

Описано особенности технологии бурения глубоких свердловин в Норильской ДРЕ. Наведено технико-экономические данные результатов застосування новых алмазных коронок для бурения КССК-76.

Ключові слова: буріння, глибока свердловина, снаряд КССК-76, алмазна коронка, конструкція свердловин.

Describes deep drilling technologies in Norilskoj GRE Provides technical and economic results given the impact of new diamond crowns bits for drilling KССК-76.

Key words: drilling, deep well, the projectile KССК-76, diamond crown, construction of wells.

Литература

Анализ опыта бурения глубоких разведочных скважин КССК-76 в Норильском районе. Приоритетные направления развития науки и технологий / Е.В. Бучковский, Ю.Е. Будюков, В.И. Власюк, О.В. Рудой // докл. IX Всерос. науч.-техн. конф.; под общ. ред. Э.М. Соколова. – Тула: Инновационные технологии, 2011. – 228 с.

Поступила 06.06.14

УДК 622.276.4:276.66:279.4

Б. Н. Васюк, канд. техн. наук

Общество изобретателей и рационализаторов Украины, г. Днепрпетровск

НОВЫЙ СПОСОБ ЛОКАЛЬНОГО НАПРАВЛЕННОГО ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА

Показана эффективность применения гидроразрыва продуктивного пласта при добыче нефти и газа; представлен новый способ локального направленного гидроразрыва пласта, обеспечивающий повышенную эффективность и экологическую безопасность добычных работ.

Ключевые слова: добыча нефти и газа; направленный гидроразрыв пласта.

Традиционные месторождения нефти, газа и газового конденсата приурочены к структурным ловушкам, которые включают пласт-коллектор и покрышку из непроницаемых пород. Продуктивные пласты представлены пористыми, трещиноватыми и кавернозными породами: песчаниками, алевролитами, известняками и др. Разработка этих месторождений производится за счёт пересечения продуктивных пластов вертикальными или наклонными скважинами, которые могут включать один или несколько горизонтальных стволов. В начальные периоды разработки месторождений с высоким пластовым давлением интенсивное поступление углеводородов в скважины и наземные трубопроводы без применения специальных методов. По мере эксплуатации месторождений, что может продолжаться 20 и более лет, пластовое и устьевое давление, а соответственно и дебит скважин снижаются. В таком случае для интенсификации добычи углеводородов применяют специальные методы: гидроразрыв пласта с заполнением созданных трещин расклинивающим материалом (крупнозернистым песком), дополнительную прострелочную перфорацию скважин и др. Такие же технологии применяют, для месторождений с ухудшенной структурой коллекторов, характеризующихся наличием застойных зон.

Актуальные месторождения сланцевого газа не относятся к традиционным, характеризуются повышенным содержанием глинистой фракции в породах продуктивного пласта с пониженной пористостью и проницаемостью. Эффективная разработка этих месторождений стала именно при использовании технологии гидроразрыва пласта.

Гидроразрыв пласта – сложный технологический процесс, связанный с применением аппаратуры для перфорации обсадных труб в скважине, в том числе прострелочно-взрывной, закачиванием в скважину и продуктивный пласт десятков тонн жидкостей разрыва и суспензии с расклинивающим материалом: крупнозернистым песком, проппантом под давлением до 80 МПа и более. Для нагнетания жидкостей и суспензии применяют насосные агрегаты, пакеры, глубинные манометры высокого давления, для приготовления жидкостей и суспензии – эмульгирующие, пескосмесительные установки. Для работы используют также вспомогательные транспортные средства, агрегаты и оборудование.

Разработаны принципиально отличающиеся от традиционных способы гидроразрыва пласта. Довольно распространенный способ [1] предусматривает спуск в скважину колонны насосно-компрессорных труб с пакером и его установку, последовательное закачивание в колонну жидкости разрыва, суспензии жидкости-носителя с расклинивающим материалом и продавочной жидкости с темпом, обеспечивающим давление на забое скважины выше давления разрыва пласта, технологическую выдержку и ввод скважины в эксплуатацию. Использование этого способа приводит к образованию трещин, преимущественно вертикального направления, которые могут пересекать водоносные горизонты, создавая возможность их загрязнения техническими флюидами гидроразрыва и углеводородами из продуктивных пластов. Более эффективен направленный гидравлический разрыв пласта, с образованием трещин внутри продуктивного коллектора, не нарушающих целостности покрывающих его пород.

