

УДК 539.3

Д.Б.Шерцис (5 курс, каф. МиПУ), Д.В.Шевченко, асс., А.И.Боровков, к.т.н., проф.

## КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ИНТЕНСИВНОСТИ НАПРЯЖЕНИЙ ДЛЯ МАТЕРИАЛОВ СО СЛУЧАЙНО РАСПОЛОЖЕННЫМИ ДЕФЕКТАМИ. ДВУМЕРНЫЕ ЗАДАЧИ ЛИНЕЙНОЙ МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ

Как правило, в материале конструкции содержатся микродефекты (микротрещины, микронеоднородности, микрополости и т.д.), распределение и размеры которых носят случайный характер, и судить можно лишь об их примерной концентрации в материале. В связи с этим проблема оценки прочности конструкции, содержащей подобные микродефекты, является актуальной.

Предполагая, что условие разрушения содержит всего один параметр – коэффициент интенсивности напряжений (КИН) – сформулируем однопараметрический критерий разрушения, который позволяет оценить прочность образца материала, детали или конструкции, содержащей трещину.

Цель работы – конечно-элементное (КЭ) исследование двумерного напряженного состояния в пластине, содержащей трещину и случайно распределенные в пластине отверстия, имеющие случайные радиусы (рис.1). Определим эффективные значения КИН  $K_I$  и  $K_{II}$  для различных объемных концентраций отверстий в пластине: 10%, 15% и 25% от общей площади пластины.

Все задачи решены в рамках плосконапряженного состояния с использованием линейно-упругой изотропной модели материала.

Материал пластины – сталь: модуль Юнга  $E = 210 \text{ ГПа}$  и коэффициент Пуассона  $\nu = 0,28$ . Высота и ширина пластины –  $h = 0,1 \text{ м}$ , длина трещины –  $l = 0,01 \text{ м}$ . Радиусы отверстий  $R_k$  и координаты их центров задаются генератором случайных чисел с помощью равномерного распределения, при этом  $R_k$  может меняться в интервале  $0,0025 \text{ м} \dots 0,0075 \text{ м}$ . Нагрузка – равномерно распределенные на противоположных сторонах пластины растягивающие напряжения  $\sigma = 10 \text{ МПа}$ , нормальные к берегам трещины.

Для каждого значения объемной концентрации отверстий в пластине было решено 100 задач, естественно, каждая реализация содержала случайно распределенные отверстия со случайными значениями их радиусов. На основе КЭ решения задач определены эффективные значения КИН  $K_I$  и  $K_{II}$  для каждой из вершин трещины.

На рис. 2 приведены гистограммы распределения значений  $K_I$  для вершин А и В при 25% концентрации отверстий в пластине, а также графики плотностей нормальных распределений, аппроксимирующие гистограммы.

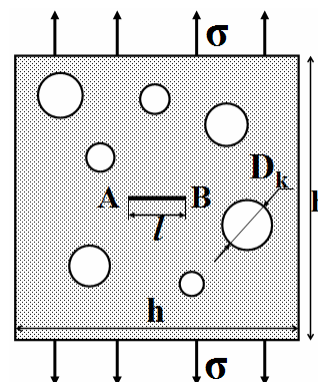


Рис. 1. Геометрическая модель пластины

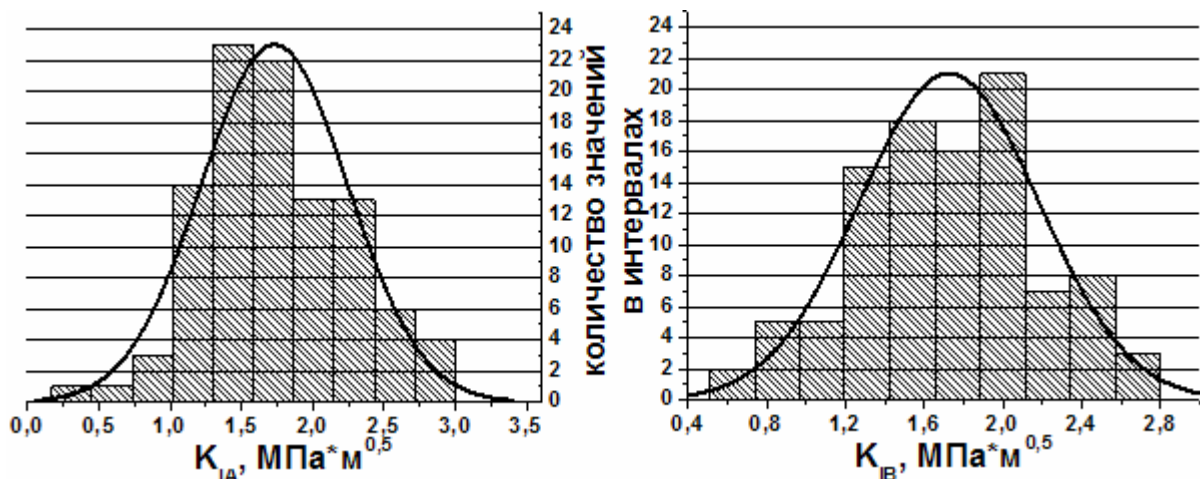


Рис. 2. Гистограммы распределения  $K_I^*$  при 25% концентрации отверстий в пластине

