



## СТРУЙНЫЙ ГРП НЕ ПАНАЦЕЯ, НО...

Проблема селективных ГРП в горизонтальных и вертикальных скважинах успешно решается «струйным» ГРП — при объединении технологий гидропескоструйной перфорации и собственно ГРП. Данный метод — не панацея от низких дебитов нефти, но вернуть скважину к устойчивой работе, как показала практика, может с успехом. К использованию этого метода прибегают, в частности, в скважинах после бурения.

Технология эффективна в следующих случаях:

- скважины с низким качеством цементного камня за колонной;
- при наличии заколонных перегородок;
- с высокой текущей обводненностью при низком КИН;
- создание трещин в высоконеоднородных коллекторах;
- близость водонасыщенных пропластков.

Конечно же, у метода есть и недостатки, например, невозможность создания трещин на объектах с высокими упруго-механическими свойствами пласта, что отнюдь не исключает его применение. Особенно в век отраслевых инноваций.

**В** последние годы в условиях мировых цен на нефть российские компании резко увеличили применение методов интенсификации добычи, и сохранение этой тенденции просматривается в обозримой перспективе. Прежде всего, это относится к гид-

ропескоструйной обработке пласта (ГРП) и кислотным обработкам призабойной зоны (ОПЗ).

Серьезное изменение отношения российских нефтяников к интенсификации отмечают и ведущие западные сервисные компании, также значительно увеличив-

шие активность на российском рынке.

Во многих случаях методы интенсификации являются единственно возможным способом разработки трудноизвлекаемых (традиционными способами) запасов, и совершенно не обязательно

применять их только на поздних стадиях разработки (см. «Лучше поздно, чем никогда», НГВ #02'2010).

### ГРП – хорошо, а струйный ГРП – еще лучше...

В качестве примера можно взять ГРП. При правильном использовании ГРП, во-первых, повышает КИН. А во-вторых, мы просто создаем высокопроводящий канал (упакованную пропантом трещину), которая может эксплуатироваться в наиболее оптимальном режиме.

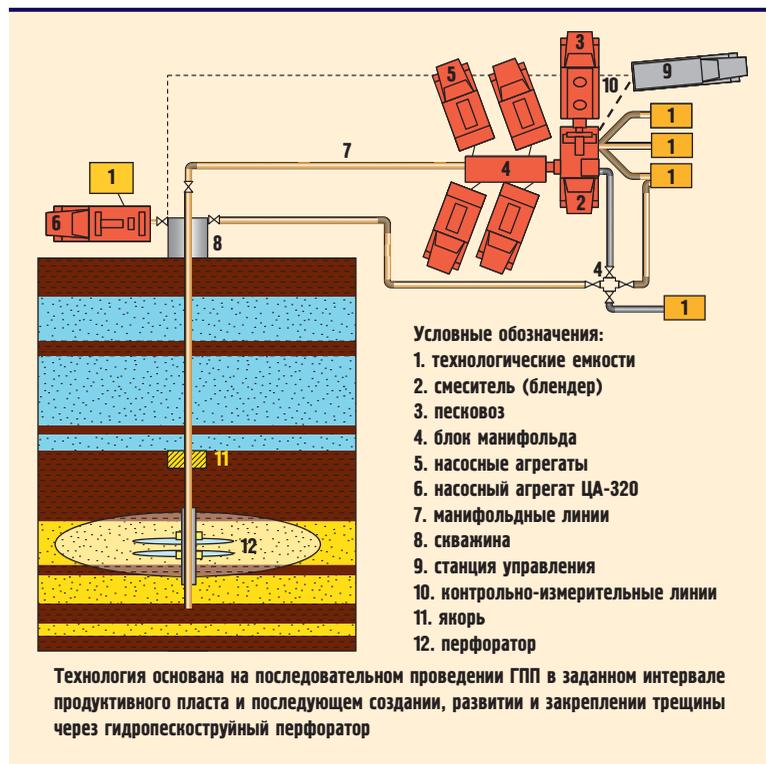
До недавнего времени методы интенсификации (ГРП, ОПЗ, резание боковых стволов, горизонтальное бурение и др.) применялись в основном для восстановления производительности «старых» скважин. Сначала месторождение разрабатывалось обычным способом, а после того как продуктивность скважин снижалась (падало пластовое давление, загрязнялась призабойная зона и т. д.), прибегали к методам интенсификации.

