

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА им. Н.А. ЧИНАКАЛА  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

УТВЕРЖДАЮ

И. о. директора ИГД СО РАН,  
Д.т.н., академик РАН

  
«01» октября 2013 г.



**МЕТОДИКА**

дегазации угольных пластов и вмещающих горных пород  
с применением направленного подземного гидроразрыва

Разработчики:

Патутин А.В.  
Павлов В.А.  
Дегтярева Н.В.  
Захаров Ю.С.  
Мартынюк П.А.  
Рыбалкин Л.А.  
Сердюков А.С.  
Сердюков С.В.  
Хуторной В.И.  
Шилова Т.В.

## 1. Общие положения

1.1. Методика дегазации угольных пластов и вмещающих горных пород с применением направленного подземного гидроразрыва (далее – Методика) разработана в соответствии с условиями Государственного контракта №16.515.1.5035 от 12.05.2011г. по теме «Проведение исследований и разработка прототипа экологически безопасной технологии добычи метана из угольных пластов и подстилающих горных пород в шахтных условиях».

Направленный подземный гидроразрыв (далее гидроразрыв) применяют для снижения сроков и/или повышения степени предварительной дегазации угольных пластов в шахтных условиях. Его сущность состоит в формировании в угольном пласте и вмещающих горных породах системы трещин гидроразрыва заданной конфигурации, предназначенных для частичной разгрузки массива горных пород, создания в нем фильтрационных каналов для дренирования (осушения) пород и их дегазации.

1.2. Методика соответствует требованиям Инструкции по дегазации угольных шахт, утвержденной приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 01 декабря 2011г. №679, и Правилам безопасности в угольных шахтах, утвержденных Постановлением Госгортехнадзора России от 05.06.03 №50 (ПБ 05-618-03), зарегистрированных Министерством юстиции Российской Федерации 19.06.2003, регистрационный № 4737.

Перечень ссылочных документов приведен в Приложении №1.

1.3. Методика дополняет Приложение №4 «Дегазация неразгруженных угольных пластов» в части «III. Дегазация разрабатываемых пластов скважинами с применением подземного гидроразрыва» Инструкции по дегазации угольных шахт (п. 1.2 Методики), регламентирует условия применения, порядок проектирования и ведения работ по подземному направленному гидроразрыву.

1.4. Методика предназначена для организаций, занимающихся проектированием, строительством и эксплуатацией дегазационных скважин системы дегазации угольных шахт.

1.6. Методика содержит указания и рекомендации по:

- 1) проектированию гидроразрыва углепородного массива для решения задач дегазации разрабатываемых пластов;
- 2) ведению работ по направленному гидроразрыву;
- 3) эксплуатации дегазационных скважинах, подвергнутых гидроразрыву;

4) условиям безопасного применения направленного гидроразрыва в угольных шахтах.

1.5. В Методике используются термины, понятия и условные обозначения, приведенные в Приложении №2.

1.6. Указания и рекомендации, приведенные в настоящей Методике, могут корректироваться научно-исследовательским институтом – разработчиком Методики с учетом опыта работ.

## **2. Условия применения направленного подземного гидроразрыва**

2.1. Направленный гидроразрыв углепородного массива применяют для повышения охвата углепородного массива дегазацией и продуктивности дегазационных скважин.

2.2. Направленный гидроразрыв проводят в подземных скважинах, специально пробуренных для выполнения гидроразрыва (далее скважины гидроразрыва), или в действующих дегазационных скважинах с низким дебитом метана.

Подземный направленный гидроразрыв проводят в необсаженных интервалах скважин диаметром  $d_{ск}$  от 70 до 180 мм.

При выполнении гидроразрыва в специально пробуренных скважинах, пластовые дегазационные скважины бурятся после проведения гидроразрыва.

2.3. Дегазация с предварительным гидроразрывом пластов применяется с целью повышения ее эффективности и сокращения сроков дегазации.

2.4. Подземные скважины гидроразрыва бурятся по двум основным схемам: из полевых выработок - при полевой подготовке (рисунок 1), по разрабатываемому пласту – при пластовой подготовке (рисунок 2). Скважины для гидроразрыва бурятся восстающими, нисходящими или горизонтальными.

