

УДК 539.3

**ВПЛИВ ФОРМИ ОТВОРІВ У ПЛАСТИНКАХ НА НАПРУЖЕННЯ БІЛЯ ТРІЩИН**

**ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ ОТВЕРСТИЙ В ПЛАСТИНКАХ НА НАПРЯЖЕНИЯ ВОЗЛЕ ТРЕЩИН**

**RESEARCH OF INFLUENCE OF FORM OF OPENINGS AT PLATES ON TENSIONS NEAR CRACKS**

**Максимович Я.В., к.т.н.** ( Луцький інститут розвитку людини)

**Максимович Я.В., к.т.н.** ( Луцкий институт развития человека)

**Maksymovych J.W., Ph.D.in Engineering** (Lutsk institute of human development)

**Встановлено характерні особливості в розподілі напружень біля отворів і тріщин залежно від форми отворів та розміщення тріщин. Алгоритм дослідження побудований на основі модифікованих інтегральних рівнянь, за яких умови на межі отворів складної форми задовольняються тотожно.**

**Установлены характерные особенности в распределении напряжений возле отверстий и трещин в зависимости от их формы и расположения трещин. Для решения задачи использованы модифицированные интегральные уравнения, при которых условия на границе отверстий удовлетворяются тождественно.**

**Characteristic features are set in distributing of tensions near openings and cracks depending on their form and location of cracks. For the decision of task the modified integral equalizations at which terms on the border of openings are satisfied identically are used.**

**Ключові слова**

Пластинки, отвори, тріщини, напруження

Пластинки, отверстия, трещины, напряжения

Plates, openings, cracks, tensions

**Стан питання та задачі дослідження.** Елементи будівельних конструкцій, часто послаблені отворами та порожнинами, біля яких внаслідок концентрації напружень виникають та розвиваються тріщини. Методи досліджень напружень біля отворів і тріщин достатньо повно вивчені в роботах [2-4]. При розгляді отворів складної форми, зокрема, прямокутної, алгоритм дослідження напружень біля тріщин значно ускладнюється. Детально спосіб побудови інтегральних рівнянь з використанням методів Мухелішвілі і конформного відображення викладено в [1].

**Результати розрахунків та їх аналіз.** Розглянуто пластинку з прямокутним отвором, сторони якого рівні  $a, b$  при  $b = \lambda a, \lambda = 0.1, \dots, 1$ . Біля отвору на вісі  $Ox$  розміщена прямолінійна тріщина півдовжиною  $L = 0.25a$  з центром в точці  $(0.5a, 0)$ . Пластинка розтягується в напрямку осі  $Oy$  зусиллями  $p$ . Розподіл розрахованих відносних коефіцієнтів інтенсивності напружень (КІН)  $F_I = K_I / (\sqrt{\pi L p})$  в ближній до отвору та у віддалених вершинах наведено на рис.1,а. Для порівняння на рис. 1,б наведено результати аналогічних розрахунків для еліптичного отвору.

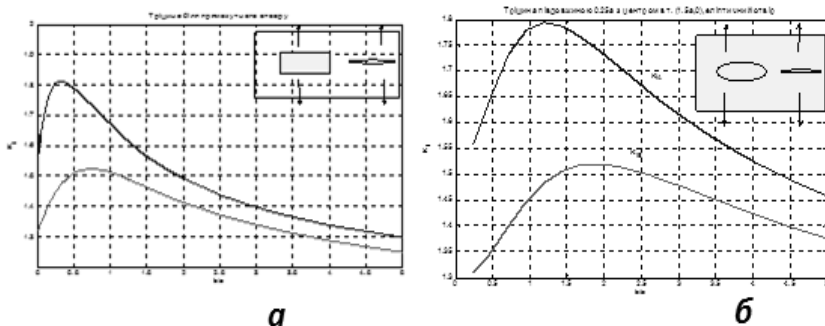


Рис. 1. Розподіл відносних КІН для тріщини в пластинці з прямокутним та еліптичним отворами залежно від відношення сторін

На основі наведених графіків видно, що КІН істотно залежать від форми отвору. Максимальні КІН у ближній вершині досягаються при відношенні сторін прямокутника  $b/a=0.3$  ( $F_I \approx 1.81$ ). У віддаленій вершині максимальний КІН при  $b/a=0.7$ , причому  $F_I \approx 1.52$ .

Приблизно таких же максимальних значень досягають КІН для тріщини в пластинці з еліптичним отвором при відношенні півосей  $b/a=1.2$  та  $b/a=1.7$ . З рисунків видно істотний вплив форми границі. КІН максимальні для витягнутого в напрямку тріщини прямокутного отвору та для сплюсненого в цьому ж напрямку – для еліптичного отвору.

Виконано розрахунки КІН для пластинки з прямокутним отвором з відношенням сторін 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 для розглянутої вище тріщини залежно від розміщення її центру. Результати розрахунків наведено на рис. 2, на якому біля кривих вказано відношення сторін прямокутника.

