

ТЕХНОЛОГИЯ ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ ПРИЗАБОЙНОЙ ЗОНЫ СКВАЖИН В РЕЖИМЕ ДИЛАТАНСИИ

А.В. Гоголев

Научный руководитель доцент С.Ф. Санду

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В последние годы запасы легко добываемых углеводородов подходят к исчерпанию, и значительная часть эксплуатационного фонда нефтегазовых скважин на крупных месторождениях большинства добывающих стран находится на завершающей стадии разработки.

Соответственно в общей структуре запасов нефти и газа существенно увеличилась доля месторождений с трудноизвлекаемыми запасами с нефтеотдачей, не превышающей 30-35%. По этой причине резко актуализируется создание и развитие эффективных методов увеличения отдачи нефте- и газоносных пластов. В настоящее время существует ряд геолого-технических мероприятий, направленных на увеличение проницаемости пласта коллектора в призабойной зоне скважины: кислотная обработка пласта, гидроразрыв пласта, обработка пласта поверхностно-активными веществами, термические методы обработки пласта, плазменно-импульсное воздействие, импульсно-ударные и взрывные методы [3].

Целью данной работы является обзор технологии интенсификации добычи углеводородов путем импульсной обработки призабойной зоны скважин нефтегазовых месторождений в режиме дилатансии.

Дилатансионная технология разуплотнения пород (ДТРП) — один из методов интенсификации притока нефтяных и газовых скважин и увеличения приемистости нагнетательных скважин.

В основу метода положен эффект дилатансионного разуплотнения горных пород при импульсном неравномерном нагружении. Технология была разработана группой ученых под руководством д.т.н. Михалюка А.В. (1934-2012 гг.) на базе исследований, выполнявшихся отделом скважинных технологий отделения геодинамики взрыва Института геофизики НАН Украины им. Субботина.

Дилатансионное разуплотнение пород носит характер образования и подрастания микро- и макродефектов их структуры за счет увеличения площадок скольжения и разрыва с ненулевым раскрытием, которое может рассматриваться как искусственная пористость породы.

Важно, что, в отличие от процессов разрушения, увеличение пористости дилатансионного происхождения происходит достаточно равномерно по всему деформируемому объему, что обуславливает равномерное изменение геотехнологических свойств породы [1].

Сущность метода заключается в дилатансионном торпедировании скважин торпедами с размещенными в них зарядами взрывчатого вещества (ВВ), которые детонируют с интервалом замедления [2]. Перед производством проектных взрыво-прострелочных работ определяют диаграмму объемного сжатия горной породы пласта. По результатам испытаний определяют диаграммы объемного деформирования породы, а по ним нагрузку (σ_1 осевое и σ_3 - боковое напряжение и коэффициент неравномерности $\zeta = \sigma_3/\sigma_1$, при которых появляется остаточная объемная (дилатансионная) деформация породы.

Зная законы затухания взрывных волн, тем самым определяют необходимые массы зарядов, которые обеспечивают дилатансионное разуплотнение породы пласта.

После этого, используя данные о распространении волн радиального $\sigma(t)$ и тангенциального напряжений $\sigma_\Theta(t)$ при взрывах зарядов химических ВВ или ядерных зарядов в данной горной породе, определяют то время замедления взрывания соседних зарядов, которое обеспечивает максимальное дилатансионное разуплотнение пород за пределами зоны макротрещин.

Интервал замедления Δt выбирают из условия совпадения фазы сжатия в волне напряжения $\sigma(t)$ от второго заряда с фазой сжатия в волне напряжения $\sigma_\Theta(t)$ от первого заряда.

При таких условиях суперпозиции волн реализуется максимальная неравномерность объемного напряженного состояния пород в массиве и возникает максимальная по размерам зона дилатансионного разуплотнения. Время замедления находят по формуле:

$$\Delta t = t_n + (0,3 \div 0,5)t_t, \quad (1)$$

где t_n время нарастания давления во фронте взрывной волны, с;

$$t_n = a_n Q^{1/3} + b_n r \quad (2)$$

t_t – время действия взрывной волны, с;

$$t_t = a_t Q^{1/3} + b_t r \quad (3)$$

$$a_n = 2,31 * 10^3 (\rho V_p)^{1,21} \quad (4)$$

$$a_t = 5,01 * 10^4 (\rho V_p)^{-1,3} \quad (5)$$

$$b_n = 7,59 * 10^{12} (\rho V_p)^{-2,36} \quad (6)$$

$$b_t = 1,66 * 10^9 (\rho V_p)^{-1,86} \quad (7)$$

Q – масса зарядов взрывчатого вещества, кг;

ρ – плотность породы в продуктивном пласте, кг/м³;

V_p – скорость звука в продуктивном пласте, м/с.

