

ВИЗНАЧЕННЯ КІН ДЛЯ КУТОВОЇ НАСКРІЗНОЇ ТРІЩИНИ У ТОНКОСТІННОМУ СТЕРЖНІ ПРЯМОКУТНОГО ПРОФІЛЮ ПРИ ДІЇ ЗГІНАЛЬНОГО МОМЕНТУ

У статті розглянуто напружений стан тонкостінного стержня замкнутого прямокутного профілю, послабленого наскрізною кутовою тріщиною. Визначено перерозподіл номінальних напружень у нетто – перетині стержня при дії згинального моменту. На основі існуючих залежностей КІН для тріщини у нескінченній смугі виведено залежність для визначення КІН у вістрі кутової наскрізної тріщини у тонкостінному замкнутому профілі. Записано поправну функцію, яка враховує зміну геометрії нетто – перетину тонкостінного профілю при поширенні у ньому тріщини.

Умовні позначення

$K_I^{(p)}$, $K_I^{(zg)}$ - коефіцієнт інтенсивності напружень при розтягу та згині, МПа $\sqrt{м}$;

\mathcal{E} - відношення довжини тріщини до ширини стінки прямокутного профілю;

$\sigma_{ном}^{(p)}$ і $\sigma_{ном}^{(zg)}$ - номінальні напруження, відповідно від розтягу та згину, МПа;

I_{y0} - момент інерції нетто – перетину тонкостінного профілю, $м^4$;

S_y , S_z - статичний момент нетто – перетину, $м^3$;

L_0 , L_k - початкова та кінцева довжини тріщин, $м$;

У загальному машинобудуванні для виготовлення рамних конструкцій широко використовується стандартний металопрокат відкритого (швелери, кутники, таврові та двотаврові поперечні перетини) та замкнутого (зварні труби круглого та коробчатого перетинів) профілю.

Як свідчать статистичні дані про відмову тримких елементів машин, найчастіше вони викликані зародженням та ростом втомних тріщин. Тому при проектуванні та розрахунку цих конструкцій доцільно проводити оцінку їх тріщиноотривкості, використовуючи підходи механіки руйнування. Такі дослідження не є заміною традиційних методів розрахунку, вони служать важливим додатковим заходом, що дозволяє коректніше оцінити очікуваний запас міцності та ресурсні можливості конструкції, вибрати матеріал і оптимальні конструктивні рішення окремих елементів і вузлів з точки зору їх тріщиноотривкості, розробити практичні рекомендації для попередження втомних руйнувань і збільшення терміну експлуатації машин [1].

При дії згинальних моментів для тонкостінних стержневих конструкцій домінуючим буде руйнування від дії розтягуючих напружень. Основним розрахунковим параметром при цьому є коефіцієнт інтенсивності напружень (КІН) нормального відриву K_I

У сучасній технічній літературі наведено багато залежностей для визначення K_I у тонких пластинах та стрічках з тріщинами, але практично відсутні залежності для визначення коефіцієнтів інтенсивності напружень для профілів стандартного металопрокату. Так, наприклад, у роботі [2] вперше зроблена спроба встановити розрахункові залежності для визначення КІН при чистому згині швелерної балки з крайовою тріщиною. У роботі [3] записано залежність для такої ж тріщини у тонкостінному гнотому стержні коритного профілю при дії згинально - крутних бімоментів. В [1] записана залежність для визначення КІН для центральної тріщини у тонкостінному профілі коробчатого перетину при дії згинального моменту. У [4] виведено залежності КІН для наскрізної кутової тріщини у тонкостінному прямокутному перетині при депланації його поперечних перетинів.

Руйнування елементів рамних конструкцій починається, як правило, біля різних концентраторів напружень та дефектів, які виникають при виготовленні машини чи її експлуатації. При цьому тріщини спочатку зароджуються як поверхневі, потім перехо-

дять в наскрізні і розвиваються далі до досягнення критичних розмірів.