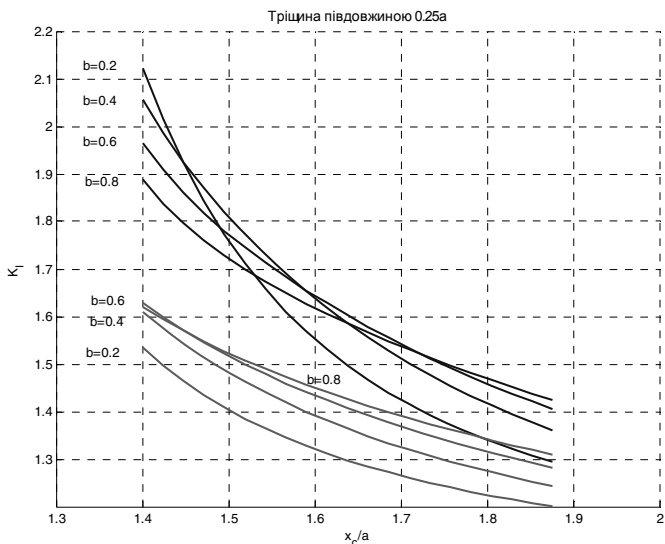


Рис. 2. Залежність КІН від розміщення центру тріщини. Півдовжина тріщини  $0.25a$

Із рис.2 видно, що при малих відстанях тріщини від отвору в ближній вершині КІН збільшуються при зменшенні відношення сторін. При достатньо великих відстанях тріщини від отвору ( $x_c/a \approx 1.9$ ) в цій же вершині при зменшенні відношення сторін КІН вже зменшуються. В середньому діапазоні відстаней залежність КІН має більш складний характер. Дослідимо розподіл напружень на границі отвору залежно від розміщення тріщини. Прийемо, що отвір квадратний з півстороною  $a$ , центр прямолінійної тріщини півдовжиною  $0.25a$  розміщено при  $x_c = -1.4a$ ,  $y_c = 0, 0.1a, \dots, a$ , пластинка перебуває в умовах двостороннього розтягу зусиллями  $p$ .

Значення розрахованих відносних КІН в ближчій до отвору вершині (А) та у віддаленій (В) наведено в таблиці 1.

Таблиця 1.

Залежність КІН від розміщення тріщини при  $x_c = -1.4a$

$y_c/a$	$F_I(A)$	$F_{II}(A)$	$F_I(B)$	$F_{II}(B)$
0.0	1.375	-0.001	1.307	0.00
0.1	1.377	-0.038	1.311	-0.055
0.2	1.384	-0.077	1.326	-0.112
0.3	1.394	-0.123	1.352	-0.173
0.4	1.406	-0.178	1.392	-0.240
0.5	1.416	-0.249	1.451	-0.313
0.6	1.418	-0.346	1.529	-0.390
0.7	1.405	-0.480	1.618	-0.462
0.8	1.366	-0.656	1.680	-0.515
0.9	1.298	-0.785	1.614	-0.517
1.0	1.228	-0.629	1.452	-0.447

Розподіл віднесених до  $p$  кільцевих напружень вздовж сторони  $x = a$  зображено на рис.3. Кривим 0, 1,..., 10 на цьому рисунку відповідають ординати центру 0,  $0.1a, \dots, a$ .

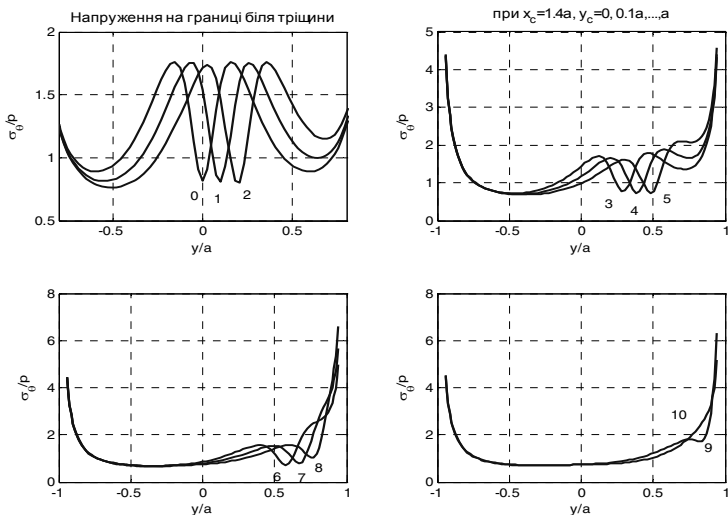


Рис. 3. Розподіл кільцевих напружень на ближчій до тріщини стороні отвору

На рис. 4 зображено схематично форма отвору та для порівняння наведено розподіл напружень на стороні  $x=-a$  за відсутності тріщин.

