

Разработка отечественного программного обеспечения для моделирования фильтрации высоковязких нефтей

Я.В. Невмержицкий, В.Ю. Семака, В.А. Панов,
А.А. Быков, И.Н. Завьялов, Н.А. Завьялова
(Московский физико-технический институт)

В связи с истощением запасов месторождений происходит переход к выработке трудноизвлекаемых запасов, в частности, объектов, содержащих высоковязкую нефть. Широкое применение для разработки таких объектов получили тепловые методы увеличения нефтеотдачи (МУН). Выбор оптимальной с точки зрения добычи и экономики технологии разработки месторождения с использованием тепловых МУН связан с многовариантными расчетами на полномасштабных и секторных моделях. Целью данной работы является разработка симулятора, позволяющего проводить расчеты неизотермической многокомпонентной фильтрации с фазовыми переходами.

Задача решается в двумерной области, причем предусмотрена возможность расчета как площадных моделей (при пароциклической обработке пласта), так и профильных (при применении парогравитационного дренажа). Нефть представлена двумя псевдокомпонентами: легкой и тяжелой фракцией, которые могут переходить в газовую фазу, водная фаза представлена одним компонентом, который также может переходить в газовую фазу. При численном моделировании учитываются вязкопластические свойства нефти, фильтрация воды и газа осуществляется по закону Дарси. Расчет фазового равновесия выполняется путем решения уравнений Рэчфорда – Райса, в которых константы фазового равновесия описываются корреляцией Вильсона. Плотности, вязкости фаз являются функциями температуры и давления, реологические параметры нефти, конечные точки и относительные фазовые проницаемости в них зависят только от температуры. В процессе моделирования учитываются эффекты, связанные с теплопроводностью, в том числе теплопотери через кровлю и подошву пласта, прогрев скважины нагревателем.

Кроме расчетов процесса фильтрации, в разрабатываемом симуляторе реализована возможность расчета технологического режима нагнетательной скважины для связи параметров на забое и устье. Моделирование течения пароводяной смеси осуществляется полуаналитическим методом с помощью корреляции Беггса – Брилла.

Разработанная программа верифицирована путем сравнения с известными аналитическими решениями, а также с результатами моделирования на коммерческом симуляторе. Были также проведены тестовые расчеты для исследования эффективности теплового воздействия на пласт с вязкопластической нефтью.