

Д.Г.Хлебніков, Р.М.Бурда, А.О.Музичук

ПІДБІР ОПТИМАЛЬНОЇ ТОВЩИНИ КОНІЧНОЇ
ОБОЛОНКИ З ПІДКРІПЛЕННЯМ КРАЄМ

Розглянемо кругову конічну оболонку сталої товщини h . Нижній її край підкріплено тонким пружним кільцем прямокутного поперечного перерізу, яке вільно лежить на масивній опорі. Оболонка знаходиться під дією рівномірного внутрішнього тиску p та осевого зусилля P , що передається на оболонку через жорстке ядро, яке жорстко з'єднане з верхнім краєм.

Внутрішні силові фактори, переміщення та кут повороту нормалі конічної оболонки відомим чином [2] виражаються через функції Томсона.

Для визначення чотирьох сталих інтегрування використовуємо граничні умови на краях оболонки:

1) на верхньому жорстко защемленому краї $S=S_1$ для радіального переміщення U_z та кута повороту нормалі до осерединної поверхні оболонки ϑ маємо

$$U_z(S_1)=0, \quad \vartheta(S_1)=0; \quad (1)$$

2) на нижньому краю $S=S_2$ відсутнє осеве переміщення U_z

$$U_z(S_2)=0, \quad (2)$$

а також виконується умова рівності радіальних зусиль взаємодії оболонки та кільця [3]:

$$\frac{1}{S_2 \cos \alpha} (U_z \cdot D_0 + \nu D_1) = N_s \cos \alpha + Q \sin \alpha, \quad (3)$$

де $D_0 = E_k \delta d$; $D_1 = E_k \delta d \delta_1$; $\delta_1 = \frac{1}{2}(\delta - \frac{h}{\cos \alpha})$; (4)

E_k - модуль пружності матеріалу кільця; δ, d - висота та ширина кільця; N_s, Q - нормальне і перерізуюче зусилля в круговому перерізі оболонки; α - кут при основі конуса.

Знайшовши з системи чотирьох алгебраїчних рівнянь постійні інтегрування, за відомими формулами визначаємо поле напружень. З допомогою отриманих результатів шукаємо оптимальну товщину конічної оболонки.

Умову міцності оболонки записуємо згідно з енергетичною теорією формозміни

$$\sigma_{\text{екв}} = (\sigma_s^2 + \sigma_\varphi^2 - \sigma_s \cdot \sigma_\varphi)^{1/2} \leq [\sigma], \quad (5)$$

де σ_s, σ_φ - меридіональні та кільцеві напруження в оболонці,
 $[\sigma]$ - допустимі напруження.

Оптимальну товщину конічної оболонки визначаємо, використовуючи швидкозбіжний ітераційний процес [1]:

$$h^{(n+1)} = h^{(n)} \left[\frac{\max_{s_1 \leq s \leq s_2} \sigma_{\text{екв}}^{(n)}}{[\sigma]} \right]^{1/2}, \quad (6)$$

де $\max_{s_1 \leq s \leq s_2} \sigma_{\text{екв}}^{(n)}$ - максимальне значення $\sigma_{\text{екв}}$ по всій довжині оболонки товщини $h^{(n)}$.

Наведемо деякі з отриманих з допомогою ЕОМ числових значень (мм) оптимальної товщини конічної оболонки при таких значеннях параметрів: $E = E_k = 2,0 \cdot 10^5 \text{ МПа}$; $\nu = 0,3$; $\alpha = \pi/6$; $P = \pi R^2 \rho + P_0$; $R = 30 \text{ мм}$; $z = 0,25 R$; $\delta = 2 \text{ мм}$; $d = 1 \text{ мм}$
 (R, z - радіуси нижнього та верхнього торця серединної поверхні конічної оболонки):

	$P_0 = 0$	$P_0 = 50$	$P_0 = 100$	$P_0 = 150$
$\rho = 0,0$	0,0	0,45	0,51	0,55
$\rho = 1,0$	1,68	1,77	1,81	1,83
$\rho = 2,0$	3,12	3,16	3,18	3,19

Значення P_0 дано в ньютонках, а ρ - в мегапаскалях.

1. Хлебников Д.Г., Янчак В.Я. Оптимальное распределение толщины в плоских криволинейных рамах. - Строительная механика и расчет сооружений, 1976, вып. 7, с. 23-24.
 2. Чернина В.С. Статика тонкостенных оболочек вращения. - М.: Наука, 1968. - 456 с.
 3. Шереметьев М.П., Ярма С.Я., Хлебников Д.Г. Подбор оптимальной формы круглого металло-стеклянного кинескопа. - Вопр. машиноведения и прочности в машиностроении, 1961, вып. 7, с. 96-109.

Стаття надійшла до редколегії 14.01.85