

ДЕМПФИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ ОБОЛОЧКИ ПРИ НАЛИЧИИ ДВОЙНОГО ПОЯСА ОТВЕРСТИЙ

*Полтавский национальный технический университет
 имени Юрия Кондратюка, Украина*

Исследовано влияние отверстий в оболочке вращения на устойчивость при колебаниях разной частоты. Предлагается в решении задачи определения устойчивости оболочки вращения при действии колебаний разной частоты учитывать систему отверстий на поверхность оболочки и их количество.

Постановка проблемы. Оболочки находят широкое применение в строительстве, нефтяной промышленности, исследованиях подводных шельфов и т.д. Такой широкий интерес к оболочкам объясняется их эффективностью при работе в нагруженном состоянии [2,4,5,6].

Анализ последних исследований и публикаций.

При исследовании несущей способности оболочек с отверстиями в инженерной практике наряду с задачами о напряженном состоянии [2,4,5] не менее важное значение имеют задачи по устойчивости и колебаниям. Для решения проблемы устойчивости оболочек с отверстиями большое значение имеют эксперименты, анализ результатов которых помогает создать достоверные математические модели процессов, протекающих в оболочке с вырезами [3,6].

Формулирование целей статьи. Исследовать влияние расположения системы отверстий на поверхности оболочек вращения на устойчивость с учетом колебаний различной частоты.

Основная часть. Рассматривается оболочка вращения, которая образуется вращением кривой $x = \varphi(u)$; $z = \psi(u)$ вокруг оси z .

Параметрическое уравнение оболочки имеет вид

$$x = \varphi(u) \cos v; \quad y = \varphi(u) \sin v; \quad z = \psi(u)$$

Оболочка имеет отверстия круглой формы, расположение которых характеризуется параметрами: u , v – угловые значения переменных соответственно по параллели и меридиану. По параллелям отверстия расположены на расстоянии $u=u_1$ и $u=u_2$ от основания оболочки. Нижний уровень $u=u_1$, $v = \frac{K \cdot 2\pi}{m}$, где K – номер отверстия, m – количество отверстий.

При этом есть ограничение $2\pi \cdot \varphi(u_1) \geq \text{бам}$, где a – диаметр отверстия.

Верхний уровень $u=u_2$; $v = K \cdot \frac{2\pi}{m} + \frac{\pi}{m}$ – смещение центра верхних отверстий равномерно по отношению к центрам нижних отверстий. Ограничение: $2\pi \cdot \varphi(u_2) \geq 6\pi a$, $z(u_2) - z(u_1) \geq 4a$

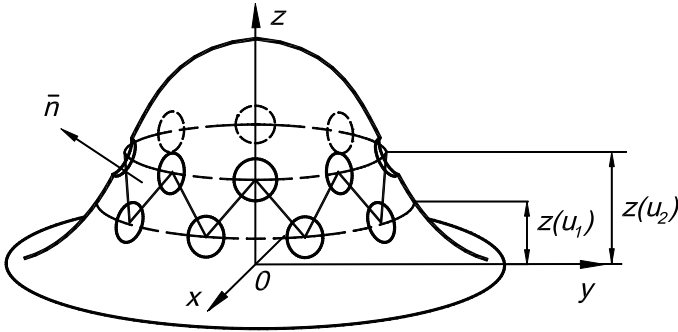


Рис. 1. Оболочка вращения с системой отверстий

В качестве величины, отражающей эффект затухания балочных колебаний будет выступать вектор \bar{n} – нормаль к плоскости, проходящей через соседние отверстия нижнего и верхнего яруса (рис. 1).

Добавляя к кинетической и потенциальной энергии оболочки кинетическую и потенциальную энергию колец, подкрепляющих отверстия двух ярусов: $\rho_1 = \varphi(u_1)$ $\rho_2 = \varphi(u_2)$ получим системы (в работе [2] это было решено для одного яруса отверстий) и решая соответствующие системы (1), (2) [2], определяем компоненты вектора \bar{n} . Существенным является отклонение \bar{n} от вертикали, то есть

$$\cos(\bar{n} \wedge \bar{z}) = \frac{\frac{\partial(x,y)}{\partial(u,v)}}{\sqrt{\left[\frac{\partial(y,z)}{\partial(u,v)}\right]^2 + \left[\frac{\partial(y,x)}{\partial(u,v)}\right]^2 + \left[\frac{\partial(x,y)}{\partial(u,v)}\right]^2}}. \quad (1)$$

