТАВНЫХ НЕЛИНЕЙНО-УПРУГИХ ПЛИТ С ВЫСОКОПОРИСТОЙ ОСНОВОЙ И ПРЕДНАПРЯЖЕННЫМИ ОДНОРОДНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

© 2023 г. Д.Н. Шейдаков¹, И.Б. Михайлова¹, В.А. Лыжов¹

Аннотация. Работа посвящена исследованию устойчивости составных нелинейно-упругих плит, которые являются распространенными элементами конструкций. Рассмотрена бифуркация равновесия трехслойной круглой плиты при радиальном сжатии и прямоугольной плиты при двухосном растяжении и сжатии. При этом предполагалось, что средний слой плит (основа) выполнен из высокопористого материала, а верхний и нижний слои (покрытия) однородны, предварительно деформированы и содержат внутренние напряжения. При их моделировании в ходе данного исследования применен оригинальный подход: для описания поведения пористой основы использованы определяющие уравнения нелинейного микрополярного тела, а поведение покрытий изучено в рамках классической теории упругости. Это позволило более подробно учитывать влияние микроструктуры материала на потерю устойчивости. С использованием представлений определяющих соотношений относительно разных отсчетных конфигураций в случае модели физически линейного материала получены линеаризованные уравнения равновесия, описывающие поведение составных плит с высокопористой основой и преднапряженными однородными покрытиями в возмущенном состоянии. С помощью специальных подстановок исследование устойчивости трехслойной круглой и прямоугольной плит сведено к решению линейных однородных краевых задач для систем обыкновенных дифференциальных уравнений. В результате проведенного численного анализа для плит с основой из плотной полиуретановой пены и покрытиями из поликарбоната установлено, что предварительное растяжение покрытий стабилизирует рассмотренные деформации плит в целом, в то время как влияние предварительного сжатия покрытий негативно.

Ключевые слова: нелинейная упругость, устойчивость деформации, микрополярная среда, внутренние напряжения, трехслойная плита, пористая основа, преднапряженные покрытия.

STABILITY OF NONLINEARLY ELASTIC SANDWICH PLATES WITH HIGHLY POROUS CORE AND PRESTRESSED UNIFORM COATINGS

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

Abstract. The present paper is dedicated to studying the stability of nonlinearly elastic sandwich plates, which are common structural elements. The bifurcation of equilibrium is considered for a three-layer circular plate under radial compression and a three-layer rectangular plate under biaxial tension and compression. It is assumed that the middle layer of plates (core) is made of a highly porous material, while the top and bottom layers (coatings) are homogeneous, prestressed and contain internal stresses. An original approach is taken when modeling them in this study: to describe the behavior of the porous core, the governing equations of a nonlinear micropolar body are used, and the behavior of the coatings is studied within the framework of the classical elasticity. This allowed us to take into account in detail the effect of material microstructure on buckling. Using representations of constitutive relations for different reference configurations, in the case of a physically linear material model, linearized equilibrium equations were derived that describe the behavior of sandwich plates with a highly porous core and prestressed uniform coatings in a perturbed state. Using

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

special substitutions, the stability analysis of three-layer circular and rectangular plates was reduced to solving linear homogeneous boundary value problems for systems of ordinary differential equations. As a result of the numerical analysis for plates with a core of dense polyurethane foam and polycarbonate coatings, it was determined that preliminary tension of the coatings stabilizes the considered deformations of the plates as a whole, while the effect of preliminary compression of the coatings is negative.

Keywords: nonlinear elasticity, deformation stability, micropolar medium, internal stresses, sandwich plate, porous core, prestressed coatings.