

Связанная задача пороупругости для цементированной скважины

Есипов Денис Викторович

Институт вычислительных технологий СО РАН (Новосибирск), Россия

e-mail: esipov@ict.sbras.ru

В настоящей работе рассматривается метод конечных элементов для разрешения связанной задачи пороупругости в применении к исследованию прочности цементной оболочки скважины. Модель связанной пороупругости описывается уравнениями статической упругости и одним уравнением диффузии. При этом в уравнениях упругости есть дополнительный член, отвечающий за пороупругое сжатие или расширение, а в уравнении диффузии — за изменение порового давления при изменении во времени шарового тензора деформаций. Считается, что все поперечные сечения скважины одинаковы и уравнения упругости рассматриваются для плоского деформированного состояния. Однако горное давление действующие в поперечной плоскости не является однородным. Отметим, что только уравнение диффузии зависит от времени.

В разработанном численном методе для дискретизации производных по времени используется полностью неявная разностная схема, ввиду ее абсолютной устойчивости. На каждом временном слое уравнения, содержащие производные по пространству, рассматриваются в слабом смысле и решаются методом конечных элементов. Затем, на каждом шаге по времени методом обобщенных минимальных невязок (GMRES) решается результирующая система линейных алгебраических с разными векторами правой части и отыскиваются неизвестные поровое давление, смещения и напряжения. Отметим, что разработанный метод не является консервативным. Численный метод проверифицирован на задаче, обладающей радиальной симметрией.

С помощью разработанного метода проведено исследование поведения цементной оболочки ствола скважины при варьировании следующих параметров: физических параметров цемента, давления жидкости в стволе скважины, порового давления в породе и иных геомеханических параметров.