

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО АНАЛИЗА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ТОНКОСТЕННЫХ ОБОЛОЧЕК ПРИ ЛОКАЛЬНЫХ СИЛОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Ю.С. Давиденко

Московский государственный университет инженерной экологии

Москва, Россия

На сегодняшний день теме экологической безопасности уделяется повышенное внимание. Химическое машиностроение было и остается наиболее опасной областью промышленности для экологии окружающей среды. Именно в химическом машиностроении преимущественно используются тонкостенные цилиндрические оболочки. Они чувствительны к любым нагрузкам. А локальные силовые воздействия могут быть для них более опасны, в виду, порой, не заметных результатов нагрузок. Исследования прочности цилиндрических оболочек при различных нагрузках и условиях закрепления имеют огромное практическое значение и при исследовании местной прочности авиационных конструкций, корпуса авиационного реактивного двигателя вблизи точек подвеса. Когда к оболочке прикрепляются другие элементы, то, очевидно, на оболочку по контактной поверхности действуют силы и моменты. Эти силы могут быть представлены с достаточной для инженерных целей точностью.

Для реализации численного анализа напряжений в цилиндрических оболочках от радиальных и тангенциальных локальных распределенных по прямоугольнику нагрузок используется метод разложения нагрузок и перемещений в двойные ряды Фурье. Исследуемая цилиндрическая часть сосуда давления рассматривается как цилиндр, свободно опертый на концах. Следовательно, радиальные и тангенциальные перемещения, так же, как и продольные моменты и мембранные силы в цилиндрической оболочке, обращаются на концах в нуль. Базовыми уравнениями данного метода являются три уравнения теории оболочек в частных производных, общий вид:

$$\Phi\left(\bar{U}, \frac{\partial^n \bar{U}}{\partial x^n}, \frac{\partial^n \bar{U}}{\partial j^n}, \frac{\partial^n \bar{U}}{\partial x^{n-1} \partial j}, \frac{\partial^n \bar{U}}{\partial x \partial j^{n-1}}\right) = 0.$$

Где \bar{U} - вектор перемещений, $\bar{U} = \{u, w, u\}$; u - перемещение в X направлении; u - перемещение в Y направлении; w - перемещение в Z направлении; x - координата оболочки в продольном направлении; j - цилиндрическая координата оболочки; $n = 1, 2, 3$.

Они сводятся к одному дифференциальному уравнению восьмого порядка для радиального перемещения w . В него подставляются уравнения рядов Фурье для радиальных перемещений и внешних нагрузок, а затем через коэффициенты разложения в ряд радиальной (Z_{mn}) или тангенциальной (Y_{mn}) нагрузки выражаем радиальное перемещение в двойных рядах Фурье. Через Z_{mn} или Y_{mn} аналогично выражаются уравнения для других перемещений, для изгибающих моментов и мембранных сил.

Данная программа позволяет рассчитывать НДС оболочечных конструкций при различных локальных силовых воздействиях, сведенных к: радиальной и тангенциальной нагрузкам, сосредоточенным или равномерно распределенным по прямоугольной поверхности; моментам в продольном и окружном направлениях, равномерно распределенным вдоль небольшого сегмента в окружном и продольном направлении соответственно. Удобный интерфейс способствует быстрой и удобной реализации процессов ввода информации, компьютерного анализа, получения результатов в графических и табличных формах, оптимизации.