

Гидродинамические задачи разработки нефтегазовых месторождений и дополнительные граничные эффекты фильтрации в поровой среде

***В.П. Шакишин, В.И. Попков, И.Г. Хамитов,
Д.А. Криков (ООО «СамараНИПИнефть»),
А.М. Штеренберг (СамГТУ)***

Анализ существующих методологий исследования вида и особенностей решений уравнения Навье – Стокса (основа всех трехмерных трехфазных и многокомпонентных симуляторов) показывает, что одним из методов получения качественной картины «поведения» решений нелинейных дифференциальных уравнений в целом служат асимптотические методы, к которым можно отнести линеаризации.

Более сложная картина наблюдается для уравнений фильтрации многокомпонентной жидкости, которые уже получены из линеаризованной системы уравнений Навье – Стокса. Однако данные уравнения еще более упрощаются дополнительными упрощениями и допущениями о виде связи между параметрами системы. Это лишает решение некоторых особенностей уравнений Навье – Стокса, в частности, решений вида «стоячей волны» (солитон), которые исчезают после линеаризации.

Учесть такие явления можно методом дополнительной перестройки уже линеаризованной системы, вводя зависимость определенных параметров системы от решения, благодаря чему удается восстановить качественную картину наблюдаемого решения. Для этого предлагается использовать диссипативный слой, схожий в некотором смысле с вязким пограничным слоем Прандтля: при скоростях, меньших некоторой критической величины, вводятся дополнительные нелинейные зависимости параметров системы от скорости движения:

- 1) через критические значения капиллярных или гравитационных чисел;
- 2) через критические объемные скорости фильтрации жидкости в целом.

Тем самым исключаются решения, которые принципиально не описываются модельными.

Малые граничные правки в областях пониженных скоростей не должны блокировать фильтрацию полностью, чтобы не нарушить законы сохранения исходной системы. Они либо эволюционно формируются в вязкоупругое тело, внося дополнительные слагаемые в энергию системы, либо дополняются новыми граничными условиями, которые, меняясь во времени, модифицируют решения в соответствии с законами сохранения. Модификация такого рода, приближая решения модели к действительности, будет корректировать прогностическую ценность рассчитанных сценариев поведения системы.

Оценка определенных характеристик в неизмеряемых или слабоизмеряемых зонах (коэффициент охвата заводнением по площади, коэффициент дренирования, принципиально невычисляемые на исходной модели, и др.) на такой модели будет иметь более точные значения, чем на исходной.

В подтверждение справедливости данного утверждения проводится сопоставление результатов для исходной и предлагаемой моделей с наблюдаемой действительностью для различных сложно-построенных объектов разработки с маловязкими и высоковязкими нефтями.