

РЕЦЕНЗИЯ НА СТАТЬЮ
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ ФИЛЬТРАЦИИ
ПРИРОДНОГО ГАЗА

Последние десятилетия развитие нефтегазовой промышленности Российской Федерации в основном определяется разведкой и освоением месторождений, расположенных на Северо-Востоке страны и на Арктическом шельфе. Эти месторождения расположены в криолитозоне и, кроме того, характеризуются сложным геологическим строением продуктивных горизонтов, расположенных на большой глубине, что увеличивает риск техногенных аварий и катастроф и приводит к повышению себестоимости добываемой продукции. В свою очередь эти обстоятельства требуют более тщательной подготовки технологических проектов, которые должны быть основаны на современных научных достижениях соответствующих разделов теории фильтрации жидкости и газа, а также – вычислительной математики. Более того, перед исследователями, изучающими особенности данных процессов методами математического моделирования, возникают новые задачи, соответствующие более глубокому физическому описанию этих процессов. Тем самым, актуальность темы исследования не вызывает сомнений. Но следует отметить, что в настоящее время интерес к математическим моделям неизотермической фильтрации газа связан, главным образом, с попытками дать теоретическое обоснование рациональной технологии извлечения газа из газогидратных скоплений или же с разработкой методов предотвращения образования гидратов в системах добычи и транспорта природного газа.

В рецензируемой работе методами численного моделирования на примере осесимметричного потока природного газа в пористой среде выполнен анализ взаимного влияния термодинамики и поля скоростей фильтрации, а также – входных параметров математической модели неизотермической фильтрации. Для математического описания процесса отбора газа через одиночную скважину, расположенную в центре круговой залежи, используется полная система уравнений, описывающая осесимметричную неизотермическую фильтрацию реального газа в пористой среде. Данная нелинейная система дифференциальных уравнений в частных производных получена из законов сохранения массы и энергии и закона Дарси, а в качестве замыкающих соотношений используются физическое и калорическое уравнения состояния. Граничные условия соответствуют отбору газа при заданном массовом расходе, на контуре питания задаются условия, моделирующие отсутствие потоков фильтрующегося газа и тепла, то есть моделируется водонапорный режим отбора газа. Поставленная задача решается методом конечных разностей, при этом уравнения аппроксимируются линеаризованной неявной и чисто неявной (абсолютно устойчивой) разностными схемами, полученными при помощи метода баланса. Так как разностная задача будет нелинейной, то ее решение находится методом простой итерации с использованием прогоночных алгоритмов и бегущего счета на каждом шаге итерации. Но в статье алгоритм численной реализации модели не приведен. В целом, использованные авторами методы и подходы адекватны для решения поставленной задачи. Выявлено, что с помощью линеаризованной разностной схемы можно получить достаточно точные результаты вычислений.

Закключение: Направление исследования обладает научной значимостью и практической ценностью, т.е. результаты исследования могут иметь практическую значимость при разработке и эксплуатации месторождений углеводородного сырья. Статья соответствует тематике «вычислительная математика» журнала «Сибирские электронные математические известия».

Рецензент:
Д.ф.-м.н., профессор.
20/11/2024

Пери

Пермяков Петр Петрович