В безразмерных координатах для $\zeta = \cos(\bar{n} \wedge \bar{z})$ получается дифференциальное уравнение. При этом приравниваются соответствующие члены, содержащие производные до второго порядка включительно. Получим

$$\zeta'' + 2n\xi'(\lambda + \varepsilon h^0 qn\xi') + \xi = \sum_{n=1}^{\infty} b_n \left(\frac{\rho_1 + \rho_2}{2} \right) z \cos n\varphi. \quad (2)$$

Разлагая ξ в ряд Фурье получим решение в форме

$$\xi = a \sin \varphi + \varepsilon \frac{4npa}{\pi} \left[\sum_{k=1}^{\infty} \frac{b_{2k} \cos(2K\varphi)}{4K^2 - 1} - 1 \right] + \dots \quad (3)$$

Для амплитуды колебаний получим уравнение

$$A = \cos u + \varepsilon^2 \left[K_0 \sum_{K=1}^{\infty} \frac{b_{2K} \sin \beta_{2K}}{4K^2 - 1} \varphi_1 \dots \right] \quad (4)$$

откуда видно, что амплитуда падает на величину порядка ε^2 . ε характеризует асимметрию, которую вносят два пояса с отверстиями. Изменение амплитуды соответствует уравнению

$$A = A_0 \left(\lambda - \varepsilon^2 \left[K_0 \sum_{K=1}^{\infty} \frac{b_{2K} \sin \beta_{2K}}{4K^2 - 1} \varphi_1 \dots \right] \right). \quad (5)$$

Уровни u_1 и u_2 и размер a отверстий можно рассчитывать из условий: с одной стороны ограничение вертикальных колебаний \bar{p} , что связано с несущей способностью, с другой стороны требование уменьшения амплитуды колебаний то есть значение величины ε .

Выводы. Расчеты дают такие результаты: при $A=0,6A_0$ уменьшение амплитуды колебаний на 40% $1,2 \leq \frac{\xi}{\xi_0} \leq 1,4$ (поле отверстий берет на себя демпфирование). В результате получаются такие интервалы для $\varphi(u_1)$; $\varphi(u_2)$; a

$$0,2h \leq \psi(u_1) \leq 0,4h; \quad 0,25h \leq \psi(u_2) - \psi(u_1) \leq 0,36h;$$

$$\left(a \leq \frac{2\pi\varphi(u_1)}{6m}; \quad a \leq \frac{h}{Rm} \varphi(u_2) \right), \quad (6)$$

$$\varepsilon \cdot \varphi(u_2) \leq a \leq \frac{\pi\varphi(u_2)}{6m},$$

где h – высота оболочки, R – радиус основания, m – количество отверстий.

Литература

1. *Голда Ю.Л.* Локальная устойчивость оболочек с отверстиями. // Теория оболочек и пластин. – М.: Наука, 1973, с. 271-275.
2. *Дихтярь А.С., Ядгаров Д.Я.* Форма и несущая способность оболочек покрытий. Ташкент: "Уктивучи", 1983.
3. *Рассказов А.О., Дихтярь А.С.* Предельное равновесие оболочек – К.: Вища школа, 1978. – 150 с.
4. *Погорельый Д.Ф., Малинский С.М., Усенко В.Г.* Влияние отверстий на затухание колебаний оболочек вращения / Д.Ф.Погорельый, С.М.Малинский, В.Г.Усенко // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – К.: КНУБА., 2012. – Вип. 89. – С. 296 – 299.
5. *Тимошенко С.П., Войновский-Кригер С.* Пластинки и оболочки. Наука. 1966. 636 с.
6. *Шишкин А.Г., Тертышный Г.В.* Свободные колебания цилиндрических панелей и оболочек с вырезами. В кн.: Точные науки, математика, механика: Казань: Изд-во Казанского ун-та. 1975, с. 160-163.

**ДЕМПФУВАННЯ КОЛИВАНЬ ОБОЛОНКИ ЗА НАЯВНОСТІ
ПОДВІЙНОЇ СМУГИ ОТВОРІВ**

Д. Ф. Погорілий, С. М. Малинський, В. Г. Усенко

Досліджено вплив отворів у оболонках обертання на стійкість при коливаннях різної частоти. Пропонується у вирішенні задач визначення стійкості оболонок обертання при дії коливань різної частоти враховувати систему отворів на поверхні оболонок та їх кількість.

SHELL DAMPING AT THE DOUBLE AREA OF THE HOLE

D. F. Pogorely, S. M. Malinsky, V. G. Usenko

The influence of the hole in the shell of rotation on the stability of the oscillations at different frequencies. It is proposed in the task of determining the stability of a rotating shell with the oscillations of different frequencies to consider a system of holes on the surface of the shell and the number of them.