Способ гидроразрыва пласта с образованием горизонтальных трещин по телу продуктивного пласта [2] включает спуск в скважину на заданную глубину гидropескоструйного перфоратора с вращателем, прорезание щелей в горизонтальной плоскости продуктивного пласта, подъём перфоратора с вращателем, спуск в скважину насосно-компрессорных труб с пакером и его установку, последовательное закачивание в колонну жидкости разрыва, суспензии жидкости-носителя с закрепляющим материалом и продавочной жидкости с темпом, обеспечивающим давление на забое скважины выше давления разрыва пласта, технологическую выдержку и ввод скважины в эксплуатацию. При этом жидкость разрыва закачивают в объёме, обеспечивающем создание трещины разрыва длиной, равной радиусу прискважинной зоны пласта пониженной проницаемости, а суспензию жидкости-носителя с расклинивающим материалом – в объёме созданной трещины. Прорезание щелей в горизонтальной плоскости пласта, ограничение длины трещин и объёма расклинивающего материала снижают возможность нежелательных явлений при гидроразрыве, однако при этом снижается эффективность способа в целом.

Предложен более совершенный способ направленного гидроразрыва пласта [3], который характеризуется тем, что закачивание жидкости в пласт через кольцевую щель в обсадной трубе, имеющей в поперечном сечении форму конуса, вследствие чего обеспечивается гидромониторный эффект. В данном случае жидкость попадает в пласт в виде тонкой струи и вымывает в горной породе кольцевую проточку в форме конуса и трещины раскрываются в плоскости, перпендикулярной к оси скважины с пониженным давлением, что снижает вероятность образования вертикальных трещин и загрязнения водоносных горизонтов. Учитывая малую глубину прорезаемых трещин эффективность способа низкая.

Наиболее близким к предложенному способу гидроразрыва пласта по совокупности признаков является способ образования направленной вертикальной или горизонтальной трещины в продуктивном пласте [4], предусматривающий забуривание из вертикальной скважины двух горизонтальных стволов, их перфорацию, последующее закачивание под давлением жидкостей разрыва и песконосителя. Горизонтальные стволы располагаются параллельно в одной вертикальной или горизонтальной плоскости. Перфорацию горизонтальных стволов производят в направлении друг к другу в плоскости, проходящей через оба ствола, после чего жидкость гидроразрыва закачивают в оба горизонтальных ствола. В данном случае в обоих горизонтальных стволах вследствие нагнетания жидкости создаётся

высокое давление. Предполагается, что в этом случае трещины будут развиваться от каждого из стволов в плоскости их перфорации навстречу друг другу до смыкания. В действительности трещины не обязательно будут развиваться в плоскости перфорации стволов, направление их развития определится соотношением составляющих горного давления – вертикальной и боковой, закономерностями изменения напряжения сжатия горного массива, геологическим строением, тектоникой месторождения, физико-механическими свойствами горных пород, а также другими факторами. Рассмотренный способ образования трещин при гидроразрыве пласта не исключает возможности нарушения целостности пород, покрывающих продуктивный пласт, и попадания жидкостей гидроразрыва и углеводородного сырья в вышележащие толщи.

Техническим результатом предложенной разработки являются повышение эффективности способа направленного гидроразрыва пласта и обеспечение образования трещин разрыва на заданном участке продуктивного пласта в заданном направлении. Необходимый технический результат достигается тем, что способ направленного гидроразрыва пласта предусматривает бурение по продуктивному пласту двух горизонтальных стволов, располагаемых в одной плоскости, перфорацию в этой плоскости стволов в направлении друг к другу, закачивание в пласт под давлением жидкостей разрыва и песконосителя, причем забуривание каждого из горизонтальных стволов осуществляется из отдельной вертикальной (наклонной) скважины, а закачивание под давлением жидкостей разрыва и песконосителя производится через одну из вертикальных (наклонных) скважин в горизонтальный ствол, а другая скважина с горизонтальным стволом используется для создания депрессии в продуктивном пласте.

