УДК 539.3

РАСЧЁТ ПЛИТЫ С ЦЕНТРАЛЬНОЙ ТРЕЩИНОЙ

А.Н. Бородой, И.А. Волков, Ю.Г. Коротких

Для расчёта оценки ресурса элементов конструкции с имеющимися дефектами типа трещин необходимо иметь:

1. Соответствующий теоретический аппарат, позволяющий оценить критическое состояние НДС вокруг дефекта в момент страгивания трещины;

2. Соответствующий численный метод, позволяющий с достаточной степенью точности определить НДС и параметры линейной механики разрушения (ЛМР);

3. Эффективный комплекс программного обеспечения, реализующий поставленную задачу.

Ниже рассматривается состояние вопроса вычислительной механики разрушения с определением параметров линейной механики разрушения и сравнение результатов с известными решениями [1,2] производились на примере расчёта плиты с центральной трещиной.

На рис. 1 показана пластина шириной $B = 2b$, общей высотой $H = 2h$, длиной $L = 2l$, со сквозной трещиной длиной $2a$; нагруженная растягивающим напряжением σ_0, сетка конечных элементов на 0-уровне для 1/8 части пластины (количество степеней свободы на 0-уровне – 1848, на 1-уровне - 11907).

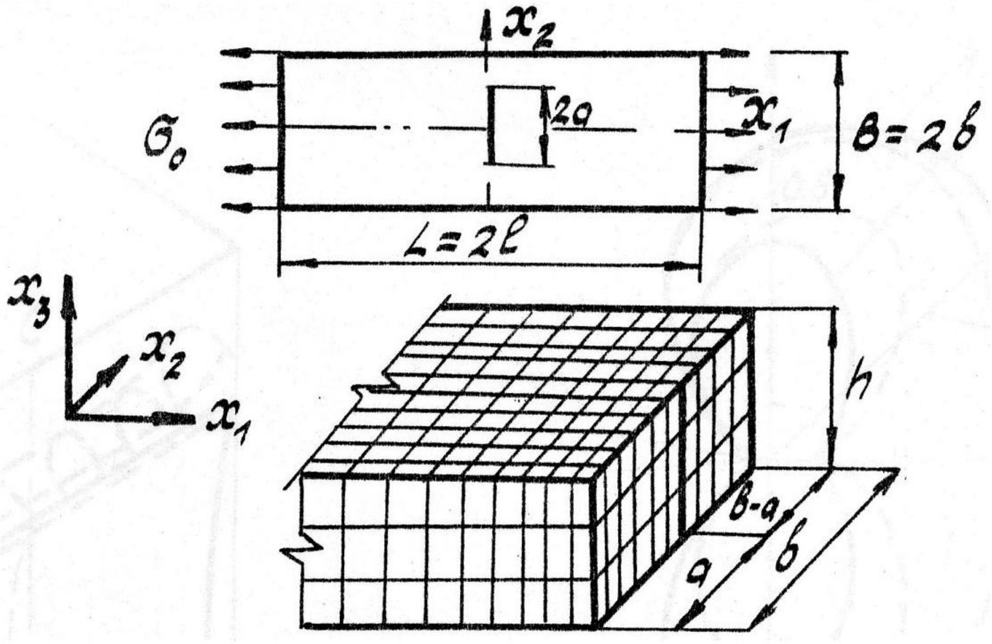

Рис. 1

Трёхмерная задача решалась в упругой постановке ($E = 2{,}1 \times 10^5\ МПа$, $\nu = 0{,}3$) в трёх вариантах в зависимости от отношения a/b (0,25;0,625;0,875).

Феддерсен, Исида, Ирвин и др. [1,2] получили аналитические выражения коэффициента интенсивности напряжений K_I для таких пластин. В [1] рекомендуется следующая формула:

$$K_I = \sigma_0 \sqrt{a\pi \sec \pi \, a/2b} \qquad (1)$$

$$K_I = G\sqrt{\frac{2\pi}{r}} \cdot \frac{U_i}{F_i} \qquad (2)$$

$$J_k = \frac{1}{\Delta L}\left(\sum \int_{S_m} \left(W\left(e_{ij}^{y}\right) n_k - \sigma_{ij} \frac{dU_i}{dx_k} n_j \right) dS_m + \sum \int_{V_m} \sigma_{ij} \frac{de_{ij}^{P}}{dx_k} dV_m \right) \qquad (3)$$

