

УДК 622.245

ОБЗОР ОСНОВНЫХ СПОСОБОВ ПЕРФОРАЦИИ СКВАЖИН

Попиков А.А., студент гр. ФПс-131, V курс

Баёв М.А., старший преподаватель

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Современный этап развития нефтегазодобывающей отрасли промышленности России характеризуется постоянным ростом требований к достижению высокой эффективности разработки нефтяных и газовых месторождений, что предполагает по возможности бесперебойную и соответствующую потенциалу месторождения работу добывающих и нагнетательных скважин с соблюдением темпов выработки запасов, текущих уровней добычи и полноты извлечения углеводородов. Одним из важнейших элементов, определяющих потенциальные возможности скважины, является так называемая прискважинная зона пласта (ПЗП) – некоторый объем продуктивного пласта, вскрытый данной скважиной и примыкающий к ней, в котором потери энергии на движение флюида существенны. [1].

Одной из основных проблем при строительстве скважин является создание гидродинамических связей между скважиной и продуктивным пластом. Для этого применяются различные виды и способы перфорации. От качества и эффективности перфорации в существенной мере зависит дальнейшая эксплуатация скважины и разработка продуктивного горизонта в целом. Перфорация скважин – создание отверстий в стенках буровой скважины против заданного участка продуктивного пласта с целью создания эффективной гидродинамической связи скважины с пластом и получения или усиления притока воды, нефти, газа в добычную скважину или пласт. Перфорацию скважин отечественные и западные сервисные компании в подавляющем большинстве проводят кумулятивными зарядами.

Кумулятивная перфорация осуществляется стреляющими перфораторами. Прострел преграды достигается за счет сфокусированного взрыва. Такая фокусировка обусловлена конической формой поверхности заряда взрывчатого вещества (ВВ), облицованной тонким металлическим покрытием (листовая медь толщиной 0,6 мм). Сущность эффекта кумуляции состоит в том, что при наличии выемки в заряде газообразные продукты детонации активной части взрывчатого вещества основного заряда двигаются к оси заряда и концентрируются в высокоскоростной поток, называемый кумулятивной струей. Масса ВВ одного кумулятивного заряда составляет (в зависимости от типа перфоратора) 25–50 г. Кумулятивная струя приобретает скорость в головной части до 6–8 км/с и создает давление на преграду до 0,15–0,3 млн. МПа. При выстреле кумулятивным зарядом в преграде образуется узкий пер-

форационный канал глубиной до 350 мм и диаметром в средней части 8–14 мм. Размеры каналов зависят от прочности породы и типа перфоратора [2].

Если выемка в заряде облицована тонким слоем металла, то вдоль его оси образуется кумулятивная струя, которая будет состоять не только из газообразных продуктов, но и из размягченного металла. В кумулятивную струю переходит примерно 10 % массы облицовки, а остальная ее часть формируется в виде стержня сигарообразной формы, называемого пестом. Скорость движения песта составляет примерно 1000 м/с. Обладая меньшей кинетической энергией и большим диаметром, чем головная часть струи, пест может застревать в уже образовавшемся перфорационном канале и частично или полностью закупоривать его. В среднем закупоривание пестом случается в каждом седьмом перфорационном канале. Такой канал уже не является гидродинамически эффективным. Появление канала сопровождается попаданием в породу пласта продуктов взрыва и продуктов разрушения преграды (обсадная колонна, цементное кольцо, порода пласта), а также уплотнением или разрыхлением породы пласта вокруг канала. Уплотнение породы снижает ее проницаемость. Разрыхление породы может привести к ее обрушению и закупорке перфорационного канала [3].

Все кумулятивные перфораторы имеют горизонтально расположенные заряды и разделяются на корпусные и бескорпусные. Существуют корпусные перфораторы как одноразового, так и многоразового применения, бескорпусные – только одноразового. Перфораторы спускают в скважину на кабеле (имеются малогабаритные перфораторы, опускаемые через НКТ), а также на насосно-компрессорных трубах.

Преимущества: простота; малые затраты времени на выполнение операции; относительно экономичный способ соединения пласта со скважиной. Недостатки: может вызвать разрушение обсадной колонны и цементного камня не только в интервале перфорации; может способствовать возникновению заколонных перетоков; срабатывают не все кумулятивные заряды; в терригенных породах возможно образование стеклянных элементов, которые способны вызвать засорение пристволовой области скважины; происходит деформация эксплуатационной колонны; в призабойной зоне пласта возникает блокирующая зона, которая состоит из пристенной кольматационной и инфильтрационной зон.

Учитывая имеющиеся недостатки кумулятивной перфорации, разрабатываются способы «щадящей» перфорации.

Гидропескоструйная перфорация (ГПП) основана на использовании гидромониторного эффекта, создаваемого струей абразивной песчано-жидкостной смеси, вытекающей с большой скоростью из насадок перфоратора и направленной на стенку скважины. За короткое время струя жидкости с песком образует отверстие или прорезь в обсадной колонне и канал или щель в цементном кольце и породе пласта. При гидропескоструйной перфорации создание отверстий в колонне, цементном камне и канала в породе достигается приданием песчано-жидкостной струе очень большой скорости, достига-

ющей нескольких сотен метров в секунду. Перепад давления при этом составляет 15–30 МПа. В породе вымывается каверна грушеобразной формы, обращенной узким конусом к перфорационному отверстию в колонне. Размеры каверны зависят от прочности горных пород, продолжительности воздействия и мощности песчано-жидкостной струи. Обычно, глубина перфорационных каналов в породах средней прочности не превышает 135 мм. Абразивную смесь с жидкостью подают к перфоратору через НКТ с помощью группы (два–восемь) мощных насосных агрегатов, расположенных у устья скважины. Разновидностью ГПП является щелевая гидropескоструйная перфорация, суть которой заключается в перемещении работающего гидropескоструйного перфоратора в обсадной колонне с созданием реза (щели). Опытами было установлено, что при длине щели, равной 40 диаметрам насадки, отраженная струя не гасит входящую. Этим явлением объясняется факт увеличения на 20–30 % глубины щели по сравнению с точечным вскрытием [4].

