

М.В.Зацепина

РАСТЯЖЕНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ, ОСЛАБЛЕННОЙ
КРУГЛЫМ ОТВЕРСТИЕМ, С УЧЕТОМ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ
НЕЛИНЕЙНОСТИ

Основные обозначения:

 R, h - радиус срединной поверхности и толщина оболочки; R_0 - радиус выреза; θ - полярный угол, отсчитываемый от образующей оболочки; w - нормальное перемещение точки срединной поверхности; E - модуль упругости; σ - напряжение в поперечном сечении оболочки без выреза; $q = \frac{R_0 G}{E h}$ - параметр нагружения; $\omega = \frac{1}{2} \sqrt{3(1-\mu^2)} \frac{R_0}{\sqrt{R h}}$ - параметр, характеризующий размеры выреза.

В работе [1] были приведены результаты расчета цилиндрической оболочки с вырезом, нагруженной осевой сжимающей силой. Задача решалась в геометрически нелинейной постановке с использованием вариационных уравнений типа Лагранжа и Кастильяно. В настоящей статье по изложенной в [1] и [2] методике рассматривается нагружение оболочки осевой растягивающей силой. Схема решения задачи остается прежней, отличие будет заключаться в том, что по сравнению с [1] линейное решение берется с противоположным знаком.

Результаты расчета представлены в виде графиков, на которых штриховыми линиями нанесены результаты расчета той же задачи по линейной теории. Для удобства сопоставления на графики нанесены по данным статьи [1] также и кривые, соответствующие сжатию оболочки. Все приведенные в статье результаты соответствуют $\omega = 2$.

На рис. 1 показано изменение нормального перемещения $\bar{w} = \frac{E w}{R G}$ по контуру отверстия в зависимости от параметра нагружения q .

