

Метод щелевой разгрузки пласта в призабойной зоне скважин

Во ВНИМИ и ВНИИОкеаногелогия на основе анализа геолого-разведочных работ и эксплуатации нефтяных месторождений выявлено (особенно на больших глубинах), что концентрации напряжений в призабойной зоне влияют на процессы фильтрации и интенсивность притоков нефти и газа в скважину.

Основной причиной снижения проницаемости призабойной зоны пласта (ПЗП) во время первичного вскрытия продуктивного пласта является нарушение его равновесно-нагруженного состояния под влиянием которого происходит перераспределение концентраций напряжений. В зависимости от литолого-петрографической характеристики горных пород и глубины залегания пласта тангенциальные напряжения в прифилтровой зоне могут возрасти в несколько раз. Под действием таких высоких нагрузок гидропроводность ПЗП существенно снижается не только за счет смыкания микротрещин в порово-трещинном коллекторе, но и за счет защемления в них кальматационного материала бурового раствора. Поэтому нередки случаи, когда даже при наличии достаточно хорошего коллектора приток нефти к забою скважин слабый или отсутствует.

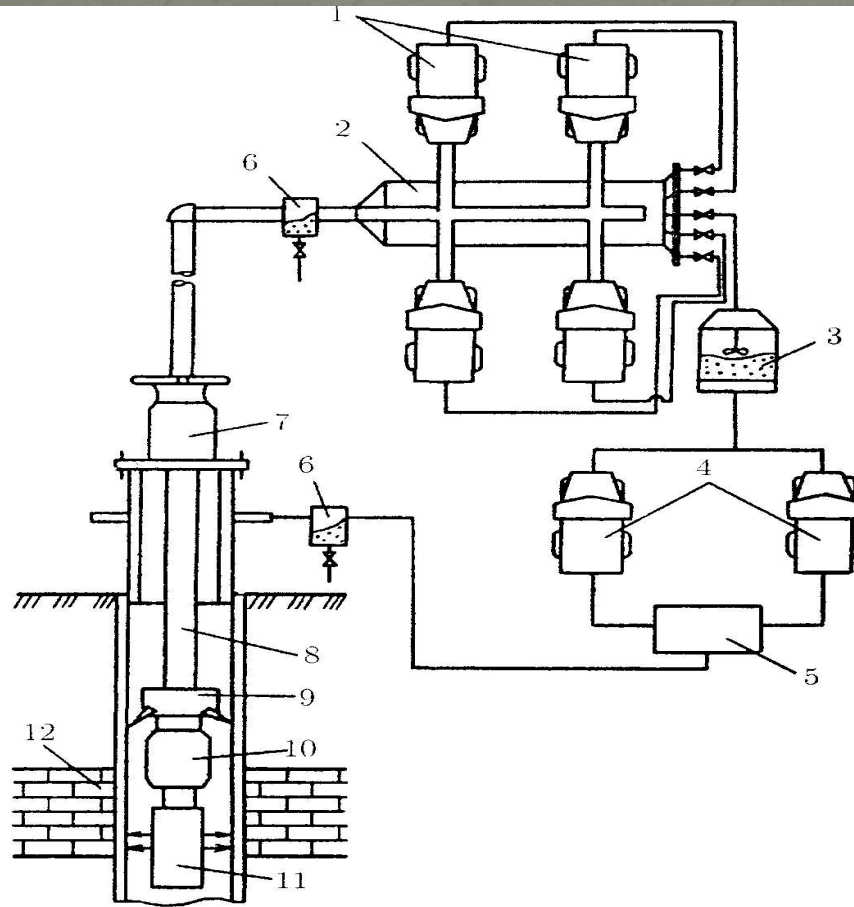
- При проведении гидравлических ударов и торпедировании скважин с помощью химических взрывчатых веществ величина трещин во многом зависит от типа коллекторов и, как правило, не является значительной. Гидравлический разрыв пласта (ГРП) лишен этого недостатка. В то же время большим недостатком ГРП является отсутствие действенных способов контроля и управления за созданием трещин и их направленности. В неоднородных пластах трещины возникают в наиболее проницаемой части пласта. Ориентация трещины определяется сложнапряженным состоянием пород и направлением их естественной трещиноватости и часто не может быть предсказана. Непредсказуемость трещинообразования может привести к преждевременному прорыву вод за счет выхода трещины в зону ВНК или подошвенных вод.
- Работниками ВНИМИ, ВНИИОкеанология, ОАО «Удмуртнефть» (патент № 1167925, 18.04.83 Г.Н. Герасименко, А.Н. Иванов, И.С. Грамберг, А.М. Гусейнадзе, А.Н. Дмитриевский, В.И. Кудинов) создан и внедрен в промышленных масштабах метод щелевой разгрузки продуктивного пласта, заключающийся в создании двух вертикальных, диаметрально противоположных щелей в продуктивном пласте скважины. Метод обеспечивает надежную гидродинамическую связь с пластом, снижение напряжений и увеличение проницаемости пород в призабойной зоне, увеличение площади фильтрации, высокое совершенство вскрытия пласта, увеличение дебита скважин и, в конечном счете, повышение конечного нефтеизвлечения.
- Метод может использоваться в сочетании с кислотными и другими обработками ПЗП в добывающих и нагнетательных скважинах. Он может быть использован для выравнивания профиля приемистости скважин. Эффективность метода щелевой разгрузки пласта зависит от правильного выбора объекта обработки.
- Выбор объекта проводится на основании детального изучения промыслово-геофизических материалов как непосредственно по скважине, так и по месторождению в целом.

