КУЙБЫШЕВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ им.С.П.КОРОЛЕВА

Труды, выпуск 63,1972 г.

В.В.Горбатенко

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В СФЕРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКЕ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ ВОКРУГ ЖЕСТКОЙ КРУГЛОЙ ШАЙБЫ

Принятые обозначения:

R, δ – радиус и толщина сферической оболочки;

δ_o – толщина подкрепления;

N_1, N_2 – нормальные усилия в оболочке и подкреплении;

M_1, M_2 – изгибающие моменты в оболочке и подкреплении;

$$\nu = \frac{\delta_o}{\delta}; \quad m = \frac{R}{\delta}.$$

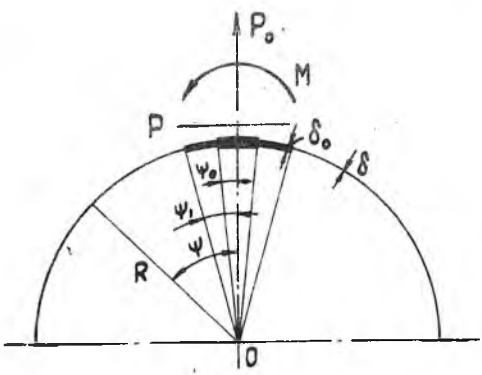


Рис.I

В статье рассматривается сферическая оболочка с подкреплением вокруг жесткой шайбы. Подкрепление, изготовленное из того же материала, что и основная оболочка, представляет собой кольцо в виде пояса сферической оболочки толщиной δ_o, охватывающее шайбу (рис.I). Предполагается, что радиусы срединных по –