В якості розрахункової моделі для визначення КІН вибрано кутову наскрізну втомну тріщину, яка проростає із поверхневої і розвивається у тонкостінному коробчатому перерізі балки.

Залежності КІН для плоскої кутової тріщини у формі чверті еліпса, яка поширюється у напівнескінченному шарі, наведено у [5].

Для опису росту наскрізної кутової тріщини розглянемо тонкостінний замкнутий прямокутний профіль (рис. 1), навантажений згинальним моментом M відносно осі Y .

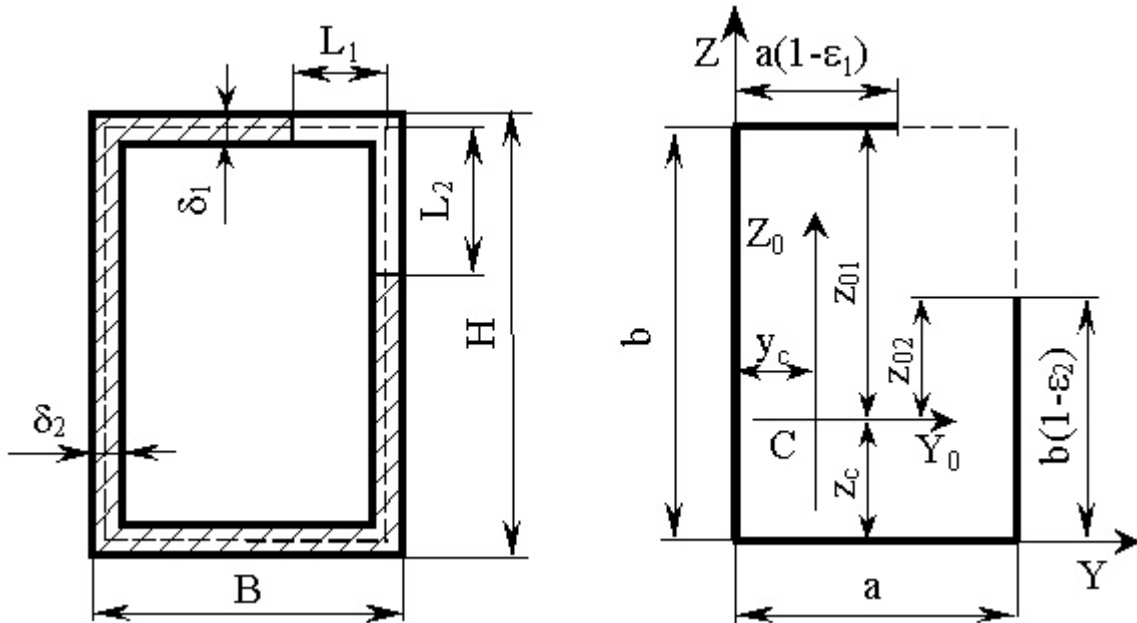


Рис. 1. Розрахункова схема до визначення геометричних характеристик тонкостінного профілю з кутовою наскрізною тріщиною

При дії згинального моменту на тонкостінний профіль його горизонтальні стінки будуть працювати на розтяг-стиск, а вертикальні – на згин. Напружений стан, що виникає в стінках прямокутного профілю з тріщиною, з певним наближенням можна моделювати, якщо розглядати кожен стінку як окрему пластину тієї ж товщини і ширини з боковою тріщиною при аналогічному силовому навантаженні.

Відповідні розв’язки задач для визначення КІН у вершині втомної тріщини нормального відриву можна отримати за аналогією із залежностями, поданими у [5]:

$$\begin{aligned} \text{– при розтягу:} \quad K_I^{(p)} &= \sigma_{\text{ном}}^{(p)} \cdot (1 - \varepsilon) \sqrt{L \cdot \pi} \cdot \\ & [1.12 - 0.23\varepsilon + 10.55\varepsilon^2 - 21.72\varepsilon^3 + 30.39\varepsilon^4]^{1/2} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{– при згині:} \quad K_I^{(32)} &= \sigma_{\text{ном}}^{(32)} \cdot (1 - \varepsilon)^2 \sqrt{L \cdot \pi} \cdot \\ & [1.122 - 1.4\varepsilon + 7.33\varepsilon^2 - 13.08\varepsilon^3 + 14\varepsilon^4]^{1/2} \end{aligned} \quad (2)$$