Способ иллюстрируется чертежом (см. рис), на котором представлена схема вскрытия продуктивного пласта. На земной поверхности 1 установлены буровые агрегаты 7 и 8. В глубине горного массива находится продуктивный пласт сланцевого газа 3, разработка которого неразрывно связана с технологией гидроразрыва. Агрегатами пробурены вертикальные скважины 2 и 6 до кровли продуктивного пласта (точки А и В). Из этих скважин отбурены горизонтальные стволы 4 и 5, направленные по стволу параллельно друг другу. Скважины, включая горизонтальные стволы, закреплены обсадными трубами. Векторами F_1 и F_2 показано направление образования трещин при гидроразрыве пласта.

Для осуществления локального гидроразрыва пласта вертикальную скважину 6 и горизонтальный ствол 5 заполняют промывочной жидкостью с нормальной плотностью $\rho_H = 1,26 \text{ г/см}^3$, скважина 2 со стволом 4 – промывочной жидкостью пониженной плотности $\rho_{II} = 1 \text{ г/см}^3$, что достигается её аэрацией или добавлением пенообразователей (сульфонола, лигносульфоната и др.). Применение указанных промывочных жидкостей определяет различные значения гидростатического давления в горизонтальных стволах, которые рассчитывают по формуле

$$P = \rho g L, \quad (1)$$

где ρ – плотность промывочной жидкости; g – ускорение силы тяжести земли; L – глубина вертикальной скважины.

При глубине вертикальных скважин $L = 2000 \text{ м}$ гидростатическое давление в горизонтальном стволе 5 $P_H = 24,7 \text{ МПа}$, в противоположном стволе 4 $P_{II} = 19,6 \text{ МПа}$. Перепад гидростатического давления рассчитывают по формуле

$$\Delta P = P_H - P_{II}. \quad (2)$$

Перепад давления $\Delta P = 5,1 \text{ МПа}$ при гидроразрыве способствует локальному образованию трещин в пределах площади между горизонтальными стволами, а также снижению давления гидроразрыва.

Выводы

По сравнению с существующими предложенный способ локально направленного гидроразрыва пласта имеет следующие преимущества:

– забуривание горизонтальных стволов из отдельных вертикальных скважин даёт возможность применять в скважинах промывочные жидкости с различной плотностью, в результате чего возникает определённый перепад гидростатического давления между горизонтальными стволами, снижающий давление гидроразрыва и возможность произвольного образования трещин;

– закачивание жидкости разрыва в один из горизонтальных стволов, создание высокого давления нагнетания в этом стволе и пониженного давления в противоположном, определяют развитие трещин из зоны высокого давления в сторону низкого и только между горизонтальными стволами, чем достигается безусловное выполнение условия проведения гидроразрыва на заданном участке продуктивного пласта.

Показано ефективність застосування гідророзриву продуктивного пласту при видобутку нафти і газу. Запропонований новий спосіб локально спрямованого гідророзриву пласту, що забезпечує підвищену ефективність та екологічну безпеку видобутку нафти і газу.

Ключові слова: видобуток нафти і газу; спрямований гідророзрив пласту.

Is shown, that the technology of hydraulic fracturing the productive layer during oil and gas production is an effective; presented a new technology local directional hydraulic fracturing, which provides high efficiency and environmental safety in the mining works.

Key words: oil and gas production, directional hydraulic fracturing.

Литература

1. Шуров В.И. Технология и техника добычи нефти. – М.: Недра, 1983. – С. 154–168.
2. Пат. РФ 2055172, МПК⁶ E21B43/26. Способ гидравлического разрыва пласта / С.В. Константинов. – Оpubл. 27.01.1999; Бюл. № 3.
3. Пат. РФ 2177541, МПК⁷ E21B43/26. Способ направленного гидравлического разрыва пласта / Ф.А. Агзамов и др. – Оpubл. 27.12.2001.
4. Пат. РФ 2176021, МПК⁷ E21B43/26; 43/17. Способ образования направленной вертикальной или горизонтальной трещины при гидроразрыве пласта / С.К. Сохошко, С.И. Грачёв. – Оpubл. 20.11.2001.
5. Пат. UA 82371, МПК⁶ E21B 43/16; 43/25. Спосіб локального спрямованого гідророзриву пласта / Б.М. Васюк. – Оpubл. 25.07.2013; Бюл. № 14.

Поступила 19.05.14