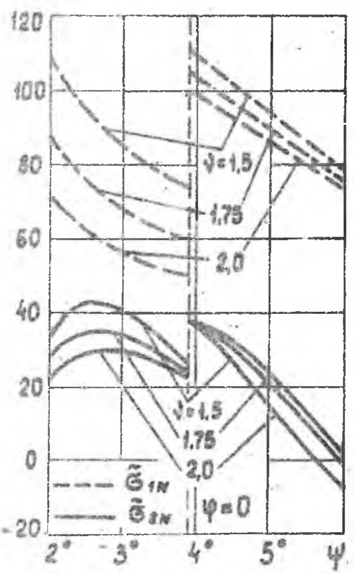


Рис.2

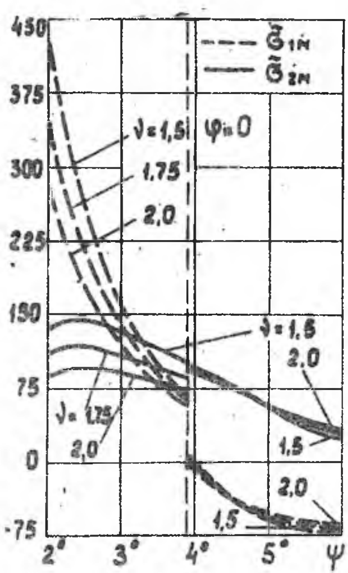


Рис.3

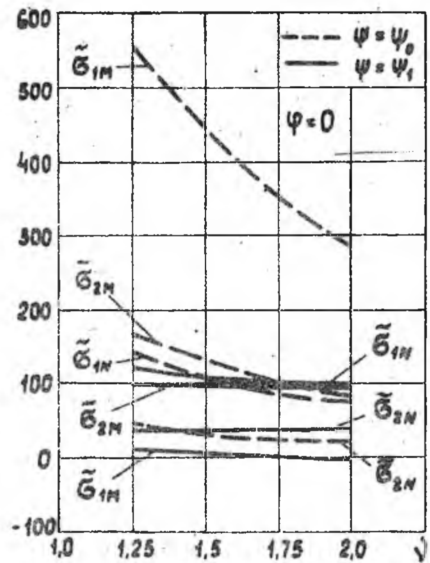


Рис.4

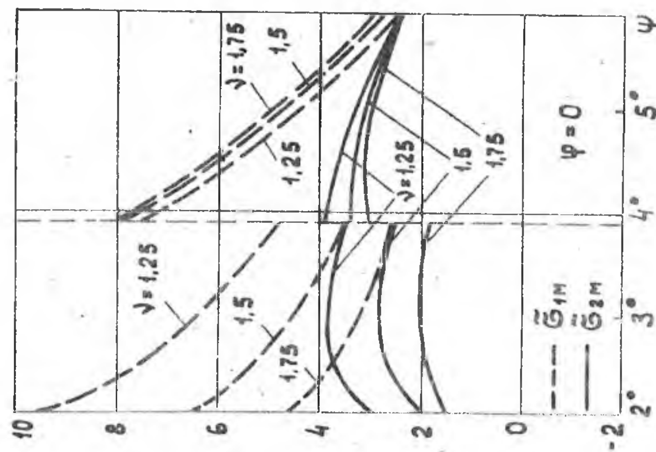

10
8
6
4
2
0
-2
2°
3°
4°
5°
ψ
ν=1,75
1,5
1,25
ν=1,25
1,5
1,75
ν=1,25
1,5
1,75
φ=0
$\tilde{\sigma}_{1м}$
$\tilde{\sigma}_{2м}$

Рис.6

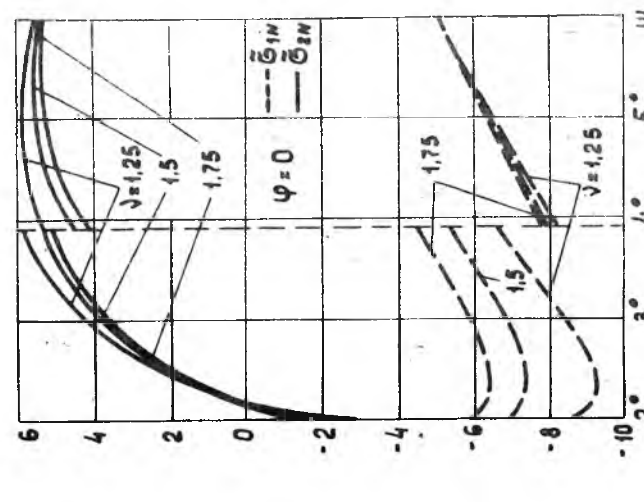

6
4
2
0
-2
-4
-6
-8
-10
2°
3°
4°
5°
ψ
ν=1,25
1,5
1,75
φ=0
$\tilde{\sigma}_{1N}$
$\tilde{\sigma}_{2N}$
1,75
1,5
ν=1,25

Рис.5

верхностей оболочки и подкрепления одинаковы. Система нагружена силами и моментом, приложенными к шайбе и действующими в некоторой меридиональной плоскости.

На основе соотношений, приведенных в [I], выполнено исследование напряженного состояния системы в зависимости от параметра ν .

Действие радиальной силы P_0

Приведем результаты численных расчетов оболочки, нагруженной одной радиальной силой P_0 (рис.I). Закрепление оболочки по нижнему краю предполагается произвольным, но обеспечивающим осесимметричность напряженного и деформированного состояния.

Распределение меридиональных и окружных напряжений в оболочке и подкреплении для значений $\nu = I; I,25; I,5; I,75; 2$; $m = 250$; $\psi_0 = I^0 57' II''$; $\psi_1 = 3^0 54' 22''$ показано на рис.2 и 3. Здесь

$$\tilde{\sigma}_{1N,1} = \frac{N_1}{\delta \sigma^\circ}, \quad \tilde{\sigma}_{2N,1} = \frac{N_2}{\delta \sigma^\circ}, \quad \tilde{\sigma}_{1M,1} = \frac{6M_1}{\delta^2 \sigma^\circ}, \quad \tilde{\sigma}_{2M,1} = \frac{6M_2}{\delta^2 \sigma^\circ}$$