Напруження $\sigma_{\text{ном}}^{(p)}$ та $\sigma_{\text{ном}}^{(32)}$ визначаються таким чином, щоб вони повністю відповідали реальній картині розподілу напружень у перерізі полицки з тріщиною. Ця задача зводиться до розрахунку напружено – деформованого стану в нетто-перетині стержня (заштрихована область на рис. 1).

Визначимо НДС перетину за умови, що тонкостінний стержень працює на чистий згин. Номінальні напруження у стінках профілю визначатимуться рівняннями [6]:

$$\sigma_{ном}^{(p)} = \frac{M \cdot z_{01}}{I_{y0}}; \quad \sigma_{ном}^{(3z)} = \frac{M \cdot z_{02}}{I_{y0}}, \quad (3)$$

де

$$z_{01} = b - z_C, \quad z_{02} = b(1 - \varepsilon_2) - z_C, \quad (4)$$

$$I_{y0} = \int_F z^2 dF = \sum_{i=1}^n (I_{yi} + z_i^2 \cdot F_i). \quad (5)$$

Координати центру мас профілю визначаються за рівняннями [6]:

$$z_C = \frac{S_y}{F} = \frac{\sum_{i=1}^n F_i \cdot z_i}{\sum_{i=1}^n F_i}, \quad (6)$$

$$y_C = \frac{S_z}{F} = \frac{\sum_{i=1}^n F_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n F_i}.$$

$$S_y = a \cdot (1 - \varepsilon_1) \cdot \delta_1 \cdot b + b \cdot \delta_2 \cdot \frac{b}{2} + a \cdot \delta_1 \cdot \frac{\delta_1}{2} + b \cdot (1 - \varepsilon_2) \cdot \delta_2 \cdot \frac{b \cdot (1 - \varepsilon_2)}{2},$$

$$S_z = a \cdot (1 - \varepsilon_1) \cdot \delta_1 \cdot \frac{a \cdot (1 - \varepsilon_1)}{2} + b \cdot \delta_2 \cdot \frac{\delta_2}{2} + a \cdot \delta_1 \cdot \frac{a}{2} + b \cdot (1 - \varepsilon_2) \cdot \delta_2 \cdot a,$$

$$F = a \cdot (1 - \varepsilon_1) \cdot \delta_1 + b \cdot \delta_2 + a \cdot \delta_1 + b \cdot (1 - \varepsilon_2) \cdot \delta_2,$$

$$I_{y0} = \left[\left(\frac{a \cdot (1 - \varepsilon_1) \cdot \delta_1^3}{12} + (b - z_C)^2 \cdot a \cdot (1 - \varepsilon_1) \cdot \delta_1 \right) + \left(\frac{b^3 \cdot \delta_2}{12} + \left(\frac{b}{2} - z_C \right)^2 \cdot b \cdot \delta_2 \right) + \right. \\ \left. + \left(\frac{a \cdot \delta_1^3}{12} + z_C^2 \cdot a \cdot \delta_1 \right) + \left(\frac{(b \cdot (1 - \varepsilon_2))^3 \cdot \delta_2}{12} + \left(\frac{b \cdot (1 - \varepsilon_2)}{2} - z_C \right)^2 \cdot b \cdot (1 - \varepsilon_2) \cdot \delta_2 \right) \right].$$

