

В.В.Горбатенко

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В СФЕРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКЕ,
НАГРУЖЕННОЙ ЧЕРЕЗ УПРУГИЙ ШПАНГОУТ, НЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ ПЛОСКОСТИ
ЕЕ ОСНОВАНИЯ

В статье рассматривается сферическая оболочка, нагруженная сосредоточенными воздействиями через упругий шпангоут, плоскость которого не параллельна плоскости опорного сечения оболочки (рис.1).

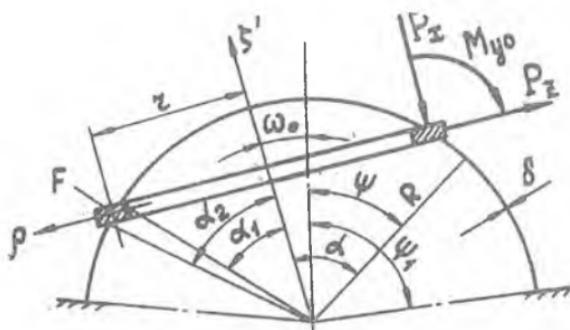


Рис. 1.

На основании соотношений, приведенных в [1] и [2], выполнено исследование напряженного состояния оболочки в зависимости от параметров ω_0 и ψ_1 .

Нагружение оболочки силой P_x

Для исследования напряженно-деформированного состояния оболочки и кольца вводится новая система координат (α, β) с полюсом в точке $\psi = 0$, $\psi = \omega_0$. Внутренние усилия и моменты, дей-

ствующие в куполе и основании и характеризующиеся условиями сопряжения по параллелям $\alpha = \alpha_1$ и $\alpha = \alpha_2$, описываются в этой системе координат. Усилия и моменты в основании оболочки и определяемые краевым эффектом по контуру $\psi = \psi_1$, вычисляются в координатах (ψ, φ) .

Постоянные интегрирования, входящие в расчетные формулы, находятся из уравнений равновесия и граничных условий.

Применительно к конструкции с геометрическими параметрами [1]

$$\begin{aligned}
 R &= 109,8 \text{ см}, & \delta &= 0,3 \text{ см}, & \mu &= 0,3, & \lambda &= 1209,5 \\
 E &= 7 \cdot 10^5 \text{ кг/см}^2, & & & \nu &= 74,64 \text{ см}, & F &= 57,6 \text{ см}^2 \\
 B &= 4,032 \cdot 10^7 \text{ кг}, & & & B_x &= 1,210 \cdot 10^8 \text{ кгсм}^2, & & \\
 B_z &= 3,097 \cdot 10^8 \text{ кгсм}^2, & & & C &= 1,137 \cdot 10^8 \text{ кгсм}^2, & & \\
 a_1 &= 2,57 \text{ см}, & a_2 &= 3 \text{ см}, & b_1 &= 3 \text{ см}, & b_2 &= 3 \text{ см} \\
 & & \alpha_1 &= 40^\circ 43' 39'', & \alpha_2 &= 45^\circ
 \end{aligned}$$

выяснено влияние углов ω_0 и ψ_1 на напряженное состояние оболочки.

На рис. 2 и 3 показаны распределения безразмерных напряжений в оболочке по контурам $\alpha = \alpha_1$ и $\alpha = \alpha_2$.

Здесь

$$\begin{aligned}
 \tilde{\sigma}_{\alpha N} &= \frac{N_\alpha}{7 \cdot 10^5 \sigma^\circ \delta}, & \tilde{\sigma}_{\beta N} &= \frac{N_\beta}{7 \cdot 10^5 \sigma^\circ \delta}, & \tilde{\tau}_s &= \frac{S_{\alpha\beta}}{7 \cdot 10^5 \sigma^\circ \delta} \\
 \tilde{\sigma}_{\alpha M} &= \frac{6M_\alpha}{7 \cdot 10^5 \sigma^\circ \delta^2}, & \tilde{\sigma}_{\beta M} &= \frac{6M_\beta}{7 \cdot 10^5 \sigma^\circ \delta^2}, & \tilde{\tau}_H &= \frac{6H_{\alpha\beta}}{7 \cdot 10^5 \sigma^\circ \delta^2},
 \end{aligned} \tag{I}$$

причем

$$\sigma^\circ = \frac{P_x}{2\pi R \delta}.$$

О влиянии угла наклона плоскости шпангоута в диапазоне $-30^\circ \leq \omega_0 \leq 30^\circ$ на величину напряжений в месте приложения нагрузки можно судить по рис. 4.

