

Практика многостадийных ГРП в ТНК-ВР: достоинства и недостатки технологий.

ТНК-ВР, Центр Экспертной Поддержки и Технического Развития

Михаил И. Самойлов

Руководитель группы проектирования
и инженерного сопровождения ПНП

Владислав В. Назаревич

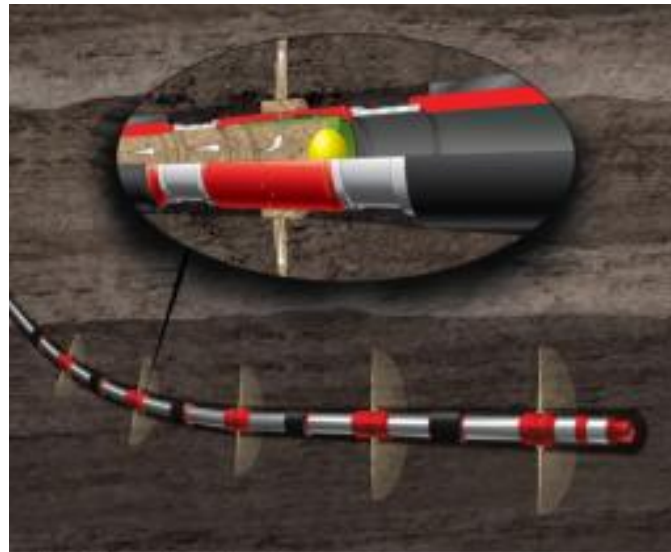
Менеджер по ГРП



Многостадийный ГРП



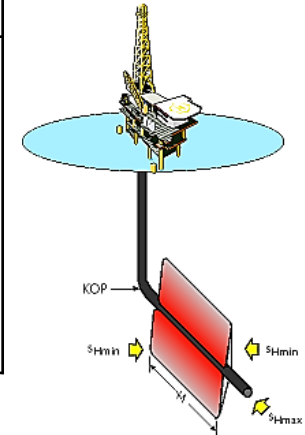
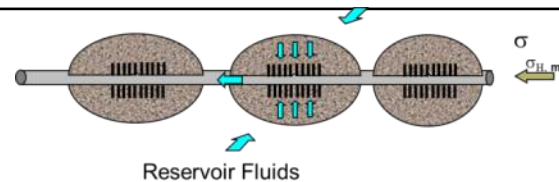
- Многостадийный ГРП – последовательное выполнение нескольких работ ГРП на одной скважине.
- Цель – повышение продуктивности скважины, увеличение площади дренирования, повышение коэффициента извлечения углеводородов и, как следствие, экономической эффективности разработки месторождения



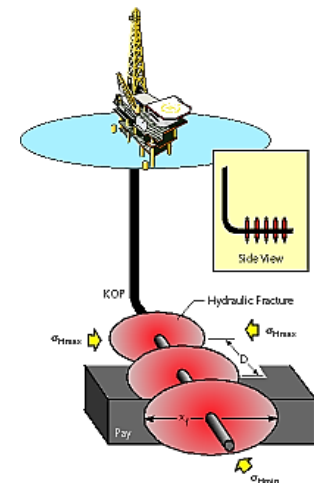
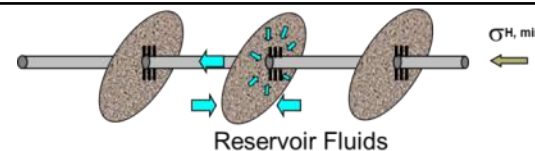
Продольные и поперечные трещины ГРП



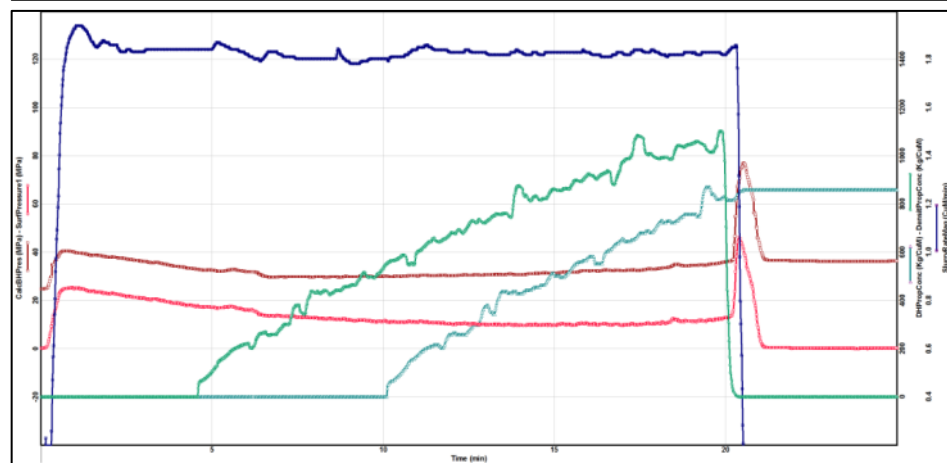
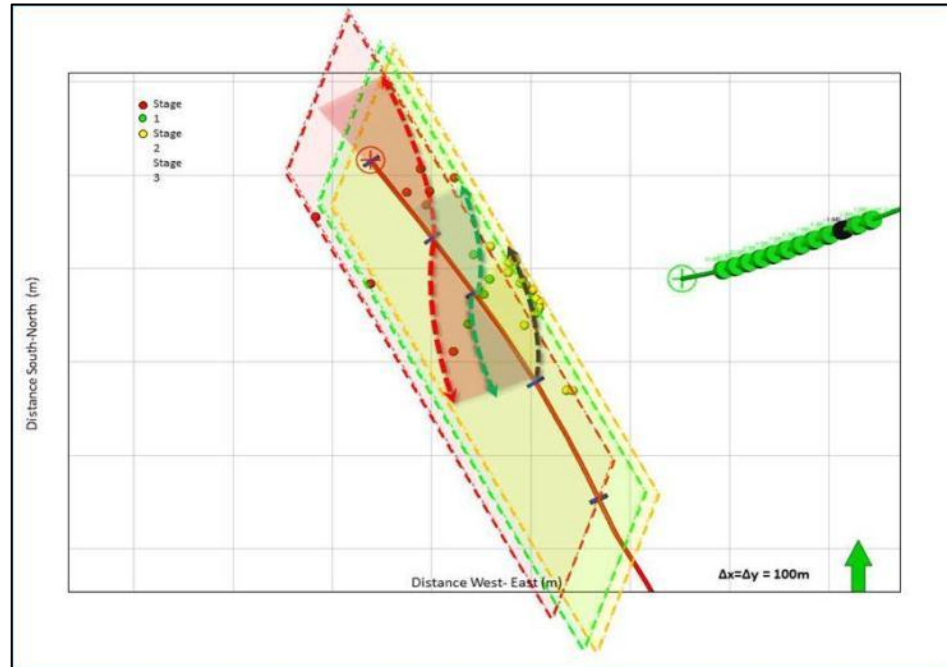
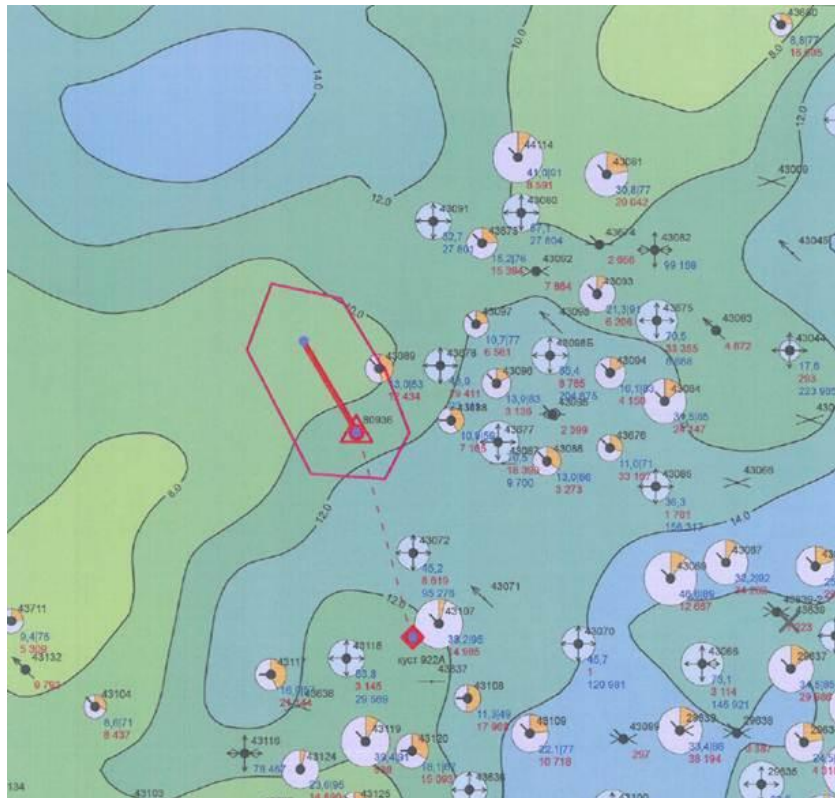
Преимущества:	Недостатки:
<p>Лучше очищаются от геля после ГРП;</p> <p>Могут распространяться вдоль всего ствола скважины;</p> <p>Схожи с трещинами ГРП на вертикальных скважинах;</p> <p>Меньшие давления инициации и развития трещин ГРП.</p>	<p>Необходимо качественное изучение направления напряжений пород пласта;</p> <p>Покрывают меньший объем коллектора, чем поперечные трещины ГРП;</p> <p>Меньшая продуктивность продольных трещин, по сравнению с поперечными трещинами ГРП в низкопроницаемых коллекторах.</p>