для оболочки и

$$\tilde{\sigma}_{1N,1} = \frac{N_1}{\delta_0 \sigma^\circ}, \quad \tilde{\sigma}_{2N,1} = \frac{N_2}{\delta_0 \sigma^\circ}, \quad \tilde{\sigma}_{1M,1} = \frac{6M_1}{\delta_0^2 \sigma^\circ}, \quad \tilde{\sigma}_{2M,1} = \frac{6M_2}{\delta_0^2 \sigma^\circ}$$

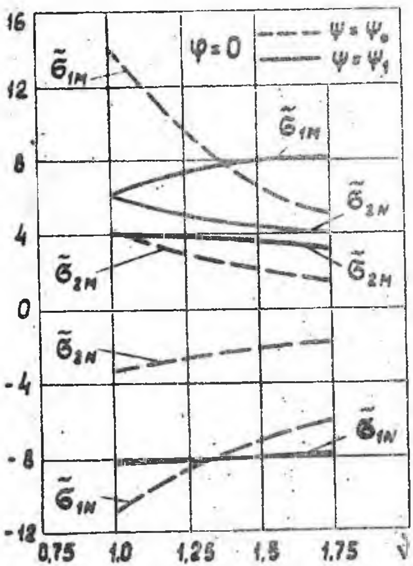
для подкрепления, причем $\sigma^\circ = \frac{P_0}{2\pi R \delta}$.

Ввиду пологости подкрепления и прилегающей к нему оболочки в качестве приближенных выражений для σ_{10} , τ_{10} , σ_{20} , τ_{20} были приняты функции Томсона [I,2] . Зависимости напряжений от параметра ν для подкрепления (для угла $\psi = \psi_0$) и для оболочки (для угла $\psi = \psi_1$) изображены на рис.4.

Действие касательной силы P

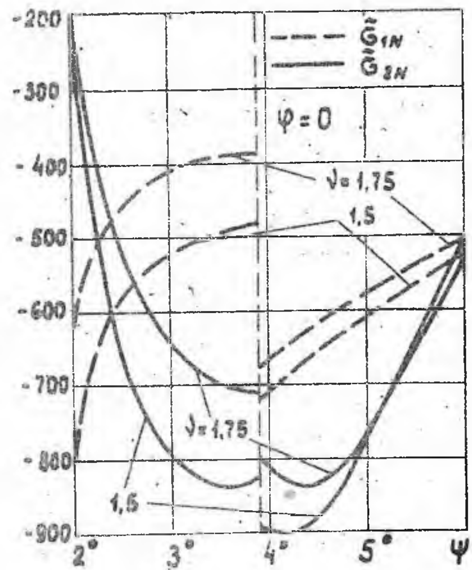
Результаты расчетов для рассмотренной оболочки при нагружении касательной силой P приведены на рис.5 и 6. Напряжения в основной оболочке при $\varphi = 0^0$ вычислялись по формулам (7) из [I] :

$$\tilde{\sigma}_{1N,1} = \frac{N_{11}}{\delta \sigma_0}, \quad \tilde{\sigma}_{2N,1} = \frac{N_{21}}{\delta \sigma_0}, \quad \tilde{\sigma}_{1M,1} = \frac{6M_{11}}{\delta^2 \sigma^\circ}, \quad \tilde{\sigma}_{2M,1} = \frac{6M_{21}}{\delta^2 \sigma^\circ},$$



