

УДК677.017

ПРОХОДЖЕННЯ ТА ВІДБИТТЯ УЛТРАЗВУКОВОЇ ХВИЛІ, ЩО РОЗПОВСЮДЖУЄТЬСЯ НА МЕЖІ ДВОХ СЕРЕДОВИЩ

О.С. Ліщенко, студ.

Київський національний університет технологій та дизайну

С.В. Барилко, к.т.н., доцент

Київський національний університет технологій та дизайну

Ключові слова: межа середовищ, гармонічна хвиля, площина падіння хвилі.

Звукове поле будемо характеризувати тиском p , u , v , [1-2]. В разі гармонійної хвилі і однорідного середовища, коливальна швидкість частинок в звуковій хвилі запишеться:

$$p = p_0 \cos(\omega t - kx) \quad (1)$$

При цьому ми припускаємо, що тимчасова залежність дається фактором $\exp(i\omega t)$. Цей фактор для скорочення запису ми, як правило, будемо опускати.

Нехай плоска звукова хвиля падає на плоску межу $z=0$ розділу двох рідких або газоподібних середовищ. Площину падіння хвилі поєднаємо з площиною $z=l$ і тоді:

$$p = p_0 \cos(\omega t - kx) + p_1 \cos(\omega t - kx + \alpha) - p_2 \cos(\omega t - kx + \beta) \quad (2)$$

де α – кут падіння хвилі, що складає нормаль до фронту хвилі з віссю x . Щільність верхнього і нижнього середовищ позначаємо відповідно через ρ_1 і ρ_2 , а швидкість звуку через c_1 і c_2 .

Прийmemo амплітуду падаючої хвилі умовно за одиницю і позначимо коефіцієнт відбиття хвилі через R . Тоді вирази для падаючої і відбитої хвиль запишуться:

$$p_{\text{над}} = p_0 \cos(\omega t - kx) + R p_0 \cos(\omega t - kx + \alpha) \quad (3)$$

Повне поле у верхньому середовищі буде:

$$p_{\text{над}} = p_0 \cos(\omega t - kx) + R p_0 \cos(\omega t - kx + \alpha) \quad (4)$$

Заломлена хвиля в нижньому середовищі запишеться у вигляді:

$$p_{\text{вниз}} = T p_0 \cos(\omega t - kx + \beta) \quad (5)$$

де θ – кут заломлення, а коефіцієнт n ми назвемо коефіцієнтом прозорості. Величини n_1 , n_2 і n_3 визначаються з умов на межі. Вони полягають в безперервності n і $n \cos \theta$ – нормальної до межі компоненти швидкості частинок середовища:

$$n_1 \cos \theta_1 = n_2 \cos \theta_2 = n_3 \cos \theta_3 \quad (6)$$

Оскільки n_1 і n_2 безперервні при переході через межу, то безперервним буде і $n_3 \cos \theta_3$. Тому ми будемо користуватися граничними умовами, записаними у вигляді:

$$n_1 \cos \theta_1 = n_2 \cos \theta_2 = n_3 \cos \theta_3 \quad (7)$$

де квадратна дужка означає рівність значень відповідної величини по обидва боки межі.

Підставляючи вирази (4) і (5) у першу з цих умов, отримуємо:

$$1 - \frac{n_1^2 \sin^2 \theta_1}{n_2^2} = \frac{n_2^2 \sin^2 \theta_2}{n_3^2} \quad (8)$$

Оскільки тут ліва частина не залежить від θ_2 , не повинна залежати від θ_3 і права частина, звідки слідує закон заломлення Снелліуса:

$$n_2 \sin \theta_2 = n_3 \sin \theta_3 \quad (9)$$

Це співвідношення виражає рівність фазових швидкостей поширення хвиль уздовж межі в нижньому і верхньому середовищах. Його можна записати також у вигляді:

$$n_2 \sin \theta_2 = n_3 \sin \theta_3 \quad (10)$$

де $n = c/v$ – показник заломлення.

Тепер (8) приймає вигляд:

$$1 - \frac{n_1^2 \sin^2 \theta_1}{n_2^2} = \frac{n_2^2 \sin^2 \theta_2}{n_3^2} \quad (11)$$

Висновки. Був проведений аналіз розповсюдження ультразвукової хвилі з врахуванням меж різних середовищ, що дасть можливість у майбутньому створювати безконтактні адаптивні системи контролю різних технологічних параметрів матеріалів.

Список використаних джерел

1. Лютак І.З. Адаптивний алгоритм обробки вимірюного ультразвукового сигналу в частотній області / І.З. Лютак, І.С. Кісіль // Методи та прилади контролю якості. – 2006. – №16 – С. 15–18.

2. Бреховских Л.М. Волны в слоистых средах / Л.М. Бреховских. – М.: Наука, 1973. – 343 с.