В последнее время эти методы все шире используются в качестве способов заканчивания новых, в том числе, высокопроизводительных скважин. Во многом это связано с высокими ценами на нефть и стремлением увеличить скорость отбора запасов, пока сохраняется благоприятная рыночная конъюнктура.

На сегодняшний день ГРП является наиболее эффективным способом интенсификации добычи с точки зрения экономики по ключевым показателям «цена–качество–окупаемость». В результате проведения ГРП кратко повышается дебит добывающих и приемистость нагнетательных скважин. При этом для низкопроницаемых пластов ГРП является не только методом повышения нефтеотдачи пласта (ПНП), но и способом разработки.

Достижение равномерной разработки запасов нефти возможно при селективном воздействии на них со стороны добывающих и нагнетательных скважин. В вертикальных и наклонных скважинах наиболее активным способом ин-

### Принципиальная схема расстановки оборудования при проведении «струйных» ГРП



тенсификации дренирования отдельных низкопроницаемых прослоев является создание в них трещин ГРП, обеспечивающих устранение негативного влияния скин-эффекта и увеличение приведенного радиуса скважин.

Поэтому на месторождениях сложного строения большие перспективы имеет селективный ГРП. В вертикальных скважинах он состоит в создании трещин в задаваемых прослоях пласта. В горизонтальных скважинах возможно образование трещин по стволу или серии перпендикулярных стволу трещин, резко увеличивающих эффективность дренирования залежи.

Главной особенностью селективных ГРП в наклонно-направленных интервалах пласта является и то, что они должны быть инициированы из определенных интервалов пласта, а геометрические параметры создаваемых при этом трещин (длина, ширина) определяются предельной высотой трещины. В горизонтальных скважинах принципиальное значение имеет количество и ориентация трещин относительно ствола, а также длина трещин.

Селективные ГРП как средство воздействия на участок залежи наиболее эффективны при

**Во многих случаях методы интенсификации являются единственно возможным способом разработки трудноизвлекаемых запасов, но совершенно не обязательно применять их только на поздних стадиях разработки**

системном их использовании в добывающих и нагнетательных скважинах в комплексе с методами увеличения нефтеотдачи (МУН) пластов.

**В последнее время методы интенсификации все шире используются в качестве способов заканчивания новых, в том числе, высокопроизводительных скважин**

Традиционное решение этой проблемы в скважинах состоит в изоляции выделенного интервала перфорации скважины и изоляции из него развития в пласте трещины определенных параметров

(длины, высоты и ширины). Решение этой задачи без осложнений реализуется в скважинах после бурения, когда предварительной

цией и связанных с этим сложностей посадки пакера, изоляции кольцевого пространства и т.д. В горизонтальных скважинах проведение селективных ГРП с созданием трещин перпендикулярных стволу при традиционных технологиях гидроразрыва практически невозможно.

Проблема селективных ГРП в горизонтальных и вертикальных скважинах успешно решается при объединении технологий гидropескоструйной перфорации и ГРП («струйный ГРП», см. «Принципиальная схема расстановки оборудования при проведении «струйных» ГРП» и «Схема проведения ГПП + ГРП»). Технология селективного создания трещин при «струйном ГРП» состоит в предваритель-

ной резке колонны, образовании серии каверн путем проведения гидropескоструйной перфорации (ГПП) и разрыве пласта из них.

При выполнении ГПП энергия давления смеси жидкости и песка в колонне НКТ трансформируется в кинетическую энергию скоростной струи. В образованной полости скорость струи снижается, статическое давление в полости возрастает и при определенных параметрах струи и давления в кольцевом пространстве происходит инициация образования трещины. Иницируемые из серии отверстий перфоратора трещины формируют общую трещину, поэтому путем соответствующего размещения перфорационных отверстий обеспечивается возможность точного позиционирования интервала начала развития трещины.

В вертикальной скважине при расположении насадок в параллельной оси НКТ плоскости попарно ориентированными в разные стороны в ходе ГПП иницируется вертикальная трещина в противоположных сторонах обсадной колонны. В горизонтальной скважине при размещении насадок по радиусу перфоратора образуется трещина, перпендикулярная стволу, а при размещении насадок по длине перфоратора — в плоскости оси ствола (см. «Схема развития трещин при объемном и струйном ГРП»). Это обеспечивает высокую вероятность начальной ориентации плоскости трещины в плоскости расстановки сопел перфоратора, т.е. создает условия для реализации направленного ГРП.

