

УДК 539.3

В. З. Гришак^{1*}, Д. Д. Гришак², Н. Н. Дьяченко¹

ЭФФЕКТИВНОЕ ПРИБЛИЖЕННОЕ АНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ УСТОЙЧИВОСТИ ТРЕХСЛОЙНОЙ КОНИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ ПРИ КОМБИНИРОВАННОМ НАГРУЖЕНИИ

Предложено решение линейной задачи о поведении упругой трехслойной конической оболочки при совместном действии нескольких внешних силовых факторов (равномерного давления, осевого сжатия и крутящего момента), вызывающих потерю устойчивости конструкции. Задача сведена к интегрированию разрешающего сингулярного обыкновенного дифференциального уравнения шестого порядка с переменными коэффициентами. Сопоставлены решения, полученные с использованием методов фазовых интегралов (метод ВКБ), гибридного ВКБ–Галеркина метода и метода конечных разностей. Показано преимущество асимптотического гибридного подхода для решения данного класса уравнений. Проанализировано рациональное соотношение толщин и модулей упругости слоев трехслойной конической оболочки, когда конструкция наиболее устойчива к заданному виду внешнего нагружения. Обсуждена проблема построения граничных поверхностей, отделяющих области устойчивости и неустойчивости конструкции. Подтверждена эффективность трехслойных оболочек в качестве силовых элементов, работающих на устойчивость.

Ключевые слова: трехслойная коническая оболочка, комбинированное нагружение, устойчивость оболочки, гибридный ВКБ–Галеркина метод, граничная поверхность.

ЕФЕКТИВНИЙ НАБЛИЖЕНИЙ АНАЛІТИЧНИЙ РОЗВ'ЯЗОК ЗАДАЧІ СТІЙКОСТІ ТРИШАРОВОЇ КОНІЧНОЇ ОБОЛОЧКИ ЗА КОМБІНОВАНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Запропоновано розв'язок лінійної задачі про поведінку пружної тришарової конічної оболонки під дією декількох зовнішніх силових чинників (рівномірного тиску, осевого стиску і крутного моменту), здатних зумовити втрату стійкості конструкції. Задачу зведено до інтегрування розв'язувального сингулярного диференціального рівняння шостого порядку зі змінними коефіцієнтами. Зіставлено розв'язки, отримані з використанням методів фазових інтегралів (метод ВКБ), гібридного ВКБ–Гальоркіна методу і методу скінченних різниць. Доведено перевагу асимптотичного гібридного підходу для розв'язання таких рівнянь. Проаналізовано раціональне співвідношення товщин і модулів пружності шарів тришарової конічної оболонки, при яких конструкція є найстійкішою до заданого виду зовнішнього навантаження U граничних випадках розв'язки порівнюються з відомими результатами. Обговорено проблему побудови граничних поверхонь, що відокремлюють область стійкості від області нестійкості конструкції. Підтверджено ефективність тришарових оболонок як силових елементів, що працюють на стійкість.

Ключові слова: тришарова конічна оболонка, комбіноване навантаження, стійкість оболонки, гібридний ВКБ–Гальоркіна метод, гранична поверхня.

AN EFFECTIVE APPROXIMATE ANALYTICAL SOLUTION TO THE STABILITY PROBLEM OF A THREE-LAYER CONICAL SHELL UNDER COMBINED LOADING

The solution of the linear problem of an elastic three-layer conical shell behavior under the combined action of several external force factors (uniform pressure, axial compression and torque) that can cause the structural instability is proposed. The problem is reduced to integration of a resolving singular differential sextic equation with variable coefficients. The comparison of solutions obtained using the methods of phase integrals (WKB method), the hybrid WKB–Galerkin method and the finite difference method is made. The advantage of the asymptotic hybrid approach in solving the equations of the given class is shown. The analysis of the rational correlation of the thicknesses and elasticity moduli of three-layer conical shell layers is performed at which the construction is most resistant to the specified type of external loading. The comparison is made with known results in the limiting cases. The problem of constructing of the boundary surfaces that separate the stability region from the instability one is discussed. The efficiency of three-layer shells serving as the load-bearing elements to ensure stability is confirmed.

Key words: three-layer conical shell, combined loading, shell stability, hybrid WKB–Galerkin method, boundary surface.

¹ Запорозький нац. ун-т, Запорозжє;

² Центральний НІІІ вооруження
и военной техники Вооруженных Сил Украины

Получено
28.06.18