МОДЕЛИРОВАНИЕ СОБСТВЕННЫХ ТИПОВ ДВИЖЕНИЯ ГИПЕРБОЛИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Статкус А.В., Сафонов С.А.
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков

Гиперболические оболочки имеют весьма широкое распространение в технике и природе. В гидравлике, газогидродинамике, архитектуре и строительстве встречаются объекты, форма которых может моделироваться однополостным гиперболоидом (ОПГ). Труба Вентури в гидравлике, ракетный двигатель в газодинамике, градирни электростанций и прочих производств и инновационные небоскребы в строительстве и архитектуре имеют конфигурацию, близкую к ОПГ. Даже стеноз кровеносного сосуда зачастую моделируется такой поверхностью. В связи с этим свойства гиперболических оболочек представляют большой интерес для исследователей. Известна определяющая роль собственных типов колебаний (собственных мод, СМ) для исследования устойчивости, динамики и прочности оболочки. Наличие аналитического выражения для формы СМ позволяет определить спектр собственных колебаний (методами Релея-Ритца или Бубнова-Галеркина) и условия неустойчивости оболочки (посредством формулирования и решения дисперсионного уравнения). Между тем анализ публикаций свидетельствует об отсутствии в известной литературе замкнутых выражений для СМ ОПГ.

В докладе отмечается сложность аналитического решения задачи получения СМ ОПГ и обосновывается подход на основе численного решения уравнений оболочки в перемещениях методом конечных элементов в программном пакете COMSOL Multiphysics. Для численного исследования задач гидромеханики ОПГ-канала авторами был построен имитационный моделирующий стенд (ИМС), один из режимов которого обеспечивает расчет собственных мод ОПГ-оболочки. Адекватность расчетов на ИМС проверена на тестовых задачах, решение которых известно или может быть получено аналитически. В режиме расчета СМ получены формы нескольких младших мод ОПГ. Авторами предложена и методом наименьших квадратов уточнена аппроксимация СМ ОПГ по продольной координате функциями Вебера (функциями параболического цилиндра) с высокой степенью точности (коэффициент детерминации 0,98 – 0,99). Полученные высокоточные аналитические модели СМ ОПГ далее будут использованы при разработке теории устойчивости ОПГ-оболочки в пульсирующем потоке жидкости в интересах физико-технического обеспечения построения оригинальной информационно-измерительной системы компьютерной вибродиагностики атеросклероза.