## Достижение равномерной выработки запасов нефти возможно при селективном воздействии на них со стороны добывающих и нагнетательных скважин в комплексе с методами увеличения нефтеотдачи

перфорацией можно вскрыть выделенный интервал пласта, иницировать из него разрыв и создание в пласте трещины.

В ранее эксплуатировавшихся скважинах селективный разрыв не всегда возможен из-за вскрытия всей толщи пласта перфора-

## БСПЛАТНАЯ НОВОСТНАЯ ЛЕНТА С ТЕМАТИЧЕСКОЙ РАЗБИВКОЙ

Ежедневно более 60 отраслевых новостей:

- политика, экономика, управление
- нефтегазовый сервис
- переработка, химия, маркетинг
- цитаты и мнения отраслевых экспертов



[www.ngv.ru](http://www.ngv.ru)

### Опыт

В вертикальных скважинах этот метод реализуется в следующем виде. В скважину спускается колонна НКТ с установленными на ее конце якорем-центратором и модифицированным перфоратором ГПП. Сопла перфоратора располагаются в плоскости в направлении оси скважины; они попарно ориентированы в разные стороны и разнесены по высоте на расстоянии не более трех диаметров труб НКТ.

Общее количество сопел не менее восьми, диаметр сопел не

менее 6 мм (шесть диаметров зерен песка, предполагаемого для использования резки колонны и заполнения трещины ГРП).

Якорь-центратор устанавливается на 20–25 метров выше верхних отверстий перфорации. Конструкция якоря-центратора во время проведения работ должна обеспечивать жесткую фиксацию сопел относительно обсадной колонны во избежание дрейфа струи при проведении гидроструйной резки.

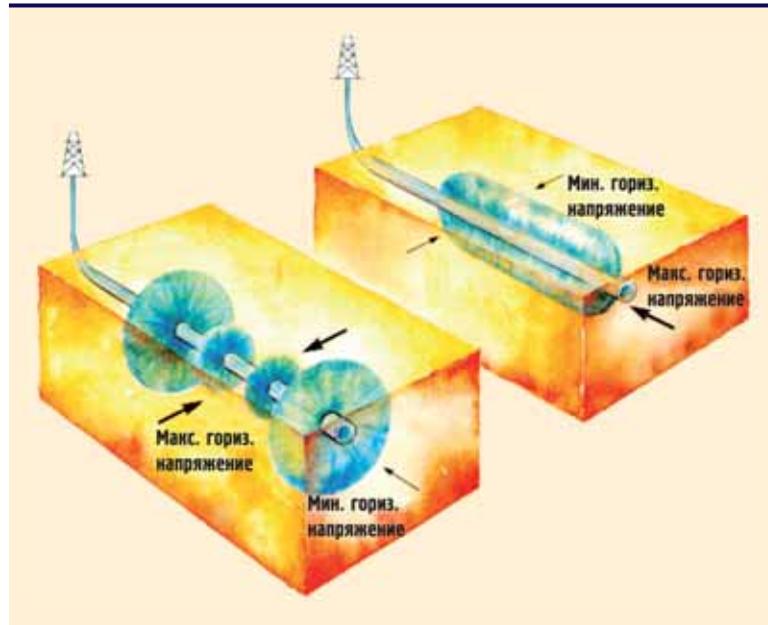
Поверхностное оборудование монтируется по модифицированной схеме проведения ГРП (см. «Мониторинг процесса струйного ГРП»), при этом к затрубному пространству подключается насосный агрегат, способный поддерживать в нем требуемое давление.

В начальный момент производится замещение жидкости глушения в НКТ на воду или гель, содержание 50–100 кг/м<sup>3</sup> кварцевого песка или пропанта на кубометр жидкости, при этом начальная скважинная жидкость (жидкость глушения в объеме труб НКТ и затрубья) из затрубья сбрасывается в специальную отдельную емкость. Сбрасываемая жидкость может содержать значительные объемы нефти, которая в последующем ни при каких обстоятельствах не должна попасть в гель.

Затем производится резка стенки колонны и гидроструйная перфорация с циркуляцией жидкости при открытом затрубье; расход жидкости 200 л/мин на одно сопло перфоратора, время резки более 15 минут. В течение резки производится контроль изменения характеристики (отношение расхода к перепаду давления между НКТ и затрубьем =  $Q^2 / (Ph_{кт} - P_{затр})$ ). Момент прорезки колонны обычно идентифицируется ростом характеристики, вызываемым некоторым поглощением жидкости ГПП через намываемые каверны.