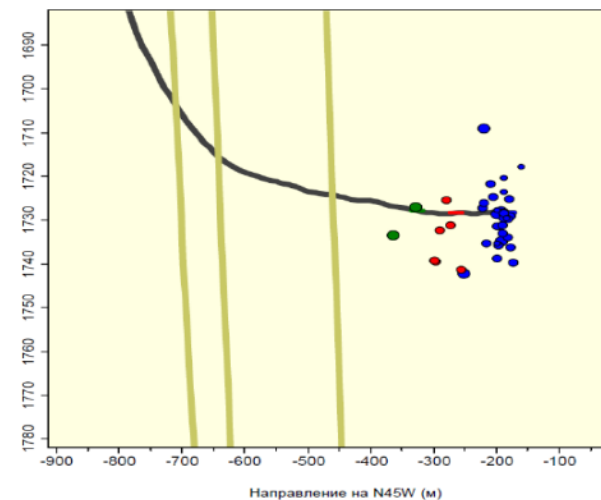
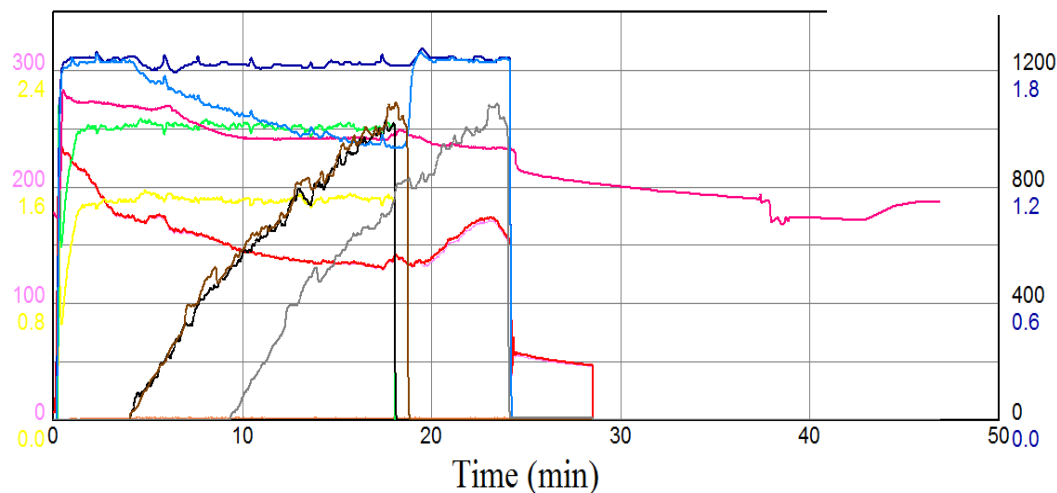
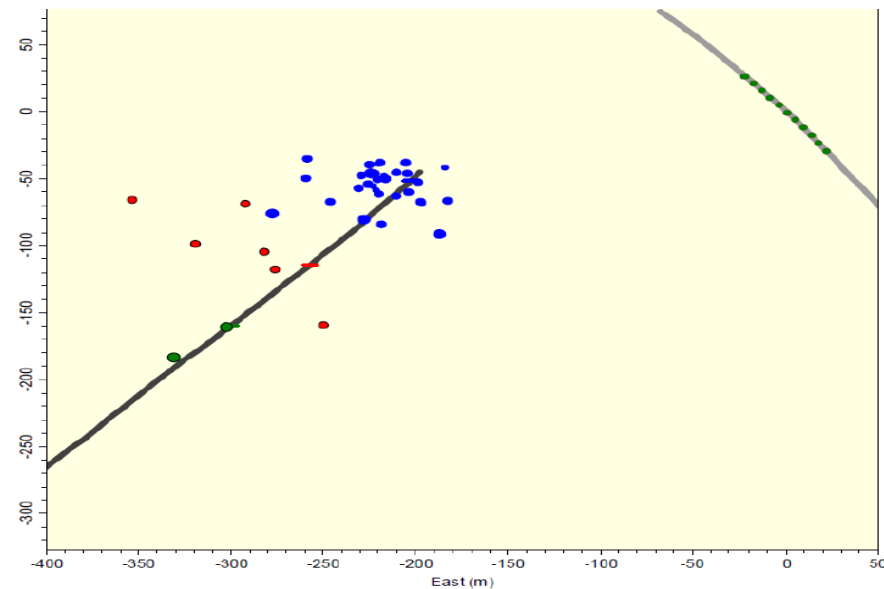
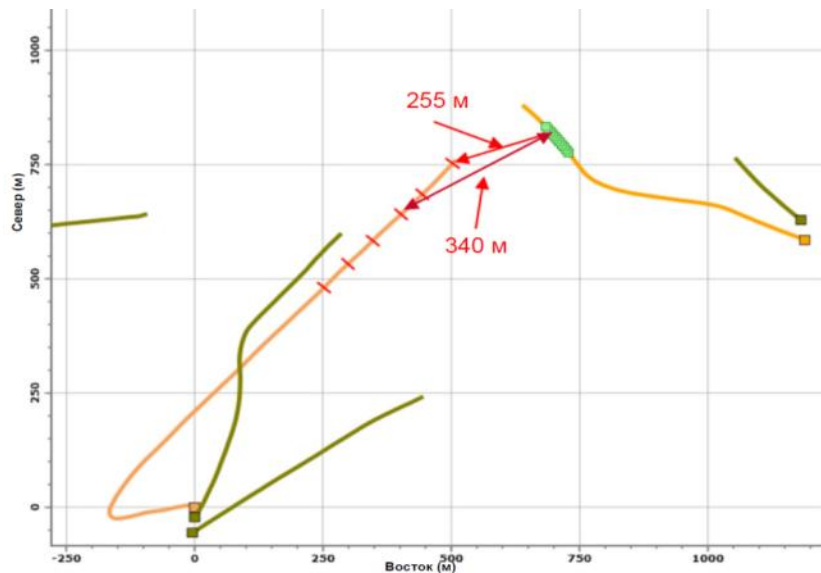
Преимущества:	Недостатки:
<p>Покрывают больший объем коллектора, чем продольные трещины ГРП;</p> <p>Предпочтительны для низкопроницаемых коллекторов;</p> <p>Теоретически возможно (менее затруднительно, чем в случае продольных трещин) создание новых трещин ГРП между существующими;</p>	<p>Поперечные трещины «сложнее» в создании;</p> <p>Более высокие давления инициации и распространения трещин ГРП;</p> <p>Очистка трещин может быть проблемной;</p> <p>Штуцирование притока по трещине в пристволенной зоне.</p>



Микросейсмические исследования: Самотлор, скв. 80936/922, АВ1(1-2)



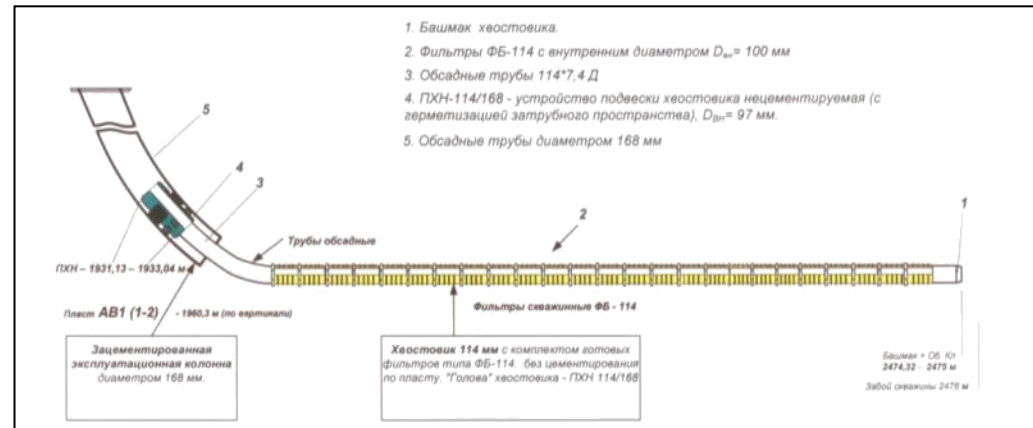
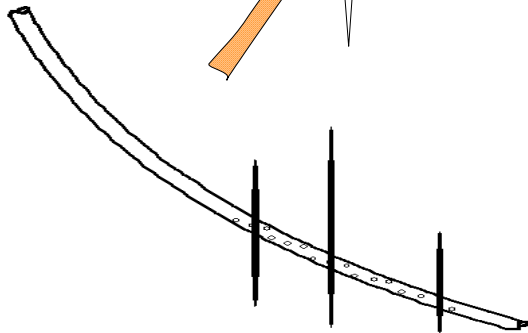
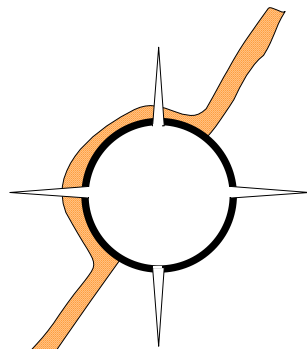
Микросейсмические исследования: Самотлор, скв. 80983/1828, АВ1(1-2)



Щелевые, сеточные, перфорированные нецементированные хвостовики / стволы



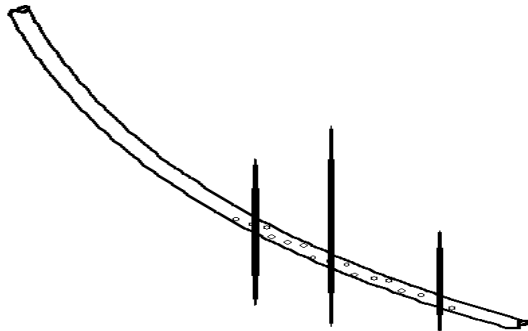
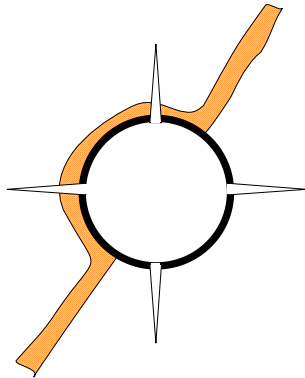
Достоинства:	Недостатки:
<p>Технологическая простота; Хорошая связь с пластом («скважина – пласт»); Стоимость заканчивания скважины.</p>	<p>Подготовка к ГРП, вопрос о глубинах посадки пакера и спуска хвостовика НКТ:</p> <ul style="list-style-type: none"> Пакер – в эксплуатационной колонне, хвостовик НКТ выше/ниже устройства подвески хвостовика обсадной колонны? <ul style="list-style-type: none"> – Риск размыва подвески... Пакер – в хвостовике обсадной колонны? <ul style="list-style-type: none"> – Наличие пакера для установки в хвостовик? – Риск сложного КРС и/или «потери скважины» после «СТОПа»; <p>Единственная стадия ГРП:</p> <ul style="list-style-type: none"> – риск перепродавки проппанта в пласт на многостадийных ГРП.



