

Учет трещины гидравлического разрыва пласта при моделировании разработки месторождений нефти и газа

А.Д. Кадырова

Московский физико-технический институт (государственный университет)

В настоящее время в разработку широко вовлекаются трудноизвлекаемые запасы углеводородов, приуроченные к низкопроницаемым, слабодренуемым, неоднородным и расчлененным коллекторам. В связи с этим проблема интенсификации месторождений является актуальной. Одним из наиболее эффективных методов повышения производительности скважин является гидравлический разрыв пласта (ГРП).

Исследования и практика применения ГРП [1] показывают, что наиболее высокая его эффективность может быть обеспечена при комплексном подходе к проектированию, основанном на учете различных факторов [2]. Для реализации данного подхода необходима возможность учета трещин гидроразрыва в многофазовых моделях фильтрации [3]. Поэтому представляется актуальным развитие методов расчета течения флюида в окрестности скважины с трещиной ГРП.

Целью работы является расчет притока к скважине, пересеченной трещиной гидравлического разрыва, и сравнение аналитического и численных решений этой задачи.

В работе рассмотрено аналитическое решение задачи о притоке к скважине, пересеченной трещиной гидроразрыва [4]. На основе данного решения написана компьютерная программа, позволяющая определить дебит скважины с трещиной ГРП. Полученные результаты представлены в виде графиков зависимости кратности увеличения дебита от длины трещины при различных значениях проводимости трещины и проницаемости пласта (рис. 1, 2). Показано, что увеличение длины трещины не приводит к неограниченному росту дебита скважины, т.е. существует предельная величина трещины, превышение которой не является целесообразным, поскольку не влечет за собой существенного роста добычи. Данный вывод имеет значение при оптимизации гидравлического разрыва, поскольку увеличение протяженности трещины требует дополнительного расхода жидкостей разрыва и проппанта и влечет за собой возрастание стоимости операции. Кроме того, чем больше различаются проницаемости пласта и трещины, тем выше это предельное значение, т.е. в менее проницаемых пластах более эффективны длинные трещины.

На примере пятиточечного элемента разработки месторождения проведено тестирование и сравнение основных подходов к моделированию трещины с использованием программного комплекса Tempest. Для данного элемента было получено точное значение дебита скважины с трещиной гидроразрыва с помощью аналитического решения для одиночной скважины и принципа суперпозиции.

Моделирование трещины при помощи встроенной технологии Tempest Well Fraction показало удовлетворительное совпадение рассчитанных значений дебита скважины с трещиной ГРП с точным решением. Однако линиями равного потенциала в данной задаче в окрестности скважины должны быть эллипсы, которые не наблюдаются при визуализации поля давлений при задании трещины функцией Well Fraction.

Применение разностно-аналитического подхода к заданию трещины, основанного на предположении, что внутри трещины и вблизи нее течение описывается аналитическим решением, граничные условия для которого определяются из численного решения задачи для пласта, также показало удовлетворительные результаты для значений дебита. Кроме того, при визуализации модели линиями равного давления являлись эллипсы, т.е. данный подход к учету трещины позволяет не только получить адекватные численные показатели, но и детально описать характер притока к скважине.

Моделирование с использованием отрицательного скин-фактора не продемонстрировало приемлемого совпадения с точным решением, из чего можно сделать вывод, что применение данного подхода для практических целей не всегда приводит к корректным результатам.

