© В.Б. Соловьев, 2012

УДК 622.277.612. 550.36 550.362

В.Б. Соловьев

СОЗДАНИЕ ПРОНИЦАЕМЫХ ЗОН НА БОЛЬШИХ ГЛУБИНАХ НАПРАВЛЕННЫМ ГИДРОРАЗРЫВОМ

Рассмотрен способ создания гидроразрыва слабопроницаемых горных пород на большой глубине с использованием когерентных источников энергии. Приведен пример расчета основных параметров.

Ключевые слова: гидроразрыв, большая глубина, когерентные источники, горные породы.

В настоящее время уже предложено несколько различных способов создания искусственных проницаемых зон в монолитных горных породах [1, 2, 3], которые можно применять в геотехнологии. Наиболее перспнктивными являются способы с использованием гидроразрыва породного массива, применяемые в нефтяной и газовой промышленности, при создании геотермальных циркуляционных систем и других технологиях, предусматривающих фильтрацию флюидов в слабопроницаемых горных породах на больших глубинах.

Основная особенность механики гидроразрыва непроницаемого (слабопроницаемого) массива заключается в том, что опережающая рост трещины фильтрация становится невозможной, ее разгружающий эффект отсутствует, а направление развития трещины в значительной мере определяется распределением действующих в массиве сжимающих напряжений. Это означет что в непроницаемом (для рабочей жидкости) породном массиве с нормальным полем напряжений при коэффициенте Пуассона менее 0,3 и глубине свыше 2 км будут формироваться только вертикальные трещины независимо от ориентации естественных поверхностей ослабления. Это обусловлено тем, что разница между вертикальной и горизонтальными составляющими объемного тензора сжимающих напряжений будет превосходить предел прочности на растяжение любых горных пород [4]. Возможность управления параметрами и направлением трещин, образуемых при гидроразрыве горных пород позволит расширить область применения этого процесса как в горной так и других отраслях промышленности. В предлагаемом варианте рассматривается способ гидроразрыва с созданием трещины в горных породах заданной ориентации.

Поставленная цель достигается тем, что в районе, гидроразрыва размещают несколько когерентных источников энергии и выэывают колебания (распространение продольных волн) массива при достижении давления жидкости в скважине не мене 90 % от критического. Под критическим давлением понимается давление на разрыв горных пород на заданной глубине. Сущность предлагаемого способа поясняется рис. 1.

Способ осуществляется следующим образом: с поверхности бурят скважину *1* до горизонта гидроразрыва *2*,

обсаживают трубами до уровня *2*, где предполагается создание трещины *3* в горных породах и цементируют затрубное пространство. В скважинах *4* и *5* пробуриваемых с поверхности располагают «точечные» заряды взрывчатых веществ *6* (когерентные источники энергии), которые могут находится в различных точках пространства (вплоть до поверхности), в зависимости от заданного направления разрыва *7* и развития трещины гидроразрыва. Далее из емкости *8* подают с помощью насоса *9* жидкость на горизонт предполагаемого гидроразрыва *2* и поддерживают давление жидкости на уровне не ниже 90 % от критического, после чего одновременно взрывают заряды *6* в скважинах *4* и *5*. Вызванные продольные колебания за счет взрыва, изолинии распространения которых показаны под номером *10* взаимодействуют между собой в центре инициации трещины гидроразрыва и изменяют напряженно-деформационное состояние массива в заданной плоскости. Это позволяет получить взаимодействие статических и динамических напряжений в заданной плоскости, что при суперпозиции волн приводит к появлению максимальных растягивающих напряжений и образованию трещины в массиве заданного направления, а многократное повторение вышеуказанных операций позволяет регулировать ее протяженность. Освоение такого рода управления параметрами зон гидроразрыва открывает возможности использования нетрадиционных схем геотермальных циркуляционных систем.

