ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Физическая мезомеханика. Материалы с многоуровневой иерархически организованной структурой и интеллектуальные производственные технологии»

6–10 сентября 2021 г.
Томск, Россия

Томск – 2021
Издательство ТГУ

DOI: 10.17223/978-5-907442-03-0-2021-345

МОДЕЛЬ ПОРОУПРУГОСТИ ДЛЯ ПОРИСТОГО БИОМАТЕРИАЛА, НАПОЛНЕННОГО НЕИДЕАЛЬНОЙ ДВУХКОМПОНЕНТНОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЖИДКОСТЬЮ

Князева А.Г.

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск

Разработана модель пороупругого тела, основанная на модели Био [1] и учитывающая в биологической жидкости, наполняющей поры, появление градиента давления, связанного с градиентом концентраций. Неидеальные свойства жидкости описываются уравнениями состояния в дифференциальной форме, в которой материальные свойства могут нелинейным образом зависеть от давления и состава. Фактически модель представляет собой объединение моделей изотермической пороупругости и упругой диффузии, которые представляют интерес для разных приложений. Примеры построения подобных моделей содержатся в публикациях [2-4]. Полный тензор напряжений в подобных моделях предполагается состоящим из двух частей

$$\boldsymbol{\sigma} = (1-\eta)\boldsymbol{\sigma}_s + \eta\boldsymbol{\sigma}_f,$$

где индекс «*s*» относится к твердому каркасу, индекс «*f*» к наполняющей поры жидкости.

Для случая упругой среды и двухкомпонентной жидкости в приближении малых возмущений плотности жидкости, пористости и неизменности плотности твердой фазы модель включает уравнения равновесия для полного тензора напряжений, квазистатическое соотношение закона Дарси для скорости жидкости, уравнение неразрывности для жидкости, уравнение диффузии с конвективным слагаемым для растворенного в жидкости компонента, а также определяющие соотношения в виде уравнения для диффузионного потока, соотношения между компонентами полного тензора напряжений и деформациями, уравнение состояния собственно жидкости. Поток компонента включает слагаемые, связанные с явлением бародиффузии, а уравнение состояния учитывает эффект изменения давления, вызванный изменением в распределении концентрации.

В качестве примеров, иллюстрирующих роль новых эффектов, решены некоторые одномерные задачи. В частном случае стационарной задачи для невязкой неидеальной жидкости для нахождения «жидкофазной» составляющей давления имеем систему уравнений [5]

$$\frac{d^2 p_f}{dx^2} + \left(\beta_T \frac{dp_f}{dx} - \alpha_C \frac{dC}{dx}\right)\frac{dp_f}{dx} = 0;$$

$$-\frac{k}{\mu}\frac{dp_f}{dx}\frac{dC}{dx} = D\frac{d^2 C}{dx^2}.$$

Перепад давления на границах и концентрации на границах слоя заданы. Здесь C – концентрация; D – коэффициент диффузии; β_T – коэффициент сжимаемости жидкости; α_C – коэффициент концентрационного расширения; k и μ – проницаемость пористого слоя и коэффициент трения жидкости о стенки пор.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, тема номер FWRW-2021-0007.

1. Biot M. General Theory of Three Dimensional Consolidation // J. Appl. Phys., 1941, Vol. 12, No. 2. P.

2. Showalter R. E. Diffusion in Poro-Elastic Media //Journal of Mathematical Analysis and Applications 251, 310-340 (2000).

3. Coussy O. Poromechanics, John Wiley and Sons, Chichester, U.K., 2004. – 298p.

4. Токарева М.А., Папин А.А. Краевые задачи для уравнений фильтрации в пороупругих средах, Барнаул: Изд-во Алтайского госуниверситета. 2020. – 145 С.

5. Knyazeva A.G. Pressure diffusion and chemical viscosity in the filtration models with state equation in differential form //IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1128 (2018) 012036.