

УДК 539.37

УСТАЛЕНИЙ РЕЖИМ ДЕФОРМУВАННЯ НЕСКІНЧЕННОГО В'ЯЗКОПРУЖНОГО ШАРУ НА ЖОРСТКІЙ ОСНОВІ ЗА ДІЇ РІВНОМІРНО РОЗПОДІЛЕНОГО ЦИКЛІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Ігор Скородинський

Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України, м. Львів

Циклічні (зокрема, негармонічні періодичні) навантаження досить часто зустрічаються у природі та техніці. Тому актуальним є вивчення дії таких навантажень на непружні середовища та елементи конструкцій, коли мають місце запізнення реакції матеріалу на зовнішню механічну дію, незворотні залишкові деформації, усталені режими деформування тощо [1].

Пропоновану доповідь присвячено дослідженню усталеного режиму деформування нескінченного в'язкопружного шару на жорсткій основі, що знаходиться під дією нормального рівномірно розподіленого циклічного (періодичного) навантаження.

Розглянемо нескінченний в'язкопружний шар на жорсткій основі, що знаходиться під дією нормального рівномірно розподіленого на ділянці $x \in [-a, a]$ циклічного навантаження виду

$$p(x, t) = p_0 H_-(a - |x|) \sum_{i=1}^N \left(H_+(t - t_i) - H_+(t - t_i - \tau_i) \right), \quad (1)$$

де p_0 – амплітуда; t_i – моменти прикладання навантаження ($i = 1, \dots, N$, $t_1 = 0$); N – кількість циклів; τ_i – час дії навантаження, а $H_-(x)$ та $H_+(t)$ – асиметричні функції Хевісайда. Матеріал шару описується моделлю Кельвіна – Фойгта. Задача розглядається в рамках узагальненої двопараметричної моделі та плоскої деформації [2]. При $t_i = (i-1)T_c$ ($i = 1, \dots, N$; T_c – період циклу) формула (1) описує негармонічне періодичне зовнішнє навантаження.

На основі результатів праці [2] отримано формули для вертикального переміщення навантаженої поверхні шару, зокрема при $x = 0$. Для періодичного навантаження отримано також формули для різниці між вертикальними переміщеннями в сусідніх періодах навантаження. Ці співвідношення значно прискорюють розрахунки. Для випадку періодичного навантаження на проміжку $[0, NT_c]$ навантаження досліджено часові залежності вертикального переміщення $v(0, t) \leq 0$ для різних матеріалів та приведених товщин шару. Встановлено, що, як і у випадку зосередженої сили [1], при $N \rightarrow \infty$ закон зміни в часі вертикального переміщення навантаженої поверхні наближається до періо-

дичного. Цей граничний режим будемо називати усталеним.

Аналогічно до випадку зосередженої сили [1], введемо функціональну послідовність

$$v_n(t) = v(0, t + t_n) = v(0, t + (n-1)T_c), \quad n = 1, 2, \dots, t \in [0, T_c]. \quad (2)$$

Показано, що послідовність (2) має ті ж властивості, що й відповідна послідовність для зосередженої сили [1]. Зокрема збіжність цієї послідовності моделює процес настання усталеного режиму деформування в шарі.

Умова збіжності послідовності (2) має вигляд

$$|v_{n+1}(0) - v_n(0)| < \varepsilon, \quad \varepsilon > 0,$$

звідки видно, що встановлення усталеного режиму визначається залишковими переміщеннями (деформаціями) $v_{rn} = v_n(0) = v(0, t_n)$, $n = 1, 2, \dots$.

Проведено розрахунки для трьох матеріалів з різними в'язкопружними характеристиками для трьох значень приведеної товщини $\lambda = h/a$ ($2h$ – товщина шару) при $\varepsilon = 0.02$. Встановлено, що, аналогічно до випадку зосередженої сили, найшвидше усталений режим настає у випадку податливого матеріалу (після 3–4 циклу залежно від товщини шару), а найповільніше – у випадку жорсткого матеріалу (після 19–20 циклу залежно від товщини шару). Залежність швидкості настання усталеного режиму від товщини шару при $0.1 \leq \lambda \leq 1$ є незначною.

Таким чином, в рамках узагальненої двопараметричної моделі на основі функціональної послідовності (2) досліджено процес настання усталеного режиму деформування у нескінченному в'язкопружному шарі на жорсткій основі за дії періодичного навантаження (1). Вивчено накопичення залишкових деформацій (переміщень) в шарі та їхню роль у настанні усталеного режиму деформування.

1. *Скородинський І.С., Максимук О.В.* Напружений стан в'язкопружного шару на жорсткій основі під дією зосередженого циклічного навантаження // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 2020. – № 1. – С. 82–88.
2. *Скородинский И.С., Максимук А.В.* Действие нормальной распределенной нагрузки на вязкоупругий слой, сцепленный с жестким основанием // Теорет. и прикладная механика. – 2013. – Вып. 6(52). – С. 15-24.

STEADY-STATE REGIME OF DEFORMATION OF AN INFINITE VISCOELASTIC LAYER ON THE RIGID FOUNDATION SUBJECTED TO UNIFORMLY DISTRIBUTED CYCLIC LOAD

The process of reaching the steady-state regime of deformation in an infinite viscoelastic layer on the rigid foundation subjected to normal uniformly distributed cyclic (periodic) load is investigated. The accumulation of residual displacements in the layer and their role in the reaching of the steady-state regime of deformation is studied.