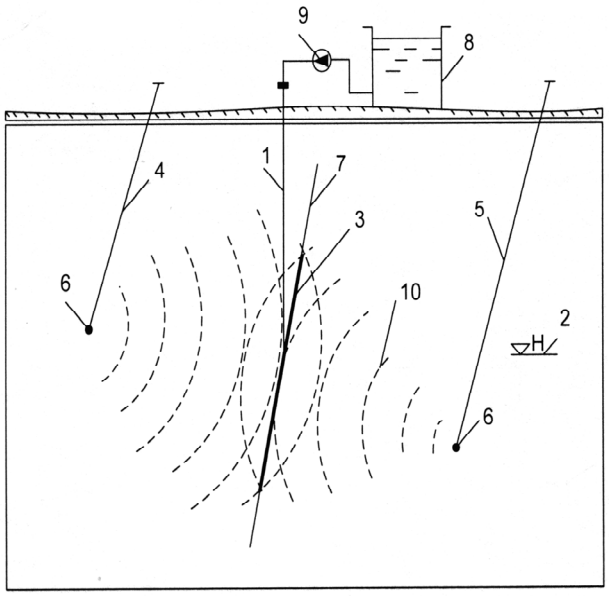

Рис. 1. Схема способа направленного гидроразрыва горных пород:
1 — скважина из которой осуществляется гидроразрыв; *2* — горизонт гидроразрыва; *3* — трещина гидроразрыва; *4, 5* — скважины для рамещения когерентных источников энергии; *6* — источник энергии(взрывчатое ивещество); *7* — плоскость ориентации трещины гидроразрыва; *8* — емкость для хранения жидкости; *9* — насос высокого давления; *10* —эквипотенциальные изолинии распространения колебаний

Пример реализации:

1. Глубина уровня гидроразрыва, м $H = 3000$

2. Радиус скважины на горизонте гидроразрыва во взрывных скважинах, м $R = 0{,}1$

3. Объемный вес взрывчатого вещества, кг/м^3 $\gamma_{BB} = 1600$

4. Плотность горных пород на выбранной глубине, кг/м^3 $\gamma_n = 2500$

5. Высота заряда в скважинах, м $n = 10$

Порядок расчета определения расстояния заложения взрывчатых веществ от центра инициации гидроразрыва по нормали к плоскости ориентации трещины.

1. Определяем объем части скважины высотой $h = 10$ м для заложения ВВ (взрывчатыми веществами)

$V = 3{,}14$

$R^2 h = 3{,}14(0{,}1)^2 \cdot 10 = 0{,}314$ м^3

2. Находим необходимое количество ВВ с учетом $\gamma_{BB} = 1600$ кг/м^3 в этом объеме

$q = V\gamma_{BB} = 0{,}314 \cdot 1600 = 502{,}4$ кг

3. Производим оценку эффективного расстояния $R_{эф}$ по формуле для сейсмически безопасного расстояния R_c при взрыве

$$R_{эф} < R_c = \sqrt[3]{\frac{q}{p}}, \text{ м}$$

где p — параметр характеризующий действие взрыва на выработки, пройденные в массиве горных пород, для незакрепленной скважины $p = 0{,}1$.

$$R_{эф} < R_c = \sqrt[3]{\frac{502{,}4}{0{,}1}} = 17{,}12, \text{ м}$$

Это выражение справедливо для образования трещины на контуре скважины с учетом $\gamma_p H = 3000$ м $\cdot 2500$ кг/ м^3 = 75 МПа.

