

## **Разработка и развитие симулятора гидроразрыва пласта, опирающегося на экспериментальное лабораторное моделирование процессов ГРП**

*Michael W. Conway  
(Core Laboratories, Stim-Lab Division)*

---

С того момента, как появились уравнения Картера для прогнозирования площади ГРП в год запуска первого искусственного спутника Земли (1957 г.), и по сей день продолжаются разработки симуляторов для проектирования ГРП. Начиналось все с 2D моделей Перкинса, Керна, Христиановича и Желтова. Одна из первых 3D моделей была разработана в начале 80-х годов, и темой данной работы является ее дальнейшая разработка.

Один из первых кодов созданного репликатора GONFER был разработан во многом по аналогии с другими симуляторами. Физика процесса описана и достоверно подтверждена в имеющейся литературе. Внутри любого симулятора ГРП есть три основных компонента: образование трещины, доставка проппанта и ожидаемая продуктивность. Понимание процесса и разработка подходов к моделированию доставки проппанта были наиболее слабым местом в данном вопросе, поэтому именно на них направлены все новые разработки.

В 1989 г. Stim-Lab начала коллективную отраслевую программу «Исследования реологии и транспортирующей способности наиболее распространенных ГРП жидкостей относительно проппантов». Эта программа продолжалась до 2001 г. при участии в ней в среднем 25-30 компаний. Одним из ключевых лабораторных устройств для исследований был щелевой реометр с прозрачным окном высотой 1,2 м и длиной 4,8 м. Испытания по подаче проппанта записывались на видео для последующего анализа. Стало очевидно, что явления, задействованные в этом эксперименте, слишком сложны для традиционного анализа. Примерно в это же время компания Marathon Oil, владелец марки GONFER, приступила к реализации крупного исследовательского проекта по совершенствованию транспортной модели. В 1992 г. было подписано соглашение о совместном исследовании, после чего симулятор был модифицирован таким образом, чтобы можно было осуществлять его привязку с помощью сетки к таким же физическим размерам, что и лабораторная модель. В данном виде результаты работы симулятора можно было сравнивать непосредственно с видео, и если модель была похожа на видео-эксперимент, то было понятно, какие параметры имели решающее значение для управления транспортом проппанта. Еще одно преимущество такого подхода заключалось в том, что как только была подтверждена достоверность моделирования, можно было использовать симулятор для проектирования реальных работ по ГРП на месторождениях, поскольку не требовались дальнейшие разработки.

Эти усилия в итоге потребовали внесения существенных изменений в методику оценки вязкости жидкости и полного пересмотра методики моделирования транспорта проппантов. В данной работе рассмотрены ключевые этапы совместного развития лабораторного экспериментального моделирования и симулятора ГРП, а также влияние этого процесса на дальнейшее экспериментальное изучение транспорта проппантов. Разработки продолжают и сегодня.