

УДК 539.3

М.Г.Полетаев (4 курс, каф. МиПУ), Д.В.Шевченко, асс., А.И.Боровков, к.т.н., проф.

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ И ФОРМ КОЛЕБАНИЙ ТОНКОЙ МНОГОСЛОЙНОЙ ПЛАСТИНЫ С КРУГОВЫМ ОТВЕРСТИЕМ

Цель работы – конечно-элементное (КЭ) исследование частоты и формы собственных колебаний многослойной пластины и изучение их зависимости от диаметра отверстия.

Рассмотрим тонкую квадратную пластину толщиной $h = 0.025\text{ м}$ как без отверстия, так и с отверстием; $L = 1\text{ м}$ – длина стороны пластины, D – диаметр отверстия. Рассмотрим пластины из 2-х и 3-х слоев ортотропного материала, где θ – направление главных осей упругости. Ориентация слоев (по θ): 2 слоя – $[0, 45^\circ]$, 3 слоя – $[0, 45^\circ, 90^\circ]$. Пластина шарнирно оперта по всем сторонам. Свойства материала: $E_1 = 138.18\text{ ГПа}$, $E_2 = 10\text{ ГПа}$, $G_{12} = 4.18\text{ ГПа}$, $\nu = 0.34$, $\rho = 2000\text{ кг/м}^3$.

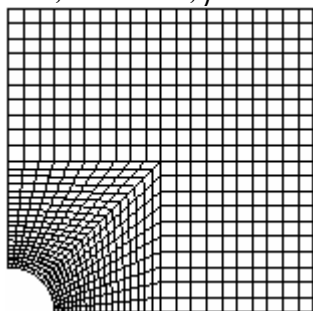


Рис. 1

Пластина моделируется оболочечными многослойными 8-узловыми элементами shell99, имеющими шесть степеней свободы в каждом узле: три перемещения – U_x, U_y, U_z и три поворота – $\varphi_x, \varphi_y, \varphi_z$. В расчете рассматривается конструкция, $1/4$ часть КЭ модели которой представлена на рис. 1.

Для всех КЭ моделей используется характерный размер элемента $l_e = 0.025L$. Вокруг отверстия элементы сгущаются в 2-3 раза, что характерно, вообще говоря, для задач концентрации напряжений.

КЭ расчеты были выполнены в программной системе КЭ анализа ANSYS. Получены первые 9 собственных частот (СЧ) колебаний пластины и соответствующие им формы колебаний.

Зависимость СЧ от диаметра отверстия для двухслойной пластины представлена на рис. 2-4; на рис. 4 приведены также собственные формы колебаний, соответствующие 7-й и 8-й СЧ для двухслойной пластины при $D = 0.15L$ и $D = 0.25L$.