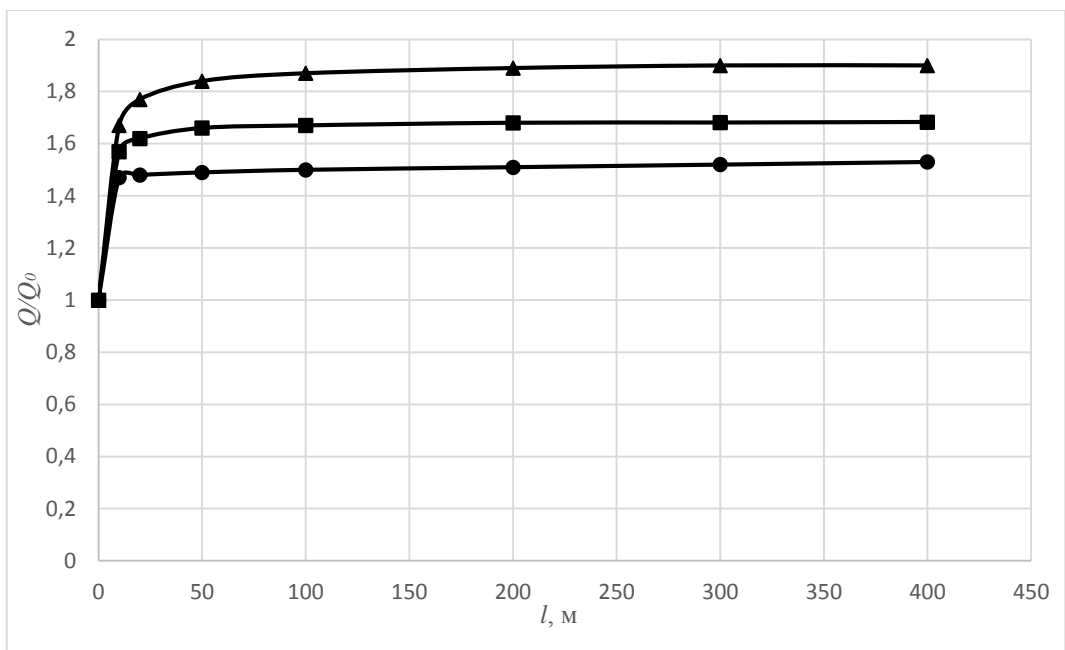


Рис. 1. Зависимость кратности увеличения дебита (безразмерная величина) от полудлины трещины (м) для пласта низкой проницаемостью $k=10^{-3}$ мкм². Разные символы соответствуют значениям проводимости трещины: ▲ – 2 мкм²*м, ■ – 1 мкм²*м, ● – 0,5 мкм²*м.

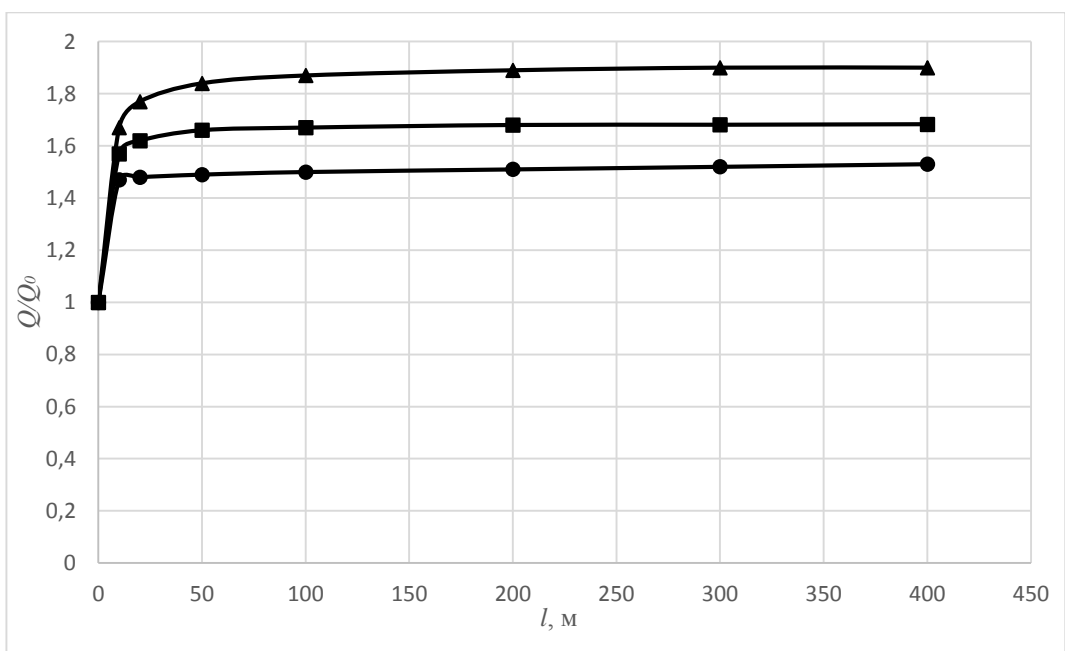


Рис. 2. Зависимость кратности увеличения дебита (безразмерная величина) от полудлины трещины (м) для пласта с высокой проницаемостью $k=10^{-1}$ мкм². Разные символы соответствуют значениям проводимости трещины: ▲ – 2 мкм²*м, ■ – 1 мкм²*м, ● – 0,5 мкм²*м.

Литература

1. Economides M., Oligney R., Valko P. Unified Fracture Design – Alvin: Orsa Press, 2002. 200 с.
2. Басниев К.С., Дмитриев Н.М., Каневская Р.Д., Максимов В.М. Подземная гидромеханика. М.: ИКИ, 2005. 495 с.
3. Каневская Р.Д. Математическое моделирование гидродинамических процессов разработки месторождений углеводородов. М.: ИКИ, 2002. 140 с.
4. Каневская Р.Д. Математическое моделирование разработки месторождений нефти и газа с применением гидравлического разрыва пласта. М.: Недра, 1999. 212 с.