Щелевые, сеточные, перфорированные нецементированные хвостовики / стволы



Достоинства:	Недостатки:
<p>Технологическая простота; Хорошая связь с пластом («скважина – пласт»); Стоимость заканчивания скважины.</p>	<p>Неконтролируемый «слепой» ГРП:</p> <ul style="list-style-type: none">– невозможность определения точки инициации трещины;– необходимость повторной перфорации (на НКТ);– многотрещинность + неконтролируемые утечки жидкости ГРП;– «непоказательный» миниГРП;– ориентирование дизайна на «безопасное проведение ГРП»;– высокие риски «СТОПа», несмотря на Контроль Качества и лучшие практики моделирования и интерпретации миниГРП;– продавка до верхних отверстий перфорации (как исключение, вариант волокно + макс.концентрация проппанта на линейном геле – инициация «СТОПа» на последней стадии ГРП); <p>Нормализация забоя скважины:</p> <ul style="list-style-type: none">– вымыв значительной массы проппанта;– высокие риски значительного поглощения раствора и осложнений; <p>Невозможность изоляции трещин ГРП после прорыва фронта воды.</p>

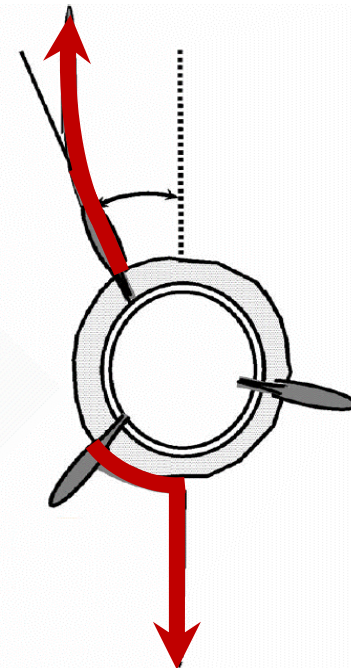
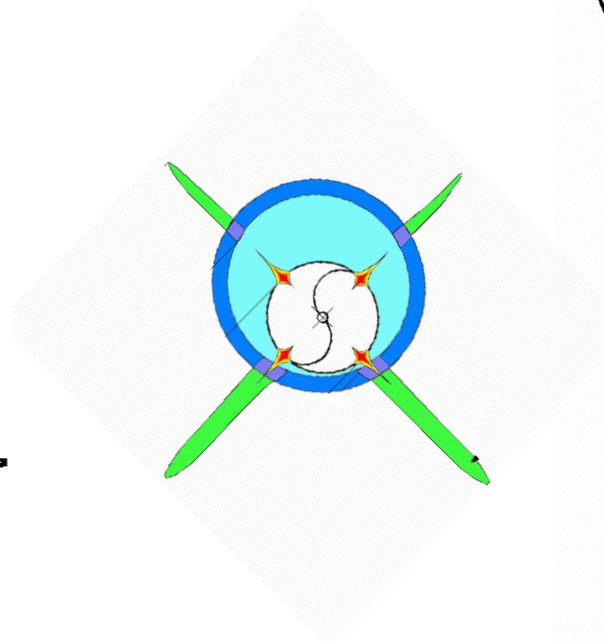
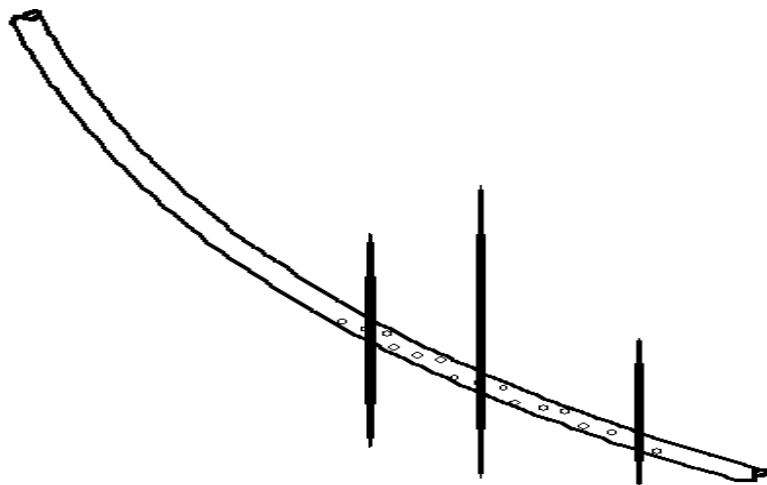


Цементированные перфорированные горизонтальные стволы / хвостовики

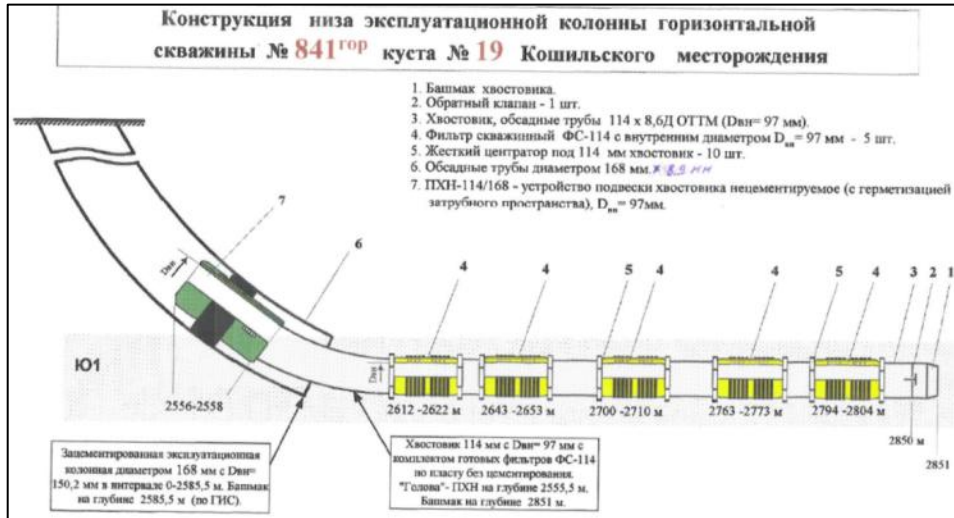


По сравнению со щелевыми, сеточными, перфорированными нецементированными хвостовиками

Достоинства:	Недостатки:
Относительно меньший риск неконтролируемых утечек жидкости ГРП в пласт (зависит от длины перфорированного интервала)	Относительно менее качественная связь с пластом («скважина – пласт») – меньшая площадь контакта; Риски повышенных потерь рабочего давления на трение при прохождении жидкости через перфорацию.