Однако для производства гидроразрыва ($\sigma_{ГР}$) необходимо суммирование статических и динамических нагрузок

$\sigma_{ГР} = \sigma_{СТ} + \sigma_{Д} = 75$ МПа

$\sigma_{СТ}$ по условиям предкритического, составляющего 90 % от $\sigma_{ГР}$ (давление создаваемое нагнетанием жидкости)

$\sigma_{СТ} = 75 \cdot 0{,}9 = 67{,}5$ МПа

на $\sigma_{Д}$ приходится 7,5 МПа

Из этих условий определяем расстояние заложения ВВ $R_{эф}$ как

$$\frac{R_{эф}}{R_c} < \frac{\sigma_{ГР}}{\sigma_{ГР} - \sigma_{СТ}}$$

$$R_{эф} < \frac{\sigma_{ГР}}{\sigma_{ГР} - \sigma_{СТ}} = \frac{75 \cdot 17{,}12}{7{,}5} = 171{,}2, \text{ м}$$

Таким образом, получается общая формула для определения эффективного расстояния $R_{эф}$ заложения ВВ по нормали к плоскости образования трещины гидроразрыва в зависимости от веса заряда ВВ.

$$R_{эф} < \frac{\sigma_{ГР}\sqrt[3]{\frac{q}{p}}}{\sigma_{ГР} - \sigma_{СТ}}, \quad \text{м}$$

Применение предлагаемого способа позволит достичь следующих преимуществ по сравнению с существующими:

- сократить время проведения гидроразрыва.
- создать трещину гидроразрыва заданной ориентации в пространстве и управлять ее геометрическими размерами.
- обеспечить создание гидроразрыва горных пород с любой естественной проницаемостью горных пород независимо от глубины его проведения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Берман Э.* Геотермальная энергия. Перевод с англ. М.,Мир 1978.

2. *Дядькин Ю.Д., Парийский Ю.М.* Извлечение и использование тепла Земли. Л.,изд. ЛГИ, 1977.

3. *Васильев А.Г., Соловьев В.Б.,Пронин Э.М.* Технология образования трещин заданного направления при гидроразрыве горных пород. Международный симпозиум «Проблемы геотермальной энергии»., Том 2.,изд. ЛГИ, 1995.

4. *Дядькин Ю.Д.* Проблемы освоения тепловой энергии горячих горных пород. Сб тр. ФПГП, вып.12, изд. ЛГИ, 1982. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Соловьев В.Б. — кандидат технических наук, доцент кафедры Безопасности производств и разрушения горных пород, Санкт-Петербургский государственный горный университет, bpirgp@spmi.ru.

РУКОПИСИ, ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ГОРНАЯ КНИГА»

ТИПОВОЙ ПРОЕКТ ДИАФРАГМЕННОГО УЗЛА УЧЕТА ГАЗА С ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ КОМПЛЕКСОМ НА БАЗЕ ПЕРЕПАДОМЕРОВ

(№870/03-12 от 22.12.11, 7 с.)

Волошиновский Кирилл Иванович, соискатель ученой степени кандидата технических наук, ассистент кафедры АТ, e-mail: volkir@nm.ru

Приведен образец состава проекта узла коммерческого промышленного или технического учета газа на базе сужающего устройства, включающего несколько датчиков перепада давления, диафрагму, датчик температуры и микропроцессорный вычислитель. Рассмотрены два варианта проектирования: реконструкция узла учета газа и проектирование нового измерительного участка трубопровода. Уточнен более подробный состав проекта, его оптимальный минимальный объем. Приведен перечень дополнительных листов и перечень обязательных и дополнительных приложений. Приведена изометрия типовой газораспределительной установки (ГРУ) с измерительным участком трубопровода на базе диафрагменного узла учета.

UNIT DRAFT PROJECT FOR DIAPHRAGM GAS ACCOUNT SYSTEM WITH PRESSURE DIFFERENTIAL SENSORS

Voloshinovskey K.I.

In the article is made a quotation of the sample projected commercial industrial or technical gas accounting system. Considered two variants of making a project: reconstruction of an object and projecting a new measurement gas tubing district, with the close-fitting piping system. In the article exacted detailed unit project structure with it draft list, the minimal and optimum list volume. To the more here included the list of additional and extra drafts, documents and information documents. Drafts and project are described in a short, as the priority requirements to unit typical gas accounting system can be observated in text and graphical mode in appliance to diaphragm gas account system with pressure differential sensors.