Расчеты показывают, что изменение угла ψ_1 от 90° до 60° меньше сказывается на напряженном состоянии оболочки, чем изменение параметра ω_0 .

Нагружение силой P_x .

Напряженное состояние оболочки характеризуется некоторыми графиками, представленными на рис. 5 и 6. Величины $\tilde{\sigma}_{\alpha N}, \dots, \tilde{\tau}_H$

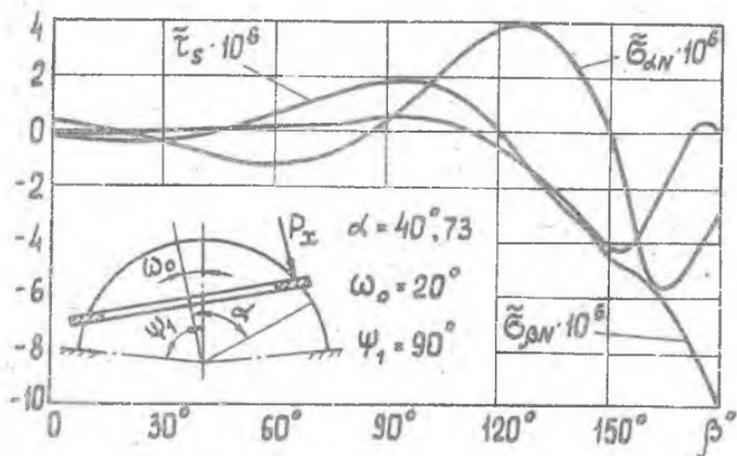


Рис. 2

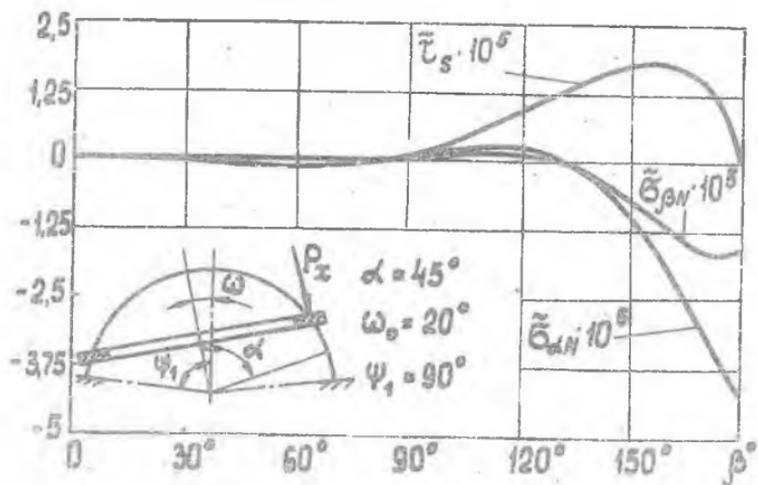


Рис. 3

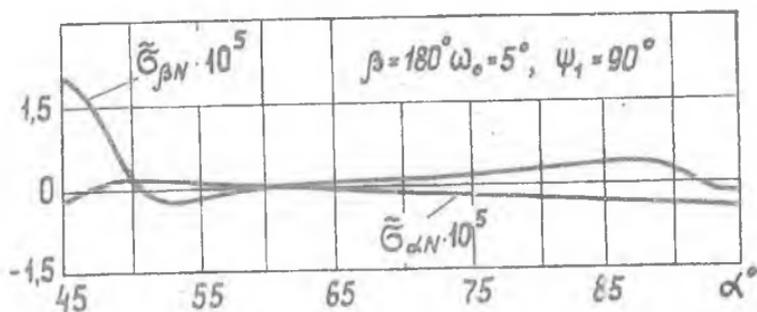


Рис. 6

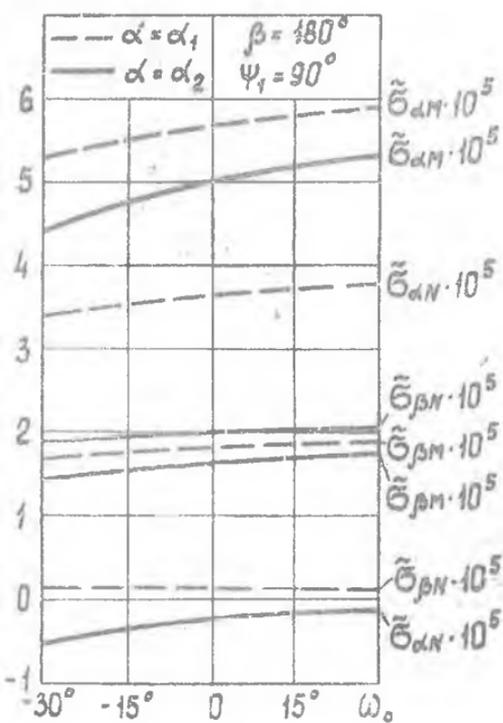


Рис. 7

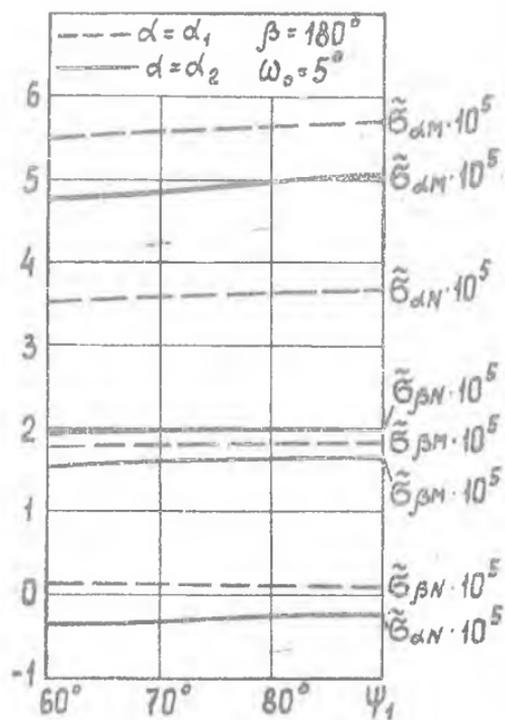


Рис. 8

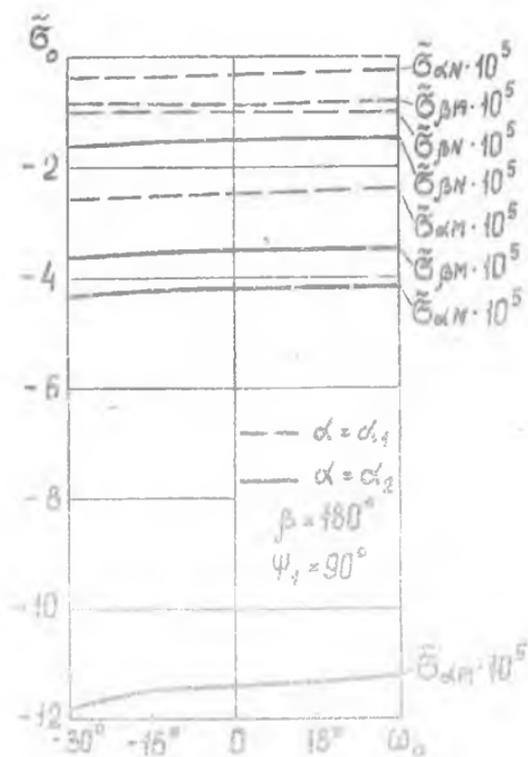


Рис. 4