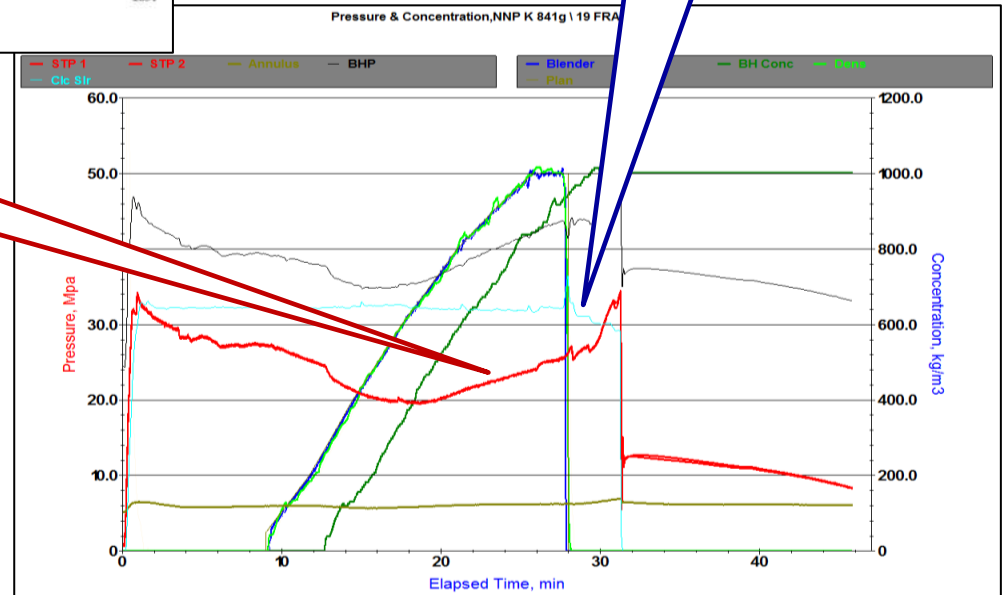


Проведение «слепого» ГРП: примеры

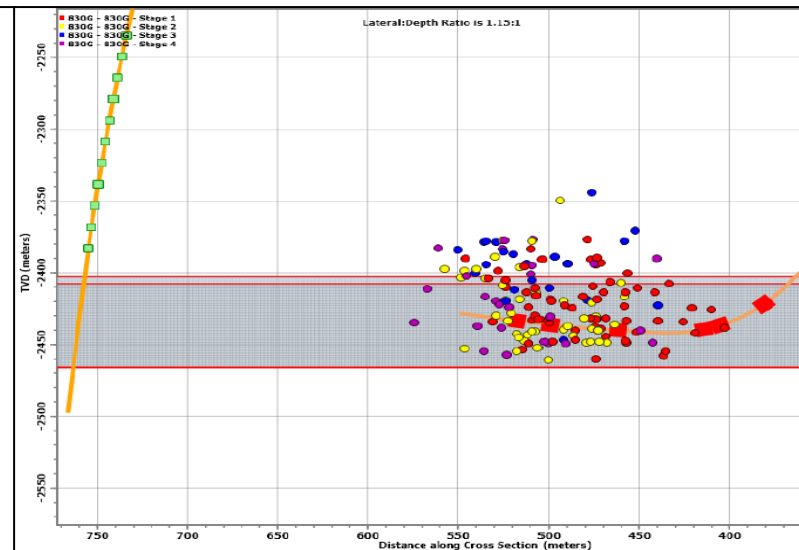
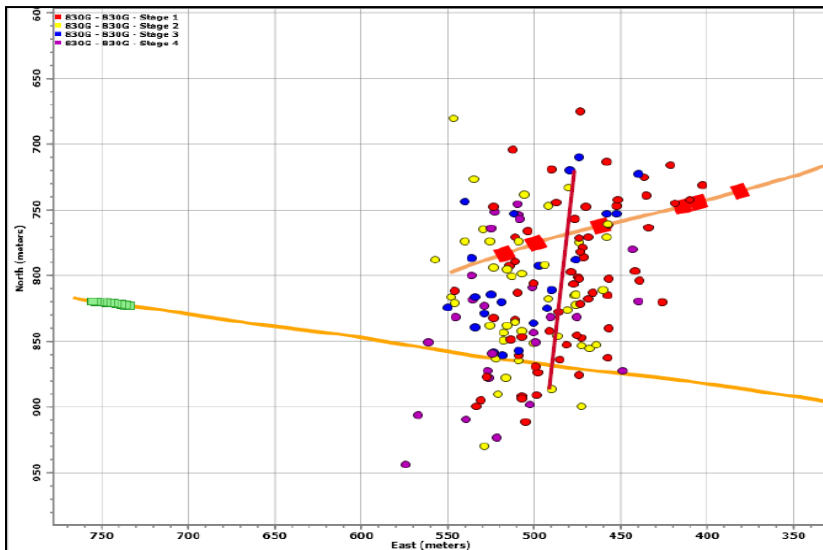
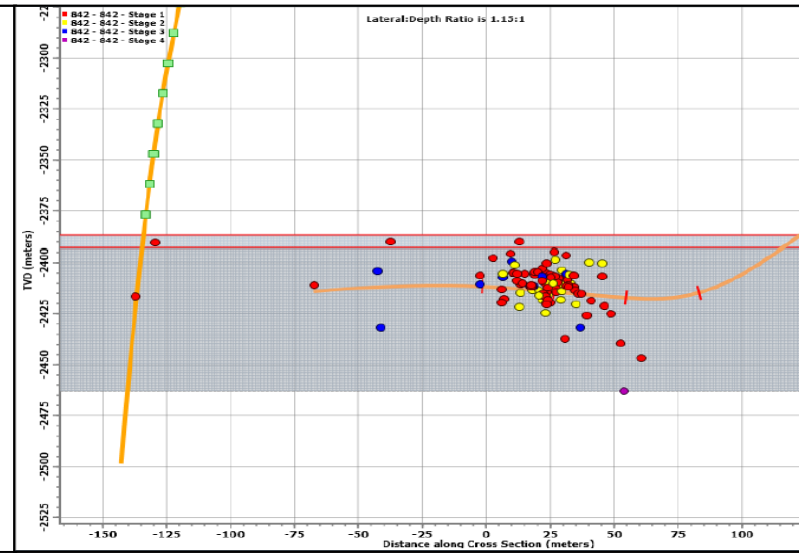
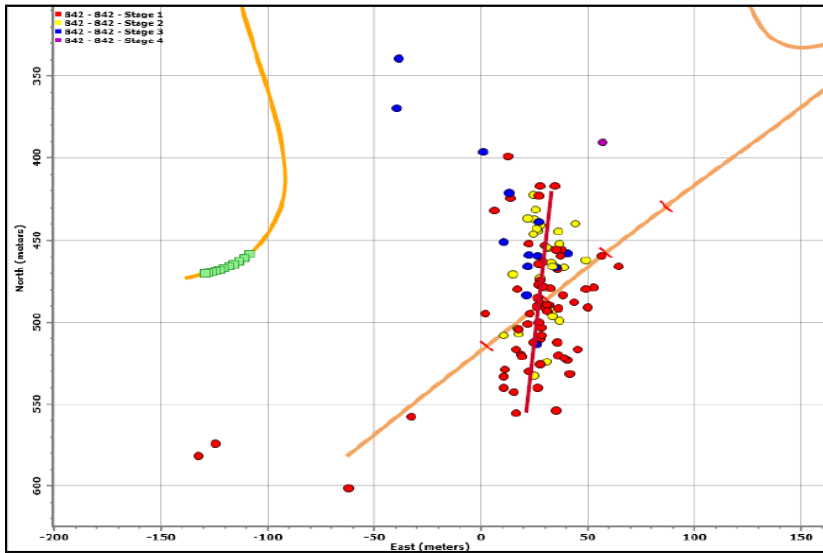


Снижение расхода на стадии продавки из-за роста давления

Раннее начало упаковки трещины ГРП



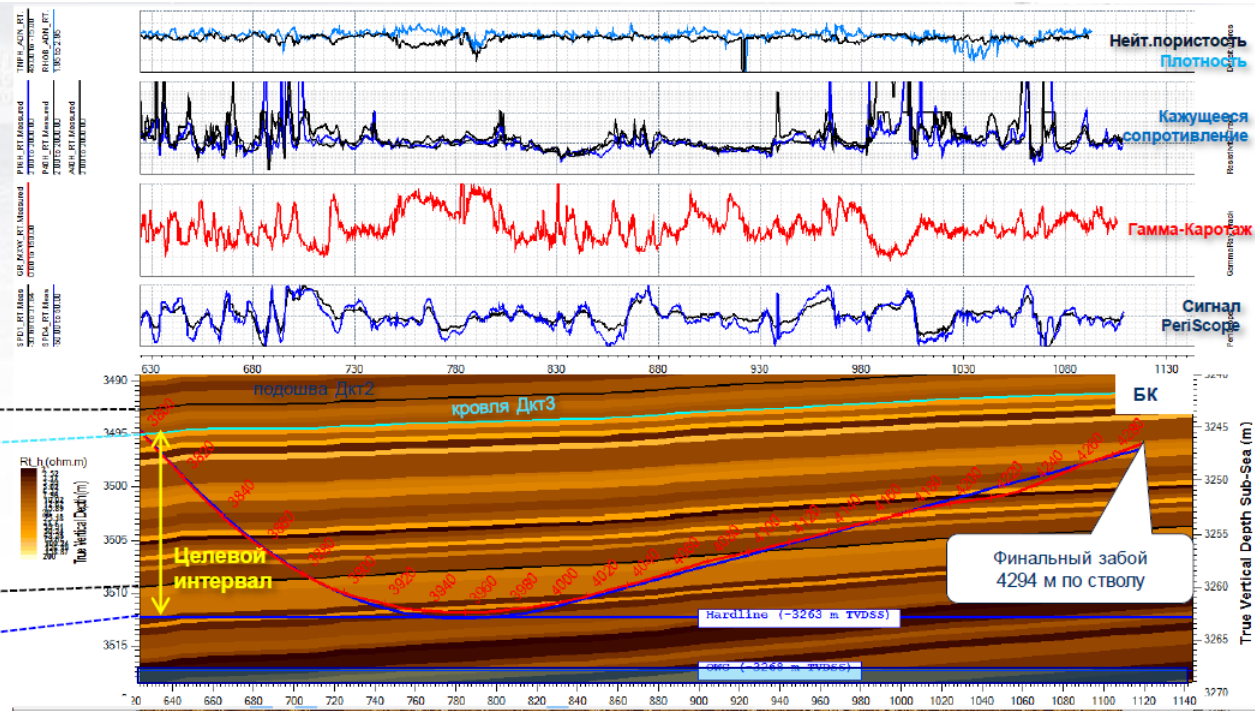
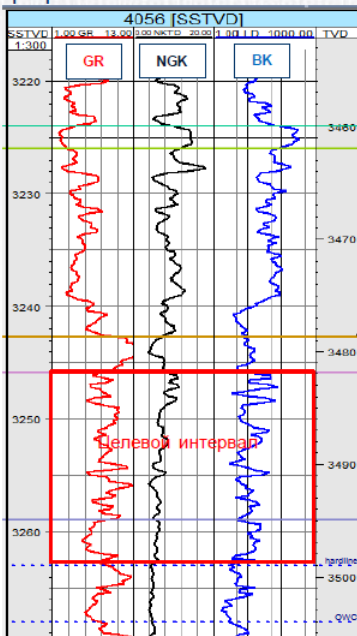
Проведение «слепого» МГРП: скв. 842Г и 830Г Кошильского местор-я



Донецко-Сыртовское месторождение: скв. 4079, пласт ДКТ-3

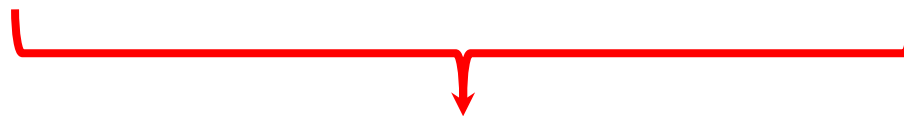


Опорная скв. 4056 используется для распределения свойств разреза.