При установке факта резки колонны в скважину подается гель с концентрацией пропанта 200–400 кг/м<sup>3</sup>, расход увеличивается до 2–2,5 м<sup>3</sup>/мин, выйдя из затрубья штудируется вручную, при этом давление в затрубье повышается до предельно допустимого значе-

Схема развития трещин при объемном и струйном ГРП



ния, но не выше 120% величин бокового горного давления обрабатываемого интервала пласта, и поддерживается постоянным.

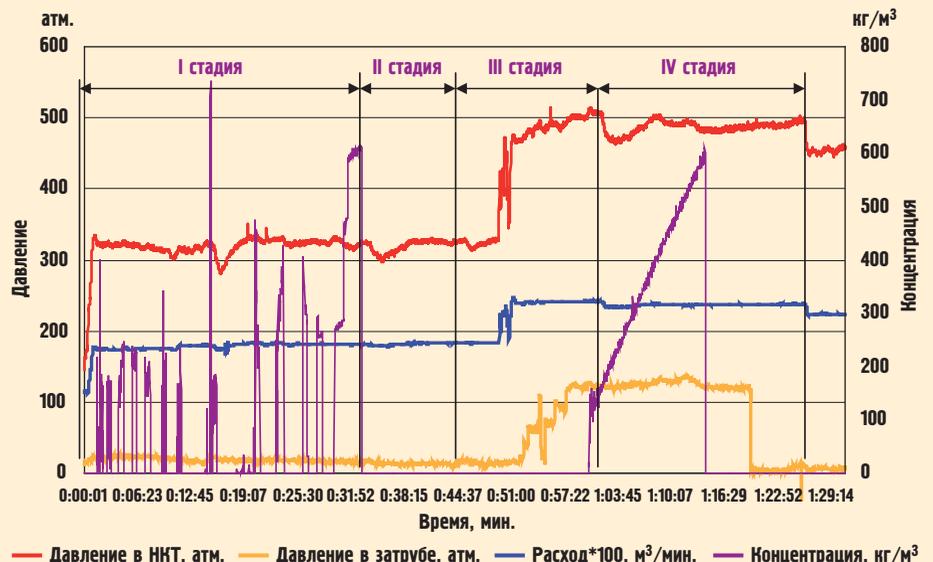
Если при предельном давлении в затрубье продолжается циркуляционный сброс жидкости, необходимо увеличить расход и довести устьевое давление до предельно допустимого. Момент

разрыва пласта обычно происходит при перекрытой затрубной задвижке и идентифицируется резким увеличением характеристики и снижением давления в затрубье.

С момента разрыва концентрация пропанта в нагнетаемой смеси увеличивается до максимального значения (600–700 кг/м<sup>3</sup>). Ес-

Мониторинг процесса струйного ГРП

Наблюдение за изменением гидравлических характеристик в ходе ГРП (отношение расхода к перепаду давления между НКТ и затрубьем). Момент прорезки колонны идентифицируется ростом характеристики, обусловленным поглощением жидкости ГПП пластом через намываемые каверны.



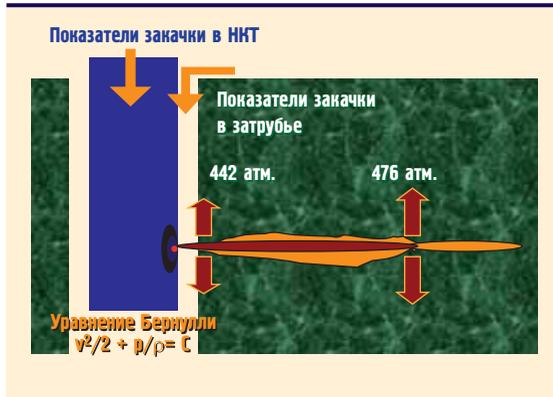
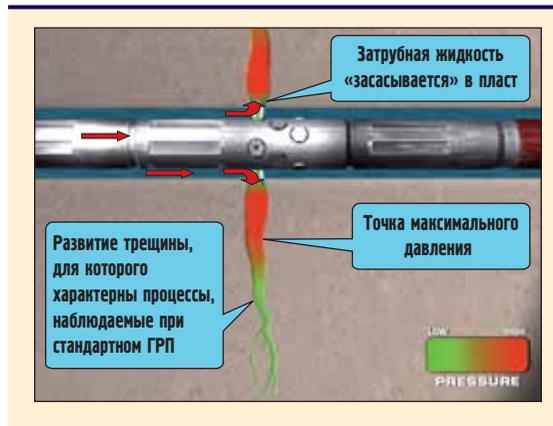


