

Моделирование гидроразрыва пласта в пороупругой среде

*С.В. Головин, А.Н. Байкин
(Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН)*

Гидроразрыв пласта (ГРП) является важным компонентом современных технологий интенсификации добычи трудноизвлекаемых запасов углеводородов. Распространение трещины ГРП обусловлено закачкой в нее вязкой жидкости, которая создает давление на стенках, достаточное для преодоления горного давления и разрушения породы. Процесс развития трещины зависит от нескольких факторов: течения вязкой жидкости по тонкой трещине, упругой реакции стенок трещины, фильтрации жидкости через стенки трещины в пласт, разрыва породы и продвижения кончика трещины. Описание динамики трещины является сложной задачей, которая редко решается в ее полной постановке.

Предложены математические модели физических процессов, происходящих при ГРП. Предметом моделирования являются: 1) динамика развития трещины ГРП с учетом влияния порового давления в пласте на обмен жидкостью и изменение напряжений в окрестности трещины, критериев разрушения горной породы, неоднородности сжимающего горного давления и физических характеристик породы; 2) прогноз дебита скважины с множественными ГРП; 3) определение физических параметров пласта и характеристик трещины на основе анализа нестационарных волновых процессов.

Подход основан на уравнениях пороупругости, позволяет определить фильтрацию поровой жидкости и деформацию горной породы совместно с раскрытием трещины. Положительным качеством модели является описание взаимного влияния давления поровой жидкости и напряжений в пласте, учет неоднородности пласта и сжимающих напряжений. Кроме того, данный подход позволяет описать обмен жидкостью между трещиной ГРП и поровым пространством пласта естественным образом без учета дополнительных предположений типа формулы Картера.

Показано, что поровое давление может существенно влиять на динамику трещины. В частности, моделирование ГРП в рамках полных моделей пороупругости существенно уточняет характеристики трещины, рассчитанной по модели чистой упругости (различие длин трещин может составлять в 1,5–2 раза), неоднородность физических свойств пласта может приводить к несимметричному и немонотонному раскрытию трещины. Рассмотрены возможности расширения модели для описания более широкого круга задач моделирования динамики ГРП.