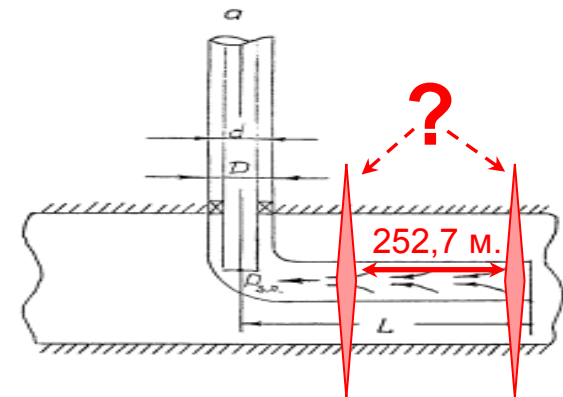


Длина хвостовика с фильтрами 252,7 м;

Расстояние от нижней точки фильтра до ВНК \approx 5 м;



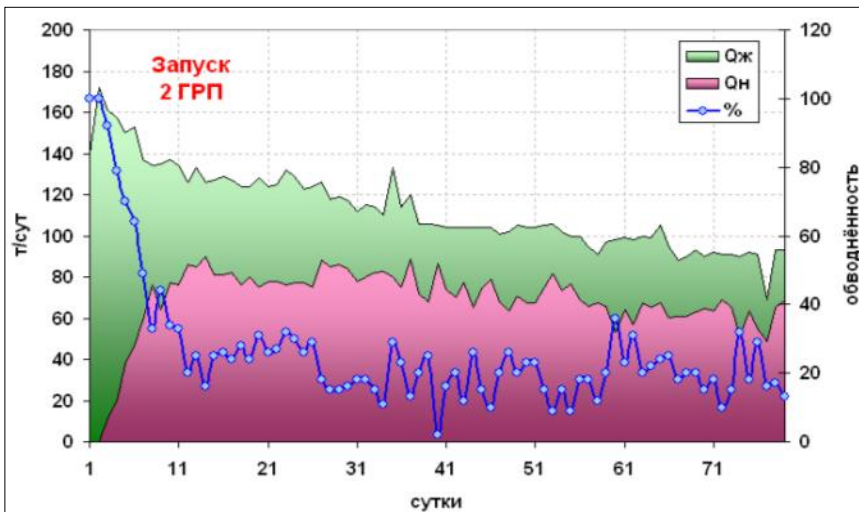
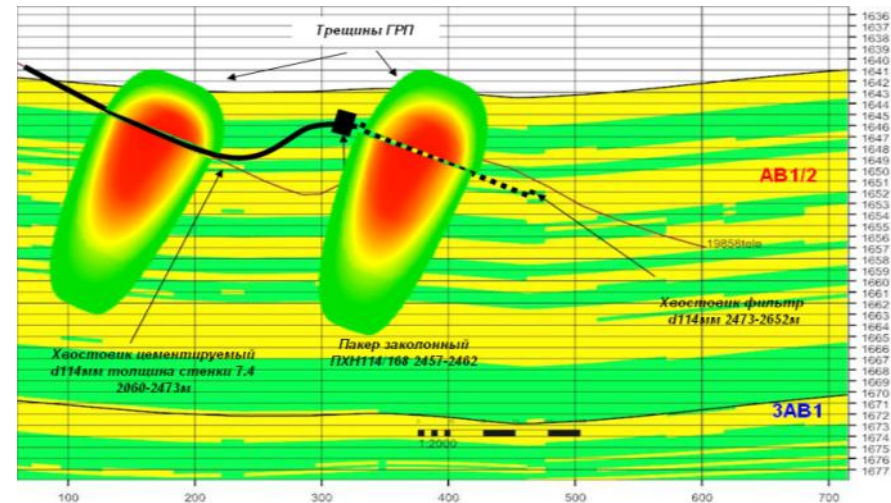
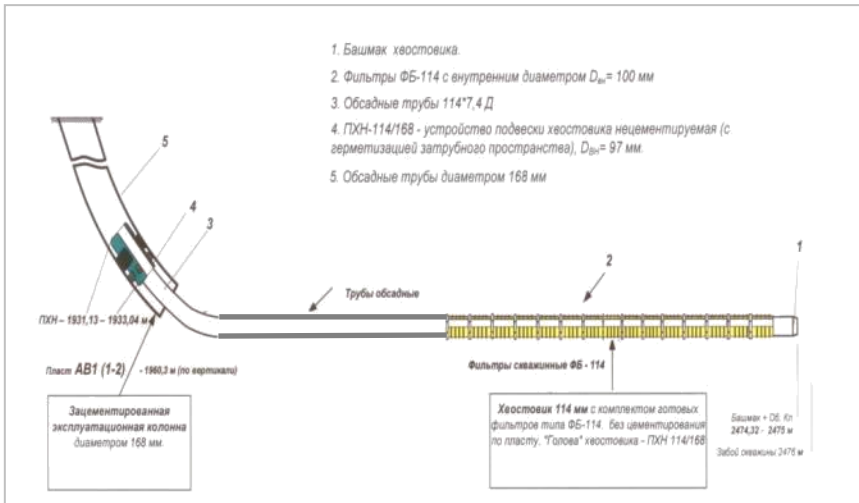
Отказ от проведения ГРП



2-х стадийный ГРП: фильтр + перфорация



Самотлорское месторождение: пласт АВ 1(1-2), скважины куста № 2041



Дебиты:

Без ГРП: 24 т/сут.;
ГРП 1: 50 т/сут.;
ГРП 2: 65-70 т/сут.

Те же самые риски, что и при проведении ГРП ч/з сеточные, щелевые, перфорированные хвостовики.

Компоновка заканчивания: щелевой хвостовик + 2 разрывных муфты



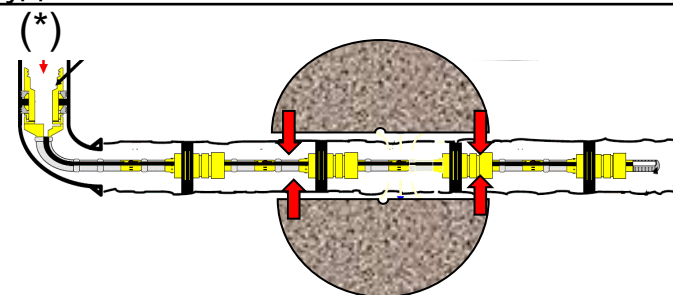
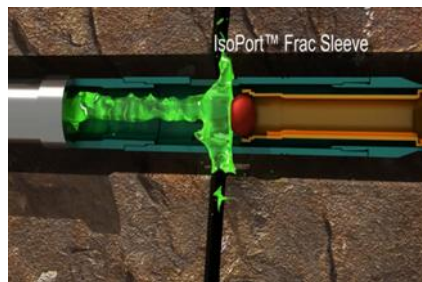
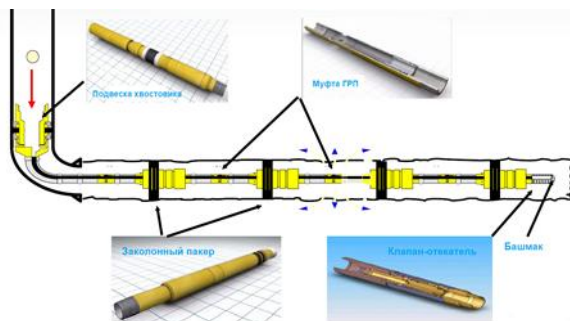
- Давление активации 1-ой муфты меньше такового для 2-ой муфты. 1-я муфта активируется посредством инициации «СТОПа» на первом ГРП (закачиваемом через щелевой хвостовик).

Достоинства:	Недостатки:
<p>Механическая простота; Являются частью обсадной колонны – упрощены спуск и заканчивание скважины; Возможность проведения многостадийных ГРП в $\varnothing = 102\text{мм}$.</p>	<p>Риск недостаточной герметичности установленных пакеров; Риск развития многотрещинности; Риск прорыва трещин между секциями и активации муфт или деформации хвостовика; Риск неактивации муфт; Риск одновременной активации муфт; Риск повышенных потерь давления на трение на муфтах; Сложность изоляции обводнившихся интервалов пласта; Риск перепродавки проппанта в пласт на ГРП (отсутствуют способы механического ограничения закачивания проппанта)</p>

Муфты ГРП активируемые шарами



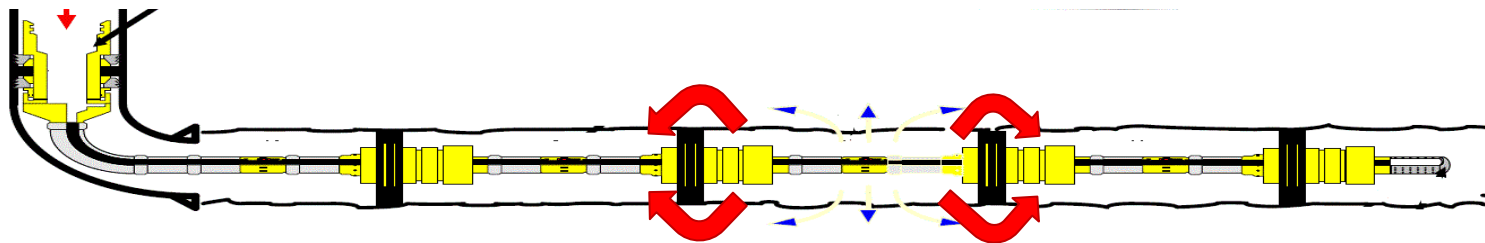
Достоинства:	Недостатки:
<p>Контроль за развитием трещины ГРП (точка инициации трещины, объем продавки);</p> <p>Изоляция ранее стимулированных зон;</p> <p>Механическая надежность при соблюдении регламентов, правил и лучших инженерных практик;</p> <p>Потенциальная возможность изоляции обводненных интервалов закрытием портов.</p>	<p>Сложность компоновки;</p> <p>Сложность проведения заканчивания скважины;</p> <p>Риск недостаточной герметичности установленных пакеров (перетоки между зонами);</p> <p>Количество портов ограничено внутренним диаметром хвостовика обсадной колонны, размерами седел и последовательностью шаров с увеличивающимися размерами;</p> <p>Риск развития многотрещинности;</p> <p>Риск прорыва трещин между секциями (*);</p> <p>Сложность нормализации забоя скважины;</p> <p>Человеческий фактор, инженерные ошибки (подбор оборудования, сброс шаров);</p> <p>Высокая стоимость оборудования.</p>



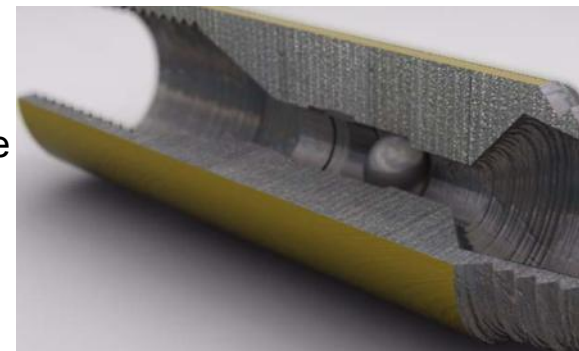
Муфты ГРП активируемые шарами: риски применения