Параметры плотностей нормальных распределений:

- для величины  $K_{IA}$ :  $MO = 1,73 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{0,5}$ ;  $CKO = 0,51 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{0,5}$ ;
- для величины  $K_{IB}$ :  $MO = 1,73 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{0,5}$ ;  $CKO = 0,51 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{0,5}$ .

На рис. 3 приведены гистограммы распределения значений  $K_{II}$  для вершин А и В при 25% концентрации отверстий в пластине.

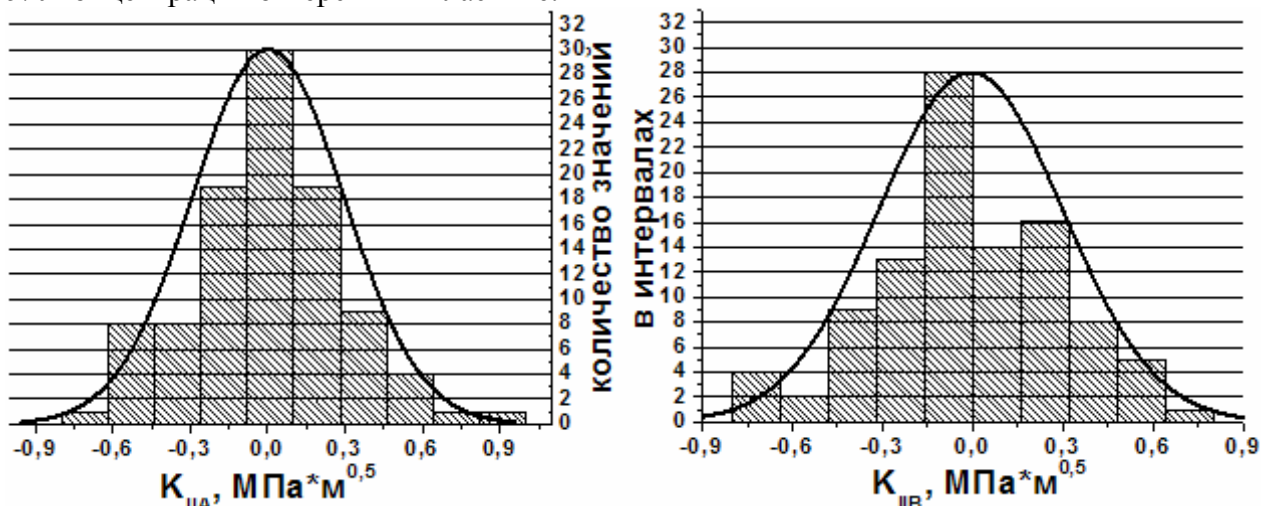


Рис. 3. Гистограммы распределения  $K_{II}^*$  при 25% концентрации отверстий в пластине

Параметры плотностей нормальных распределений:

- для величины  $K_{IIA}$ :  $MO = 0 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{0,5}$ ;  $CKO = 0,29 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{0,5}$ ;
- для величины  $K_{IIB}$ :  $MO = -0,01 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{0,5}$ ;  $CKO = 0,30 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{0,5}$ .

В табл. 1 представлены эффективные значения КИН для обеих вершин трещины в зависимости от концентрации отверстий в пластине.

Таблица 1.

Концентрация, %	$K_{IA}^*$ , МПа·м <sup>0,5</sup>	$K_{IB}^*$ , МПа·м <sup>0,5</sup>	$K_{IIA}^*$ , МПа·м <sup>0,5</sup>	$K_{IIB}^*$ , МПа·м <sup>0,5</sup>
10	1,42	1,40	-0,01	-0,02
15	1,52	1,53	0,02	-0,01
25	1,73	1,73	0	-0,01

Понятно, что для каждой отдельной реализации соответствующие КИН для вершин А и В могут значительно отличаться друг от друга. Однако, из табл.1 следует, что эффективные значения КИН для обеих вершин трещины, как и следовало ожидать, отличаются друг от друга незначительно.