Длина скважин гидроразрыва, пробуренных по пласту, принимается на 30–40 м меньше длины лавы для проведения дегазации только очистных выработок и на 10–20 м меньше длины лавы для проведения дегазации очистных и подготовительных выработок.

Забои скважин гидроразрыва, пробуренных из полевых выработок, должны находиться в средней части дегазируемого участка, считая по длине лавы.

В выработках, пройденных с подрывкой почвы пласта, скважины гидроразрыва бурятся на пласт с таким расчетом, чтобы устье скважины находилось в породах почвы. Обсадную трубу герметизируют до почвы обрабатываемого пласта.

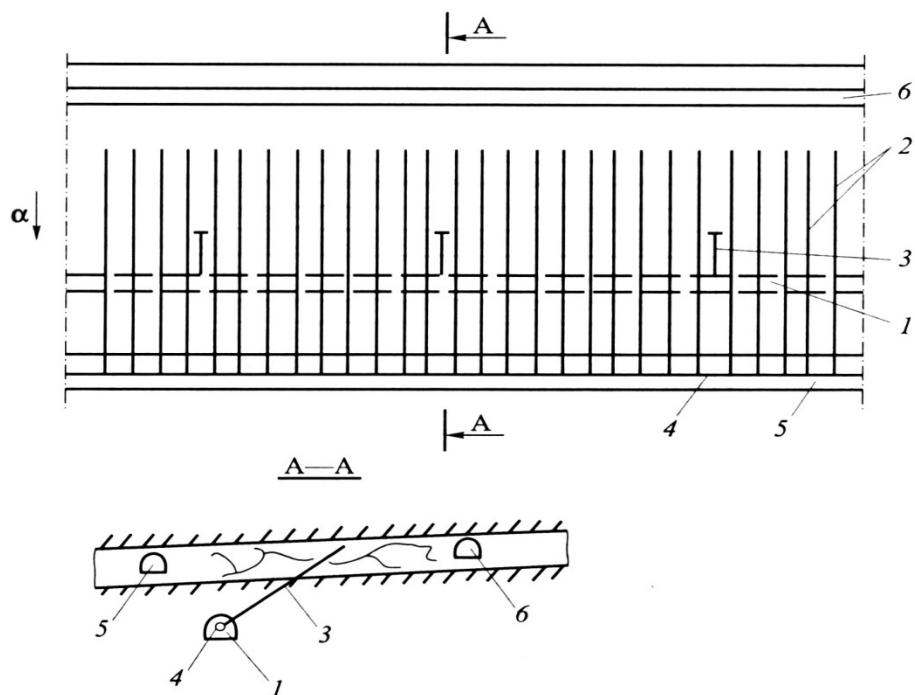


Рисунок 1. – Схема дегазации с предварительным гидроразрывом угольного массива через скважины, пробуренные из полевой выработки: 1 – полевой штрек; 2 – дегазационные скважины; 3 – скважины гидроразрыва; 4 – дегазационный трубопровод; 5 – конвейерный штрек; 6 – вентиляционный штрек;  $\alpha$  – угол падения пласта.

Глубина герметизации пластовых скважин гидроразрыва принимается равной глубине герметизации дегазационных скважин.

2.5. Гидроразрыв пласта осуществляется рабочей жидкостью, нагнетаемой насосным оборудованием под давлением до 25 МПа с темпом закачки до 35 м<sup>3</sup>/ч (600 л/мин). В качестве рабочей жидкости используют воду из шахтного водопровода, пеногель на водной основе, пеногель на водной основе с добавкой раскрепляющего материала (проппанта) или другие составы по согласованию с разработчиком Методики.

Состав и процесс получения рабочих жидкостей на основе пеногеля соответствует Лабораторному технологическому регламенту «Процесс получения пеногеля и рабочей жидкости гидроразрыва угольных пластов на его основе с добавлением раскрепляющего материала (проппанта)» .

2.6. Параметры подземного направленного гидроразрыва углепородного массива рассчитывают в соответствии с разделом 3 настоящей Методики.