Підставляючи значення S_y , S_z та F у рівняння (6), отримуємо залежності, які описують узагальнений закон зміни координат центра мас тонкостінного прямокутного профілю при поширенні у ньому наскрізної кутової тріщини:

$$z_C = \frac{a \cdot \delta_1^2 + 2 \cdot a \cdot b \cdot \delta_1 \cdot (1 - \varepsilon_1) + b^2 \cdot \delta_2 \cdot (2 - 2 \cdot \varepsilon_2 + \varepsilon_2^2)}{2 \cdot (a \cdot \delta_1 \cdot (2 - \varepsilon_1) + b \cdot \delta_2 \cdot (2 - \varepsilon_2))}, \quad (7)$$

$$y_C = \frac{a^2 \cdot \delta_1 \cdot (2 - 2 \cdot \varepsilon_1 + \varepsilon_1^2) + 2 \cdot a \cdot b \cdot \delta_2 \cdot (1 - \varepsilon_2) + b \cdot \delta_2^2}{2 \cdot (a \cdot \delta_1 \cdot (2 - \varepsilon_1) + b \cdot \delta_2 \cdot (2 - \varepsilon_2))}.$$

Підставляючи рівняння (7), (6), (5), (4) у (3) і спрощуючи вираз, отримуємо залежності для визначення номінальних напружень у нетто – перетині тонкостінного

прямокутного профілю:

$$\sigma_{\text{ном}}^{(p)} = \frac{6M(2ab\delta_1 - a\delta_1^2 + b^2\delta_2(2 - \varepsilon_2^2))}{\left[12a^2b^2\delta_1^2(1 - \varepsilon_1) + a^2\delta_1^4(7 - 4\varepsilon_1 + \varepsilon_1^2) + ab\delta_1^3\delta_2(2 - \varepsilon_1)(2 - \varepsilon_2) + b^4\delta_2^2(4 - 8\varepsilon_2 + 12\varepsilon_2^2 - 8\varepsilon_2^3 + \varepsilon_2^4) + 4ab^3\delta_1\delta_2(4 - 3\varepsilon_2 + 3\varepsilon_2^2 - 2\varepsilon_2^3 - \varepsilon_1(2 - \varepsilon_2^3)) \right]}, \quad (8)$$

$$\sigma_{\text{ном}}^{(3z)} = \frac{6M(2ab\delta_1(1 - \varepsilon_2(2 - \varepsilon_1)) - a\delta_1^2 + b^2\delta_2(2 - 4\varepsilon_2 + \varepsilon_2^2))}{\left[12a^2b^2\delta_1^2(1 - \varepsilon_1) + a^2\delta_1^4(7 - 4\varepsilon_1 + \varepsilon_1^2) + ab\delta_1^3\delta_2(2 - \varepsilon_1)(2 - \varepsilon_2) + b^4\delta_2^2(4 - 8\varepsilon_2 + 12\varepsilon_2^2 - 8\varepsilon_2^3 + \varepsilon_2^4) + 4ab^3\delta_1\delta_2(4 - 3\varepsilon_2 + 3\varepsilon_2^2 - 2\varepsilon_2^3 - \varepsilon_1(2 - \varepsilon_2^3)) \right]}.$$

Момент опору бездефектного тонкостінного прямокутного профілю відносно осі Y визначається рівнянням [6]:

$$W_y = \frac{BH^3 - (B - 2\delta_2)(H - 2\delta_1)^3}{6H}, \quad (9)$$

$$W_y = \frac{(a + \delta_2)(b + \delta_1)^3 - (b - \delta_1)^3(a - \delta_2)}{6(b + \delta_1)}.$$

Вводячи момент опору W_y у рівняння (8) і записуючи $M/W_y = \sigma$, отримуємо:

$$\sigma_{\text{ном}}^{(p)} = \frac{\sigma \cdot 6(2ab\delta_1 - a\delta_1^2 + b^2\delta_2(2 - \varepsilon_2^2))}{\left[12a^2b^2\delta_1^2(1 - \varepsilon_1) + a^2\delta_1^4(7 - 4\varepsilon_1 + \varepsilon_1^2) + ab\delta_1^3\delta_2(2 - \varepsilon_1)(2 - \varepsilon_2) + b^4\delta_2^2(4 - 8\varepsilon_2 + 12\varepsilon_2^2 - 8\varepsilon_2^3 + \varepsilon_2^4) + 4ab^3\delta_1\delta_2(4 - 3\varepsilon_2 + 3\varepsilon_2^2 - 2\varepsilon_2^3 - \varepsilon_1(2 - \varepsilon_2^3)) \right]} \times \frac{(a + \delta_2)(b + \delta_1)^3 - (b - \delta_1)^3(a - \delta_2)}{6(b + \delta_1)}, \quad (10)$$

