

ДИНАМІКА, ПІДКРІПЛЕНОЇ КІЛЬЦЕВИМИ РЕБРАМИ ЖОРСТКОСТІ, НЕСКІНЧЕННО ДОВГОЇ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ОБОЛОНКИ У ТРИВИМІРНОМУ ПРУЖНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Фасоляк А.В., аспірант

Запорізький національний технічний університет

Динамічні задачі для підкріплених кільцевими ребрами жорсткості тонких циліндричних оболонок у пружному тривимірному середовищі мають широке значення для практики, зокрема при розрахунку тунелів глибокого залягання. Подібним задачам у стаціонарній постановці, з використанням теорії конструктивно-ортотропних оболонок, присвячена монографія [1]. Новизна даної роботи полягає в тому, що така динамічна задача розглядається у загальній постановці та робиться акцент на дискретності підкріплень кільцевими ребрами жорсткості.

Ціллю даної роботи є порівняння результатів підкріпленої оболонки з непідкріпленою, при аналогічних навантаженнях. Також важливим є встановлення залежності взаємного впливу ребер від відстані між ними.

Рух оболонки описується динамічними рівняннями теорії пружності, рух оболонки – рівняннями, що враховують поперечний зсув та інерцію обертання (оболонка типу Тимошенко), а рух кільцевих ребер жорсткості – рівняннями динаміки кілець.

Переходимо до безрозмірних величин. Розв'язок задачі шукаємо у вигляді тригонометричних рядів Фур'є. Потім для коефіцієнтів Фур'є застосовуються інтегральні перетворення Фур'є (за осью координатою) та Лапласа (за безрозмірною змінною часу).

Вираз для нормальних переміщень середовища у просторі зображень за Фур'є-Лапласом має вигляд:

$$U_{rLF}(r_*, s, p, \theta) = \sum_{n=1}^{\infty} T_n(r_*, s, p) P_{LF,n}(s, p) \cos(n\theta), \quad (1)$$

де $P_{LF,n}(s, p)$ – трансформанта навантаження, яке передається на оболонку з боку ребер жорсткості. Враховуючи граничні умови, навантаження має вигляд:

$$P_{LF,n}(s, p) = \sum_{k=1}^N q_{ckL,n}(p) e^{isx_k}, \quad (2)$$

де $q_{ckL,n}(p)$, x_k – трансформанта реакції з боку оболонки на k -е ребро та осьова координата цього ребра, а N – кількість ребер.

Для знаходження трансформант реакції з боку оболонки на кожне ребро з граничних умов отримуємо СЛАР, розв'язавши яку знаходимо кінцевий розв'язок задачі у просторі зображень. Знаходження оригіналу здійснюється чисельно за допомогою розробленого алгоритму, який ґрунтується на методі Файлона та методі зміщених многочленів Лежандра.

На основі отриманих результатів встановлено, що наявність ребра жорсткості зменшує деформацію оболонки приблизно на 57%. Також розглянуто випадки, коли оболонка підкріплена двома та трьома ребрами. Встановлено, що для відстані між ребрами понад три радіуси оболонки взаємний вплив ребер майже відсутній, а тому, для більших відстаней між ребрами, можна розглядати нескінченну оболонку, підкріплену одним ребром жорсткості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Горшков А.Г. Пластины и оболочки на инерционном основании при действии подвижных грузов / А.Г. Горшков, В.И. Пожув – М.: Изд-во МАИ, 1992. – 136 с.