2.7. Подготовка и проведение гидроразрыва из выработок выполняются в соответствии с разделом 4 настоящей Методики.

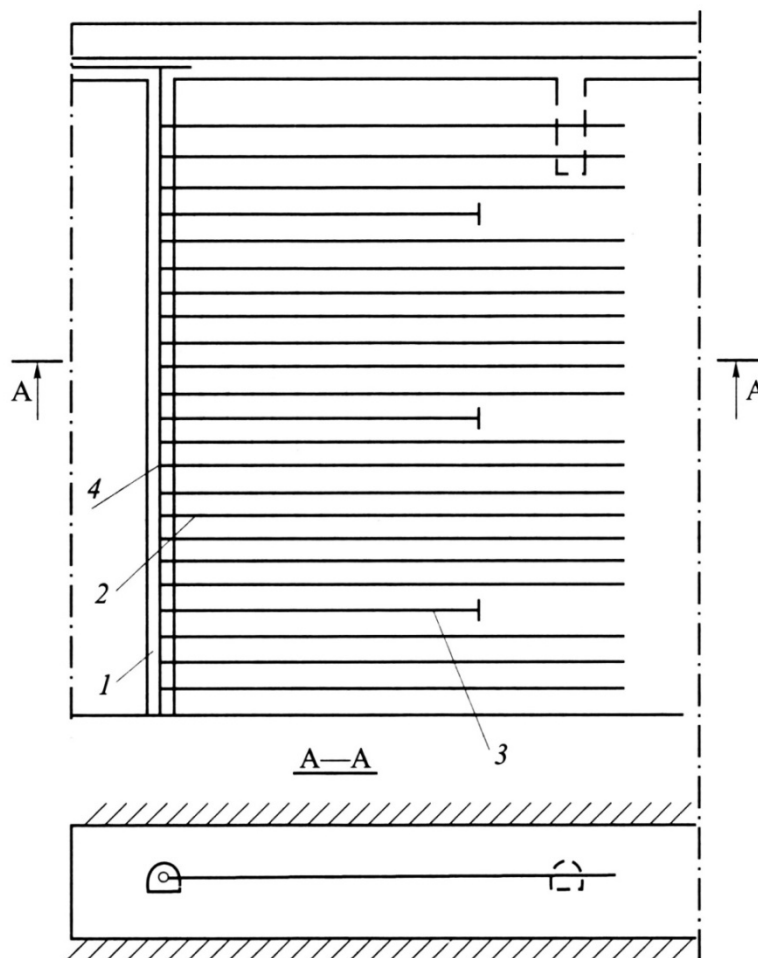


Рисунок 2. – Схема дегазации с предварительным гидроразрывом пласта через скважины, пробуренные из пластовой выработки: 1 – конвейерный бремсберг; 2 – дегазационная скважина; 3 – скважина гидроразрыва; 4 – дегазационный трубопровод.

2.8. Гидроразрыв пласта прекращают после закачки в пласт заданного объема жидкости или появления рабочей жидкости в прилегающих выработках.

2.9. Скважины гидроразрыва и дегазационные скважины, подвергнутые гидроразрыву, подключаются к вакуумной дегазационной сети после прекращения обильного выделения рабочей жидкости, воды. Эффективность гидроразрыва пласта определяют сравнением дебитов метана, измеренных до и после проведения гидроразрыва.

2.10. Для повышения содержания метана в извлекаемой газовой смеси рекомендуется сочетать гидроразрыв с барьерным экранированием дегазационных скважин от выработанных пространств.

2. 11. Направленный подземный гидроразрыв применяют в вариантах:

– продольный гидроразрыв вдоль образующей поверхности дегазационной скважины (L-тип), направленный вдоль (далее LP гидроразрыв) или поперек разрабатываемого угольного пласта (далее LS гидроразрыв);

– гидроразрыв угольного пласта поперек дегазационной скважины (гидроразрыв S-типа).

Допускается выполнение в дегазационной скважине нескольких гидроразрывов разных типов в одних (комбинированный гидроразрыв) или в различных интервалах скважины (поинтервальный гидроразрыв).

