

Двухмерная модель переноса проппанта в трещине гидроразрыва*

П.В. Карнаков

(Институт вычислительных технологий СО РАН)

Технология гидроразрыва пласта (ГРП) в настоящее время активно применяется для интенсификации работы нефтяных и газовых скважин. Путем закачки жидкости гидроразрыва под высоким давлением в нефтяном пласте создают трещину и заполняют ее расклинивающим агентом (проппантом) для поддержания в раскрытом состоянии.

Построена математическая модель процесса ГРП. Предположения о форме трещины повторяют положения РКН-модели, в которой трещина распространяется вдоль плоскости в одном направлении и имеет в каждом поперечном сечении эллиптический профиль раскрытия. Течение смеси жидкости и проппанта в трещине предполагается двухмерным (свойства усреднены по ширине трещины), причем режим течения зависит от концентрации проппанта: при низкой концентрации скорости жидкости и проппанта совпадают, при высокой – проппант останавливается, а жидкость фильтруется через проппант согласно закону Дарси. Утечки жидкости учитываются по формуле Картера. Таким образом, течение смеси описывается двухмерной двухскоростной моделью.

Для численного решения уравнения переноса проппанта использован метод частиц в ячейках, который позволяет снизить эффект численной диффузии и обеспечивает лучшую детализацию границы раздела компонентов смеси по сравнению с конечно-разностными методами. Процедура совместного решения уравнений модели основана на методе релаксации с модификацией, ускоряющей сходимость итераций и позволяющей рассматривать профили с нулевой шириной.

Особенностями модели являются возможность описания эффекта остановки проппанта при высокой концентрации из-за трения о берега трещины и происходящей при этом фильтрации жидкости через проппант, а также учет неравномерности распределения проппанта вдоль плоскости трещины. Последнее становится актуальным ввиду появления в последнее время технологий неоднородного размещения проппанта в трещине.

Проведены численные эксперименты для различных режимов закачки проппанта. Показано влияние режима закачки на длину и итоговую форму трещины, заполненной проппантом.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-11-00234).