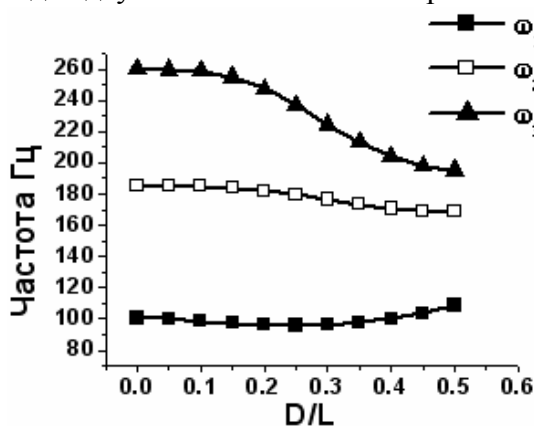


Рис. 2

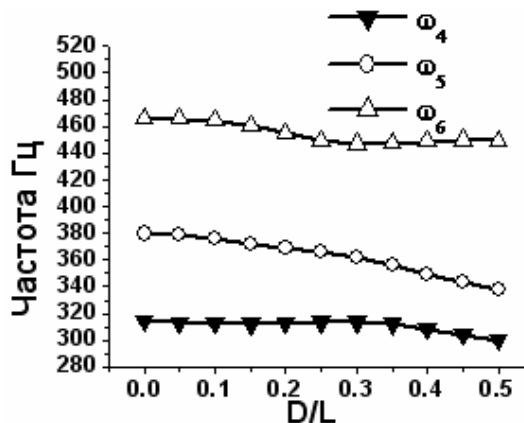


Рис. 3

Из рис. 2 следует, что 1-я СЧ с введением малого отверстия практически не изменяется и для диаметра отверстия $D < 0.4L$ лежит в 5% интервале, причем для $D/L = 0.25$ СЧ имеет минимум. 3-я СЧ уменьшается на 25%, при достижении $D = 0.5L$. Из рис. 4 видно, что 7-я и 8-я СЧ при увеличении диаметра отверстия меняются местами.

700]

—●— ω_7

$D = 0.15L$

$D = 0.25L$

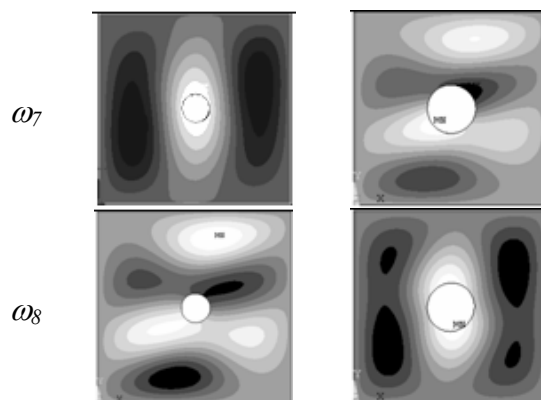


Рис. 4

Зависимость СЧ от диаметра отверстия для трехслойной пластины представлена на рис. 5-6.

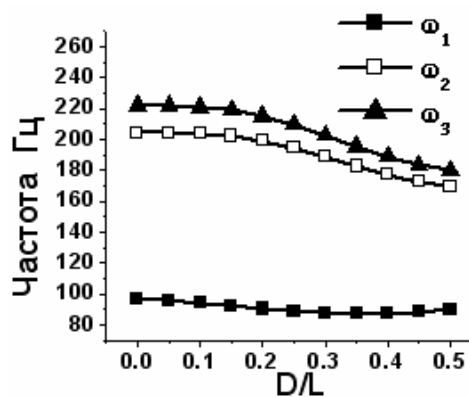


Рис. 5

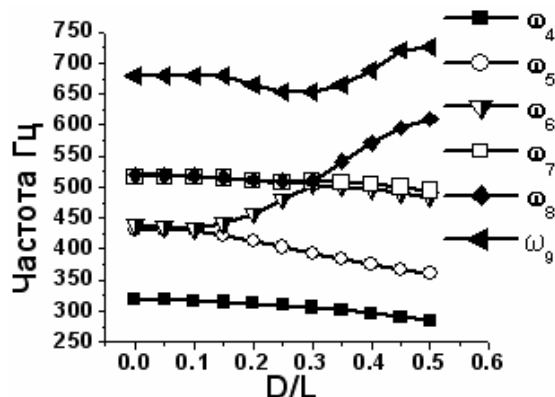


Рис. 6

Из рис. 5 следует, что 1-я СЧ аналогично случаю с двухслойной пластиной практически не изменяется, в то время как 2-я и 3-я СЧ уменьшаются на 15-20% при D , достигающем $L/2$. Рис. 6 демонстрирует эффект перестройки спектра собственных частот в зависимости от диаметра отверстия (аналогично случаю, приведенному в табл.1). Для обоих вариантов получено, что 1-я СЧ с ростом диаметра отверстия сначала убывает, а затем начинает расти. Минимальные значения частоты получены для двухслойной пластины при $D = 0.25 L$, а для трехслойной при $D = 0.35 L$.