$$\sigma_{\text{ном}}^{(3z)} = \frac{\sigma \cdot 6(2ab\delta_1(1 - \varepsilon_2(2 - \varepsilon_1)) - a\delta_1^2 + b^2\delta_2(2 - 4\varepsilon_2 + \varepsilon_2^2))}{\left[12a^2b^2\delta_1^2(1 - \varepsilon_1) + a^2\delta_1^4(7 - 4\varepsilon_1 + \varepsilon_1^2) + ab\delta_1^3\delta_2(2 - \varepsilon_1)(2 - \varepsilon_2) + b^4\delta_2^2(4 - 8\varepsilon_2 + 12\varepsilon_2^2 - 8\varepsilon_2^3 + \varepsilon_2^4) + 4ab^3\delta_1\delta_2(4 - 3\varepsilon_2 + 3\varepsilon_2^2 - 2\varepsilon_2^3 - \varepsilon_1(2 - \varepsilon_2^3)) \right]} \times \frac{(a + \delta_2)(b + \delta_1)^3 - (b - \delta_1)^3(a - \delta_2)}{6(b + \delta_1)}.$$

Підставляючи рівняння (10) у залежності (1) та (2) відповідно, отримуємо систему рівнянь, яка описує КІН у вершині втомної тріщини у тонкостінному профілі:

$$\begin{cases} K_I^{(p)} = \sigma \cdot \sqrt{L_1} \cdot F_1(\varepsilon_1, \varepsilon_2) \\ K_I^{(3z)} = \sigma \cdot \sqrt{L_2} \cdot F_2(\varepsilon_1, \varepsilon_2) \end{cases}, \quad (11)$$

де $F_1(\varepsilon_1, \varepsilon_2), F_2(\varepsilon_1, \varepsilon_2)$ - безрозмірні поправні функції, які враховують зміну геометрії тонкостінного профілю при поширенні у ньому втомної тріщини:

$$\begin{aligned}
 F_1(\varepsilon_1, \varepsilon_2) = & 107.730(3ab^2\delta_1 + a\delta_1^3 + b^3\delta_2 + 3b\delta_1^2\delta_2)(0.437 - 0.907\varepsilon_1 + \varepsilon_1^2) \\
 & (0.084 + 0.192\varepsilon_1 + \varepsilon_1^2)(2ab\delta_1 - a\delta_1^2 + b^2\delta_2(2 - \varepsilon_2^2))/[(b + \delta_1) \\
 & (12a^2b^2\delta_1^2(1 - \varepsilon_1) + a^2\delta_1^4(7 - 4\varepsilon_1 + \varepsilon_1^2) + ab\delta_1^3\delta_2(2 - \varepsilon_1)(2 - \varepsilon_2) + \\
 & + b^4\delta_2^2(4 - 8\varepsilon_2 + 12\varepsilon_2^2 - 8\varepsilon_2^3 + \varepsilon_2^4) + 4ab^3\delta_1\delta_2(4 - 3\varepsilon_2 + 3\varepsilon_2^2 - 2\varepsilon_2^3 - \varepsilon_1(2 - \varepsilon_2^3)))]
 \end{aligned} \quad , (12)$$