- Для получения устойчивого во времени эффекта от щелевой разгрузки пласта необходимо выбирать интервалы, не заключающие в себе пластичных прослоев. Наличие в кровле и подошве выбранного интервала каверн, превышающих диаметр долота в 2-2,5 раза, на расстоянии до 6-15 м вызывает эффект перемещения кольцевой зоны концентрации напряжений от скважины в глубь массива и при ограниченной глубине щелей препятствует снижению напряжений и повышению проницаемости пор в ПЗП.
- Целесообразно проводить щелевую разгрузку при небольшой по размерам (1-2 м) зоне кальматации, особенно при значительном снижении проницаемости пород в этой зоне. Тогда, полная потеря гидравлической связи скважины с пластом не препятствует успешному использованию метода щелевой разгрузки. Наиболее благоприятными для использования метода являются терригенные поровые коллекторы с низкой проницаемостью и высокой глинистостью. Следует отметить, что вскрытие и освоение таких коллекторов традиционными методами часто весьма затруднительно. Другая группа коллекторов, благоприятная для щелевой разгрузки - порово-трещинные и трещинные коллекторы, карбонатные и терригенные с вертикально и наклонно квитируемыми трещинами; проницаемость трещинных коллекторов в значительно большей степени зависит от напряжений, чем проницаемость поровых коллекторов.
- В трещинных коллекторах размеры ПЗ обычно значительно больше, чем в поровых, поэтому проведение щелевой разгрузки пласта целесообразно комбинировать с последующей кислотной обработкой для увеличения глубины воздействия на пласт.

Оборудование, применяемое при щелевой разгрузке пласта

- Основное наземное оборудование, применяемое для щелевого вскрытия пласта, включает блок манифольдов 1БМ-700, насосные агрегаты 4АН-700, ЦА-320, пескосмеситель УПС-50. Обвязка наземного оборудования осуществляется по схеме трубами манифольда высокого давления с помощью шарнирных колонн быстроразъемных соединений.

Схема связки устьевого и скважинного оборудования при щелевой пескоструйной перфорации



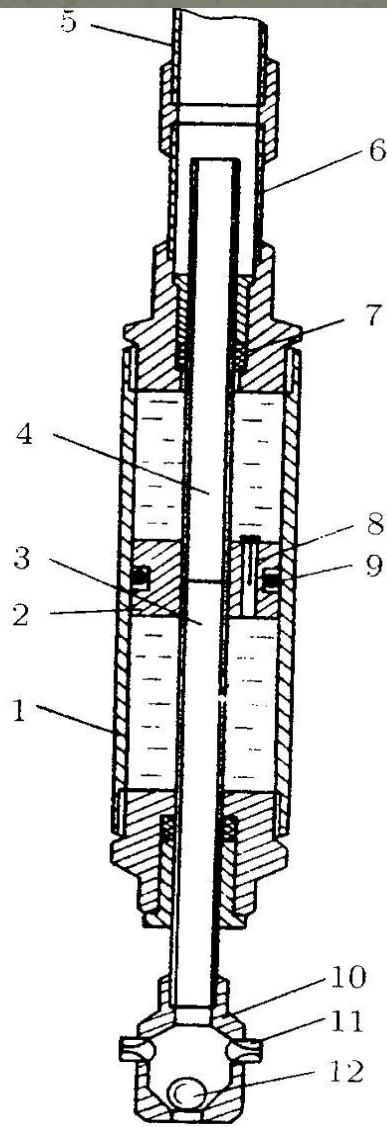
- 1 – насосные агрегаты 4АН-700
- 2 – блок манифольдов БМ-700
- 3 – пескосмеситель УСП
- 4 – цементирующий агрегат т ЦА-320
- 5 – емкость
- 6 – шламоулавливатель
- 7 - сальниковая головка
- 8 – НКТ
- 9 – гидравлический якорь
- 10 – глубинный двигатель
- 11 – перфоратор
- 12 – пласт