2.12. Гидроразрыв S-типа применяют для повышения гидродинамического совершенства дегазационных скважин, снижения негативного влияния на продуктивность скважины загрязнения прискважинной зоны угольного пласта, а также в специальных случаях, например, при барьерном экранировании дегазационных скважин.

2.13. Гидроразрыв LP-типа применяют для объединения системы дегазационных скважин протяженной (магистральной) трещиной гидроразрыва с целью повышения поверхности дегазации, охвата пласта процессом дегазации, повышения вероятности вскрытия зон повышенной газоносности, частичной разгрузки углепородного массива, а также для снижения объемов бурения дегазационных скважин.

2.14. Гидроразрыв LS –типа применяют в специально пробуренных скважинах для частичной разгрузки углепородного массива от сжимающих напряжений, разупрочнения и осушения горных пород.

### **3. Порядок проектирования направленного подземного гидроразрыва**

3.1. Проектирование направленного гидроразрыва проводят после проектирования системы скважин и трещин подземного направленного гидроразрыва (далее, дегазационная сетка), выполняемого по Методике проектирования и создания дегазационных сеток с использованием управляемого продольного гидроразрыва и пеногелей в качестве рабочих жидкостей разрыва, входящей в состав отчетных материалов гос. контракта №16.515.11.5035.

Выходными данными указанной методики, используемыми при проектировании направленного подземного гидроразрыва, являются конфигурация трещины гидроразрыва и ее положение в пространстве, напряженное состояние углепородного массива.

3.2. Проектирование направленного подземного гидроразрыва включает выбор рабочей жидкости, расчеты объема закачки рабочей жидкости, давления и времени ее нагнетания.

3.3. Состав рабочей жидкости выбирают исходя из решаемой задачи. Сравнительная оценка рабочих жидкостей подземного направленного гидроразрыва по основным характеристикам приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительные характеристики жидкостей разрыва.

Рабочая жидкость	Стоимость работ	Блокирование фильтрации метана жидкостью	Повышение проницаемости пород
Вода	1	1	1
Пенгель без проппанта	3	0,2	2
Пенгель с проппантом	8	0,2	6

Для частичной разгрузки углеородного массива от сжимающих напряжений направленный гидроразрыв целесообразно проводить с использованием воды.

Для интенсификации дегазации пород предпочтительней выполнять гидроразрыв пенгелем с раскрепляющим материалом или без него.

### 3.4. Расчет давления нагнетания рабочей жидкости

3.4.1. При выполнении направленного подземного гидроразрыва используют два различных значения давления нагнетания: начальное максимальное значение давления нагнетания  $P_{НАГ}^{(MAX)}$ , равное давлению гидроразрыва инициирующей трещины (см. п. 4.9 Методики), и минимальное давление нагнетания  $P_{НАГ}^{(MIN)}$ , равное давлению распространения трещины заданной конфигурации.

Поровым давлением пренебрегают.

3.4.2. Трещину S-типа заменяют в расчетах эквивалентной дисковидной трещиной равной площади с радиусом  $R_{ЭФ}$ .

3.4.3. Если отношение длиной оси  $L_a$  трещины L-типа к ее короткой оси  $L_b$  составляет менее 1,5, то трещину L-типа заменяют в расчетах эквивалентной дисковидной трещиной равной площади с радиусом  $R_{ЭФ}$ .

3.4.4. Давление нагнетания при выполнении гидроразрыва S-типа рассчитывают по формулам

$$P_{HAG}^{(MAX)} = \frac{\sqrt{\pi}}{2} K_{IC} \frac{1}{\sqrt{R_0}} + \sigma_{33} \quad (1)$$

$$P_{HAG}^{(MIN)} = \frac{\sqrt{\pi}}{2} K_{IC} \frac{1}{\sqrt{R_{\text{эф}}}} + \sigma_{33} \quad (2)$$

где  $R_0$  – радиус инициирующей трещины,  $\sigma_{33}$  – напряжение сжатия массива горных пород, действующее вдоль скважины перпендикулярно плоскости трещины гидроразрыва.

При создании инициирующей трещины гидроразрыва S-типа с помощью инициатора ДС21.04.00.000, значение  $R_0$  принимают равным 1 см.

