

ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕЩИН ПРИ ГИДРОРАЗРЫВЕ ПЛАСТА И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЕ ИХ РАЗВИТИЯ (НА ПРИМЕРЕ НОВАГАЛЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ЛАНГЕПАСНЕФТЕГАЗ»)

Камалов Р.Р.

Научный руководитель – профессор Сиднев А.В.

Уфимский государственный нефтяной технический университет (г.Уфа)

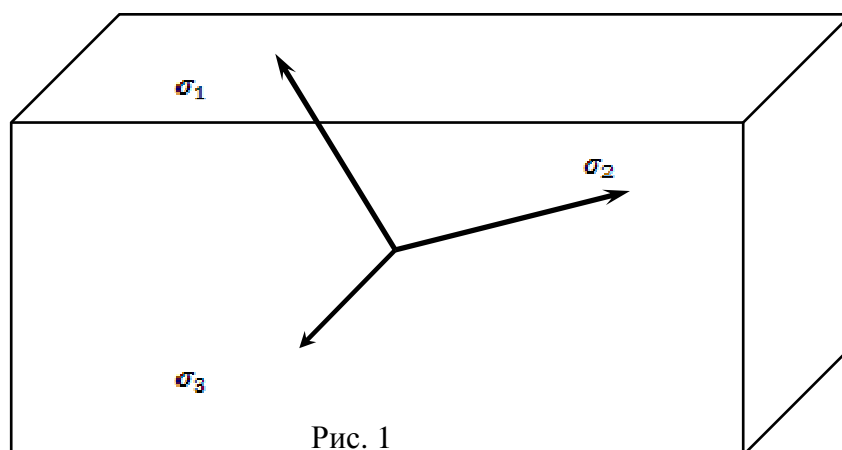
В последние годы на группе скважин Новагальского месторождения были выполнены операции по гидроразрыву пласта (ГРП). Часть их прошла успешно и принесла желаемое увеличение нефтеотдачи пластов. Часть же прошли не очень удачно. Это побудило нас в технологической лаборатории провести некоторые оперативные исследования с керном и просчитать математически ход процесса. Наша цель - предопределить возможные технологические упущения и недостатки в исполнении ГРП на будущее. На опыте мы увидели, что по мере заполнения скважины раствором, давление жидкости в порах породы возрастает и действует равномерно во всех направлениях.

При повышении давления жидкости до момента, когда разрывающая сила её, превысит силы сцепления породы, скала раскалывается и происходит разрыв. Возникают трещины горизонтальные, вертикальные и наклонные. Пространственная ориентация их определяется упругим состоянием горных пород в зоне скважины и физическими изменениями от распределения напряжений. Последние формируются главным образом под действием гравитационных сил. Состояние пород можно охарактеризовать формулой: $\sigma_1 = \rho g H$, $\sigma_2 = \sigma_3 = \lambda \rho g H$

где ρg – удельный вес породы,

λ – коэффициент бокового распора, определяется через коэффициент Пуассона ν

$$\lambda = \nu / (1 - \nu)$$



Для песчаников и известняков коэффициент бокового распора составляет 0,25-0,4, для глин - около 1.

Принято считать, что на глубине свыше 300 м вертикальное напряжение гораздо выше двух других составляющих. Поэтому трещина всегда должна быть вертикальной

в силу того, что образование её происходит в направлении перпендикулярном наименьшей из нагрузок (Рис. 1).

На самом деле реальная картина выглядит несколько сложнее. В зависимости от местных особенностей и строения пластов (микротрещин, наличия псевдопластических характеристик пород, разгрузки продуктивного пласта в зоне скважины) при ГРП могут возникать горизонтальные и вертикальные трещины. В случае образования вертикальных трещин азимут их определяется амплитудой двух минимальных горизонтальных напряжений (Рис. 2).

Ограничение трещины по высоте и ее геометрия тесно связаны физико-химическими свойствами породы пласта, напряженным состоянием пород, изломостойкостью породы и плотностными свойствами проппанта.