Щелевая гидropескоструйная перфорация проводится в следующей последовательности:

- 1. Исследование скважины и составление плана работ.
- 2. Подготовка скважины: промывка забоя и шаблонирование эксплуатационной колонны.
- 3. Опрессовка двигателя гидropескоструйной перфорации (ГПП) и определение скорости перемещения штока при расчетном рабочем переходе давления на насадках.
- 4. Спуск перфоратора в скважину, опрессовка и привязка перфоратора к верхней точке нижнего из запланированных интервалов по РК. Спускаемая компоновка: перфоратор, двигатель, опрессовочный клапан, свинцовый клапан, репер.
- 5. Скважина оборудуется устьевым сальником.
- 6. Производится обвязка и опрессовка поверхностного оборудования.

- После проведения указанных работ проводят прямую промывку через перфоратор агрегатом 4АН-700. При установившемся стабильном режиме работы насосного агрегата в рабочую жидкость вводят песок.
- Регулировкой ввода песка пескосмесителем добиваются концентрации 70-100 г/л.
- С учетом гидравлических потерь в системе на устье скважины поддерживается давление на 5-7 МПа выше расчетного. По мере износа насадок и падения давления подключается в работу второй агрегат 4АН-700. Песчаножидкостная смесь забирается агрегатами 4АН-700 и подается через блок манифольда 1БМ-700 и фильтры в скважину. Из скважины песчано-жидкостная смесь проходит через фильтры на УСП-50. По мере поглощения жидкости пластом агрегатом ЦА-320 из амбара или емкости добавляют ее в бункер УСП-50. После окончания цикла щелевого вскрытия первого интервала переходят к следующему интервалу, для чего производят завод перфоратора в исходное положение обратной промывкой ЦА-320 и установку перфоратора в верхней точке второго интервала. Давление при обратной промывке составляет 5-7 МПа, время выдержки давления 3-4 мин. Затем производят переключение на прямую циркуляцию от 4АН-700. После окончания щелевого вскрытия пласта в последнем запланированном интервале или выработке ресурса насадок перфоратора, выражающейся в увеличении на 30-50% производительности агрегатов, необходимой для поддержания заданного давления на устье скважины, производят промывку агрегатом ЦА-320 до полного прекращения выноса песка.

Устройство двигателя перфоратора



- Двигатель перфоратора представляет собой гидравлический поршневой привод, работа которого основана на использовании давления рабочей жидкости. Двигатель перфоратора состоит из герметичного цилиндра 1, внутри которого перемещается поршень 2, снабженный двумя полыми штоками 3 и 4. Цилиндр верхней частью крепится к колонне НКТ 5 патрубком 6. Верхний и нижний шток проходят через сальниковые уплотнения 7, которые обеспечивают герметичность цилиндра. Поршень 2 снабжен дозирующим устройством, представляющим собой калиброванный канал 8. Уплотнение поршня 9 играет роль обратного клапана и при движении поршня вверх свободно пропускает масло в нижнюю полость цилиндра. На нижнем штоке 4 крепится перфоратор 10. Перфоратор имеет две диаметрально расположенные насадки 11, верхнее и нижнее седло шарикового клапана 12.

- На стадии промышленных испытаний метода щелевой разгрузки, проведенных на скважинах «Удмуртнефти», была существенно изменена конструкция двигателя и перфоратора. За счет этого глубина щелевых каналов увеличилась в 1,5-2 раза. Наиболее эффективной формой, обеспечивающей снижение гидравлических сопротивлений в перфорационных отверстиях, способствующих увеличению глубины проникновения абразивной жидкости в пласт, являются вертикальные щели. При расчете ширины щели учитываются не только требования по снижению сопротивления гидравлической струи, но и необходимая ее величина для разгрузки горных пород, с учетом этого требования ширина щели определяется по выражению:

$$\delta = 1,6 \frac{\rho H}{E} \alpha,$$

ρ - плотность горных пород;
 H - глубина залегания продуктивного пласта скважины;
 E - модуль упругости горных пород
 $a = 2l - d$; l - глубина щели;
 d - диаметр скважины.

Расчет технологических параметров.

- Технология проведения вертикальных щелей в ПЗП аналогична технологии, применяемой при точечной гидропескоструйной перфорации, компоновка, состоящая из пескоструйного перфоратора с центратором забойного двигателя перфоратора, спускается в скважину на насосно-компрессорных трубах. Допустимое устьевое давление определяется из соотношения:

$$P_y = \frac{P_{\text{стр}} - Hq_{\text{ж}}}{KF_T},$$

P - сдвигающая нагрузка резьбовых соединений;

H - глубина подвески перфоратора;

$q_{\text{жс}}$ - вес трубы с муфтами в жидкости;

K - коэффициент безопасности;

F_t - площадь проходного сечения труб.