$$\begin{aligned}
 F_2(\varepsilon_1, \varepsilon_2) = & 49.629(3ab^2\delta_1 + a\delta_1^3 + b^3\delta_2 + 3b\delta_1^2\delta_2)(0.777 - 1.225\varepsilon_1 + \varepsilon_1^2) \\
 & (0.103 + 0.291\varepsilon_1 + \varepsilon_1^2)(2ab\delta_1(1 - \varepsilon_2(2 - \varepsilon_1)) - a\delta_1^2 + b^2\delta_2(2 - 4\varepsilon_2 + \varepsilon_2^2))/[(b + \delta_1) \\
 & (12a^2b^2\delta_1^2(1 - \varepsilon_1) + a^2\delta_1^4(7 - 4\varepsilon_1 + \varepsilon_1^2) + ab\delta_1^3\delta_2(2 - \varepsilon_1)(2 - \varepsilon_2) + \\
 & + b^4\delta_2^2(4 - 8\varepsilon_2 + 12\varepsilon_2^2 - 8\varepsilon_2^3 + \varepsilon_2^4) + 4ab^3\delta_1\delta_2(4 - 3\varepsilon_2 + 3\varepsilon_2^2 - 2\varepsilon_2^3 - \varepsilon_1(2 - \varepsilon_2^3)))]
 \end{aligned} \quad . (13)$$

Для приведення функцій двох змінних $F_1(\varepsilon_1, \varepsilon_2)$ та $F_2(\varepsilon_1, \varepsilon_2)$ до функцій однієї змінної розглянемо рівняння Вільсона [7] в детерміністичній постановці, яке визначає кількість циклів до досягнення тріщиною критичної величини:

$$N = \frac{2}{(n-2) \cdot C \cdot (\sigma \cdot F)^n} \cdot \left[\frac{1}{L_0^{\frac{n-2}{2}}} - \frac{1}{L_k^{\frac{n-2}{2}}} \right], \quad (14)$$

де C та n – константи матеріалу, які визначаються експериментально.

Записавши рівняння (14) для обох залежностей системи (11), прирівнюємо їх і, після спрощення, вважаючи, що $L_{0(1)} \rightarrow 0$ та $L_{0(2)} \rightarrow 0$, отримаємо:

$$L_1 / L_2 = (F_2 / F_1)^{\frac{2 \cdot n}{n-2}} \quad . (15)$$

Беручи до уваги, що $L_1 = a\varepsilon_1$ та $L_2 = b\varepsilon_2$, розв'язуємо рівняння (15) відносно ε_1 та ε_2 (при $n = 3$) і підставляємо їх значення у $F_2(\varepsilon_1, \varepsilon_2)$ та $F_1(\varepsilon_1, \varepsilon_2)$ відповідно. Після спрощень отримаємо:

$$\begin{cases} K_I^{(p)} = \sigma \cdot \sqrt{L_1} \cdot F_1(\varepsilon_1) \\ K_I^{(3\sigma)} = \sigma \cdot \sqrt{L_2} \cdot F_2(\varepsilon_2) \end{cases}, \quad (16)$$

де

$$\begin{aligned}
 F_1(\varepsilon_1) = & (53.865b(0.147ab\delta_1\delta_2 + 0.037b^2\delta_2^2 + \delta_1^2(0.110a^2 - 0.018a\delta_2 + 0.110\delta_2^2)) + \\
 & + \varepsilon_1(0.030ab\delta_1\delta_2 + 0.008b^2\delta_2^2 + \delta_1^2(0.022a^2 - 0.003a\delta_2 + 0.022\delta_2^2)) + \\
 & + \varepsilon_1^2(1.389ab\delta_1\delta_2 + 0.347b^2\delta_2^2 + \delta_1^2(1.041a^2 - 0.174a\delta_2 + 1.041\delta_2^2)) - \\
 & - \varepsilon_1^3(2.859ab\delta_1\delta_2 + 0.715b^2\delta_2^2 + \delta_1^2(2.144a^2 - 0.357a\delta_2 + 2.144\delta_2^2)) + \\
 & + \varepsilon_1^4(4ab\delta_1\delta_2 + b^2\delta_2^2 + \delta_1^2(3a^2 - 0.5a\delta_2 + 3\delta_2^2)))/ \\
 & [(b + \delta_1)(3a^2b^2 + 4ab\delta_1\delta_2 + b^2\delta_2^2 - a\delta_1\varepsilon_1(3a\delta_1 + 2b\delta_2))]
 \end{aligned} \quad , (17)$$

