

УДК 629.73.015.4:539.4

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ОБШИВКИ ПОДКРЕПЛЕННЫХ ОТСЕКОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПРИ СЖАТИИ И ПРИ СДВИГЕ

О.В. Борисова

Научный руководитель – к.т.н., доцент Л.М. Савельев
Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С.П. Королёва

Критические напряжения панели подкрепленного цилиндрического отсека летательного аппарата вычисляются по формулам $\sigma_{кр} = K_{\sigma} E \delta^2 / b^2$, $\tau_{кр} = K_{\tau} E \delta^2 / b^2$, где E – модуль упругости материала обшивки, δ – ширина и толщина панели обшивки, K_{σ} и K_{τ} – коэффициенты устойчивости. Согласно теоретическим представлениям, коэффициенты устойчивости зависят от отношения сторон панели, а также от параметра кривизны $\varphi = b^2 / (R\delta)$, где R – радиус кривизны отсека. Например, в случае осевого сжатия теоретическое значение коэффициента устойчивости для оболочки имеет вид

$$K_{\sigma} = \begin{cases} 3,6 + \frac{1}{39,5} \varphi^2 & \text{при } \varphi \leq 12 \text{ (пологая панель),} \\ 0,605\varphi & \text{при } \varphi > 12 \text{ (панель большой кривизны).} \end{cases}$$

Однако потеря устойчивости реальных панелей может происходить при значительно более низких напряжениях вследствие влияния погрешностей изготовления конструкций. Попытки корректировки этих формул носят в значительной степени умозрительный характер. В расчетной практике часто используется простая полуэмпирическая формула $K_{\sigma} = 3,6 + 0,15\varphi$, область применения которой также не определена.

Еще более сложной является ситуация, связанная с определением коэффициента устойчивости K_{τ} при действии касательных напряжений. Применяемая часто формула $K_{\tau} = 5\beta + 0,1\varphi$, где $\beta = 1 + 0,8/\gamma^2$ (γ – отношение сторон панели), не имеет теоретического или экспериментального обоснования.

Данная работа посвящена приложению метода конечных элементов к расчету на устойчивость подобных конструкций. Использовался программный пакет MSC PATRAN / NASTRAN 2001. В результате проведения большого числа расчетов исследовано влияние геометрических характеристик конструкции на критические напряжения. Получены зависимости коэффициентов устойчивости от безразмерных параметров. В случае сжатия эти зависимости аппроксимируются весьма простыми эмпирическими формулами.

Результаты исследований существенно уточняют значения критических напряжений панелей обшивки при осевом сжатии и сдвиге и могут использоваться в практических расчетах.