

# АНАЛИЗ ДАВЛЕНИЯ ПОСЛЕ СМЫКАНИЯ ТРЕЩИНЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МИНИ-ГРП

Анкушев Я.Е.

Анкушев Ярослав Евгеньевич – аспирант,  
кафедра разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений,  
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

**Аннотация:** в статье рассматривается назначение графиков для определения параметров коллектора при проведении диагностических закачек (график G-функции, график квадратичного корня) и графика логарифма забойного давления относительно логарифма времени. Описывается, как провести анализ графика логарифма забойного давления относительно логарифма времени, и основные параметры, которые можно получить после анализа. Приведены различные типы переходных потоков в трещине гидроразрыва и исследуемом коллекторе, а также как определить тип переходного потока.

**Ключевые слова:** гидроразрыв пласта, мини-ГРП, эффективность жидкости, эффективное давление, стресс смыкания, режимы переходных потоков.

УДК 622.276.66

С момента введения анализа производных G-функции, проведение нагнетательных тестов стало ценным и часто используемым методом. К сожалению, эта техника часто неверно интерпретируется или неверно истолковывается, что приводит к ошибочному анализу параметров разрыва. В этой статье представлен метод анализа основанный на использовании графика логарифма забойного давления  $\log(\Delta P_{wf})$  и логарифма времени  $\log(\Delta t)$ .

Чаще всего для анализа диагностических закачек используются два графика: график G-функции ( $P_w - G_{time}$ ) и график квадратичного корня ( $P_w - \sqrt{t_{time}}$ ). Они показывают, как многократные методы анализа могут применяться для последовательного интерпретирования давления и времени закрытия, но они не могут использоваться для определения режимов потока до и после закрытия и однозначных характеристик коллектора из данных диагностических закачек. В некоторых случаях общепринятые методы анализа, такие как график квадратичного корня, могут приводить к вводящим в заблуждение результатам [3, с. 1].

Анализ диагностических закачек обеспечивает критические входные данные для моделей проектирования трещин и данные о характеристиках пласта, используемые для прогнозирования производительности скважин. Надежные результаты требуют точной и последовательной интерпретации данных испытаний. Одним из таких надежных методов является  $\log(\Delta P_{wf}) - \log(\Delta t)$  график. Его использование обеспечивает не только определение смыкания породы после разрыва, но и для определения режимов потока до и после закрытия и однозначных характеристик коллектора [2, с.438].

Связь анализа до закрытия с результатами анализа после закрытия должна быть последовательной. Чтобы правильно выполнить анализ после закрытия, необходимо правильно определить режим переходного потока. Во время падения давления возникает несколько режимов переходного течения после закачки.

Сразу же после закрытия скважины градиент давления вдоль длины трещины рассеивается в краткосрочном периоде линейного течения. При длительном смыкании в породе с низкой проницаемостью начальный линейный поток в трещине может сопровождаться билинейным потоком с линейным переходным процессом, в то время как линейный поток пласта происходит одновременно. После того, как переходный процесс рассеивается, период линейного потока пласта может продолжаться в течение некоторого времени, в зависимости от проницаемости коллектора и объема жидкости, который был закачан в трещину, и впоследствии отфильтрован во время смыкания. После смыкания временный переход давления, возникающий вокруг трещины, распространяется в коллектор и переходит в эллиптический, а затем в псевдо-радиальный поток [1, с. 24]. Каждый из этих режимов потока имеет характерный вид на различных диагностических участках  $\log(\Delta P_{wf}) - \log(\Delta t)$  графика.