- Риск применения разбухающих / гидравлических пакеров
 - Пример: ВЧНГКМ, 2012г.: косвенные признаки недостаточного разбухания пакеров компоновок с разрывными муфтами ГРП;
 - Риск перетоков жидкости ГРП между секциями, неконтролируемых утечек и СТОПов в процессе ГРП;



- Соответствие диаметров шаров и посадочных седел (человеческий фактор при монтаже на устье скважины)
 - Пример: ВЧНГКМ, 21/03/2012г., скв. 1431/29: выявлен факт установки муфты ГРП с большим проходным диаметром ($D = 60.3$ мм) при запланированном спуске шара ($D = 54.0$ мм);
 - Риск: перепродавка проппанта в пласт, понижение проводимости трещины ГРП;



Муфты ГРП активируемые шарами: риски применения



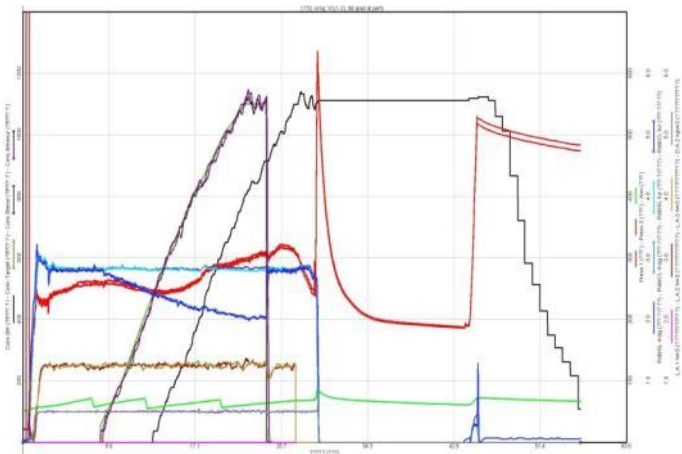
- Правильная последовательность шаров (человеческий фактор при проведении ГРП)

- Потенциальный риск:
необходим постоянный контроль;



- Своевременный сброс шара
(короткий интервал времени на операцию,
человеческий фактор при проведении ГРП)

- Пример: скв. 1770/30 ВЧНГКМ: попадание шара в стадию продавки с проппантом («хвост» проппанта на продавке). Скачок давления на продавке.
- Риски проведения ГРП на следующей муфте.



Муфты ГРП активируемые шарами: риски применения



- Инициация трещины через циркуляционные отверстия, не предназначенные для ГРП
 - Как возможный пример (муфты разрывные): скв. 81056/4303 Самотлор.
ГРП с маркированным пропантом ч/з циркуляционное отверстие, не предназначенное для ГРП;
 - Риски:
 - Повышенные потери давления → «СТОП»,
уменьшение проводимости трещины («штуцирование» притока циркуляционным отверстием).
- Закрытие портов при росте обводненности продукции из трещины
 - Риски:
Используемое оборудование не предназначено для закрытия портов при росте обводненности,
Отсутствие опыта проведения работ по закрытию портов,
Ожидаемая высокая стоимость работ при отсутствии гарантированного результата.

Муфты ГРП активируемые шарами: риски применения



- Разбуривание шаров койл-тьюбингом:

- Пример: ВЧНГKM, проект ГРП 2012г.:
недостаточная нагрузка на долото в забойных условиях + иные проблемы;

- Риски:

- удлинение периода освоения скважины,
уменьшение проводимости трещины,
уменьшение ожидаемых дебитов нефти,

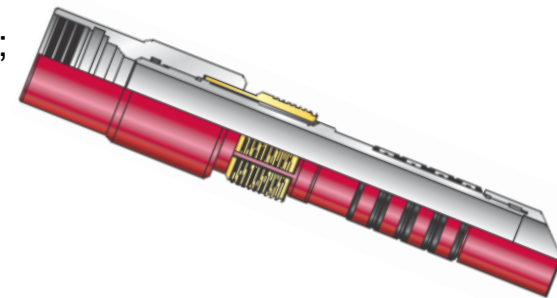
- Вероятные осложнения при КРС, геофизических исследованиях и др.



- Срыв стингеров (уплотнительных узлов) после ГРП

- Пример: скв. 1769 и 3200 ВЧНГKM, проект ГРП 2012 г.;

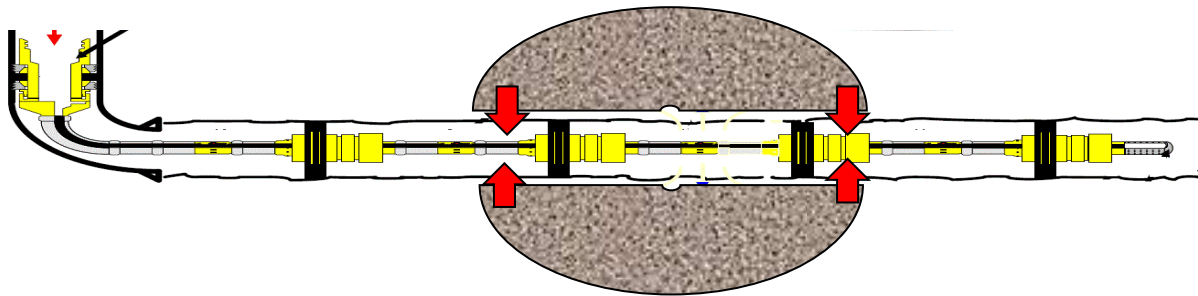
- Риски прихвата оборудования.



Муфты ГРП активируемые шарами: риски применения



- Деформация хвостовика (оборудования компоновки заканчивания)
 - Вероятный риск деформации оборудования при распространении трещины вдоль ствола скважины и «прорыве трещины за пакер» в интервал соседних секций.



- Использование композитных и/или алюминиевых шаров

- Вероятное решение проблемы разбуривания;
- Технология прошла полевые испытания;
- Риски:
Воздействие кислот на оборудование компоновки заканчивания скважины, трещину ГРП и породы пласта;

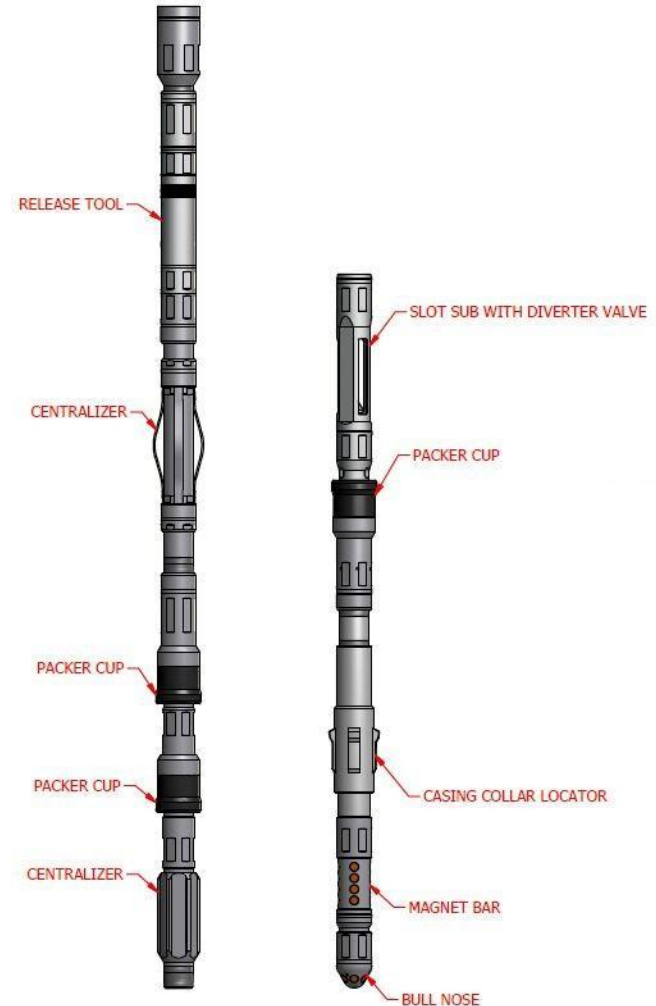
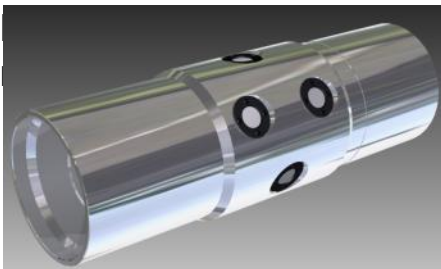