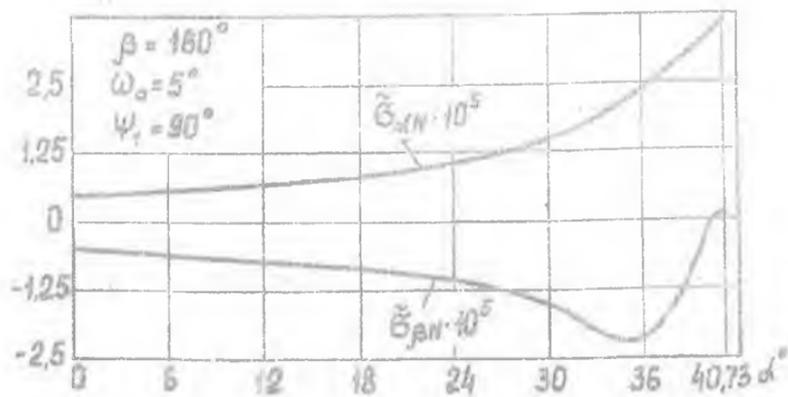


Рис. 5

вычисляются по формулам (1), в которых принято

$$\sigma^{\circ} = \frac{P_{\Sigma}}{\pi R \delta}$$

Как видно из рис. 7 и 8, эксцентриситет ω_0 и угол ψ_1 оказывают значительное влияние на напряженное состояние сферической оболочки.

Нагружение оболочки моментом M_{y0}

На рис. 9 и 10 представлены некоторые графики распределения безразмерных напряжений в оболочке по параллелям $\alpha = \alpha_1$ и $\alpha = \alpha_2$. Напряжения вычислялись по формулам (I) при значении

$$\sigma^{\circ} = \frac{M_{y0}}{\pi r R \delta}$$

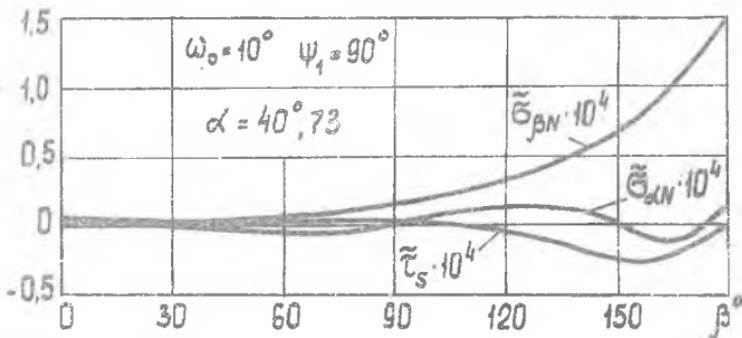


Рис. 9.

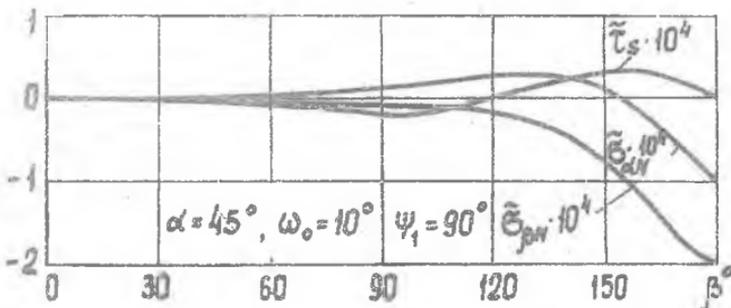


Рис. 10.

Анализ вычислений показывает, что при нагружении оболочки через наклонный шпангоут сосредоточенным моментом, приложенным в сечении $\beta = 180^\circ$, параметры ω_0 ($-30^\circ \leq \omega_0 \leq 30^\circ$) и ψ_1 ($60^\circ \leq \psi_1 \leq 90^\circ$) практически не оказывают влияния на напряженное состояние системы.

Л и т е р а т у р а

1. Ахмедьянов И.С. К расчету сферической оболочки, нагруженной через упругий шпангоут сосредоточенными воздействиями. Помещена в настоящем сборнике.
2. Ахмедьянов И.С. Расчет сферической оболочки, нагруженной через эксцентрично расположенную жесткую шайбу. Труды КуАИ, вып. 60, Куйбышев, 1973.