

В.И.Леонов

О ВЛИЯНИИ ЭЛЛИПТИЧНОСТИ ЖЕСТКОГО ВКЛЮЧЕНИЯ
НА НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ
ПРИ ЛОКАЛЬНОМ НАГРУЖЕНИИ

Как показывают теоретические и экспериментальные исследования [1 - 3], напряжения, возникающие в цилиндрической оболочке при передаче на нее нагрузок через круглое жесткое включение, достигают весьма высокого уровня. Один из способов снижения напряжений - рациональный выбор формы включения. Эти вопросы изучались теоретико-экспериментальным методом А.В.Саченковым и Ю.Г.Коноплевым [4]. В настоящей работе исследуется влияние эллиптичности жесткого включения на напряженно-деформированное состояние оболочки при передаче на нее нормальной к срединной поверхности нагрузки.

Рассмотрим круговую цилиндрическую оболочку (R , h - радиус срединной поверхности и толщина оболочки) с жестким эллиптическим включением (рис. 1), к которому приложена нормальная к срединной поверхности сила P_{ξ} . В качестве характерного линейного размера выбрана величина $r_0 = \sqrt{ab}$. Ось ξ направлена по образующей цилиндрической оболочки, ось η - по направляющей.

При решении задачи используется подход, описанный в работе [2], согласно которому расчет оболочки заменяется расчетом круглой панели достаточно большого размера. Решение дифферен-

циального уравнения пологой цилиндрической оболочки относительно

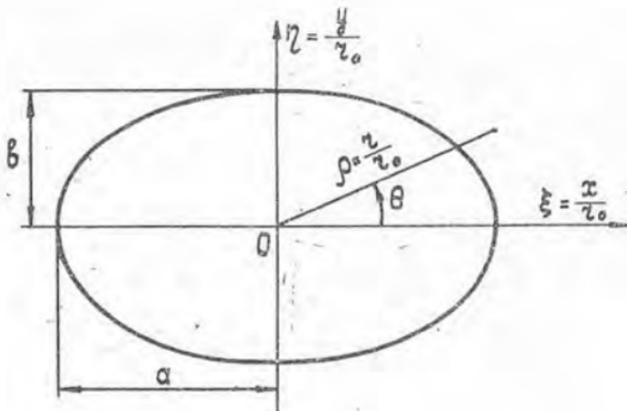


Рис. 1

но комплексной функции напряжений [5] возьмем в виде суммы двух слагаемых. Первое - решение однородного уравнения в полярных координатах ρ , θ (см.рис.1) для напряженного состояния, симметричного относительно осей ξ и η [6]. Второе - фундаментальное решение уравнения пологой цилиндрической оболочки, соответствующее действию сосредоточенной силы \mathcal{P}_3 [1, 7]. Произвольные постоянные, содержащиеся в решении однородного уравнения, определялись из граничных условий на внешнем контуре панели (шарнирное опирание) и на линии спая с жестким включением. Граничные условия по контуру включения, выражающие равенство перемещений оболочки и жесткого включения, удовлетворялись в конечном числе точек (метод граничных коллокаций). Количество точек в расчетах достигало 24.

Вычисления выполнялись на ЭВМ БЭСМ-4 при значении коэффициента Пуассона $\mu = 0,3$. В качестве безразмерных параметров, полностью характеризующих геометрию эллиптического включения, выбраны

$$\omega = \frac{1}{2} \sqrt[4]{3(1-\mu^2)} \frac{r_0}{\sqrt{Rh}} \quad \text{и} \quad \kappa = \frac{a}{b}$$