3.4.5. Давление нагнетания при выполнении гидроразрыва L-типа рассчитывают по формуле

$$P_{HAG} = \frac{K_{IC}}{\sqrt{r_w} \cdot C(L/r_w) \cdot h^*} - \frac{\sigma_{11}}{2} \left[ \frac{f^* + g^*}{h^*} - \frac{g^* - f^*}{h^*} \cdot \cos 2\theta \right] - \frac{\sigma_{22}}{2} \left[ \frac{f^* + g^*}{h^*} + \frac{g^* - f^*}{h^*} \cdot \cos 2\theta \right] \quad (3)$$

где  $K_{IC}$  – критический коэффициент интенсивности напряжений для трещины отрыва (вязкость разрушения),  $\text{МН} \cdot \text{м}^{-3/2}$ , значение которого зависит от типа и механического состояния вмещающей горной породы;  $\sigma_{11}$  и  $\sigma_{22}$  – соответственно, максимальное и минимальное сжимающие напряжения в плоскости перпендикулярной оси скважины,  $\theta$  – угол между плоскостью трещины L-типа и направлением  $\sigma_{11}$ ;  $r_w$  – радиус скважины;  $f^*$ ,  $h^*$ ,  $g^*$ ,  $C$  – функции вида:

$$h^*(L; r_w) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot \sqrt{1 + \frac{L}{r_w}} \cdot \left[ \frac{\pi}{2} - \arcsin \left( \frac{1}{1 + \frac{L}{r_w}} \right) \right]$$

$$f^*(L; r_w) = -\frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot \sqrt{1 + \frac{L}{r_w}} \cdot \frac{1}{\left(1 + \frac{L}{r_w}\right)^4} \cdot \sqrt{\left(1 + \frac{L}{r_w}\right)^2 - 1}$$

$$g^*(L; r_w) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot \sqrt{1 + \frac{L}{r_w}} \cdot \left\{ \frac{\pi}{2} - \arcsin \left( \frac{1}{1 + \frac{L}{r_w}} \right) + \left[ \frac{1}{\left(1 + \frac{L}{r_w}\right)^2} + \frac{1}{\left(1 + \frac{L}{r_w}\right)^4} \right] \cdot \sqrt{\left(1 + \frac{L}{r_w}\right)^2 - 1} \right\}$$

$$C(L; r_w) = 1 + \frac{0,256}{\left(1 + \frac{L}{r_w}\right)^4},$$



где  $L$  – полудлина трещины в направлении перпендикулярном оси скважины.

При расчете по формуле (6)  $P_{НАГ}^{(MAX)}$  принимают  $L=L_0$ , где  $L_0$  – глубина иницирующей трещины. При ее создании устройством ДС21.03.00.000 принимают  $L_0= 1$  см.

3.4.6. При выполнении расчетов значение коэффициента  $K_{IC}$  выбирают в зависимости от типа и механического состояния вмещающих горных пород в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2. Значение коэффициента  $K_{IC}$  для типичных пород углепородного массива.

п/п	Горная порода	Механическое состояние горной породы	Коэффициент $K_{IC}$ , МН/м <sup>-3/2</sup>
1	песчаник, известняк, аргилит	крепкая, монолитная	1,5
2	песчаник, известняк, алевролит	ослабленная, трещиноватая	1.0
3	глинистый сланец	трещиноватая глинистая	0,5
4	уголь	крепкий, монолитный	0,3
5	уголь	трещиноватый	0,03

3.4.7. Если выполнено условие п. 3.4.3 Методики, то значение  $P_{НАГ}^{(MIN)}$  для трещин гидроразрыва L-типа рассчитывают по формуле (2), полагая  $R_{ЭФ} = L_b$  и подставляя вместо  $\sigma_{33}$  сумму ( $\sigma_{11} \cdot \cos\theta + \sigma_{22} \cdot \sin\theta$ ), а в случае разворота трещины – минимальное главное сжимающее напряжение горных пород в месте проведения гидроразрыва.

3.4.8. Если условие п. 3.4.3 Методики не выполнено, то значение  $P_{НАГ}^{(MIN)}$  для трещины L-типа рассчитывают по формуле (3), полагая  $L=L_b$ .