$$\begin{aligned}
F_2(\varepsilon_2) = & (49.628b(0.641ab\delta_1\delta_2 + 0.160b^2\delta_2^2 + \delta_1^2(0.480a^2 - 0.080a\delta_2 + 0.481\delta_2^2)) - \\
& - \varepsilon_2(0.482ab\delta_1\delta_2 + 0.121b^2\delta_2^2 + \delta_1^2(0.361a^2 + 0.1a\delta_2 + 0.361\delta_2^2)) + \\
& + \varepsilon_2^2(2.829ab\delta_1\delta_2 + 0.727b^2\delta_2^2 + \delta_1^2(1.941a^2 - 0.524a\delta_2 + 2.182\delta_2^2)) - \\
& - \varepsilon_1^3(15.551ab\delta_1\delta_2 + 3.863b^2\delta_2^2 + \delta_1^2(11.889a^2 - 0.934a\delta_2 + 11.589\delta_2^2)) + \\
& + \varepsilon_1^4(24519ab\delta_1\delta_2 + 6.261b^2\delta_2^2 + \delta_1^2(17.211a^2 - a\delta_2 + 18.782\delta_2^2)) - \\
& - \varepsilon_1^5(18.803ab\delta_1\delta_2 + 4.934b^2\delta_2^2 + \delta_1^2(12a^2 + 14.803\delta_2^2)) + \\
& + \varepsilon_2^6(3ab\delta_1 + b^2\delta_2^2 + 3\delta_1^2\delta_2^2)) / \\
& \left[(b + \delta_1)(12a^2b^2 + 16ab\delta_1\delta_2 + 4b^2\delta_2^2 - b\delta_2\varepsilon_2(12a\delta_1 + 8b\delta_2) + b\delta_2\varepsilon_2^2(12a\delta_1 + 12b\delta_2) - \right. \\
& \left. - b\delta_2\varepsilon_2^3(8a\delta_1 + 8b\delta_2) + b^2\delta_2^2\varepsilon_2^4) \right]
\end{aligned} \quad (18)$$

Для стандартної тонкостінної профільної труби прямокутного перетину 180x75x4 мм поправочні функції матимуть вигляд:

$$F_1(\varepsilon_1) = \frac{1.940}{1 - 0.424\varepsilon_1} (1 + 0.206\varepsilon_1 + 9.420\varepsilon_1^2 - 19.393\varepsilon_1^3 + 27.134\varepsilon_1^4); \quad (19)$$

$$F_2(\varepsilon_2) = \frac{(1.944 + 1.468\varepsilon_2 + 8.527\varepsilon_2^2 - 47.231\varepsilon_2^3 + 74.120\varepsilon_2^4 - 56.582\varepsilon_2^5 + 8.573\varepsilon_2^6)}{(1 - 1.020\varepsilon_2 + 1.333\varepsilon_2^2 - 0.888\varepsilon_2^3 + 0.078\varepsilon_2^4)}. \quad (20)$$

Графічні залежності поправних функцій $F_1(\varepsilon_1)$ та $F_2(\varepsilon_2)$, від безрозмірного параметру ε_1 та ε_2 відповідно, подано на рис. 2.

