

УДК 539.3

ЧИСЛОВО-АНАЛІТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛИВНОГО ПРОЦЕСУ ПОРИСТОГО ШАРУ ПІД ДІЄЮ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ

Софія Твардовська, Ярослав П'янило

*Інститут прикладних проблем механіки і математики
ім. Я.С. Підстригача НАН України*

sofi.lviv@gmail.com, danylo794@gmail.com

Взаємодія механічних та електромагнітних процесів в реальних тілах з урахуванням їх складної внутрішньої структури важлива для багатьох природних (грунти, гірські породи, дерево тощо) та штучних (бетон, цегла, композити, кераміка тощо) матеріалів. Цей напрям досліджень стимулюється необхідністю вирішення технологічних проблем, які виникають при виявленні підземних родовищ корисних копалин, осушуванні дерева, кераміки, ґрунтів, тощо, з використанням постійного чи періодичного електромагнітного поля; розробці нових, більш інформативних геофізичних поверхневих та свердловинних методах досліджень, які базуються на використанні ефектів взаємодії механічних та електромагнітних полів.

Метою роботи є дослідження поширення механоелектромагнітних хвиль у пористих структурах, насичених водним розчином електроліту.

Розглядаємо безмежний пористий насичений розчином електроліту шар ($-l \leq x \leq l$). До поверхонь $x = \pm l$ шару прикладено змінну різницю електричних потенціалів $U = \pm U_a \cos \omega t$, де U_a – амплітуда, ω – циклічна частота. Повна система макроскопічних співвідношень для опису взаємозв'язаних механічних та електромагнітних процесів у тілі (система рівнянь електромагнітної механіки) включає рівняння балансу маси, руху, електромагнітного поля, визначальні та геометричні співвідношення і приведена в роботах [1, 2, 3].

Механічні поля визначаються із рівнянь, ключова форма яких в лінеаризованому наближенні наведена у роботі [1, 4]. Поверхні шару заземлені. В цьому випадку переміщення і скелету, і рідини на поверхнях $x = \pm l$ дорівнюють нулеві ($u(x, t) = 0$, $v(x, t) = 0$, $x = \pm l$).

$$a_1 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + a_2 \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + a_3 \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + a_4 \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} + a_5 \left(\frac{\partial v}{\partial t} - \frac{\partial u}{\partial t} \right) + a_6 E = 0,$$

$$a_2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + b_2 \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + a_4 \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + b_4 \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} - a_5 \left(\frac{\partial v}{\partial t} - \frac{\partial u}{\partial t} \right) + b_6 E = 0. \quad (1)$$

Якщо до системи (1) застосувати перетворення Лапласа – Карсона і розв’язки подати у вигляді рядів Фур’є за синусами

$$\begin{cases} U \\ V \end{cases} = \sum_{n=0}^{\infty} \begin{cases} u_n \\ v_n \end{cases} \sin \frac{n\pi x}{l}, \quad (2)$$

то для невідомих коефіцієнтів отримується система лінійних рівнянь в зображеннях Лапласа – Карсона. Знайшовши оригінали розв’язків цієї системи і підставляючи їх в рівність (2), отримуємо рішення сформульованої задачі.

Висновки. Характерною для розглянутих задач є нелінійна залежність амплітуди коливань і фази від параметрів проникності, пористості та звивистості. При збільшенні пористості у вказаному діапазоні амплітуда коливань спочатку зменшується, а потім збільшується. Це ж стосується і залежності амплітуди від коефіцієнта проникності. Збільшення звивистості приводить до збільшення амплітуди коливань скелету. Характер залежності може бути відмінним для інших діапазонів зміни вказаних параметрів. Дослідження електросейсмічних коливань пористих насичених тіл можуть бути корисними для вивчення їх характеристик.

1. *Biot M.A.* Theory of propagation of elastic waves in a fluid-saturated porous solids I. Low frequency range // *J. Acoust. Soc. Amer.* – 1956. – **28**, No. 2. – P. 168–178.
2. *Фізико-математичне моделювання складних систем / Я. Бурак, Є. Чапля, Т. Нагірний та ін.*, під ред. Я. Бурака, Є. Чаплі. – Львів: СПОЛОМ, 2004. – 264 с.
3. *Pride S.R.* Electro seismic wave properties / S.R. Pride, M.W. Haartsen // *Journal of the Acoustic Society of America.* – 1996. – No. 100. – P. 1301–1315.
4. *Tvardovska S.* Influence of external electric field on parameters of mechanical waves in saturated porous medium // *Task Quarterly.* – 2013. – **17**, No. 3–4. – P. 215–222. [In Ukrainian].

NUMERICAL AND ANALYTICAL METHODS OF STUDYING THE OSCILLATORY PROCESS OF A POROUS LAYER UNDER THE ACTION OF AN ELECTRIC FIELD

The paper examines the oscillations of a porous layer under the action of an external electric field. Time dependences of pore fluid and skeleton movements are given.