Неполное разложение / растворение материалов шаров

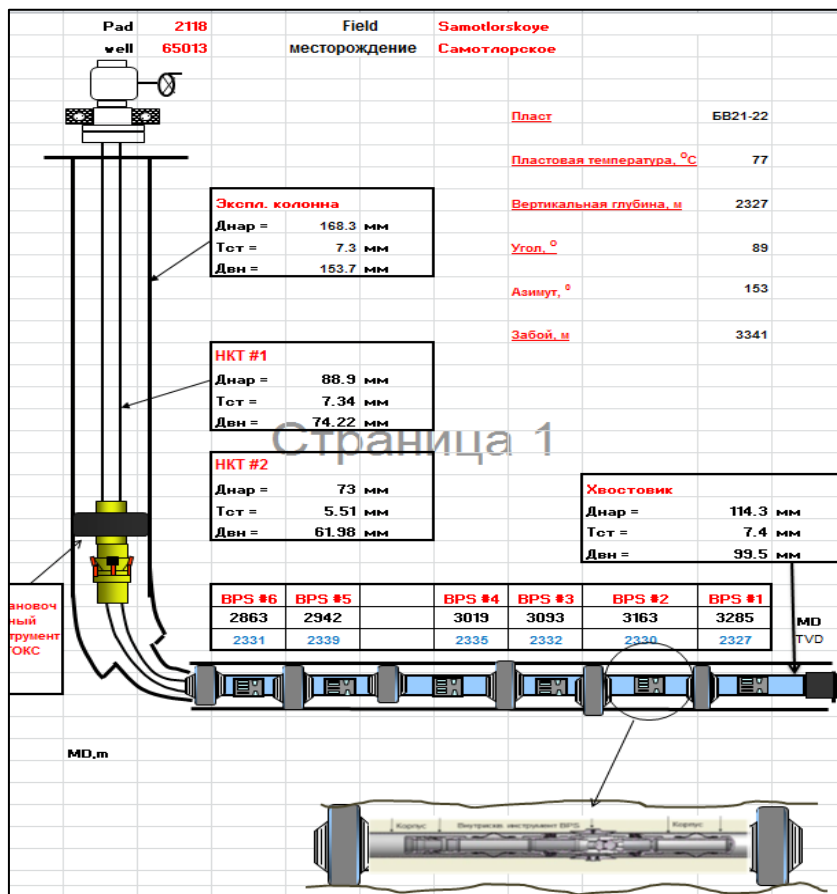
Чашечный пакер + разрывные муфты



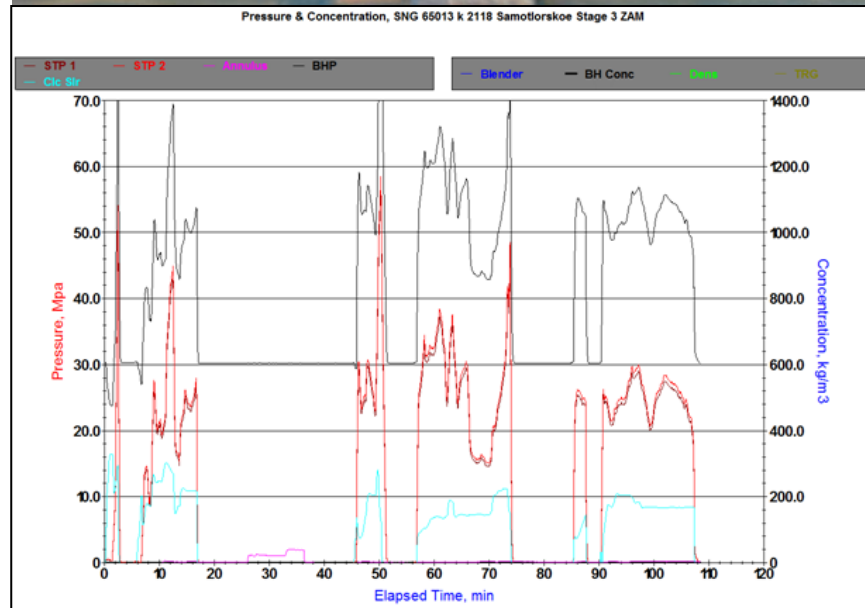
Достоинства:	Недостатки:
<p>Механическая простота; Являются частью обсадной колонны – упрощены спуск и заканчивание скважины; Могут применяться как для цементуемых, так и для нецементуемых колонн; Отсутствует потребность в промывке скважины после ГРП; Быстрая нормализация забоя после «СТОПа» без привлечения ГНКТ</p>	<p>Риск недостаточной герметичности установленных пакеров; Риск развития многотрещинности; Риск прорыва трещин между секциями и активации муфт или деформации хвостовика (при нецементуемом хвостовике); Риск наличия каверн с цементом напротив участка установки муфт; Риск активации муфт при срыве пакера во время ГРП; Риск неактивации муфт; Риск повышенных потерь давления на трение на муфтах; Частая потребность в замене чашечных пакеров; Сложность изоляции обводнившихся интервалов пласта; Дороговизна оборудования</p>



Самотлорское месторождение, скв. 65013, БВ 20-21: нецементированный хвостовик

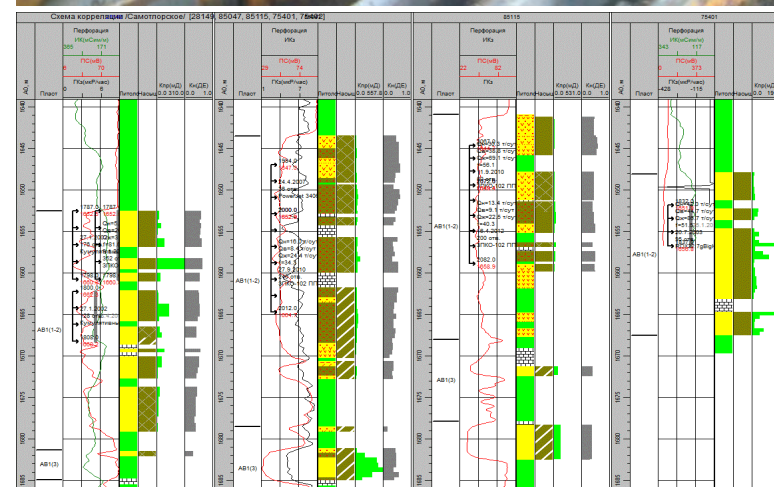
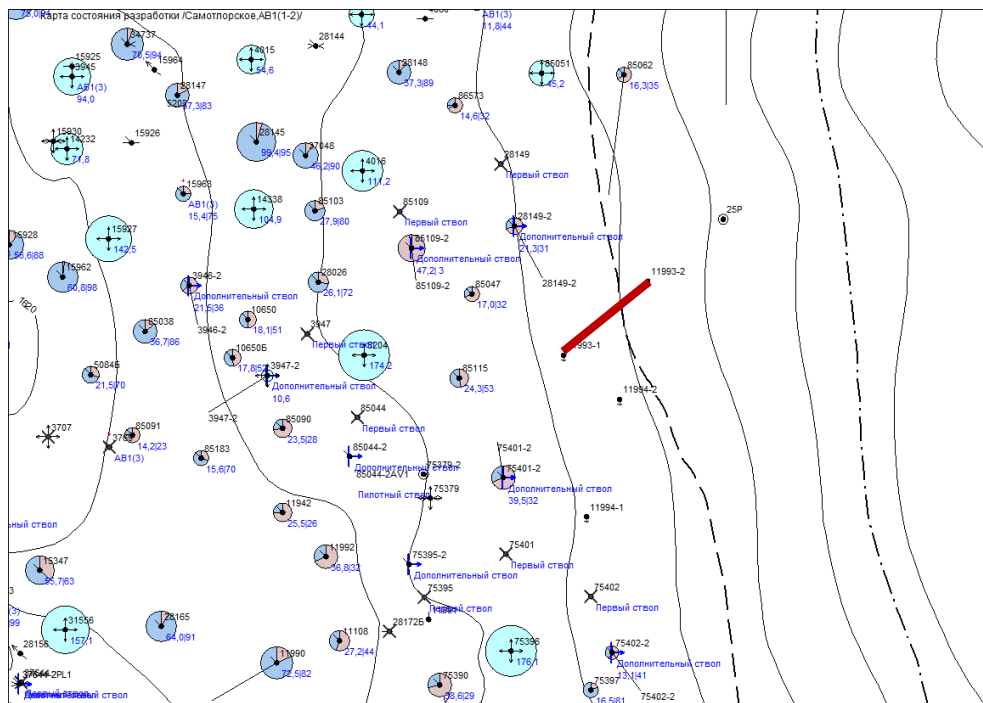


Страница 1



- Проблемы с активацией 3-й разрывной муфты;
- Частые СПО с заменой уплотнительных элементов чашечных пакеров;
- На 5-й стадии ГРП (6-й муфте) утерян центратор.

Самотлор, скв. 11993, АВ 1(1-2): цементированный хвостовик



- Проблемы с активацией 3-й муфты;
- Частые СПО с заменой уплотнительных элементов чашечных пакеров;
- «СТОП» на 3-ем ГРП (4-я разрывная муфта), быстрый вымыв 3,5 т. пропанта.

