

# Моделирование множественного гидроразрыва пласта

**А.А. Быков**

научный сотрудник<sup>1,2</sup>

**И.Н. Завьялов**

старший научный сотрудник<sup>1,2</sup>

**Н.А. Завьялова**

старший научный сотрудник<sup>1,2</sup>

**С.С. Негодяев**

генеральный директор<sup>1</sup>, декан факультета<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ООО «Нефтегазовый центр МФТИ»,  
Москва, Россия

<sup>2</sup>МФТИ, Москва, Россия

Одной из востребованных технологий, направленных на интенсификацию нефтеотдачи, является многостадийный гидроразрыв пласта (МГРП). Такая операция обычно применяется для «сложных» месторождений, содержащих неоднородные низкопроницаемые пропластки, либо для возобновления функционирования старых месторождений.

К программному обеспечению для моделирования такого рода объектов применяются серьезные требования, а именно:

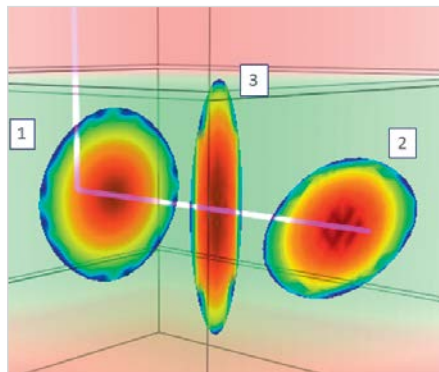


Рис. 1 — Последовательный рост. Каждая трещина растет, когда предыдущая уже закреплена. Трещины пронумерованы по их инициации

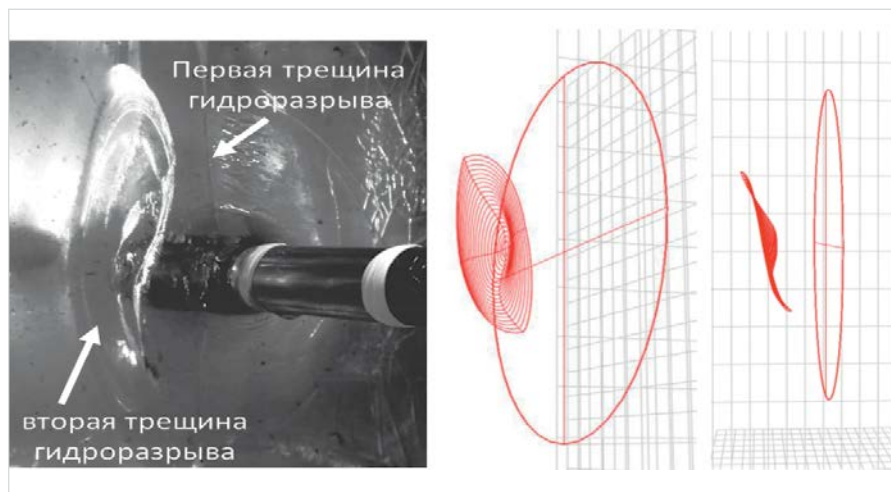


Рис. 2 — Сравнение результатов расчета с экспериментом для второй трещины гидроразрыва, растущей в поле первой трещины. Результаты отклоняются не более чем на 10%

**В статье описаны возможности нового программного обеспечения для моделирования множественного гидроразрыва пласта. При моделировании учитываются особенности неоднородной среды, влияние трещин друг на друга, рассчитывается последующий дебит нефти.**

## Ключевые слова

ГРП, многостадийный гидроразрыв пласта, геомеханика, математическое моделирование, программное обеспечение, жидкости гидроразрыва, симулятор гидроразрыва

учет неоднородностей среды, возможность моделирования нескольких объектов одновременно и небольшое время расчетов для того, чтобы можно было за короткий срок рассчитать множество кейсов и качественно выполнить дизайн самого процесса.

Моделирование МГРП и результаты сильно отличаются от моделирования ГРП. Например, при последовательном росте трещин каждая из них меняет окружающие поля напряжений и каждая следующая трещина растет уже в измененной среде и отличается от предыдущих (рис. 1). Если же трещины растут вместе и есть перетоки жидкости гидроразрыва через скважину, то чем трещина больше, тем ей легче забирать в себя закачиваемую жидкость ГРП и расти дальше. Чтобы управлять этими процессами, необходимо четко понимать стратегию проведения самой операции гидроразрыва и определить желаемый дизайн.

Разработанный симулятор может рассчитывать геометрию единичной трещины ГРП и трещин МГРП в неоднородной среде, определять стратегию проведения самого процесса. Функционал позволяет выбирать разные жидкости степенных реологий, менять жидкости в процессе закачки, рассчитывать транспорт проппанта в скважине и трещине (с учетом гравитационного осаждения и отличия скоростей проппанта и

жидкости), изменения реологии жидкости несущей проппант, проводить анализ самого процесса и анализ мини-ГРП. Симулятор также позволяет рассчитывать приток пластовых флюидов к горизонтальной скважине с многостадийным гидроразрывом, с учетом геологической структуры пласта и проводить оптимизационные исследования для поиска подходящего дизайна ГРП.

При росте взаимодействующих трещин ГРП, симулятор позволяет физически обоснованно определять блокирование роста трещин друг-другом, отклонение поверхности трещины от планарной, раскрытие трещины под воздействием другой трещины, рост некоторых трещин по вертикальному направлению и другие.

Благодаря применению современных вычислительных методов и гибкости реализации удалось достичь характерного расчетного времени для одного кейса в 10 минут, несмотря на сложность объекта моделирования.

В качестве апробации результаты сравнивались с лабораторными экспериментами и показали хорошее соответствие (рис. 2).

Следующими шагами по развитию продукта будут возможности расчета повторного ГРП и автоГРП.

ООО «Нефтегазовый центр МФТИ» занимается решением физико-математических задач применительно к нефтяному инжинирингу. Сотрудники НГЦ МФТИ разрабатывают математические модели и проводят лабораторные эксперименты для описания сложных процессов, которые, как правило, не рассчитываются общепринятыми методами. В зону интересов центра попадает геомеханика, фильтрация, расчеты течения жидкости ГРП с проппантом в трещинах и скважинах, методы увеличения нефтеотдачи и интенсификация добычи на старых месторождениях.



141701, Московская область,  
г. Долгопрудный, Институтский пер., 9  
+7 (495) 408-76-09