- Концентрация песка выбирается в пределах 50-100 г/л. Перепад давления на насадках для эффективного разрушения обсадной колонны, цементного камня и породы должен составлять 10-15 МПа (для насадок диаметром 6 мм) и 15-20 МПа (для насадок диаметром 4,5 мм). Учитывая износ насадок в процессе работы, рекомендуется перепад давления 20 и 25 МПа для насадок 6 и 4,5 мм соответственно. По выбранной весовой концентрации песка рассчитывается его объемная концентрация C и удельный вес песчаножидкостной смеси $\gamma_{см}$:

$$C = \frac{C_0}{C_0 + 100 \cdot \gamma_{п}},$$

C_0 - весовая концентрация песка в рабочей смеси;
 $\gamma_{п}$ - удельный вес песка

$$\gamma_{см} = C(\gamma_{п} - \gamma_{ж}) + \gamma_{ж},$$

$\gamma_{ж}$ - удельный вес рабочей
жидкости

$$Q = n\varphi f_n 10\sqrt{20g\Delta P/\gamma_{\text{см}}},$$

n - число насадок;

$\Delta\phi = 0,82$ - коэффициент скорости

f_n - площадь сечения отверстия насадок;

ΔP - перепад давления на насадках;

g - ускорение свободного падения.

Расчет рабочего давления на устье скважины производится по формуле:

$$P_{\text{уст}} = P + P_{\tau} + P_{\text{п}} + P_{\phi} + P_{\text{o}},$$

P - перепад давления на насадках;

P_{τ} - потери давления в НКТ и затрубном пространстве;

P_n - потери давления в перфорированной полости;

P_{ϕ} - потери давления на фильтрах;

P_{o} - потери давления в обвязке оборудования.

- Полученное рабочее давление нагнетания не должно превышать допустимого устьевого давления, рассчитанного по формуле

$$N_p = \frac{QP_{уст}}{\eta q_a P_a},$$

Q - расход песчано-жидкостной смеси;

$P_{уст}$ - рабочее давление на устье;

$\eta = 0,7-0,9$ - коэффициент технического состояния насосных агрегатов;

q_a - производительность насосного агрегата

P_a - давление насосного агрегата.

Рассчитанное число рабочих насосных агрегатов округляется до целого числа в большую сторону. Число резервных агрегатов принимается, исходя из технического состояния, в количестве 50-100% от числа рабочих агрегатов.

- К подземному оборудованию относят гидропескоструйный перфоратор, двигатель перфоратора и колонну НКТ. При проведении щелевой разгрузки применяются гидропескоструйные (абразивные) перфораторы АП-бм; ПЗК; БГПМД. При создании одиночных щелей применяется перфоратор АП-бм, в котором устанавливают четыре насадки, причем одна пара насадок расположена диаметрально противоположно другой. Расстояние между насадками в паре 10 сантиметров, что обеспечивает наиболее высокий к.п.д. щелевой перфорации.
- В качестве абразивного материала при создании щелей в ПЗП используется кварцевый песок с размерами зерен 0,2-1 мм и содержанием кварца не менее 50%. При выборе жидкости-песконосителя учитываются физико-химические свойства пласта и насыщающих его флюидов, а также технологические параметры процессов. Жидкость должна удовлетворять следующим основным требованиям: абразивная жидкость не должна ухудшать коллекторских свойств пласта; проведение операции не должно вызывать выброс нефти и газа (открытое фонтанирование); жидкость не должна быть дефицитной и дорогой. Состав жидкости-песконосителя для конкретных условий подбирают в лаборатории. При щелевой разгрузке пласта в терригенных коллекторах в качестве рабочей жидкости используют дегазированную нефть, водные растворы хлористого натрия, хлористого кальция и хлористого магния с добавлением 0,3-0,5% поверхностно-активных веществ (сульфанол, дисольван) и 3,5-5% карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ).
- При проведении щелевой разгрузки в карбонатных коллекторах рабочую жидкость готовят на пластовой воде. Данный метод был осуществлен на 49 добывающих и нагнетательных скважинах различных месторождений в Удмуртии. Удельный эффект на одну обработку по добывающим скважинам составил 1365 тонн, по нагнетательным - в пересчете на нефть - 706 тонн, средний по всем скважинам - 1002 тонны. Срок продолжительности эффекта превышает 4 года. Средний дебит

Список литературы

- В.И. Кудинов, Б.М. Сучков «Новые технологии повышения добычи нефти». Самара: Книжное издательство, 1998.
- В.И. Кудинов «Основы нефтегазопромыслового дела». 2008.
- В.Е. Лещенко и др. «Особенности разработки газонефтяных залежей и влияние геолого промышленных факторов на нефтеотдачу». М.: ВНИИОЭНГ, 1986.