Схема проведения ГПП + ГРП



ли с момента разрыва давление в затрубье устанавливается выше 80% величины бокового гор-

### Проблема селективных ГРП в горизонтальных и вертикальных скважинах успешно решается при объединении технологий гидropескоструйной перфорации и ГРП: «струйным ГРП»

ного давления обрабатываемого интервала пласта, то в затрубье с помощью агрегата ЦА-320 подается жидкость с расходом 0,2–

### Технология селективного создания трещин при «струйном ГРП» состоит в предварительной резке колонны, образовании серии каверн путем проведения гидropескоструйной перфорации (ГПП) и разрыве пласта из них

0,4 м³/мин; при давлении в затрубье менее 80% величины бо-

Проведение комплекса работ по «струйному» ГРП в скважинах производится в следующем порядке:

- выбор скважин для проведения «струйных» ГРП и обоснование типа трещин ГРП для горизонтальных скважин (параллельные или перпендикулярные стволу);
- обоснование интервалов ствола, из которых необходимо создание трещин ГРП;
- определение геометрических параметров создаваемых трещин и оценка степени их влияния на продуктивность прослоев, в пределах которых они созданы;
- проектирование технологии проведения «струйного» ГРП, разработка плана работ;
- выполнение операций в соответствии с утвержденным планом.

Резка колонны и последующее образование каверн производится при подаче в перфораторы смеси кварцевого песка (пропанта) и воды (концентрация 50–100 кг/м³) с расходом 0,2 м³/мин на одно сопло (общий расход не менее 1,5 м³/мин). Резка колонны происходит в течение 15 минут с момента выхода на рабочий режим подачи смеси воды и песка. При высокой приемистости пласта во избежание быстрого поглощения воды резку колонны необходимо проводить с использованием геля.

При проведении работ момент прорезки колонны определяется по изменению гидравлической характеристики уравнения течения вязкой жидкости:

$$K = Q^2 / (P_y - P_3)$$

где:  $P_y$ ,  $P_3$  — давление на устье и затрубье скважины МПА,  $Q$  — объемный расход подаваемой в НКТ смеси.

При сохранении целостности колонны величина  $K$  не изменяется во времени; с момента начала образования каверны происходит поглощение технологической жидкости пластом, и величина  $K$ , определяемая вышеуказанным соотношением, уменьшается.

Наиболее интенсивное развитие каверн происходит в течение пяти минут с момента прорезки колонны, в последующем скорость изменения размеров полости резко уменьшается, в связи с ограниченностью режима образования каверн пятью минутами.

А в дальнейшем работает закон Бернулли, согласно которому давление жидкости больше там, где скорость течения меньше (см. «Механика струйного ГРП»)

кового горного давления подкачка не осуществляется.

После закачки расчетного объема смеси геля с пропантом закачивается буфер жидкости глушения в объеме труб НКТ, закачка приостанавливается до снижения давления на устье менее 90% величины бокового горного давления обрабатываемого интервала пласта, затем затрубье открывается и производится промывка скважины через НКТ чистой водой и ее остановка. После чего скважине дают некоторое время для нормализации процессов (в среднем сутки) и запускают в работу.

Основной особенностью проведения «струйного ГРП» в ори-

зонтальной скважине является возможность образования вертикальной трещины вдоль или поперек ствола. Для инициации трещины поперек ствола используется перфоратор с размещением насадок по его радиусу, диаметр их отверстий определяется проектным расходом жидкости при проведении гидро-разрыва.

При необходимости образования трещины вдоль ствола насадки перфоратора располагаются в одной плоскости с фазировкой 180°, в скважине плоскость размещения насадок должна быть ориентирована вертикально.



**25-28**  
**мая**

XVIII МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

# **ГАЗ. НЕФТЬ. ТЕХНОЛОГИИ-2010**

**г. УФА**



**БВК** БАШКИРСКАЯ  
ВЫСТАВОЧНАЯ  
КОМПАНИЯ

**БАШКОРТОСТАН**  
ИНВЕСТИЦИОННАЯ КОМПАНИЯ

Генеральный партнер:

**БашИнвест**  
ГРУППА КОМПАНИЙ

ОРГКОМИТЕТ:

Тел./факс: (347) 253 11 01, 253 38 00, 253 14 34  
[gasoil@bvkepo.ru](mailto:gasoil@bvkepo.ru), [www.bvkepo.ru](http://www.bvkepo.ru)