

Сравнение коэффициентов Био, вычисленных на моделях с реальной или искусственной микроструктурой

Научный руководитель – Шешенин Сергей Владимирович

Хамидуллин Илсаф Ринатович

Студент (специалист)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
Механико-математический факультет, Кафедра теории пластичности, Москва, Россия
E-mail: ilsafix@bk.ru

Параметр Био - это параметр передачи порового давления. Для изотропных пород это - скалярный коэффициент α , варьирующийся от 0 до 1 и зависящий от свойств грунта (пористости, формы пор, коэффициента Пуассона твердой фазы грунта) и от приложенных давлений [3]. Коэффициент Био входит в формулу для эффективных напряжений [2]:

$$\langle \sigma_{ij}^{eff} \rangle = \langle \sigma_{ij}^{full} \rangle + \alpha \langle p \rangle \delta_{ij}$$

В формуле давление жидкости $\langle p \rangle$ - положительная величина при сжатии. Угловые скобки означают осреднение по объему.

Впервые коэффициент передачи порового давления был введен М. Био (1941) в [2], поэтому в литературе он чаще всего называется его именем. Коэффициент Био показывает, какую часть порового давления нужно учесть при расчете эффективных напряжений.

В данной работе используется способ определения тензора передачи порового давления на основе асимптотического метода осреднения [1]. Вычислительная методика может быть оценочным способом определения эффективных свойств пород, если известна структура порового пространства и упругие свойства компонентов матрицы. Данный способ основывается на асимптотическом осреднении уравнения равновесия неоднородной упругой пористой среды с граничными условиями на поверхности пор.

Для определения компонент тензора передачи порового давления α_{ij} в представительной области V_{RVE} формулируется краевая задача, где на границе пор Σ_{int} задается постоянное давление жидкости p_0 , а граница представительной области Σ_{RVE} закреплена.

Компоненты эффективного тензорного параметра Био рассчитываются по формуле [1]:

$$\alpha_{ij}^{eff} = \frac{\langle \sigma_{ij} \rangle}{p_0}.$$

Решение этой задачи можно осуществлять с помощью конечно-элементной программы.

Целью данной работы является сравнение коэффициентов Био для гялокластитов с угловатыми и круглыми формами пор, вычисленных на моделях с реальной или искусственной микроструктурой.

Для искусственного моделирования угловатых пор были выбраны треугольники и четырёхугольники, а для круглых пор использовались круги и эллипсы разных размеров. Сначала создавались 3D модели репрезентативной области в программном комплексе Digimat-FE. Для получения 2D моделей брались сечения этих объемных моделей. Анализ результатов показал, что для угловатых форм пор моделирование треугольниками и четырёхугольниками не подходит. Разница между коэффициентами Био (для реальных и искусственных моделей) велика для любого значения коэффициента Пуассона. Для круглых форм пор с коэффициентом Пуассона $\nu = 0, 1 \dots 0, 3$ и пористостью $n = 4\% \dots 32\%$ погрешность вычислений не превышает 5%. Для более высоких значений коэффициента Пуассона погрешность увеличивается.

Источники и литература

- 1) Артамонова Н.Б., Шешенин С.В., Орлов Е.А., Чжоу Бичэн, Фролова Ю.В., Хамидуллин И.Р. Вычисление эффективных свойств геокомпозитов на основе изображений компьютерной томографии // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. – 2022. – № 3. – С. 83–94. DOI: 10.15593/perm.mech/2022.3.09
- 2) Biot M.A. General theory of three-dimensional consolidation // Journal of Applied Physics. – 1941. – Vol. 12, № 2. –Р. 155–164. DOI: 10.1063/1.1712886
- 3) Gueguen Y., Bouteca M. Mechanics of fluid-saturated rocks. – Elsevier Acad. Press, 2004. – 450 с.
- 4) Sheshenin S. V., Artamonova N. B., Mukatova A. Zh. Application of the averaging method to determine the pore pressure transfer coefficient // Moscow University Mechanics Bulletin, 2015

Иллюстрации

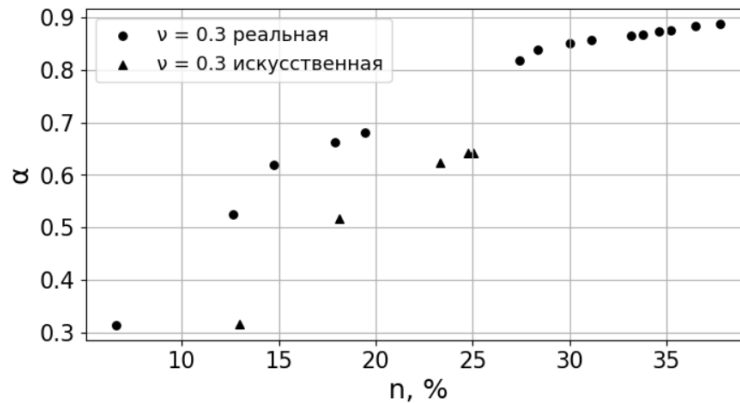


Рис. : Зависимость коэффициентов Био для угловатых форм пор от пористости, вычисленных на моделях с реальной микроструктурой и искусственной с коэффициентом Пуассона равным 0.3

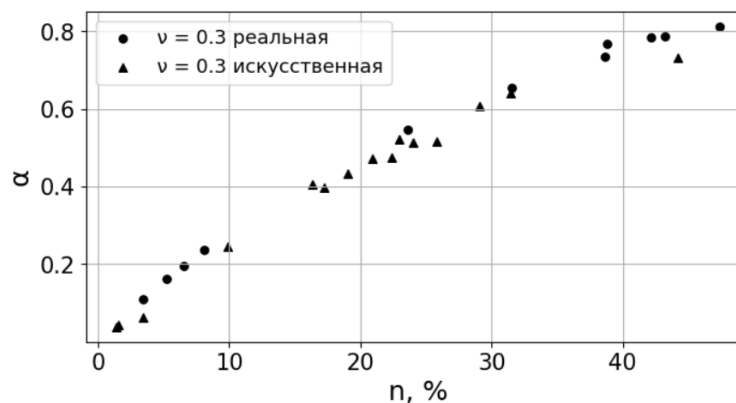


Рис. : Зависимость коэффициентов Био для круглых форм пор от пористости, вычисленных на моделях с реальной микроструктурой и искусственной с коэффициентом Пуассона равным 0.3