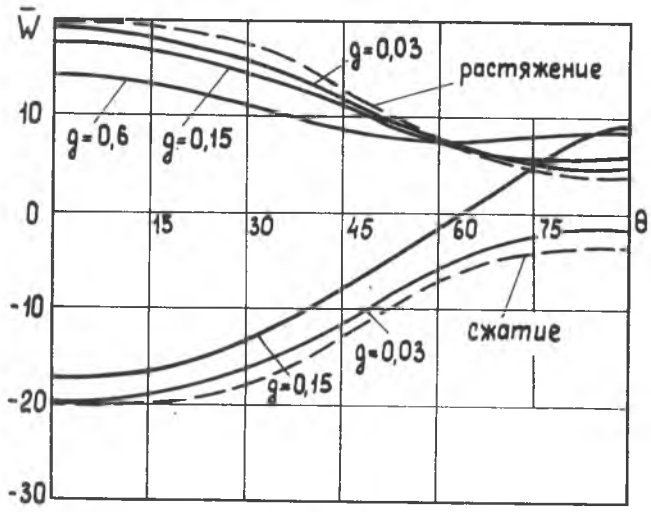


Рис. 1

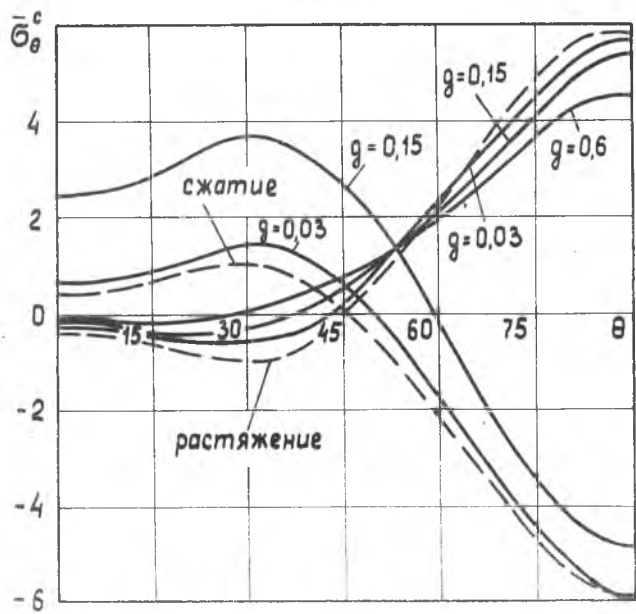


Рис. 2

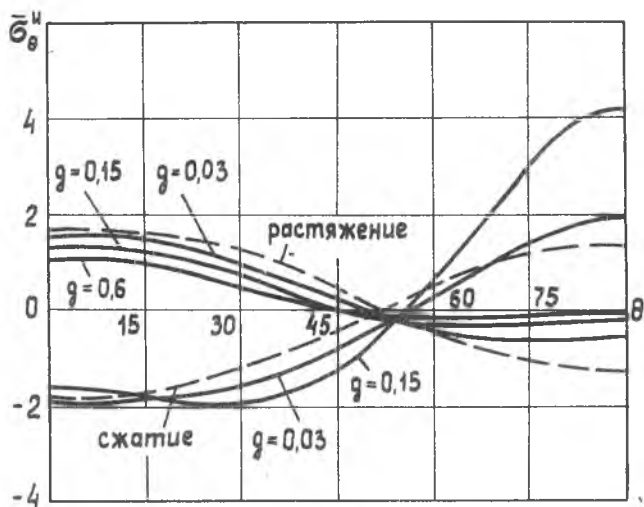


Рис. 3

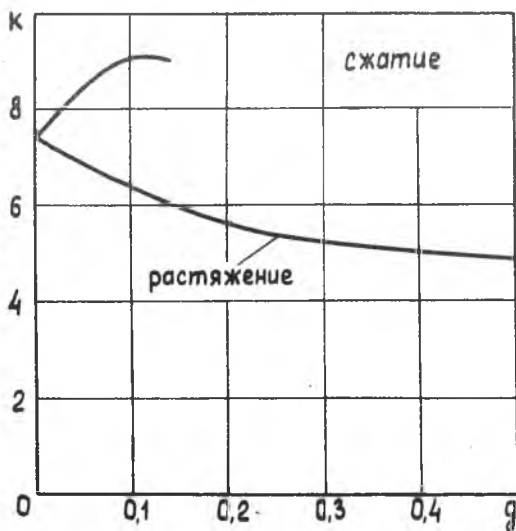


Рис. 4

Из графиков видно, что в окрестности $\theta = 0$ перемещения контура выреза с ростом нагрузки падают. При $\theta = 90^\circ$ в случае растяжения перемещения несколько возрастают, в то время как при сжатии в этой точке прогиб сначала уменьшается, а затем, меняя знак, интенсивно возрастает. Таким образом, при нагружении оболочки растягивающей силой имеет место тенденция к сближению величин перемещений отдельных точек контура отверстия.

Характер изменения мембранных σ_a^c и изгибных σ_a^H напряжений по контуру выреза приведен на рис. 2, 3. При растяжении оболочки по сравнению с линейным решением для всех графиков характерно отклонение в сторону уменьшения напряжений. А в случае осевого сжатия оболочки с ростом нагрузки при $\theta = 0$ мембранные, а при $\theta = 90^\circ$ изгибные напряжения существенно возрастают.

Зависимость коэффициента концентрации напряжений от g дана на рис. 4. Если при сжатии оболочки учет геометрической нелинейности приводит к существенному росту коэффициента концентрации напряжений, то при растяжении это приводит к значительному снижению концентрации напряжений (для $\omega = 2$, например, до 30%). Последнее обстоятельство следует учитывать при определении размеров элементов, подкрепляющих вырез.

Л и т е р а т у р а

1. Зацепина М.В. Расчет цилиндрической оболочки с учетом геометрической нелинейности. "Вопросы прикладной механики в авиационной технике". Труды КуАИ, вып. 69, 1974.
2. Хазанов Х.С. Концентрация напряжений в цилиндрической оболочке с круговым вырезом. "Вибрационная прочность и надежность двигателей и систем летательных аппаратов". Труды КуАИ, вып. 36, 1969.