

22. К РЕШЕНИЮ ДИНАМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК С ГРУНТОВОЙ СРЕДОЙ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ

Ататолій Богатырчук

Національний університет пищевих технологій

Владимир Мейш

Институт механики им. С.П. Тимошенко НАН Украины

Юлия Мейш

Національний транспортний університет

Введение. Решение динамических задач о взаимодействии деформируемых конструкций с окружающей средой имеет как теоретическое, так и практическое значение. Взаимодействие деформируемых оболочек с грунтовыми средами рассмотрено в работах [1, 3]. Использование деформируемых преград позволяет регулировать величину и характер нестационарных воздействий на грунт. В частности, в работе [1] рассмотрено решение связанной задачи цилиндрическая оболочка – двухслойная грунтовая среда при действии внутренней импульсной нагрузки. Полученные закономерности протекания волновых процессов в указанных структурах позволяют прогнозировать их динамическое поведение и могут применяться при построении более простых математических моделей для исследования объектов типа оболочка – грунт, оболочка на упругом основании и т. д. [3]. В данной работе рассматривается численное решение задач о взаимодействии цилиндрической оболочки с грунтовой средой периодической структуры при импульсных нагрузках. Работа является логическим продолжением исследований о распространении цилиндрических волн в грунтовой среде периодической структуры (без учета взаимодействия с конструкциями) [2].

Методы. Рассматривается бесконечная подкрепленная цилиндрическая полость в грунтовой среде периодической структуры. Предполагается, что к внутренней поверхности подкрепляющей оболочки при $r = r_0$ приложена распределенная импульсная нагрузка $P_0(r_0, t)$. Предполагается, что динамическое поведение подкрепляющей оболочки описывается в рамках уравнений колебания теории упругих оболочек типа Тимошенко [3]

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

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

Обозначения величин в уравнениях (1) приняты согласно [3].

Уравнения движения грунтовой среды периодической структуры в случае цилиндрической симметрии в векторном виде описывается системой уравнений в эйлеровых координатах [5]

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

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

где 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 [4]

Для решения исходных уравнений теории колебаний оболочек типа Тимошенко (1) используется интегро – интерполяционный метод построения разностных схем для уравнений гиперболического типа [3]. Для численного решения задач динамического поведения грунтовой среды используется двухшаговая схема Мак - Кормака [3, 5].

Результаты. Рассмотрена задача о распространении цилиндрических волн в грунтовой среде периодической структуры при взаимодействии с цилиндрической оболочкой. Исходные параметры при решении исходной задачи полагались согласно [2]. Полученные результаты позволяют проводить детальный анализ напряженно деформированного состояния конструкции и грунтовой среды при нестационарных нагрузках.

Выводы. Рассмотрено численное решение задач о волновых процессах в системе цилиндрическая оболочка – грунтовая среда периодической структуры при импульсных нагрузках. Полученные результаты позволяют регулировать параметры входной волны давления в грунте и прогнозировать протекание волновых процессов в зависимости от геометрических и физико – механических параметров оболочки и грунтовой среды периодической структуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мейш, В.Ф. Математическое моделирование волновых процессов в системе цилиндрическая оболочка – двухслойная грунтовая среда / В.Ф. Мейш, Ю.А. Мейш // Вісник НТУУ „КПІ». Серія „Гірництво»: Зб. Наук. праць. – К.: НТУУ „КПІ». - 2012. – Вип.22. – С. 3 - 8.

2. Мейш, В.Ф. Численное решение задач о распространении цилиндрических волн в грунтовых средах периодической структуры / В.Ф. Мейш // Вісник НТУУ „КПІ». Серія „Гірництво»: Зб. Наук. праць. – К.: НТУУ „КПІ». - 2014. –Вип. 26. – С. 17 - 23.

3. Головки, К.Г. Динамика неоднородных оболочек при нестационарных нагрузках: монография / К.Г. Головки, П.З. Луговой, В.Ф. Мейш; под ред. акад НАН Украины А.Н. Гузя. – К.: Изд. полигр. центр «Киевский ун-т», 2012. – 541 с.

4. Ляхов, В.М. Волны в грунтах и пористых многокомпонентных средах. / В.М. Ляхов. – М.: Недра, 1982. – 288 с.

5. Ляхов, В.Н. Воздействие ударных волн и струй на элементы конструкций / В.Н. Ляхов, В.В. Подлубный, В.В. Титаренко. – М.: Машиностроение, 1989. – 392 с.