ГПП практически исключает отрицательное воздействие взрывных нагрузок на пласт и на эксплуатационную колонну, а получаемые отверстия значительно больше, чем при использовании кумулятивных зарядов при аналогичных условиях. Также технология позволяет селективно вскрывать только продуктивные пропластки, не нарушая перемычки между ними. Гидropескоструйная перфорация имеет следующие недостатки: высокая стоимость отсортированного кварцевого песка (или другого высококачественного абразивного материала); применение специальных рабочих жидкостей; установка нескольких мощных насосных агрегатов и их быстрый износ от действия абразива; ограничения по глубине скважин (до 4 км) из-за недостаточной прочности НКТ и мощности насосных агрегатов; размывание цементного затрубного камня; невозможность создания депрессии во время перфорации; небольшая глубина каналов.

Вовлечение в разработку тонких пластов 1,0–1,5 м эффективной нефтенасыщенной мощности является ювелирной работой и требует специальной технологии привязки. В настоящее время существует возможность подключения продуктивных пластов мощностью до 0,5 метра с получением из них рентабельных дебитов нефти. Однако вскрытие таких тонких объектов традиционными способами перфорации приводит к нарушению заколонной цементной перемычки между продуктивными пластами и сведению на нет эффекта от изоляции нижерасположенных обводнившихся пластов. Применение технологии *гидромеханической щелевой перфорации* (ГМЩП) позволяет избежать такого рода осложнений благодаря отсутствию ударного воздействия на эксплуатационную колонну и пласт. Среди технологических преимуществ ГМЩП следует отметить возможность селективного вскрытия продуктивных пластов с пропуском обводнившихся интервалов, а также перфорации продуктивных пластов с применением нефти или любой другой жидкости, проведение работ в любое время суток. Прорезание щели производится накатным диском с созданием ступенчатого повышения давления на устье скважины с 1 МПа до 6–7 МПа с шагом 1 МПа. На каждой ступени давления производят-

ся 2–3 цикла спускоподъемных операций в пределах меток. При гидромониторном размыве пласта после перфорации давление повышается до 18–20 МПа. Размыв в одной точке осуществляется в течение 6–10 минут. Также существуют перфораторы с ножами-пробойниками, которые работают по принципу вырубного пуансона [5].

Преимущества гидромеханической щелевой перфорации ГМЦП: качественное вскрытие зоны продуктивного пласта; щадящее воздействие на эксплуатационную колонну и заколонное цементное кольцо выше и ниже интервала перфорации; создание надежного сообщения с пластом; снижение рабочего давления при проведении гидроразрыва пласта; увеличение зоны вскрытия продуктивного пласта по сравнению с кумулятивной. Недостатки ГМЦП: необходимость установки нескольких мощных насосных агрегатов; большие энергозатраты и, как следствие, малая высота щелевых каналов за единицу времени; в обсадной колонне нельзя делать высокий сплошной разрез во избежание ее смятия.

Перфорация сверлением позволяет проводить вскрытие продуктивных пластов без ударного воздействия на элементы крепления скважины. Сверлящий перфоратор – устройство для образования перфорационных каналов посредством сверления отверстий в теле обсадной колонны. Глубина канала зависит от типа и конструкции перфоратора и составляет от 70 до 1150 мм. Существуют сверлящие перфораторы с электроприводом, спускаемые в скважину на геофизическом кабеле, сверлящие перфораторы с механическим приводом, спускаемые в скважину на НКТ и сверлящие перфораторы с гидромеханическим приводом, спускаемые в скважину на НКТ [6].

Преимущества применения: возможность перфорации продуктивных пластов малой мощности, при близком расположении водоносных пластов; сохраняется изолирующая способность цементного кольца, не испытывающего разрушающего воздействия, характерного для кумулятивной (взрывной) перфорации; многократно возрастает длительность межремонтного периода работы скважины. Недостатки: техническая сложность перфоратора; высокая стоимость; малая скорость работ – на сверление одного канала уходит примерно 45 минут.

На основании вышеизложенного можно заключить, что перфорация скважин – очень важное звено в цепочке бурения и введения скважины в эксплуатацию. Выбор перфоратора, метода и технологии перфорации зависит от назначения скважины, параметров пласта, цели перфорации и параметров самой скважины.

Список литературы

1. Ибрагимов Л.Х., Мищенко И.Т., Челоянц Д.К. Интенсификация добычи нефти. – М.: Наука, 2000. – 414 с.
2. Щуров В.И. Технология и техника добычи нефти. – М.: Недра, 1983. – 510 с.

3. Мордвинов А.А., Морозюк О.А., Жангабылов Р.А. Основы нефтегазового промыслового дела: учеб. пособие. – Ухта: УГТУ, 2015. – 161 с.
4. Яремийчук Р.С., Качмар Ю.Д. Вскрытие продуктивных горизонтов и освоение скважин. – Львов: Вища школа, 1982. – 152 с.
5. Саркисов Н.М., Шишков С.В., Климовец В.Н. Интенсификация добычи нефти путем щелевой перфорации // Нефтяное хозяйство. – 2000. – № 12. – С. 79–80.
6. Аксенова Н.А., Анашкина А.Е., Федоровская В.А. Технология и технические средства для вскрытия продуктивных пластов. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. – 176 с.