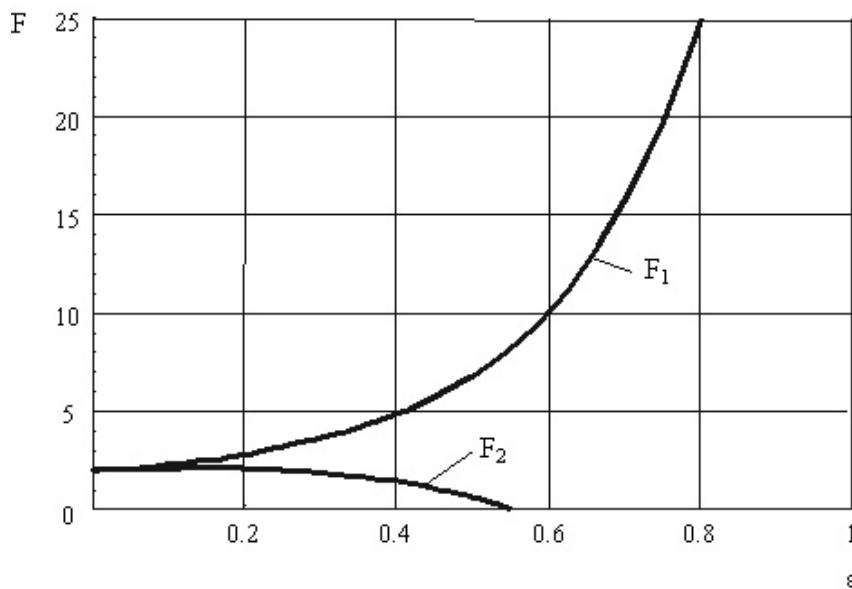


Рис. 2. Залежності поправних функцій $F_1(\varepsilon_1)$ та $F_2(\varepsilon_2)$ від параметру ε

Висновки

У відповідності з рівнянням (16), зміна коефіцієнтів інтенсивності напружень у вертикальних та горизонтальних стінках відбуватиметься за законом зміни відповідних поправних функцій $F_1(\varepsilon_1)$ та $F_2(\varepsilon_2)$. Як бачимо з рис.2, поправні функції починаються з однієї точки і змінюються за різними законами.

Очевидно, що зменшення функції $F_2(\varepsilon_2)$ до нуля відбувається за рахунок зме-

ншення координати Z_{02} при поширенні тріщини у вертикальній стінці. Поправна функція $F_1(\varepsilon_1)$ більша за $F_2(\varepsilon_2)$ і постійно зростає із збільшенням довжини тріщини у горизонтальній стінці. За таких умов, вже при незначних довжинах тріщин, КІН у горизонтальній стінці буде значно більший, ніж КІН у вертикальній стінці.

Так як взаємовплив розвитку однієї тріщини на розвиток іншої тріщини повністю враховується залежностями системи (16), то очевидно, що розрахунок тонкостінного прямокутного стержня з кутовою наскрізною тріщиною з достатньою точністю можна проводити лише за КІН $K_I^{(p)}$ у горизонтальній стінці.

In article the stress state of a thin shell of the closed structure which is weakened by an angular crack is considered. Distribution of rated stress in net - section of a thin shell is determined at action of the moment of a bend. On the basis of existing dependences of factors of intensity of stress for cracks in an infinite strip, dependences which determine factors of intensity of stress in top of an angular crack in the thin shell are written down. Correction function which takes into account change of geometry net - sections of a thin shell during growth of a crack is deduced.

Література

1. Андрейкив А. Е., Дарчук А. И Усталостное разрушение и долговечность конструкций. – К.: Наук. думка, 1992. – 184 с.
2. Рыбак Т.И., Самодала В.И., Дарчук А.И. К оценке работоспособности конструкций рам сельхозмашин с позиций трещиностойкости // Физико-химическая механика материалов, 1983. – №2. – С.97 – 99.
3. Олексюк В. П. Визначення коефіцієнта інтенсивності напружень в елементах коритного профілю, ослаблених тріщиною. // Машинознавство. – 2001. - №2 (44). – С. 42-45.
4. Сташків М. Визначення КІН для втомної тріщини у тонкостінному стержні замкнутого профілю при депланації його поперечних перетинів // 6 – й Міжнародний симпозиум українських інженерів - механіків у Львові. Тези доповідей. - 2003. – С. 55 – 56.
5. Механика разрушения и прочность материалов: Справ. пособие: В 4 т./ Под общ. ред. Панасюка В. В. – К.: Наук. думка, 1988.
6. Соппротивление материалов / Под ред. Писаренко Г. С. – К.: Вища школа, 1986. – 775 с.
7. Bathe K.J., Wilson E. Numerical methods in finite element analysis / - New Jersey: Prentice – Hall. 1976. – 242 p.

Одержано 25.05.2003 р.