16
12
8
4
0
-4
-8
-12
0,75
1,0
1,25
1,5
1,75
φ = 0
ψ = ψ₀
ψ = ψ₁

Рис.7



-200
-300
-400
-500
-600
-700
-800
-900
2°
3°
4°
5°
ψ
φ = 0
1,75
1,5
1,75
1,5

Рис.8

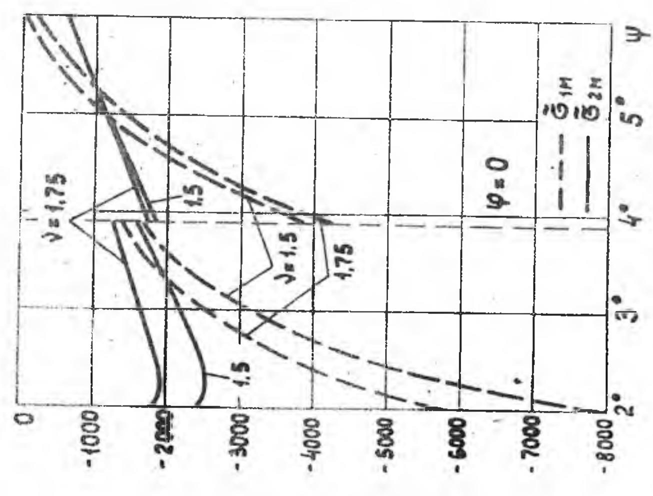

0
-1000
-2000
-3000
-4000
-5000
-6000
-7000
-8000
2°
3°
4°
5°
ψ
ν = 1,75
1,5
ν = 1,5
1,75
1,5
φ = 0
$\tilde{\sigma}_{1M}$
$\tilde{\sigma}_{2M}$

Рис.9

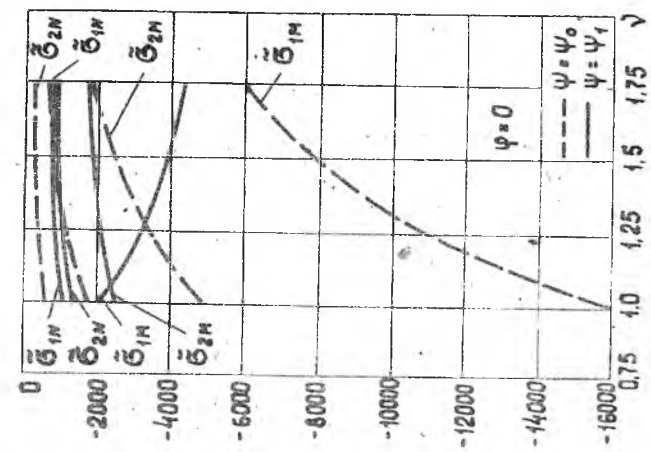

0
-2000
-4000
-6000
-8000
-10000
-12000
-14000
-16000
0,75
1,0
1,25
1,5
1,75
ν
$\tilde{\sigma}_{1N}$
$\tilde{\sigma}_{2N}$
$\tilde{\sigma}_{1M}$
$\tilde{\sigma}_{2M}$
$\tilde{\sigma}_{2N}$
$\tilde{\sigma}_{1N}$
$\tilde{\sigma}_{2M}$
$\tilde{\sigma}_{1M}$
φ = 0
ψ = ψ₀
ψ = ψ₁

Рис.10

где $\sigma^{\circ} = \dfrac{P\cos\psi_0}{\pi R \delta}$. Для подкрепления соответствующие величины получаются заменой δ на δ_0 .

В качестве приближенных выражений σ_{11} , τ_{11} , σ_{21} , τ_{21} принимались функции Томсона [I,2] . На рис.7 показаны зависимости напряжений от параметра ν в сечении $\psi = \psi_0$ для подкрепления и в сечении $\psi = \psi_1$ оболочки.

Действие изгибающего момента M

Напряжения вычислялись по формулам, приведенным в [I] , при значении $\sigma^{\circ} = \dfrac{M}{\pi R^2 \delta}$. Все расчеты соответствуют величине угла $\varphi = 0^{0}$.

На рис.8 и 9 изображены зависимости напряжений $\tilde{\sigma}_{1N,1}$, $\tilde{\sigma}_{2N,1}$, $\tilde{\sigma}_{1M,1}$, $\tilde{\sigma}_{2M,1}$ от угла ψ . На рис.10 представлены значения напряжений в зависимости от параметра ν в сечении $\psi = \psi_0$ подкрепления и в сечении $\psi = \psi_1$ оболочки.

Литература

1. И.С.Ахмедьянов, В.В.Горбатенко. Труды КуАИ, вып.60, Куйбышев, 1972.
2. Л.Н.Носова. "Таблицы функций Томсона и их первых производных". АН СССР, Москва, 1960.