

УДК 539.3

ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ В ОКОЛІ ТУНЕЛЬНИХ ДЕФЕКТІВ З ПЕРЕРІЗОМ У ВИГЛЯДІ ЛАМАНИХ ПРИ ВЗАЄМОДІЇ З ХВИЛЯМИ ПОЗДОВЖНЬОГО ЗСУВУ

Андрій Мішарін, Оксана Литвин, Всеволод Попов

Національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса

Розв'язано задачі про дослідження концентрації напружень в околі тунельних дефектів, переріз яких координатною площиною має вигляд ламаної складеною з N ланок (рис. 1).

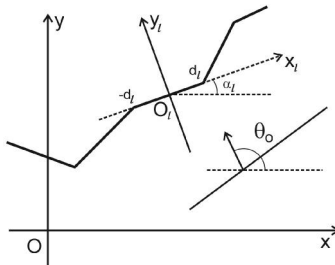


Рис. 1

Розглянуто 3 типи дефектів: тріщина, тонке жорстке включення, тонке жорстке включення, від якого під довільним кутом відходять тріщини. На дефект діє навантаження гармонічною хвилею поздовжнього зсуву, яке викликає у тілі переміщення

$$W^0(x, y) = A_0 \exp(ik_2(x \cos \theta_0 + y \sin \theta_0)), \quad \kappa_2^2 = \frac{\rho \omega^2}{G}, \quad (1)$$

де G , ρ – густина і модуль зсуву пружного тіла, θ_0 – кут між напрямком поширення хвилі і віссю Ox , ω – частота коливань. Залежність від часу визначається множителем $\exp(-i\omega t)$, який опущено для скорочення запису. Єдина, відмінна від нуля в умовах антиплоскої деформації z -компонента вектора переміщень розсіяного хвильового поля $W(x, y)$ задовольняє рівняння Гельмгольца:

$$\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} + \kappa_2^2 W = 0. \quad (2)$$

Для формулювання умов на поверхнях дефектів з кожною його планкою пов'язано локальну систему координат $O_l x_l y_l$, $l = 1, 2, \dots, N$ (рис.1). Нехай

$W_l(x_l, y_l)$, $W_l^0(x_l, y_l)$ – переміщення розсіяної і падаючої хвилі в системі координат, пов'язаною з l -ю ланкою дефекту. Тоді, якщо це ланка тріщини, то на ній мають виконуватися умови:

$$\tau_{zy_l}(x_l, 0) = -\tau_{zy_l}^0(x_l, 0), \quad W_l(x_l, +0) - W_l(x_l, -0) = \chi_l(x_l), \quad -d_l < x_l < d_l. \quad (3)$$

Відповідно на ланці включення умови мають вигляд:

$$W_l(x_l, 0) = C - W_l^0(x_l, 0), \quad \tau_{zy_l}(x_l, +0) - \tau_{zy_l}(x_l, -0) = \chi_l(x_l), \quad -d_l < x_l < d_l. \quad (4)$$

В рівностях (3), (4) $\chi_l(x_l)$ – невідомі стрибки переміщень або напружень на поверхні дефекту, d – невідома амплітуда коливань включення, яка визначається з рівняння його руху.

Для розв'язання сформульованої задачі (2)–(4) для кожної ланки дефекту в локальній системі координат $O_l x_l y_l$ будується [1] розривний розв'язок $W_l^d(x_l, y_l)$ рівнянь (2) зі стрибками (3), (4). Переміщення розсіяного хвильового поля подаються у вигляді

$$W(x, y) = \sum_{l=1}^n W_l^g(x, y),$$

де $W_l^g(x, y)$ – розривні розв'язки $W_l^d(x_l, y_l)$ після переходу до системи координат Oxy .

Відносно невідомих стрибків $\chi_l(x_l)$ з умов на ланках (3), (4) отримано систему N сингулярних інтегральних або інтегро-диференціальних рівнянь з нерухомими особливостями. Для їх числового розв'язання створено метод, який враховує справжню особливість розв'язків і базується на спеціальних квадратурних формулах для сингулярних інтегралів.

1. *Понов В.Г.* Сравнение полей перемещений и напряжений при дифракции упругих волн сдвига на различных дефектах: трещина и тонкое жесткое включение // Динамические системы, – 1993. – Вып. 12. – С. 14–23.

DETERMINATION OF THE STRESS STATE NEAR TUNNEL DEFECTS WITH A CROSS SECTION IN THE FORM OF A BROKEN LINE INTERACTING WITH WAVES OF LONGITUDINAL SHEAR

A problem on the determination of stresses state in the vicinity of the tunnel thin defects with a cross-section in the form broken line is considered. The plane harmonic waves of the longitudinal shear are propagating in the body with these defects. The problem is reduced to solving a system of singular integral or integro-diferencial equathions with fixed singularities. For the numerical solution of this system, the method takesin account the true asymptotics of unknown functions and uses spetial quadrature formulas for singular integrals is applied.