Самотлор, скв. 11994, АВ 1(1-2): цементированный хвостовик с разрывными муфтами

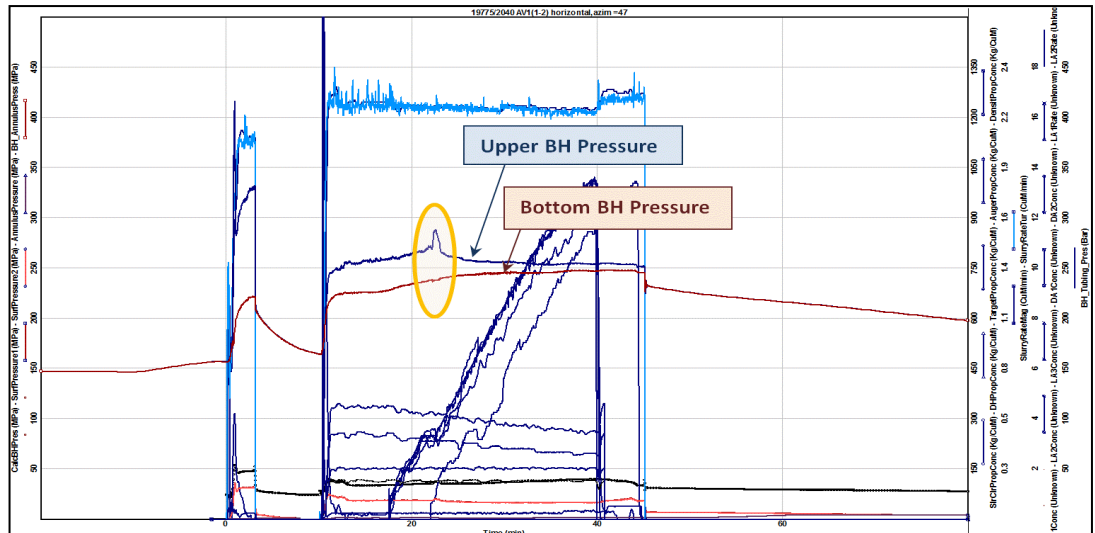
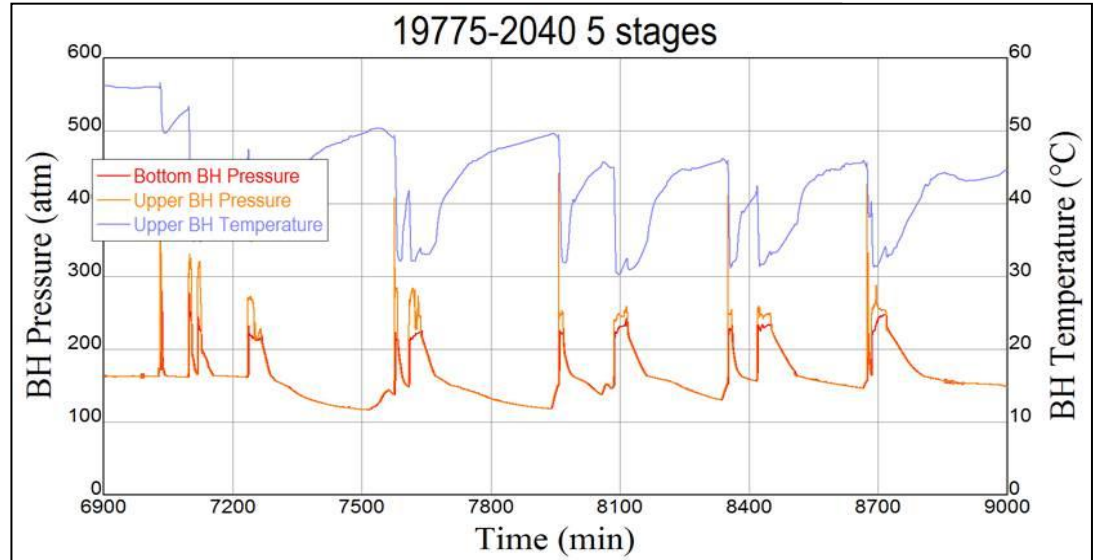
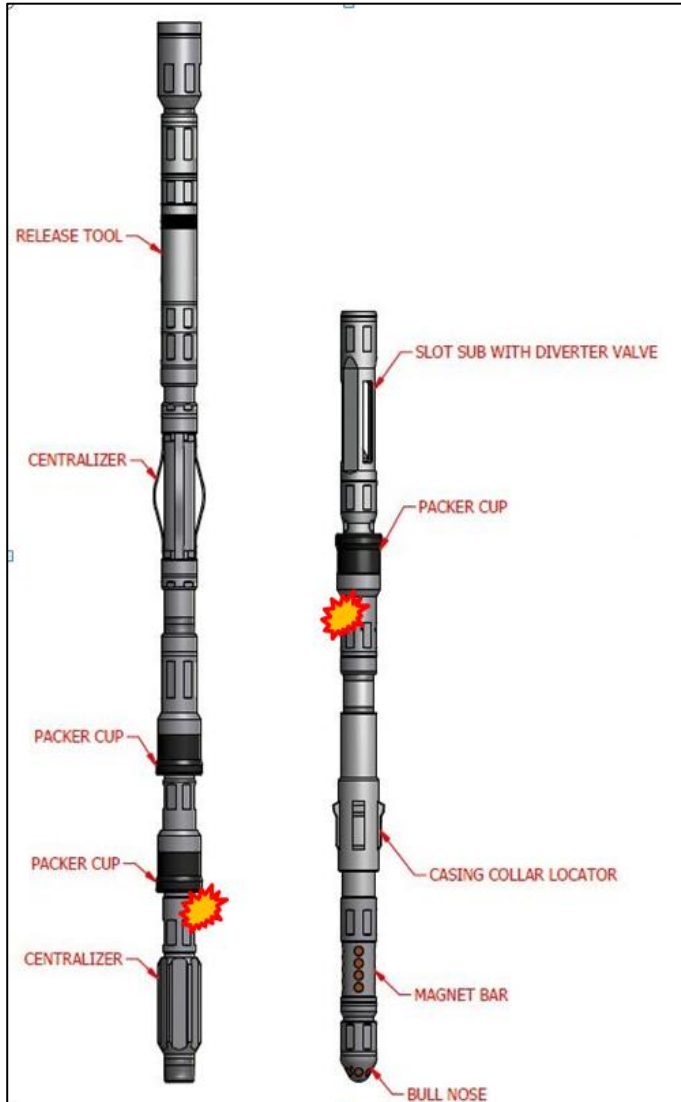


МГРП:

1-я стадия – 15.08.2012г.;
2-я стадия – 18.08.2012г.;
3-я стадия – 20.08.2012г.;
4-6 стадии – 22-23.08.2012г.

Цемент в горизонтальном стволе –
причина множественных СПО и
удлинение периода выполнения
МГРП

Самотлор, скв. 19775, АВ 1(1-2): гидравлические заколонные пакеры + разрывные муфты



Муфты разрывные и активируемые шарами



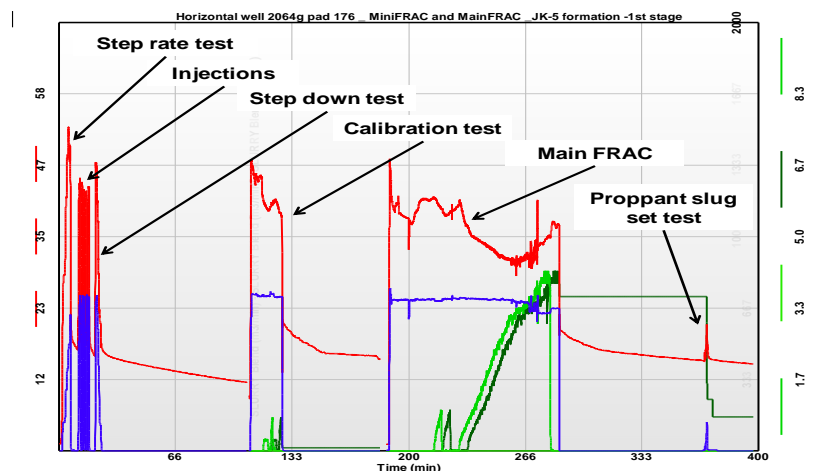
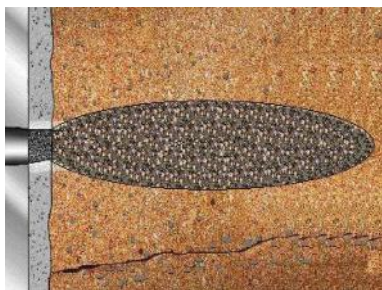
Достоинства:	Недостатки:
Комбинация достоинств двух ранее рассмотренных технологий Отсутствие механически сдвигаемых (в процессе ГРП) элементов компоновки заканчивания.	Комбинация рисков двух ранее рассмотренных технологий.

- В «ТНК-ВР» указанные компоновки заканчивания скважин не используются по причине отсутствия значительных преимуществ по сравнению с компоновками с разрывными муфтами (при использовании чашечных пакеров) и компоновок, активируемых шарами.

Многостадийный ГРП с использованием ГНКТ



- Применение ГНКТ:
 - проведения гидropескоструйной перфорации между стадиями ГРП;
 - Освоение и ввод скважины в эксплуатацию после последнего этапа ГРП.
- После перфорирования абразивной смесью ГНКТ с забойной компоновкой поднимается на поверхность;
- ГРП через НКТ с пакером, ранее спущенные в скважину;
- После стадии ГРП в интервале перфорации – пропантная пачка, изолирующая пласт («отсыпка» перед следующей стадией ГРП);
- Нет технологических ограничений для массы закачиваемого пропаннта.



Спасибо за внимание!



Вопросы?
Комментарии?

SPE 137328. Нефтяные скважины: критерии выбора



«Для горизонтальных скважин на нефтяных поперечные трещины рациональны для низко- и среднепроницаемых коллекторов с проницаемостью до 10 мД. Если проницаемость больше указанной величины, вертикальные скважины с ГРП или горизонтальные скважины с продольными трещинами более обоснованы. Выбор между предлагаемыми опциями следует принимать на основе сравнения экономической привлекательности двух типов заканчивания.»

Проницаемость мД	Наилучшее техническое решение	Комментарии
> 10	Горизонтальный ствол и Продольные трещины; Или вертикальные скважины с ГРП	Зависит от экономических параметров/показателей проекта и соотношения стоимости вертикальных и горизонтальных скважин и технологий разобщения пластов.
< 10	Горизонтальные скважины, Поперечные трещины ГРП	

SPE 137328. Газовые скважины: критерии выбора



«Для горизонтальных скважин газовых залежей поперечные трещины предпочтительнее, если проницаемость пласта менее +/- 0,5 мД. При проницаемости ниже 0,1 мД. рациональным может являться строительство нескольких вертикальных стволов с ГРП. Решение следует принимать на основании сравнения экономической эффективности вертикальных и горизонтальных стволов скважин.

В газовых залежах с проницаемостью выше 0,5 мД. горизонтальные скважины с продольными трещинами ГРП привлекательнее схожих скважин с поперечными трещинами из-за смягчения «эффекта штуцирования притока» в интервале сообщения трещины со стволом скважины. Однако, при проницаемости от 0,5 до 5 мД. множественное вскрытие залежи вертикальными скважинами с ГРП может оказаться выгоднее, чем строительство горизонтальной скважины с множественными продольными трещинами ГРП. Решение следует принимать на основании сравнения экономической эффективности вертикальных и горизонтальных стволов скважин.

При проницаемости пласта более 5 мД. горизонтальные скважины с множественными продольными трещинами наиболее привлекательны во всех случаях.»

SPE 137328. Газовые скважины: критерии выбора



Проницаемость мД	Наилучшее техническое решение	Комментарии
> 5	Горизонтальный ствол; Продольные трещины	Во всех случаях
от 0.5 до 5	Горизонтальный ствол и продольные трещины; Или вертикальные скважины с ГРП	Зависит от экономических параметров/показателей проекта и соотношения стоимости вертикальных и горизонтальных скважин и технологий разобщения пластов.
от 0.1 до 0.5	Горизонтальные скважины, Поперечные трещины ГРП	При $k > 0.5$ «штуцирование притока» в интервале сообщения трещины со стволом скважины делает поперечные трещины ГРП менее эффективными.
< 0.1	Горизонтальные скважины и поперечные трещины ГРП; Или вертикальные скважины с ГРП	Зависит от экономических параметров/показателей проекта и соотношения стоимости вертикальных и горизонтальных скважин и технологий разобщения пластов.