

ДО ПИТАННЯ ТОЧНОСТІ АНАЛІТИЧНИХ ФОРМУЛ ДЛЯ КІН У БАЛЦІ-СМУЗІ, ПОШКОДЖЕНІЙ ВНУТРІШНЬОЮ ПОПЕРЕЧНОЮ ТРІЩИНОЮ

Василь Шваб'юк, Світлана Афоніна, Марія Афоніна

Луцький національний технічний університет, v.shvabyuk@gmail.com

Згинанню смуг із внутрішніми прямолінійними тріщинами присвячена низка праць В.В. Панасюка, Б.Л. Лозового та деяких інших авторів [1-4] методом теорії функцій комплексного змінного. Для визначення коефіцієнтів інтенсивності напружень $K_1^{a,b}, K_2^{a,b}$ у верхньому та нижньому вістрях тріщини, скористаємося відомими означеннями [1], отримаємо формулу для КІН за згину балки, довжиною $2L$, розподіленим навантаженням q :

$$\begin{aligned} K_1^a &= \frac{q\alpha^2}{24I} \sqrt{\pi l} \left[6L_0^2(2a+l) + 4a(2a+3l(a+l)) + 5l^3 \right]; \\ K_1^b &= \frac{q\alpha^2}{24I} \sqrt{\pi l} \left[3L_0^2(3b+a) + 5(b^3-l^3) + 3ba^2 \right], K_2^b = 0, \end{aligned} \quad (1)$$

де $\alpha^2 = \frac{E}{2G'}$, $\nu'' = \sqrt{\frac{E}{E'}}$, $L_0^2 = \frac{L^2}{\alpha^2} - 0,4h^2$; a, b і l пов'язані залежністю $b-a=2l$

(довжина тріщини). Із формул (1) видно, що поклавши параметр $\alpha^2 = 1$, отримаємо результати В.В. Панасюка[1], а випадок ($\alpha^2 = 0$) стосується балки, коли впливом уточнення поперечного зсуву та обтиснення нехтується, а одержані результати співпадають зі знайденими за формулами елементарної теорії згину балок Бернуллі-Ейлера.

Перевірку рівня достовірності отриманих формул можна частково здійснити за допомогою наявних числових результатів Н.Nied-а та F.Erdogan-а [3], одержаних методом сингулярних інтегральних рівнянь (СІР). У цьому випадку нескінченна смуга на верхній грані згиналася плоским жорстким штампом (за відсутності тертя в зоні контакту), а нижня грань опиралася в двох симетричних точках ($x = \pm L$). Область контакту штампа була малою ($\Delta L / h = 0,02a$), тому його дію можна вважати еквівалентною дії зосереджених сил $2P$ на балку довжиною $2L$. Отримані, таким чином, числові результати можна порівняти із результатами, порахованими за дещо

Конференція молодих учених «Підстригачівські читання – 2021», 26–28 травня 2021 р., Львів

зміненими формулами (1), де замість розподіленого навантаження діє сила $2P$, коли тріщина починається в центрі нижньої половини смуги:

$$K_1^a = \left(\frac{P}{th}\right) \sqrt{\pi l} \frac{3L}{4h} (1-0,5\lambda), \quad K_1^b = \left(\frac{P}{th}\right) \sqrt{\pi l} \frac{3L}{4h} (1+0,5\lambda), \quad (2)$$

де $\lambda=2l/h$, t — ширина перерізу балки.

У цьому випадку відстань від нижнього краю смуги завжди рівна відстані a від серединної лінії смуги до вістря тріщини, а отже, залежність $a+l=h/2$ завжди залишається сталою.

Із аналізу отриманих даних можна прийти до висновку, що за такої моделі поширення тріщини, точність отриманих розв'язків може бути задовільною (<5%) тільки до значення параметра $\lambda \leq 0,4$. Тобто, для півтовщини смуги $h=10$ см відстань від краю смуги до вершини тріщини повинна бути більшою, або рівною 3 см. Наприклад, для параметра $\lambda=0,6$ відстань до краю смуги наближається до 2 см і похибка значень КІН \tilde{K}_1^i за різними моделями може досягати 14%, а для $\lambda=0,8$ – більше, ніж у півтора рази для \tilde{K}_1^b ($L/h=8$). Очевидно, що у цьому випадку для отримання більш достовірних результатів за згину балки з тріщиною необхідно урахувати пластичні деформації у смугі біля її вершини.

1. Лозовой Б.Л., Панасюк В.В. Некоторые задачи изгиба полосы с прямолинейной трещиной. // Изв. АН СССР. ОТН. Мех. и маш.строение. 1962. – С. 138 – 143.
2. Шваб'юк В.І. Згин композитної балки з поперечною тріщиною // Наукові нотатки. Луцьк. індустр. і-нт.—Луцьк. 1996. Вип. 3. – С. 190-197.
3. Nied H.F., Erdogan F. A cracked beam or plate transversely loaded by a stamp // Int. J. Solids and Struct. – 1979.-15, N 7. – P.951-965.
4. Сулим Г.Т., Опанасович В.К., Слободян М.В., Білаш О.В. Чистий згин балки з тріщиною з урахуванням пластичних смуг біля її вершини. Математичні проблеми механіки неоднорідних структур / за заг. ред. Р.М. Кушніраі Г.С. Кита// Львів: ІППМ ім.Я.С.Підстригача НАНУ.- 2019, В.5. — С. 206-207.

TO THE ISSUES OF THE ACCURACY OF ANALYTICAL FORMULAS FOR K IC IN A BEAM DAMAGED BY THE INTERNAL TRANSVERSE CRACK

The areas of application of analytical formulas of K Ic $K_1^{a,b}$, $K_2^{a,b}$ and their accuracy depending on the size of the crack and the parameters of its location in the cross section of the strip are investigated.