



УДК 539.3

АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ НЕТОНККИХ КОНІЧНИХ ОБОЛОНОК ЗМІННОЇ В КОЛОВОМУ НАПРЯМІ ТОВЩИНИ

Авраменко О.О, Авраменко Ю.О.

Інститут механіки ім. С.П. Тимошенка, avrolya@front.ru

Конічні оболонки сталюї та змінної товщини широко застосовують у різних галузях техніки як елементи конструкцій та деталі машин. При визначенні напружено-деформованого стану оболонки важливо враховувати змінність її товщини, оскільки в багатьох випадках необхідно вибирати раціональні параметри деформативності конструкції, не змінюючи при цьому її ваги. Для розв'язування задач статички тонких конічних оболонок як сталюї, так і змінної товщини існує ряд розроблених методів, але здебільшого вони стосуються оболонок сталюї товщини.

Розглядаємо нетонкі ортотропні конічні оболонки змінної в коловому напрямі товщини, які віднесено до ортогональної системи координат s, θ, γ , де $s = \text{const}$, $\theta = \text{const}$ – лінії головних кривин серединної поверхні (сімейства напрямних та твірних), а γ – нормальна координата до серединної поверхні оболонки. При цьому використаємо уточнену теорію, що базується на гіпотезі прямої лінії.

На основі співвідношень уточненої теорії оболонок після ряду перетворень отримуємо розв'язувальну систему диференціальних рівнянь десятого порядку в частинних похідних у переміщеннях, що описує напружено-деформований стан конічних оболонок змінної товщини. Невідомими функціями у цій системі є переміщення u, v, w та кути обертання прямолінійного елемента ψ_s, ψ_θ .

Якщо товщина оболонки змінна у коловому напрямку, то аналітично неможливо розділити змінні у розв'язуючих рівняннях. Тому пропонуємо підхід, заснований на розкладі розв'язувальних функцій у ряди по сплайнах. У результаті отримаємо систему звичайних диференціальних рівнянь, яку розв'язуємо стійким чисельним методом дискретної ортогоналізації.

З використанням цієї методики розв'язано задачі про напружений стан конічних оболонок при зміні їх товщини у коловому напрямі та збереженні ваги.

Зокрема, на рис. 1 наведено результати розв'язування задачі про напружений стан закритих трансверсально-ізотропних конічних оболонок. Товщина оболонки змінюється за законом $h = h_0(1 + a \cos 2\theta)$. Об'єм, а значить і вага таких оболонок залишаються незмінними за різних значень параметра a .

Під час розрахунку вибирались такі параметри: половина кута розхилу конуса $\psi = \pi/6$, довжина оболонки $L=30$, початковий радіус $r_0 = 12,5$; $h_0=1,5$, механічні характеристики: $\nu=0,3$, $G_{sy}=G_{oy}=E/40$. Показано як змінюється прогин у серединному перерізі оболонки під дією нормального рівномірно розподіленого навантаження $q_y=q_0=\text{const}$ для різних значень параметра зміни товщини, якщо торці закріплені жорстко.

Проведено дослідження напружено-деформованого стану конічних оболонок змінної в колесовому напрямку товщини в залежності від кута розхилу конуса і параметрів товщини.

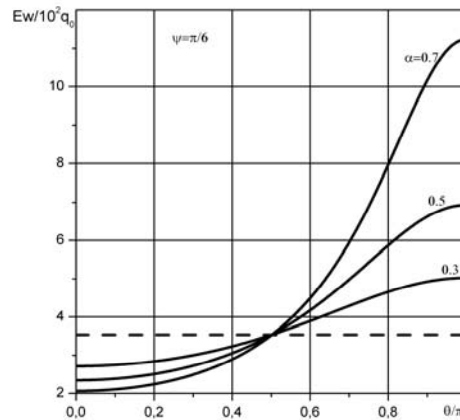


Рис. 1. Розподіл прогинів в залежності від параметра зміни товщини оболонки

1. Григоренко Я.М., Василенко А.Т., Голуб Г.П. Статика анизотропных оболочек с конечной сдвиговой жёсткостью. – Київ: Наукова думка, 1987. – 216 с.
2. Григоренко Я.М., Авраменко О.А., Яремченко С.Н. Решение на основе сплайн-аппроксимации двумерных задач статики ортотропных конических оболочек в уточненной постановке // Прикл. механіка. – 2007. – 43:11. – С. 43-54.

ANALYSIS OF STRAIN-STRESS STATE OF NON- THIN CONICAL SHELLS VARIABLES IN CIRCULAR DIRECTION THICKNESS

An approach to solving the two-dimensional problems on the stress-strain state of orthotropic conical shells variables in circular direction thickness is developed. It is based on the spline-approximation and discrete orthogonalization method.