

КАПИЛЛЯРНАЯ МОДЕЛЬ ПОРИСТОЙ СРЕДЫ, ПОСТРОЕННАЯ НА ОСНОВАНИИ ДАННЫХ ТОМОГРАФИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ КЕРНА

О. А. Симонов, Ю. Ю. Ерина

Тюменский научный центр СО РАН, Тюмень, Россия

В развитии подхода к описанию движения флюидов в пористых средах [1], предложена оригинальная методика построения модельной пористой среды. В качестве основы использована известная и широко применяемая капиллярная модель, учитывающая распределение пор по размерам, полученное в результате томографического исследования пористых сред или визуального анализа шлифов керна. Модель пористой среды сформирована путем разбиения последней на тонкие слои с отрезками капилляров, которые условно считаются цилиндрическими. Слои вероятно соединяются между собой, формируя параллельные капилляры переменного сечения. В приближении безынерционного течения рассчитывается эффективный диаметр капилляров, и пара соединенных капилляров разного диаметра заменяется новым капилляром с эффективным диаметром:

$$d_{1-2} = \sqrt[4]{\frac{2}{\frac{1}{d_1^4} + \frac{1}{d_2^4}}}. \quad (1)$$

Полученные модельные капиллярные слои снова соединяются друг с другом, и процедура повторяется несколько раз. В предельном случае на некоторой итерации (n) все капилляры в слое будут иметь один диаметр – $d_{эф}$. Расчет этой величины – конечная цель усреднения капиллярных слоев. Так как каждая итерация соединения капиллярных слоев создает гидравлически тождественную модель, набор параллельных капилляров диаметром $d_{эф}$ считается гидравлически тождественной моделируемой пористой среде.

Абсолютная проницаемость модельной пористой среды k_0 (Дарси) определяется как проницаемость пучка из N параллельных капилляров диаметром $d_{эф}$:

$$k_0 = \frac{S_{эф}}{S_p} N k_{эф}, \quad (2)$$

где $k_{эф}$ – проницаемость (m^2) капилляра диаметром $d_{эф}$, которая в приближении Пуазейля выражается через диаметр $d_{эф}$:

$$k_{эф} = \frac{d_{эф}^2}{32}. \quad (3)$$

Алгоритм вероятностного соединения капиллярных слоев пористой среды реализован численно, проведено сравнение с экспериментальными данными. Хотя предложенная методика дает завышенную оценку абсолютной проницаемости, она значительно точнее описывает пористую среду, чем капиллярные модели, построенные на обычных принципах. Основная цель предложенной методики построения моделей пористых сред – создать достаточно простую, но более точную теоретическую основу для моделирования одно- и многофазной фильтрации. Построенная с применением предлагаемой методики капиллярная модель пористой среды сохраняет важные преимущества классической капиллярной модели, что позволяет использовать спектр как аналитических, так и численных подходов в исследовании фильтрации.

Литература

1. **Simonov, O. A.** Review of modern models of porous media for numerical simulation of fluid flows [Text] / O. A. Simonov, Yu. Yu. Erina, A. A. Ponomarev // *Heliyon*. – 2023. – Vol. 9, No. 3. – P. 1–15. <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22292>.