

РЕШЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК С ГРУНТОВЫМИ СРЕДАМИ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ

Мейш В.Ф., д.ф.-м.н., проф.,

Мейш Ю.А., к.ф.-м.н., доц.

Институт механики им. С.П. Тимошенко НАН Украины, г. Киев

e-mail: vfmeish@gmail.com

Рассматривается задача взаимодействия цилиндрической оболочки с грунтовой средой периодической структуры при нестационарных нагрузках. Полагается, что поведение каждого слоя периодической структуры описывается согласно модели многокомпонентной грунтовой среды [1, 2]. Исследуется задача динамического поведения взаимодействия цилиндрической оболочки с грунтовой средой при действии внутренней распределенной нестационарной нагрузки. Уравнения колебаний оболочки с учетом влияния действия грунтовой среды представим в виде уравнений колебаний типа Тимошенко [1]

$$\frac{\partial T_{11}}{\partial x} = \rho h \frac{\partial^2 u_1}{\partial t^2}; \quad \frac{\partial M_{11}}{\partial x} - T_{13} = \rho \frac{h^3}{12} \frac{\partial^2 \phi_1}{\partial t^2}; \quad (1)$$

$$\frac{\partial T_{13}}{\partial x} - \frac{T_{22}}{R} + P_3(x, t) - P_r(x, r_0, t) = \rho h \frac{\partial^2 u_3}{\partial t^2}.$$

В уравнениях (1) обозначения величин введены согласно [1]. Величины $P_3(x, t)$, $P_r(x, r_0, t)$ – давление на внутреннюю поверхность цилиндрической оболочки и давление грунта на оболочку соответственно.

Уравнения движения среды в случае цилиндрической симметрии представляются в виде [3]

$$\frac{\partial \bar{F}}{\partial t} + \frac{\partial \bar{A}}{\partial x} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r \bar{B}) + \frac{\bar{C}_0}{r} = 0, \quad (2)$$

где $\bar{F} = \begin{pmatrix} \rho u \\ \rho v \\ \rho \end{pmatrix}$; $\bar{A} = \begin{pmatrix} \rho u^2 + P \\ \rho uv \\ \rho u \end{pmatrix}$; $\bar{B} = \begin{pmatrix} \rho uv \\ \rho v^2 + P \\ \rho v \end{pmatrix}$; $\bar{C}_0 = \begin{pmatrix} 0 \\ -P \\ 0 \end{pmatrix}$;

u - скорость перемещения частиц вдоль оси x ; v - скорость перемещения частиц вдоль оси r ; ρ - плотность соответствующего слоя грунта; P - давление соответствующей точки грунтовой среды (x, r) .

Уравнения состояния грунтовой среды каждого слоя представляются согласно модели нелинейной многокомпонентной среды В.М. Ляхова [2]

$$\frac{\rho_0}{\rho} = \sum_{i=1}^3 \alpha_i \left[\frac{\gamma_i (P - P_0)}{\rho_{i0} c_{i0}^2} + 1 \right]^{-\chi_i}, \quad \chi_i = 1/\gamma_i. \quad (3)$$

Связанность задачи взаимодействия оболочка – грунтовая среда обеспечивается заданием условий непротекания на деформированную поверхность оболочки контакта оболочка–грунтовая среда $\dot{u}_1 = u$, $\dot{u}_3 = v$.

Для решения исходных уравнений теории колебаний оболочек типа Тимошенко (1) используется интегро – интерполяционный метод построения разностных схем для уравнений гиперболического типа [1]. Для численного решения задач динамического поведения грунтовой среды используется двухшаговая схема Мак - Кормака [1, 3].

Как частный случай, рассмотрена задача взаимодействия цилиндрической оболочки с грунтовой средой периода $2L$ (L - размер слоя по координате x) при действии импульсной нагрузки $P_3(t)$ на внутреннюю поверхность оболочки. Представлены закономерности распространения цилиндрических волн в слоях в зависимости от параметров грунтов, геометрических и физико – механических параметров оболочки.

1. Головки К.Г., Луговой П.З., Мейш В.Ф. Динамика неоднородных оболочек при нестационарных нагрузках: монография под ред. акад НАН Украины А.Н. Гузя. - К.: Изд. полигр. центр «Киевский ун-т», 2012. – 541 с.
2. Ляхов Г.М. Волны в грунтах и пористых многокомпонентных средах. – М.: Недра, 1982. – 288 с.
3. Мейш В.Ф. Численное решение задач о распространении цилиндрических волн в грунтовых средах периодической структуры // Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво». – 2014. – Вип. 26. – С. 17 – 23.

SOLVING DYNAMIC PROBLEMS ON THE INTERACTION OF CYLINDRICAL SHELLS WITH THE PERIODIC STRUCTURE SOIL ENVIRONMENT

In this paper we consider the problem of interaction of a cylindrical shell with periodical structure soil medium under distributed nonstationary load. Soil is simulated by equations of nonlinear three-component medium. For the numerical solution of the problem Mac-Cormack finite – difference scheme is used. The obtained numerical results allow to analyze the wave processes in the system cylindrical shell – periodical structure soil medium, depending of the parameters of cylindrical shell and soil medium.