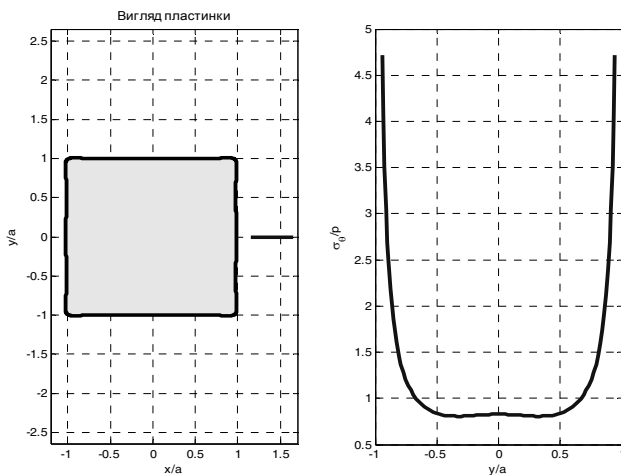


Рис.4. Вигляд пластинки та розподіл кільцевих напружень на стороні отвору за відсутності тріщини

Аналогічні результати розрахунків для тріщини при  $x_c = -1.5a$  зображено в таблиці 2 та на рис.5.

Таблиця 2

Залежність КІН від розміщення тріщини

$y_c / a$	$F_I (A)$	$F_{II} (A)$	$F_I (B)$	$F_{II} (B)$
0.0	1.373	-0.001	1.308	-0.001
0.1	1.374	-0.059	1.312	-0.046
0.2	1.377	-0.118	1.326	-0.094
0.3	1.380	-0.180	1.350	-0.148
0.4	1.382	-0.245	1.382	-0.214
0.5	1.378	-0.311	1.422	-0.293
0.6	1.364	-0.375	1.462	-0.391
0.7	1.336	-0.429	1.487	-0.505
0.8	1.291	-0.460	1.467	-0.611
0.9	1.234	-0.454	1.383	-0.641
1.0	1.182	-0.408	1.289	-0.541

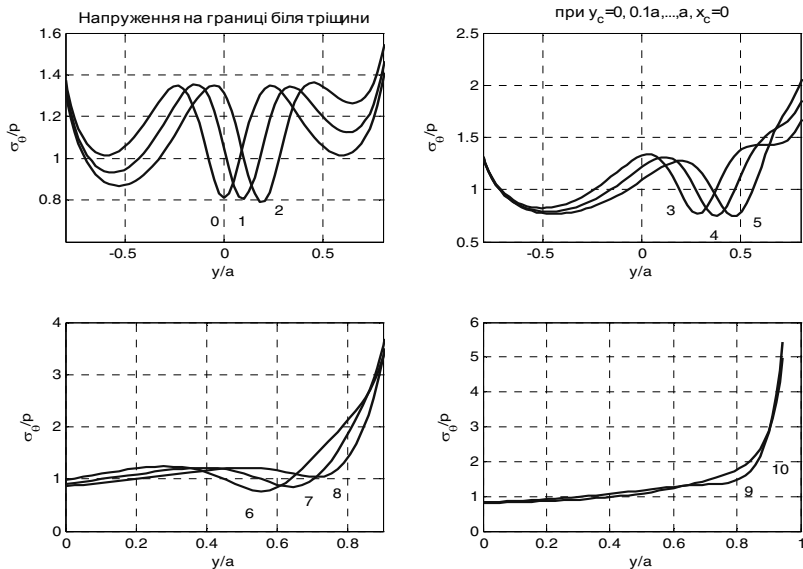


Рис.5. Розподіл кільцевих напружень на ближчій до тріщини стороні отвору при  $x_c = 1.5a$

Із рисунків 3 – 5 видно, що кільцеві напруження в точках, які лежать на отворі на продовженні тріщини є приблизно такими ж, як і в пластинці без тріщини. Кільцеві напруження є максимальними на деякій відстані від цієї точки, причому ці напруженні збільшують при наближенні тріщини до отвору. Тріщини, які розміщені біля вершин квадрата впливають менш істотно на напруження на отворі.

**Висновок.** Досліджено напруження біля тріщини залежно від форми отворів прямокутної та еліптичної форм. Встановлено характерні особливості в розподілі напружень біля тріщини та на межі отвору залежно від відношення сторін прямокутного отвору та відстані тріщини.

1. Божидарнік В.В. Розрахунок напружень біля тріщин в обмежених пластинках на основі розв'язків типу Гріна / Божидарнік В.В., Максимович О.В., Максимович Я.В. // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник за напрямом "Інженерна механіка". - Луцьк, 2005. Випуск 17, –С. 21–29. 2. Саврук М.П. Двумерные задачи упругости для тел с трещинами / М.П. Саврук // К.: Наук. думка, 1981. – С. 324. 3. Саврук М.П. Численный анализ в плоских задачах теории трещин / М.П. Саврук, П.Н. Осив, И.В. Прокопчук // К.: Наук. думка, 1989. – С. 248.