

Л.И. Коростылев, д-р техн. наук

В.Н. Трофименко, аспирант

Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова

УПРУГАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ПЛАСТИН С БОЛЬШИМИ ВЫРЕЗАМИ ПРИ СЛОЖНОМ НАГРУЖЕНИИ

УДК 624.075

В составе судового корпуса можно встретить ряд пластин, подвергающихся одновременному действию нескольких нагрузок, каждая из которых может вызвать потерю устойчивости.

В таких условиях, например, оказываются стенки всякого рода составных балок набора судна, которые в своей плоскости могут подвергаться одновременному действию равномерно сжимающих, линейно меняющихся и касательных усилий.

При этом возникает вопрос, какой комбинации указанных усилий (напряжений) соответствует возможность потери устойчивости пластины. Прямые исследования этого вопроса для пластин с вырезами в условиях одновременного действия нескольких простых видов нагружения к настоящему времени изучено очень мало [1, 2, 3].

Для решения этой задачи авторы статьи использовали метод конечных элементов (МКЭ) в программном комплексе ANSYS. Объект исследования представляет собой прямоугольные пластины (рис. 1) с большими вырезами при действии равномерно-распределенной нагрузки в обоих направлениях (σ_x и σ_y) и сдвиге (τ). Будем считать, что на внешних кромках имеет место шарнирное опирание на жестко не смещаемый контур. Такое условие чаще всего реализуется для пластинчатых элементов корпусных конструкций судов. Рассматриваемые параметры в статье: $a/b=1; 1,5; 2; 2,5; 3$ – отношение сторон пластины, $\lambda=d/b=0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6$ – относительный диаметр выреза, $\lambda=h/b=0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6$ – относительный размер квадратного выреза, $K_{\sigma x}$, $K_{\sigma y}$, K_{τ} – коэффициенты устойчивости при сжатии вдоль оси x , вдоль оси y и при сдвиге, соответственно.

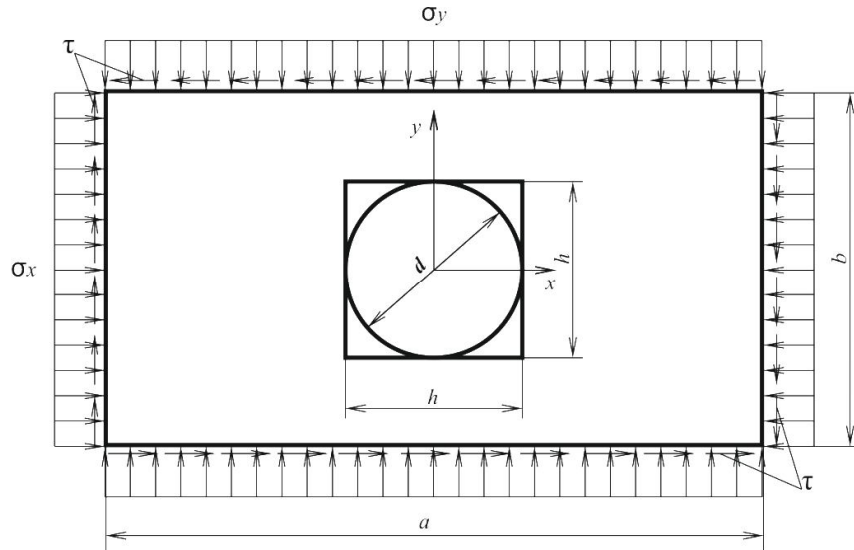


Рис. 1 Расчетная схема исследуемой пластины

Устойчивость упругой системы удобно выражать через коэффициенты устойчивости K_{σ_x} , K_{σ_y} , K_{τ} , так как критическое напряжение пластины при сжатии вдоль осей x , y и при сдвиге, соответственно. Определяются по формулам:

$$\sigma_{x,кр} = K_{\sigma_x} \cdot \frac{\pi^2 \cdot D}{b^2 \cdot t} \quad \sigma_{y,кр} = K_{\sigma_y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot D}{b^2 \cdot t} \quad \sigma_{\tau,кр} = K_{\tau} \cdot \frac{\pi^2 \cdot D}{b^2 \cdot t},$$

где t – толщина пластины, м; $D = \frac{E \cdot t^3}{12(1-\mu^2)}$ – цилиндрическая жесткость пластины. В работе принимались $E=2 \cdot 10^5$ МПа – модуль продольной упругости, $\mu=0,3$ – коэффициент Пуассона, соотношение $b/t=60$.

Выполненный анализ показывает о существенном влиянии второго вида нагружения на устойчивость, что необходимо учитывать при оценках устойчивости пластинчатых элементов судовых конструкций.

Литература: 1. Короткин, Я.И. Изгиб и устойчивость пластин и круговыхцилиндрических оболочек [Текст] / Я.И. Короткин, А.З. Локшин, Н. Л. Сиверс . – Л. Судпромгиз, 1955. – 307с. 2. Paik, J.K. Ultimate strength of perforated steel plates under combined biaxial compression and edge shear loads [Text]/ J.K. Paik//Thin-Walled Structures 46 (2008) – p.207-213. 3. El-Sawy, K.M. Elastic stability of bi-axially loaded rectangular plates with a single circular hole [Text]/ K. M. El-Sawy, M.I. Martini//Thin-Walled Structures 45 (2007) p.122-133.