### 3.5. Расчет объема закачки рабочей жидкости

3.5.1. Объем закачки рабочей жидкости зависит от объема трещины гидроразрыва  $V_{TR}$ , объема гидравлической системы интервала разрыва, сжимаемости рабочей жидкости, скорости утечек рабочей жидкости во вмещающие породы.

3.5.2. Объем гидравлической системы интервала разрыва комплекса «ГРОТ» рассчитывают по формуле:

$$V_{ГС} = a_1 \cdot L_{ТП} + \frac{\pi(d_{ск}^2 - a_2)}{4} \cdot L_{ИР} + a_3 \quad (4)$$

где  $L_{ТП}$  – длина трубопровода,  $L_{ИР}$  – длина интервала разрыва,  $d_{ск}$  – диаметр скважины,  $a_1=2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ ;  $a_2=9 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ ;  $a_3=45 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ .

3.5.3. Если предел текучести ( $\tau_0$ ) рабочей жидкости, измеренный при нормальной температуре по методикам ГОСТ Р 52257–2004, составляет больше 35 Па, то объем трещины гидроразрыва S-типа рассчитывают по формуле (5)

$$V_{ТП} = \frac{32}{15} \cdot \sqrt{\frac{2\pi(1-\nu^2)\tau_0}{E}} R_{ЭФ}^3 \quad (5)$$

где  $E$  – модуль Юнга вмещающих пород, Н/м<sup>2</sup>;  $\nu$  – коэффициент Пуассона;  $R_{ЭФ}$  – эффективный радиус эквивалентной трещины, м (см. п. 3.4.2).

В противном случае объем трещины S-типа рассчитывают по формуле (6)

$$V_{ТП} = \frac{8}{\sqrt{\pi}} \cdot \frac{K_{IC} \cdot (1-\nu^2)}{E} \cdot R_{ЭФ}^{\frac{5}{2}} \quad (6)$$

3.5.4. Значения модулей Юнга, сдвига и коэффициента Пуассона вмещающих пород определяют по результатам лабораторных испытаний керна, отобранного при бурении скважин. В зависимости от горной породы оценку свойств проводят по методикам ГОСТ 28985–91 «Породы горные. Метод определения деформационных характеристик при одноосном сжатии» или ГОСТ 26447–85 «Метод определения механических свойств глинистых пород при одноосном сжатии».

3.5.5. Если значения упругих параметров вмещающих горных пород неизвестны, то при расчетах допускается использовать значения, приведенные в Таблице 3.

Таблица 3. Средние значение упругих параметров типичных пород углепородного массива (по Кадастру физических свойств горных пород, изд. Недра, 1975).

Вмещающая горная порода	Механическое состояние горной породы	Модуль Юнга $E \cdot 10^{-8}, \text{Н/м}^2$	Коэффициент Пуассона
песчаник	монолитный	3,71	0,19
	трещиноватый	2,51	0,25
алевролит	монолитный	2,26	0,21
	трещиноватый	1,99	0,26
аргилит	монолитный	2,04	0,21
	трещиноватый	1,55	0,24
известняк	монолитный	4,40	0,18
	трещиноватый	3,36	0,26
глинистый сланец	монолитный	-	-
	трещиноватый	1,87	0,21
уголь	монолитный	0,46	0,30
	трещиноватый	0,34	0,30

3.5.6. Сжимаемость рабочей жидкости определяют экспериментально в лабораторных условиях по формуле

$$\beta = -\frac{1}{V} \cdot \frac{\Delta V}{\Delta P} \quad (7)$$

где  $V=1 \text{ дм}^3$  – тестовый объем рабочей жидкости при нормальных условиях,  $\Delta V$  – измеренное значение его изменения при повышении давления на  $\Delta P = 10 \text{ МПа}$ .

3.5.7. При замене трещины L-типа эквивалентной трещиной радиусом  $R_{\text{Эф}}$ , ее объем рассчитывают по формулам п. 3.5.3 Методики.

