

УДК 539.3

Данильченко Д.В.¹, Засовенко А.В.²

¹ канд. техн. наук, інж. ТОВ «Дата Х»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ ОБТІЧНИКА ПРИ ДІЇ ЗОВНІШНЬОГО РОЗПОДІЛЕНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Якісні закономірності поширення збурень у складених кусково-однорідних оболонкових конструкціях становлять інтерес при оцінці їхньої міцності, жорсткості та стійкості під дією динамічних навантажень.

При дослідженні нестационарних навантажень оболонкових конструкцій, найбільш зручно використовувати рівняння руху оболонок типу Тимошенко, оскільки ці рівняння враховують деформацію зсуву та інерцію обертання. Ці рівняння гіперболічного типу мають дійсні характеристики, і, отже, швидкості поширення хвиль навантаження в оболонці мають кінцеві значення.

Спираючись на теорію оболонок типу Тимошенко [1], у випадку нелінійної симетричної деформації геометричні співвідношення можна привести до системи рівнянь другого порядку виду:

$$\frac{\partial^2 u_i}{\partial x^2} - \frac{1}{c_i^2} \frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} = \sum_{j=1}^n \left(\alpha_{ij} u_j + \beta_{ij} \frac{\partial u_j}{\partial x} \right) \equiv F_i, (i = 1, 2, 3) \quad (1)$$

де c_i – швидкості поширення хвиль, α_i, β_i – коефіцієнти, що включають геометричні та фізичні параметри складових.

До системи диференціальних рівнянь другого порядку (1) застосуємо так званий сітково-характеристичний метод [2].

Розглянуто задачу динамічного деформування оболонкової конструкції обтічника при дії зовнішнього розподіленого навантаження. Досліджувана конструкція є напівсферою радіусом R , яка з'єднана з циліндричною оболонкою довжини L . Край циліндричної оболонки жорстко защемлений ($u = w = \varphi = 0$).

Навантаження задане у вигляді:

$$P_3(t) = P_0 + \frac{P_1 - P_0}{t_1} t, \quad (t \leq t_1)$$

$$P_3(t) = P_0, \quad (t > t_1)$$

де $P_0 = 0.216 \cdot 10^5$ Па, $P_1 = 0.132 \cdot 10^5$ Па, $t_1 = \frac{R}{c_0}$, c_0 – швидкість звуку у повітрі.

Розрахунки проводилися за наступних геометричних та фізико-механічних параметрів: $\frac{h}{R} = 0.02$, $L = R = 0.5$ м, $E = 7 \cdot 10^{10}$ Па, $\nu = 0.3$.

Результати розрахунків, отримані за допомогою представленої в даній роботі методики, якісно узгоджуються з результатами, отриманими у [3] для величин прогинів u_3 ($w = u_3$) у момент часу $t \approx 3t_1$.

Запропонована чисельно-характеристична методика дозволяє єдиним методом отримувати розв'язання задач про поширення пружних хвиль у кусково-однорідних оболонкових конструкціях з різними геометричними та фізико-механічними параметрами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Воробьев Ю. С. Скоростное деформирование элементов конструкций / Ю. С. Воробьев, А. В. Колодяжный, В. И. Севрюков, Е. Г. Янютин. – Киев : Наукова думка, 1989. – 148 с.

2. Данильченко Д. В. Торцевой удар по оболочке с криволинейной осью / Д. В. Данильченко, А. В. Засовенко, Ю. В. Мастиновский // Вестник двигателестроения. – Запорожье. – 2013. – № 1. – С. 46–49.

3. Луговой П. З. Динамика составных подкреплённых оболочечных конструкций при нестационарных нагрузках / П. З. Луговой, В. Ф. Мейш, Б. П. Рыбакин, Г. В. Секриеру // Прикл. механика. – 2006. – 42, № 4. – С. 100–107.