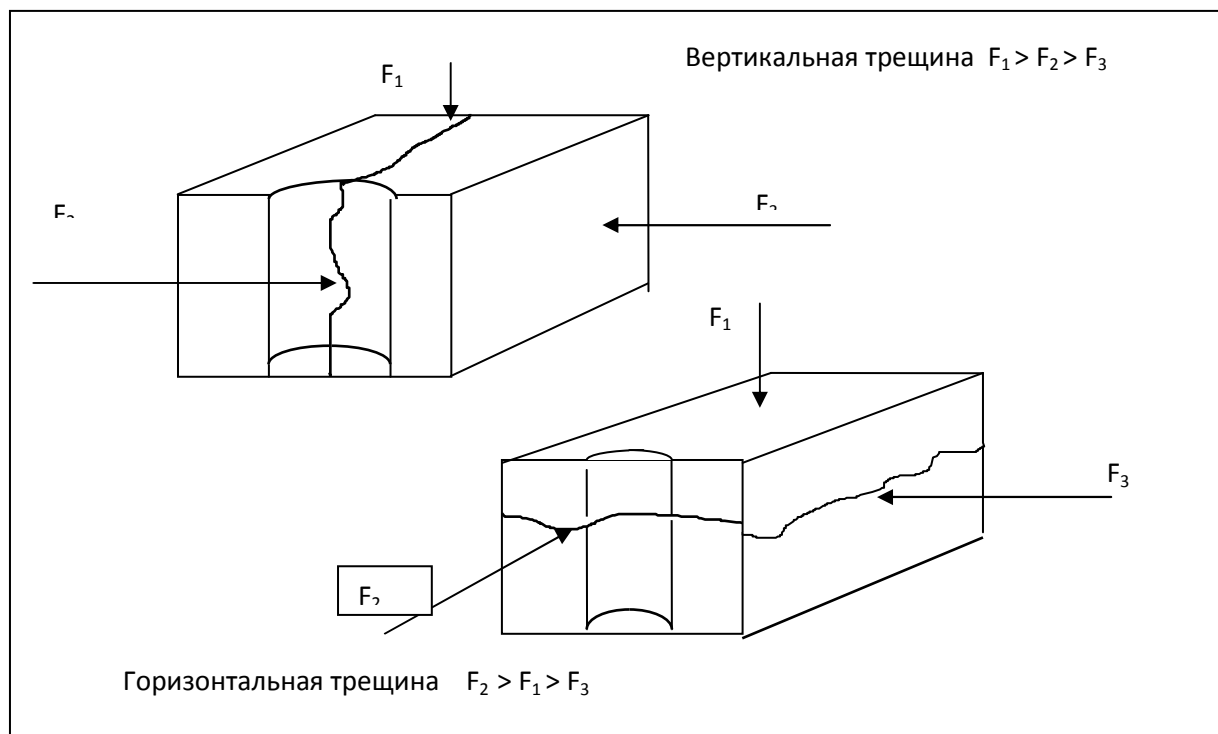


Рис. 2

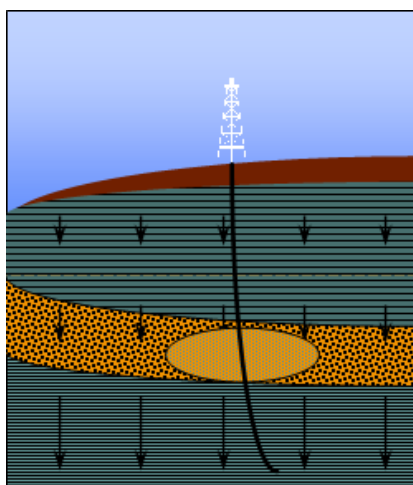


Рис. 3

Если образующаяся при гидроразрыве трещина приближается к поверхности раздела слоев, а породы ограничивающих горизонтов обладают более высокими прочностными характеристиками чем обрабатываемый пласт, то теоретически рост трещины по вертикали будет приостановлен (Рис 3). Примером этого может служить пласт песчаника с выше и нижезалегающими глинистыми пропластками, работающими как перемычки. Минимальное напряжение у песчаников ниже, значит, дальнейший рост трещины будет сдерживаться (Рис. 4).