3.5.8. Если отношение длиной оси  $L_a$  трещины L-типа к ее короткой оси  $L_b$  составляет 1,5 и более, то объем трещины рассчитывают как среднее арифметическое объемов двух дисковидных трещин с радиусами равными малой и длиной осям трещины L-типа, рассчитанных по формулам п. 3.5.3 Методики

3.5.9. Рассчитывают ожидаемый объем трещины  $V_{TP}^{(IP)}$ , получаемый в импульсном режиме с прекращением закачки рабочей жидкости в момент начала трещинообразования

(резкое падение давления нагнетания)

$$V_{TP}^{(HP)} = V_{TC} \cdot \beta \cdot (P_{HAГ}^{(MAX)} - P_{HAГ}^{(MIN)}) + \Pi \cdot V_{БАТ} \left( \frac{P_{HAГ}^{(MAX)}}{P_{HAГ}^{(MAX)} - P_{ЗАР}} - \frac{P_{HAГ}^{(MIN)}}{P_{HAГ}^{(MIN)} - P_{ЗАР}} \right) \cdot (1 + \beta), \quad (8)$$

где  $V_{БАТ}$  – объем пневмогидроаккумулятора батареи А5 (см. раздел 4 Методики),  $P_{ЗАР}$  – давление заряда его газового объема,  $\Pi$  – коэффициент равный 1, если батарея включена и 0 – если отключена.

3.5.10. Если  $V_{TP}^{(HP)} > V_{TP}$ , то объем батареи ( $V_{БАТ}$ ) уменьшают (заменяют на пневмогидроаккумулятор меньшего объема) или отключают батарею ( $\Pi = 0$ ).

3.5.11. Если  $V_{TP}^{(HP)} < V_{TP}$ , то гидроразрыв проводят в два этапа: сначала в импульсном режиме, затем либо повторно в импульсном режиме либо в режиме распространения трещины с закачкой рабочей жидкости насосом.

3.5.12. Перед выполнением разрыва в режиме распространения трещины определяют скорость утечек рабочей жидкости в горные породы при давлении в интервале разрыва равном  $P_{HAГ}^{(MIN)}$ .

Для этого по диаграмме спада давления в интервале разрыва от времени определяют значение скорости падения давления  $dP/dt$  в окрестности точки диаграммы  $P = P_{HAГ}^{(MIN)}$ .

Скорость утечек ( $d_{ут}$ ) рассчитывают по формуле

$$d_{ум} = \beta \cdot \frac{dP}{dt} \cdot \left( V_{TC} + \Pi \cdot V_{БАТ} \frac{P_{HAГ}^{(MIN)}}{P_{HAГ}^{(MIN)} + P_{ЗАР}} + V_{TP}^{(HM)} \right) \cdot \frac{S_{ЭФ}}{S_{ЭФ}^{(HM)}} \quad (9)$$

где  $S_{ЭФ}$  – площадь поверхности трещины заданной конфигурации,  $S_{ЭФ}^{(HM)}$  – площадь трещины, полученной в импульсном режиме. Значение  $S_{ЭФ}^{(HM)}$  рассчитывают по формулам (5), (6) по известному  $V_{TP} = V_{TP}^{(HP)}$ .

Если повторный гидроразрыв проводят в импульсном режиме, то утечками пренебрегают полагая  $d_{ут} = 0$ .

3.5.13. Рассчитывают время закачки рабочей жидкости (работы насоса) в режиме распространения трещины  $T_F$

$$T_F = \frac{V_{TP} - V_{TP}^{(HM)}}{d_n - d_{ym}} \quad (10)$$

где значение  $d_n$  соответствует дебиту насоса при выходном давлении равном  $P_{HAГ}^{(MIN)}$ .