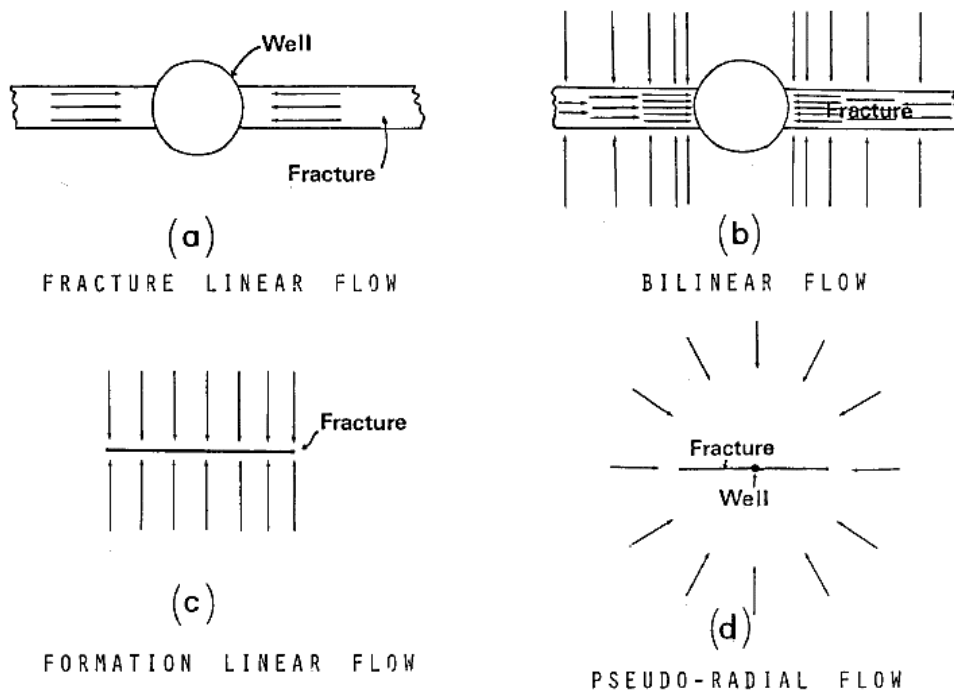


Рис. 1. Примеры режимов переходных потоков

На рисунке 1 графически представлены режимы переходных потоков: а – линейный поток в трещине, b – билинейный поток (линейный поток в трещине и линейный поток в коллекторе), с – линейный поток в коллекторе, d – псевдо-радиальный поток.

$\log(\Delta P_{wf}) - \log(\Delta t)$  график изменения давления от мгновенного давления остановки закачки против времени смыкания показан на рисунке 2. Широкая кривая представляет собой разность давлений, а пунктирная кривая ее полулогарифмическая производная по времени смыкания. Вертикальная пунктирная линия является уникальным смыканием. Обычно разность давлений и производные кривые являются параллельными непосредственно перед закрытием. Наклон этих параллельных линий является диагностикой режима потока, установленного во время утечки перед закрытием. Во многих случаях наблюдается почти идеальный наклон 1/2, что сильно указывает на линейный поток от трещины. Разделение двух параллельных линий всегда означает закрытие трещины и является окончательным подтверждением последовательной идентификации смыкания. В результате этого смыкания можно с точностью определить стресс смыкания, эффективность жидкости гидроразрыва и эффективное давление [4, с. 17].

