

ПРИЛОЖЕНИЕ ЧИСЛЕННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО МЕТОДА ГРАНИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ К РАСЧЕТУ РЕБРИСТЫХ ПЛАСТИН

Карнаухова А.С., ст. преп., Шмаленый Л.Л., магистр

Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса

При расчете пластин, подкрепленных ребрами двух направлений, возникают большие трудности. Аналитические методы не позволяют охватить все разнообразные задачи, выдвигаемые практикой, поэтому при расчете ребристых пластин широкое применение нашли численные методы [1 – 2].

Дифференциальное уравнение изгиба пластинки в этом случае принимает вид

$$\frac{\partial^4 W}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 W}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 W}{\partial y^4} = \frac{\bar{q}}{D}, \quad (1)$$

где $W = W(x, y)$ — прогиб пластинки; $\bar{q} = \bar{q}(x, y)$ — свободный член уравнения, учитывающий не только внешние нагрузки, но и наличие подкрепляющих ребер в продольном направлении, под которым будем понимать направление, параллельное оси y (рис. 1).

Наиболее общий вид нагрузка $\bar{q} = \bar{q}(x, y)$ имеет в том случае, когда подкрепляющие ребра будут как сплошного сечения, так и тонкостенного:

$$\begin{aligned} \bar{q}(x, y) = & q(x, y) - \sum_{i=1}^n EI_x W^{IV}(y) X(a_i) \delta(x - a_i) - \\ & - \sum_{i=1}^n \frac{GA}{k_1} W''(y) X(a_i) \delta(x - a_i) - \\ & - \sum_{i=1}^n [EI_\omega W^{IV}(y) X'(a_i) - GI_k W''(y) X'(a_i)] \delta'(x - a_i), \end{aligned} \quad (2)$$

где EI_x , EI_ω , EI_k — жесткости ребер при изгибе и кручении; k_1 — коэффициент, учитывающий форму сечения; a_i — координата расположения i -го ребра.

При использовании метода Канторовича-Власова двумерная задача переходит в одномерную.

Аналитические выражения фундаментальных функций, функции Грина и компонентов внешней нагрузки для всех вариантов корней характеристического уравнения получены в [3].

Общая концепция предлагаемого подхода состоит в следующем. Будем рассматривать части пластины, имеющие ребра в поперечном направлении (параллельно оси ox), как «гладкие» пластины толщиной $h_1 = h + h_{\text{ребра}}$, где h – толщина собственно пластины, $h_{\text{ребра}}$ – высота подкрепляющего ребра.

Для этих модулей справедлива теория расчета «гладких» пластин с соответствующими выражениями фундаментальных функций, функции Грина, векторы нагрузок и т.д. Остальные модули представляют собой пластины, подкрепленные ребрами жесткости в продольном направлении (параллельно оси Oy), и для них фундаментальные функции, функции Грина, векторы нагрузок определяются выражениями, полученными ранее.

Рассмотрена квадратная пластинка с шарнирным опиранием по всему контуру, нагруженная равномерно распределенной нагрузкой. Пластинка имеет по одному ребру жесткости сплошного квадратного сечения в каждом направлении.

В результате расчета вычислены прогиб и изгибающий момент в центре пластинки, которые сравниваются с результатами, вычисленные методом конечных элементов в программе ANSYS [4].

Литература

1. Вайнберг Д.В. Расчет пластин / Д.В. Вайнберг, Е.Д. Вайнберг — К.: Будівельник, 1970. — 435 с.
2. Варвак П.М. Метод конечных элементов / П.М. Варвак — К.: Вища школа, 1981. — 176 с.
3. Дашенко А.Ф. Численно-аналитический метод граничных элементов / А.Ф. Дашенко, Л.В. Коломиец, В.Ф. Оробей, Н.Г. Сурьянинов — Одесса: ВМВ, 2010. — В 2-х томах. — Т.1. — 416 с. — Т.2. — 512 с.
4. Дашенко А.Ф. ANSYS в задачах инженерной механики / А.Ф. Дашенко, Д.В. Лазарева, Н.Г. Сурьянинов / Изд. 2-е, перераб. и доп. Под ред. Н. Г. Сурьянинова. — Одесса. — Пальмира, 2011. — 505 с.

ANNEX OF THE NUMERICAL-ANALYTICAL METHOD OF BORDER ELEMENTS TO THE CALCULATION OF RE-PLATE PLATES

The application of the method of boundary elements to the calculation of ribbed rectangular plates under any conditions of edge fixing and arbitrary nature of loads is considered. To check the algorithm, the numerical example is solved by the boundary element method and the finite element method in the ANSYS program.