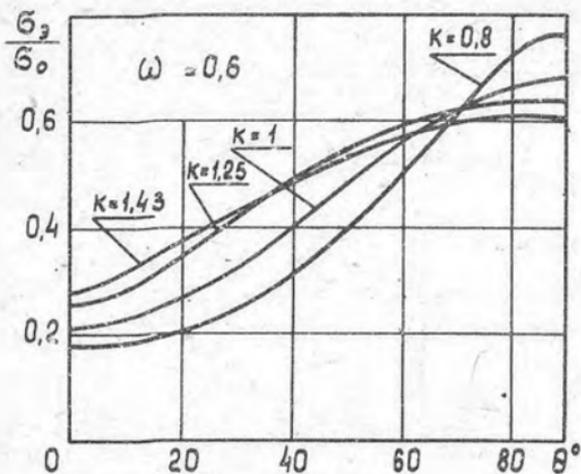


Рис. 2

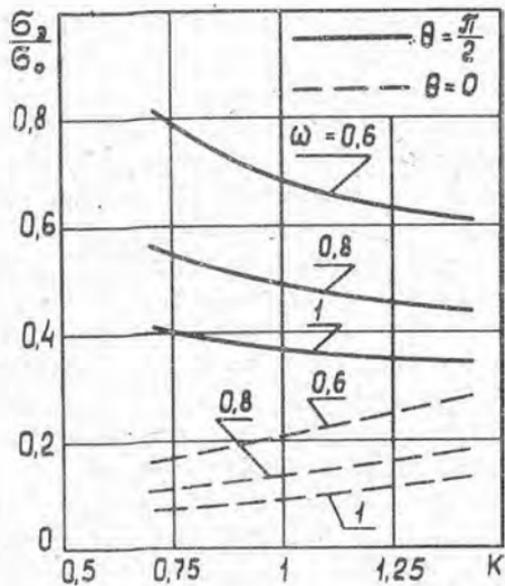


Рис. 3

При фиксированных R и h параметр ω характеризует площадь включения. Значению параметра $k=1$ соответствует круглая форма жесткого включения радиуса r_0 .

На рис. 2 показано распределение наибольших эквивалентных напряжений σ_3 по контуру спая оболочки с включением для ряда значений параметра k при $\omega=0,6$. Эквивалентные напряжения вычислялись по теории прочности энергии формоизменения. Напряжения относились к $\sigma_0 = \frac{\sigma}{h^2}$. По мере увеличения k наибольшие напряжения в оболочке, имеющие место при $\theta = \frac{\pi}{2}$, падают, в то время как при $\theta=0$ напряжения растут. Зависимость эквивалентных напряжений от величины k для различных значений параметра ω в наиболее характерных точках ($\theta=0$ и $\theta = \frac{\pi}{2}$) приведена на рис. 3. Из полученных результатов следует, что увеличение кривизны контура на некотором участке жесткого включения приводит в этом месте к росту напряжений в оболочке. При уменьшении параметра k максимальные напряжения, а также жесткость оболочки возрастают. Таким образом, в рассматриваемом диапазоне изменения k более выгодными в смысле прочности являются эллиптические включения, вытянутые вдоль образующей оболочки.

Л и т е р а т у р а

1. Леонов В.И., Хазанов Х.С. К расчету искривленных круглых пластин на нормальные сосредоточенные воздействия. "Вопросы прикладной механики в авиационной технике". Труды КуАИ, вып. 63, 1972.
2. Леонов В.И., Хазанов Х.С. Расчет цилиндрической оболочки под действием локальных нагрузок, приводящихся к изгибающему моменту относительно образующей. "Вопросы прикладной механики в авиационной технике", Труды КуАИ, вып. 66, 1973.
3. Hennig E. Experimentelle und analytische Untersuchung der Spannungsverteilung in örtlich belasteten dünnwandigen zylindrischen Schalen. Fortschritt Berichte VDI - Zeitschrift. R.1. Nr 33. 1971.

4. Коноплев М.Г., Саченков А.В. Исследование напряженного состояния круговой цилиндрической оболочки с жесткой площадкой за-
грузки. В сб. "Исследования по теории пластин и оболочек",
№ 4, изд-во КГУ, Казань, 1966.
5. Лурье А.И. Статика тонкостенных упругих оболочек. ОГИЗ, 1947.
6. Хазанов Х.С. К расчету цилиндрических оболочек с круглыми от-
верстиями. "Вопросы прочности элементов авиационных конструк-
ций". Труды КуАИ, вып. 29, 1967.
7. Савельев Л.М., Хазанов Х.С. К интегрированию уравнения пологой
цилиндрической оболочки в полярных координатах. "Вопросы проч-
ности элементов авиационных конструкций". Труды КуАИ, вып. 48,
1971.