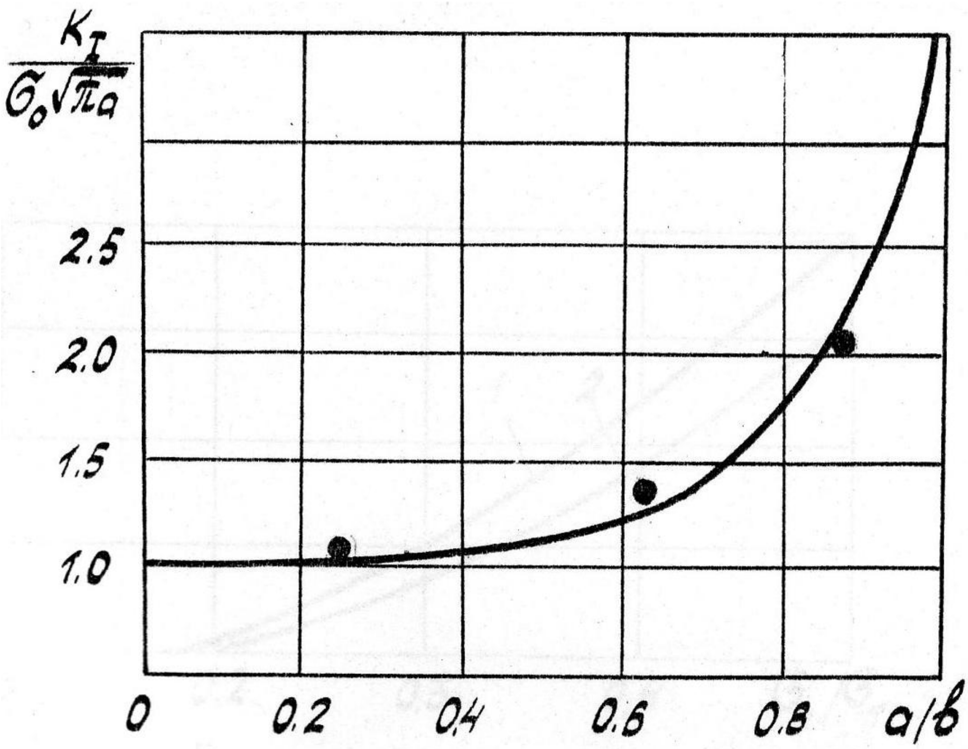

Рис. 2

На рис. 2 и в табл. 1 приведены результаты по (1) в сравнении с результатами, полученными МКЭ при помощи вычисления интеграла Черепанова-Райса, асимптотическая формула (2) не даёт в данном случае удовлетворительного решения. Особенность вычисления J-интеграла заключалась в том, что расчётная область около трещины на поверхности образца и на горизонтальной плоскости симметрии имеет различные НДС. Причём отклонение напряжённого состояния от НДС, соответствующего плоской деформации наблюдается в локальной области в непосредственной близости от свободной поверхности, этот вывод отмечен в [3]. Поэтому J-интеграл вычислялся в двух постановках. Во-первых, для поверхностного слоя толщиной в один элемент на сетке 1-уровня выбиралась область в виде параллелепипеда, интегрирование велось по плоскости по формуле (3). Во-вторых, для внутренних областей, где НДС однородно по толщине и близко к условию плоской деформации, интегрирование велось по контуру по формуле (4). На рис. 2 кружками показаны значения K_I для срединной плоскости.

$$J = \int_{\Gamma} \left(W dx_2 - T_i \frac{dU_i}{dx_1} dS \right) \qquad (4)$$

Таблица 1

Вариант	a/b	Формула (1)	МКЭ			
			Поверхность пластины	%	Срединная плоскость	%
1	0,25	1,041	1,074	3,1	1,068	2,5
2	0,625	1,341	1,390	3,5	1,372	2,3
3	0,875	2,268	2,234	1,5	2,183	3,7

Для оценки точности полученных значений по (2) для сетки 1-уровня определялся коэффициент интенсивности напряжений для варианта $a/b = 0{,}625$. В задаче принималось a=5см, b=8см, $\sigma_0 = 0{,}8\,МПа$. В соответствии с (1) $K_I = 0{,}425\,МПа\sqrt{M}$, по (2) $K_I = 0{,}391\,МПа$, разница составляет 8%, что естественно, т.к. точность прямого метода определения K_I зависит от густоты сетки конечных элементов в районе трещины.

Литература

[1] **Броек, Д.** Основы механики разрушения / Д. Броек. - М.: Высшая школа, 1980. – 368 с.

[2] **Сиратори, М.** Вычислительная механика разрушения / М. Сиратори, Т. Миёси, Х. Мацусита. - М.: Мир, 1986. – 336 с.

[3] **Петушков, В.А.** Об исследовании разрушения пространственных упругих тел / В.А. Петушков, А.Ф. Аникин // Прикл. мех. – Киев: 1986. – Вып. 22. - №9. С. 15-23.

Волжская Государственная Академия Водного Транспорта, Нижний Новгород, Россия.

Поступила: 12.11.08.