Наиболее широко применяемой в настоящее время технологией повышения продуктивности нефтяных, газовых, газоконденсатных скважин (в том числе для добычи сланцевого газа и метана каменноугольных пластов) является технология гидроразрыва пласта, которая состоит в закачке под большим давлением воды с

растворенными химическими веществами до появления трещин в газоносном пласте и увеличения выхода флюидов из скважин. В таблице 1 показаны преимущества ДТРП над технологией гидроразрыва пласта.

Таблица 1

Сравнение технологий интенсификации: гидроразрыв и дилатансионное разуплотнение пород

Параметры	Гидроразрыв	Дилатансия
1. Стоимость	Сильно зависит от глубины скважины	Малое увеличение стоимости обработки от глубины скважины
2. Длительность позитивного эффекта	От 3 до 6 мес, не более года	В течение 2 и более лет
3. Скорость обработки скважин.	Несколько дней	Не более одного дня
4. Величина позитивного эффекта	Увеличение продуктивности нефтяных скважин в среднем в 3,7 раза	Увеличение продуктивности в среднем нефтяных скважин - 2-3 раза, газовых - 3-7 раз и более.
5. Экология	Значительные эколого-социальные издержки из-за загрязнения водоносных пластов и необходимости утилизации, откачиваемых вредных разрывных жидкостей на водной и углеводородной основе. Необходимость землеотвода больших площадей.	В подземные пласты не вносятся никакие загрязняющие химикаты. Возможное уменьшение количества скважин ведет к снижению общей экологической нагрузки на месторождение, степени риска возникновения техногенных аварий, влекущих выплаты значительных экологических штрафов.
6. Увеличение коэффициента извлекаемости	По большинству скважин выше максимальной продуктивности скважины до ГРП. Степень увеличения продуктивности больше при малых значениях продуктивности до ГРП	В зависимости от типов горных пород месторождения нефти или газа использование дилатансионной технологии позволяет увеличить коэффициент извлекаемости запасов на 3-10%.

Дилатансионная технология является наиболее эффективной на сегодняшний день технологией интенсификации подземной добычи. Она значительно превосходит все существующие технологии по эффективности и долговечности воздействия.

- Рост производительности в нефтяных скважинах составляет от 1,8 до 3,5 раз, в газовых скважинах - от 2 до 7 раз;

- Продолжительность сохранения эффекта составляет в среднем 2,5 года, что значительно больше по сравнению с технологией гидроразрыва пласта и другими технологиями интенсификации добычи;

- Дилатансионная технология является технологией, которая позволяет увеличить коэффициент извлечения подземных флюидов (КИН) из месторождений на 3-10 %. Это особенно актуально для «истощенных» и «замороженных» месторождений и скважин.

Дилатансионная технология является наиболее безопасной с экологической точки зрения, ввиду незначительного возмущающего воздействия и отсутствия каких-либо загрязняющих веществ.

Более того, для достижения проектной производительности при использовании дилатансионной технологии количество эксплуатируемых скважин может быть сокращено, а, следовательно, уменьшена и экологическая нагрузка на эксплуатируемое месторождение.

Уникально короткий промежуток работ непосредственно на скважине – 1-2 дня, после чего скважина может эксплуатироваться в обычном промышленном режиме.

Объемы использования ДТРП в настоящее время невелики, но учитывая, что стоимость применения ДТРП в 2 – 4 раза ниже стоимости широко применяемого метода ГРП, можно ожидать существенного расширения сферы использования ДТРП в ближайшие несколько лет.

Литература

1. Михалюк А.В., Мухин Е.А., Михалюк С.А., Захаров В.В. Дилатансионные технологии торпедирования скважин для интенсификации добычи подземных флюидов. – Киев: ВИПОЛ, 1999. – 66 с.
2. Михалюк А.В. Дилатансия и ее влияние на свойства горных пород при допределных динамических нагрузках. – Киев: ВИПОЛ, 2001. – 102 с.
3. Николаевский В.Н. Собрание трудов. Геомеханика. Том 1. Разрушение и дилатансия. Нефть и газ. – М. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2010. – 640 с.