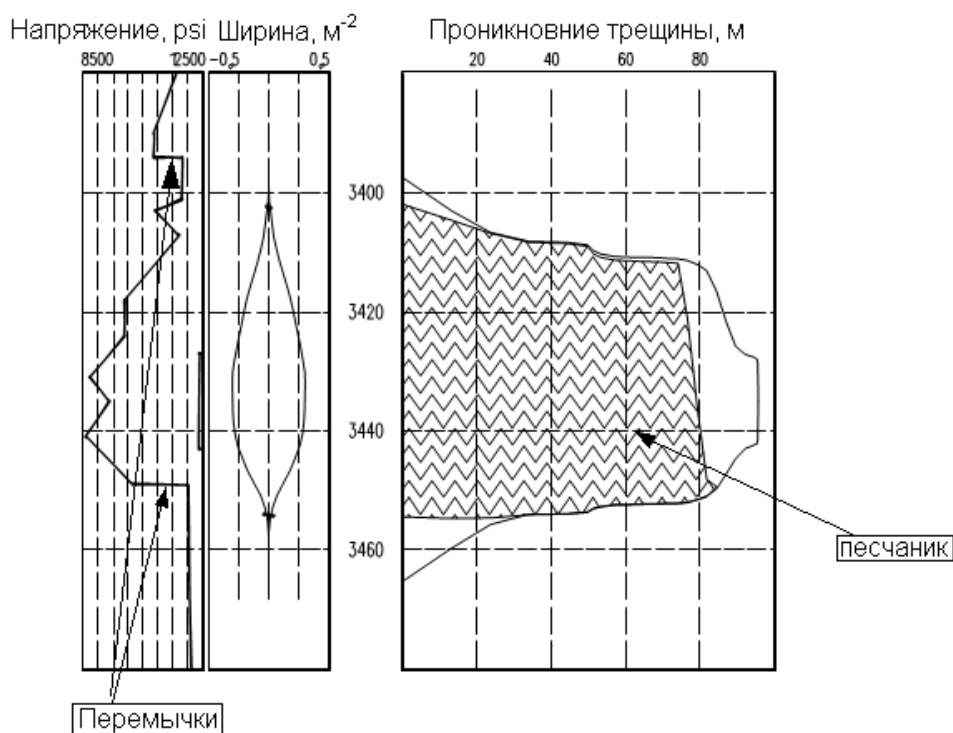


Рис 4

Таким образом, рост трещины по высоте – сложная функция реологии жидкости, объемной скорости закачки, давления в трещине и проявление сдерживания механизмов развития трещины в вертикальном направлении. Первые три фактора – регулируемые параметры обработки, а последний определяется механикой горных пород, в том числе поведением пласта и трещины. Определены две причины сдерживания трещин по высоте: различие напряжений и упругих свойств обрабатываемого и смежных с ним пластов.

Прочность обрабатываемого и смежных с ним пластов измеряется коэффициентом интенсивности напряжения, который зависит от геометрии трещины, свойств жидкости разрыва, объемной скорости закачки и давления обработки при гидроразрыве пласта. Этот показатель определяет распространение трещины в вертикальном и горизонтальном направлениях. Коэффициент интенсивности напряжения снижается, когда трещина достигает высокопластичного или малопроницаемого пласта. Если отсутствуют барьеры (плотные глины), ограничивающие распространение трещины по вертикали, то возможно образование неограниченной трещины, имеющей радиальную форму (Рис 5).

Одним из наиболее важных факторов ограничения трещины по вертикали является сопротивление течению в узких зонах у верхнего и нижнего краев трещины.

Расклинивающий агент с высокой концентрацией отлагается в узких зонах в верхней и нижней частях трещины и снижает проводимость и проницаемость этих участков. Жидкость, которая течет в широком центральном канале, может не проникать ни в верхний, ни в нижний забитые расклинивающим материалом узкие края трещины. Это способствует формированию верхнего и нижнего барьеров, которые исключают дальнейшее развитие трещины в вертикальном направлении

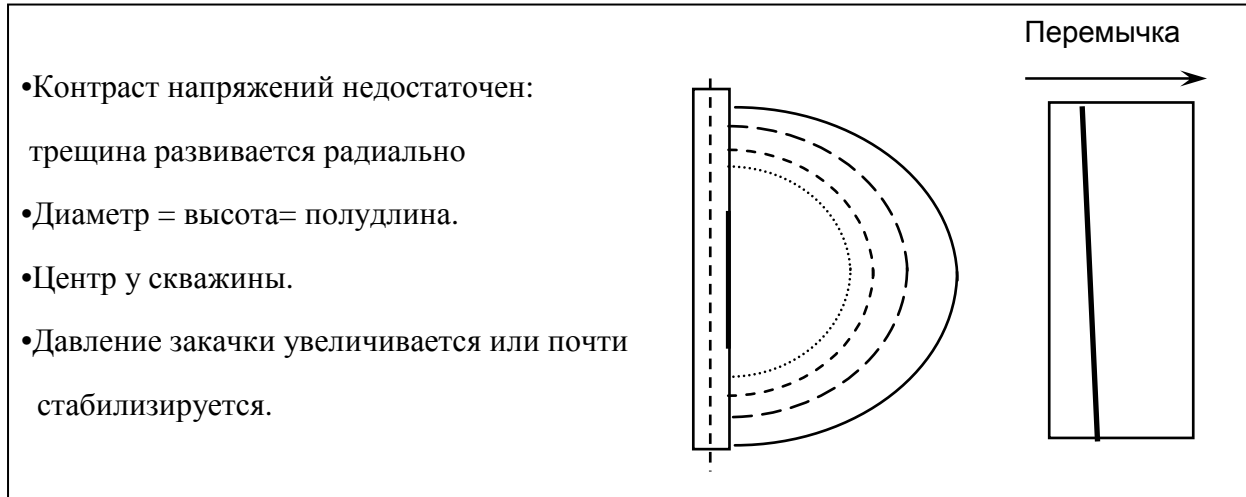


Рис 5

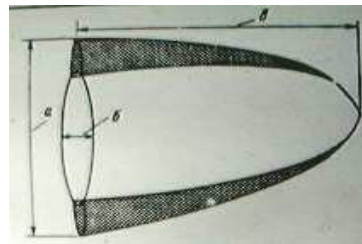


Рис 6

Таким образом, вышеуказанные факторы, ограничивают вертикальное развитие трещины. Для получения высокопроводимых трещин желаемой длины в пласте гидроразрыва необходимо поддерживать правильный и дозированный расход жидкости. Объем последней, продолжительность операции ГРП также поддаются математическому контролю. Над этим мы продолжаем работать.