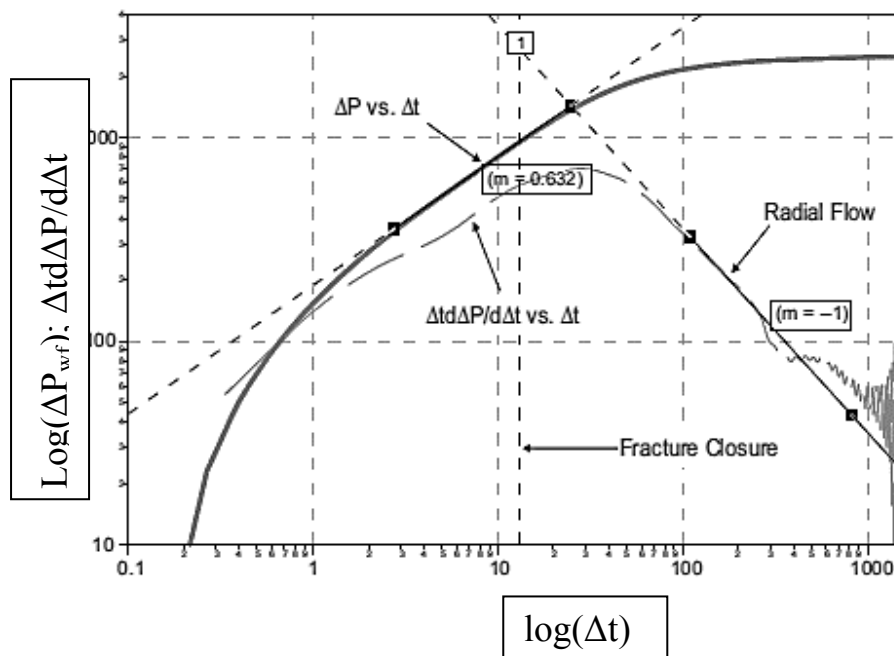


Рис. 2. График  $\log(\Delta P_{wf}) - \log(\Delta t)$

После закрытия кривая полулогарифмической производной будет показывать наклон  $-1/2$  в полностью развитом режиме псевдо-линейного потока пласта и наклон  $-1$  в полностью развитом псевдо-радиальном потоке.

Если идентифицируется псевдо-радиальный режим течения, то можно провести анализ после смыкания трещины. График радиального потока (рисунок 3) можно использовать для определения проводимости коллектора, пластового давления и его градиента.

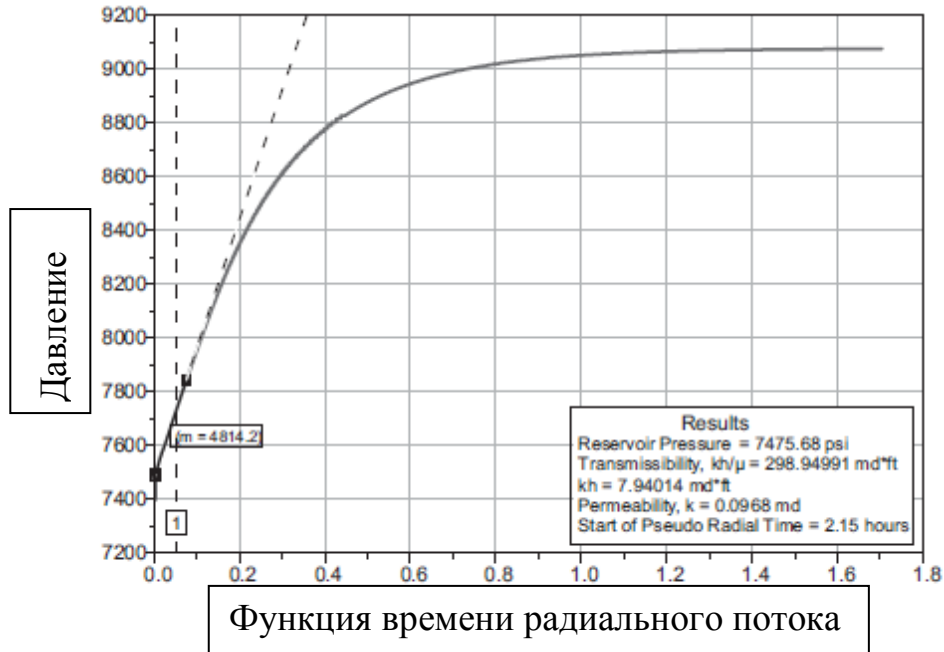


Рис. 3. График радиального режима потока

#### Список литературы

1. *Cinco-Ley H., Samaniego V.* Transient Pressure Analysis for Fractured Wells // JPT, 1981. № 9. С. 17-49.
2. *Dalaban T.S.* Fundamental and Applied Pressure Analysis // Imperial College Press., 1998. С. 438.
3. *Barree R.D.* Applications of Pre-Frac Injection/Falloff Tests in Fissured Reservoirs – Field Examples. // SPE, 1998. № 39932. С. 1-5.
4. *Анкушев Я.Е.* Анализ Мини-ГРП при проведении гидроразрыва пласта // Достижения науки и образования, 2018. № 1. С. 15-18.