

Вопросы исследования устойчивости тонкостенных ортотропных оболочек из композиционных материалов являются весьма актуальными, эти материалы все шире применяются в промышленности. Оценка устойчивости эллипсоидальной оболочки, находящейся в постоянном температурном поле, имеет практическое значение, так как оболочки такой формы широко применяются в судостроительных конструкциях, в ракетостроении. Рассматривается устойчивость ортотропных эллипсоидальных оболочек, образованных вращением эллипса с полуосями a , b (a - полуось вдоль вращения), находящихся под действием равномерного внешнего давления и постоянной температуры. Тонкая оболочка имеет переменные механические характеристики [1]. За криволинейные координаты приняты длина дуги меридиана и угол θ , определяющий положение соответствующего меридиана (θ); координата направлена по внешней нормали к срединной поверхности. Основные обозначения соответствуют принятым в работе [2]. Главные радиусы эллипсоидальной оболочки вращения определяются соотношениями: $R_1 = \frac{a^2}{b}$, $R_2 = \frac{b^2}{a}$. Здесь введены обозначения: α - угол, заключенный между осью вращения и нормалью к срединной поверхности; r - радиус полюсного отверстия; ν . Предполагается, что материал оболочки подчиняется обобщенному закону Гука с учетом гипотезы Дюгамеля-Неймана [3]. Коэффициенты Пуассона и коэффициенты линейного температурного расширения приняты постоянными, а модули упругости и сдвига линейно зависят от температуры [4]: $E = E_0(1 + \beta_1 T)$; $\nu = \nu_0(1 + \beta_2 T)$; $G = G_0(1 + \beta_3 T)$. (1) Меридиональное и окружное усилия, прогиб, изменение кривизны докритического напряженно-деформированного состояния, определяемые из решения уравнений безмоментного состояния и уравнения краевого эффекта, в случае неподвижного шарнирного закрепления полюсных отверстий имеют вид [5]: $u = u_0 \cos \theta$; $v = v_0 \sin \theta$; $w = w_0 \cos \theta$; $\Delta = \Delta_0 \cos \theta$; (2) $\Delta = \Delta_0 \cos \theta$. Постоянные интегрирования находятся из граничных условий шарнирного закрепления: при $\theta = 0$, $\theta = \pi$, где r_0 - радиус полюсного отверстия; ν ; (3) Величины зависят от нагрузки, геометрических и механических характеристик оболочки. Для решения задачи устойчивости применен один из численных методов [5] - конечно-разностный алгоритм, приведенной в [6]. Граничные условия в случае потери устойчивости имеют вид: при $\theta = 0$, где Δ - функция сдвига. В процессе получения численных результатов рассматривалась половина оболочки, а на экваторе ставились условия симметрии: при $\theta = \pi/2$. Численное исследование устойчивости термочувствительной эллипсоидальной оболочки вращения показало, что при реализации граничных условий неподвижного шарнирного закрепления полюсных отверстий наблюдается эффект значительного возрастания величины внешнего давления при температурном воздействии. Так для (максимальной температуре нагрева в исследуемой задаче и относительной толщине этот рост достигает 23% по сравнению с аналогичной величиной для ненагретой оболочки). Данный эффект объясняется увеличением радиусов кривизны в докритическом состоянии под действием температуры, что

оказывается стабилизирующее влияние на устойчивость оболочки [7]. Влияние термочувствительности материала оболочки ведет к уменьшению критической нагрузки на 18%. Исследования показали, что для данных граничных условий неподвижного шарнирного закрепления полюсных отверстий учет моментности докритического напряженно-деформированного состояния снижает величину критической нагрузки, подсчитанной при безмоментном состоянии до 42%.

Заключение При практических расчетах на устойчивость эллипсоидальных термочувствительных оболочек вращения, находящихся под действием внешнего равномерного давления и постоянного температурного поля при неподвижном шарнирном закреплении, необходимо учитывать зависимость механических характеристик от температуры, влияние моментности докритического напряженно-деформированного состояния.