

Оперативное моделирование на основе концепции материального баланса для контроля и регулирования разработки нефтяных месторождений

АФАНАСКИН ИВАН ВЛАДИМИРОВИЧ
НИИСИ РАН (Москва), Россия
e-mail: info@ivanafanaskin.ru

Большинство нефтяных месторождений в России находятся на третьей или четвертой стадии разработки, это означает, что в продукции добывающих скважин присутствует большое количество воды. Контроль и управление разработкой таких месторождений требуют большого количества гидродинамических расчетов. Во многих случаях использование трехмерных многофазных моделей является неприемлемым в виду больших трудозатрат, достаточно более простых моделей. Рассмотрим модель разработки участка нефтяного пласта группой скважин на основе концепции материального баланса при трехфазной фильтрации нефти, газа и воды.

Предлагаемая модель имеет следующие ограничения: в рассматриваемой зоне пласт должен быть единой гидродинамически связанной системой; капиллярными и гравитационными силами пренебрегается; распределение флюидов в пространстве не учитывается, т.е. можно оперировать средними по рассматриваемому участку пласта насыщенностями; изменение пластового давления по площади рассматриваемого участка мало и можно оперировать средним по участку пластовым давлением; пласт представлен одной емкостной системой (либо поры, либо трещины); переток нефти через границы участка отсутствует; течение изотермическое, жидкости не смешивающиеся, химических реакций нет.

Тогда система уравнений модели будет состоять из трех законов сохранения массы для фаз и замыкающего соотношения, гласящего, что сумма насыщенностей по нефти, воде и газу равна единице. Система уравнений напоминает систему Маскета-Мереса, но в уравнениях отсутствуют дивергентные члены. После перехода к разностному аналогу производной по времени и линейной комбинации уравнений сохранения можно получить нелинейное уравнение для давления на следующем временном шаге, в котором отсутствует насыщенность на следующем временном шаге. Уравнение для давления решается методом секущих. Насыщенности получаются прямым счетом из разностных аналогов уравнений сохранения для нефти и воды и замыкающего соотношения. В процессе расчетов используется переменный шаг по времени и контролируется накопленная ошибка материального баланса по фазам. Для определения относительной фазовой проницаемости по нефти при трехфазной фильтрации используется вторая модель Стоуна. Для определения радиуса контура питания в выражениях для дебитов добывающих и расходов нагнетательных скважин используется формула Писмана. Учитывается приток воды из законтурной области и приток газа из газовой шапки. По результатам тестовых расчетов наблюдается хорошее совпадение результатов расчетов с фактическими замерами добычи и давления по пласту.