

Усовершенствованные модели дизайна и оценки продуктивности трещины ГРП с высоким пространственным разрешением

Научный руководитель – Чупраков Дмитрий Арефьевич

Резников Игорь Константинович

Аспирант

Московский физико-технический институт, Москва, Россия

E-mail: ireznikov@slb.com

Мы разработали высокочувствительный калькулятор продуктивности, который позволяет быстро и точно рассчитать дебит трещины гидроразрыва пласта (ГРП), смоделированной на двумерной мелкомасштабной сетке. Трещина ГРП моделируется с помощью комплексного симулятора, включающего двумерную модель течения материалов с отслеживанием температурного воздействия, динамики распространения трещины в пластовых условиях, оседания проппанта с эффектом волокон и др.

После симуляции ГРП мы с высокой точностью моделируем закрытие трещины после окончания работы, оцениваем неоднородные пространственные профили её ширины и напряжений, приложенных к проппанту и стенкам трещины. Мы также вычисляем точное распределение проводимости созданной трещины и открытых каналов, что особенно важно для кластерной технологии и кислотных ГРП. Пространственная сетка на трещине может состоять из десятков тысяч ячеек, что необходимо для корректной оценки дебита скважины с такой трещиной впоследствии.

Далее, мы используем результаты моделирования роста и закрытия трещины, чтобы оценить её дебит, коэффициент продуктивности, безразмерную проводимость C_{FD} и скин-фактор. Для этого мы вычисляем новую характеристику — эффективную проводимость трещины, которая заменяет классическое определение скалярной проводимости трещины в случае, вообще говоря, сложного двумерного распределения проппантов, волокон и каналов вдоль трещины. Даже незначительно варьируя параметры дизайна ГРП, мы отслеживаем все изменения в геометрии и заполнении трещины, а также связанных показателей продуктивности. В работе мы показываем достоинства модели, перечисляем принятые допущения, а также сравниваем её результаты с точными решениями для закрытия трещины и суммарного дебита в случае неоднородного её заполнения.

Особенностью представленных цифровых продуктов является не только их высокая точность и увеличенное пространственное разрешение, но и скорость расчёта. Мы выполняем эти оценки быстро, всего за несколько секунд. Технология оценки продуктивности распространяется и на трещины в нагнетательных скважинах, где аналогично вычисляется их приёмистость. Кроме того, в докладе мы продемонстрируем и высококачественную трёхмерную визуализацию результатов моделирования на всех описанных этапах: процесса ГРП, закрытия трещины и добычи.

Новизна исследования заключается в разработке новой высокочувствительной многокомпонентной модели со встроенной оценкой производительности для сложной трещины, заполненной каналами, и её валидации на аналитических решениях. Представленная работа даёт представление о том, как современные эффективные методы позволяют быстро, точно и удобно оценить дизайн трещины для достижения максимальной добычи при минимальных затратах на проведение ГРП.