3.5.14. Общий объем закачки рабочей жидкости  $V_{ЗАК}$ , приведенный к нормальным условиям, рассчитывают по формуле:

$$V_{ЗАК} = \left( V_{ГС} + V_{БАТ} \frac{P_{HAГ}^{(MAX)}}{P_{HAГ}^{(MAX)} + P_{ЗАП}} \right) \cdot (1 + \beta) \cdot P_{HAГ}^{(MAX)} + d_n \cdot T_F \cdot (1 + \beta) \cdot P_{HAГ}^{(MIN)} \quad (11)$$

#### **4. Порядок ведения работ по подземному гидроразрыву углепородного массива**

4.1. В состав работ по подземному направленному гидроразрыву входят следующие основные операции:

- 1) измерение дебита метана из скважин до гидроразрыва пласта;
- 2) опробование насосного оборудования до подключения к скважине (без нагрузки);
- 3) опрессовку оборудования до давления 25 МПа;
- 4) включение в работу насосного оборудования;
- 5) контроль давления нагнетания, давления в пакерах и объема закачки рабочей жидкости.

4.2. Подземный направленный гидроразрыв углепородного массива выполняют с использованием комплекса оборудования «ГРОТ» (ДС21.00.00.000), разработанного в Институте горного дела СО РАН (г. Новосибирск).

Комплекс «ГРОТ» состоит из пульта, скважинного и насосного оборудования. Гидравлическая схема комплекса «ГРОТ» приведена на рисунке 3.

Для производства подземного направленного гидроразрыва углепородного массива применяют следующее скважинное оборудование, входящее в состав комплекса «ГРОТ»: устройства разрыва L (ДС21.01.00.000) и S (ДС21.02.00.000) типов, инициаторы разрывов L (ДС21.03.00.000) и S-типов (ДС21.04.00.000), импрессионный пакер ДС21.05.00.000, трубопровод ДС21.06.01.000, устьевой коллектор ДС21.06.02.000.



(импульсный источник давления); А6 – ручной насос высокого давления; А7 – насос подачи рабочей жидкости гидроразрыва.

Станция комплектуется насосным оборудованием, параметры которого выбирают в зависимости от рабочей жидкости, типа гидроразрыва и режима его выполнения.

4.3. Диаметр пакерных оболочек  $d_{\text{пак}}$  устройств разрыва и импрессионного пакера комплекса «ГРОТ» зависят от диаметра скважины.

Рекомендуемые значения диаметров оболочек даны в Таблице 4. При использовании пакерных оболочек, не соответствующих рекомендованным размерам, эффективность направленного гидроразрыва не гарантируется.

Таблица 4. Рекомендуемые параметры пакерных оболочек для подземного направленного гидроразрыва в скважинах различного диаметра.

Диапазон диаметров дегазационных скважин, мм	Диаметр пакерной оболочки $d_{\text{пак}}$ , мм	Длина пакерной оболочки $l_{\text{пак}}$ , мм
70–90	54	500
90–110	73	500
105–140	88	1000
120–150	102	1000
140–180	122	1000

Базовый вариант комплекса «ГРОТ» оснащен оболочками диаметром 54 мм и предназначен для работы в необсаженных скважинах диаметром 76 мм.

4.4. Длина пакерных оболочек устройства разрыва S-типа (ДС21.02.00.000) составляет 500 мм.

Длина пакерной оболочки импрессионного пакера (ДС21.05.00.000) составляет 1000 мм, диаметр зависит от диаметра скважины (см. Таблицу 4).

Длина оболочки пакерного элемента устройства разрыва L-типа (ДС21.01.00.000) составляет 1000 мм, число пакерных элементов в составном пакере зависит от длины интервала разрыва.

Для интервалов разрыва длиной до 10 м пакер состоит из одного пакерного элемента, при длине интервала разрыва от 10 до 30 м – из двух пакерных элементов, а при длине интервала разрыва свыше 30 м – из трех пакерных элементов (общая длина пакера 4500 мм).

4.5. Подземный направленный гидроразрыв проводят в скважинах, оборудованных герметизатором. На устье скважины дополнительно устанавливают превентор, обеспечивающий в процессе выполнения работ герметизацию межтрубного пространства между обсадной трубой на устье дегазационной скважины и трубопроводом комплекса «ГРОТ».

4.6. Для выполнения гидроразрыва с использованием воды применяют насос УНИ–1 взрывобезопасного исполнения или его аналог, подключенный к шахтному водоводу через вентиль ВН2 (рисунок 3), а также батарею ДС21.06.00.000, газовый объем которой предварительно заряжают азотом под давлением 10 МПа.

4.7. Для выполнения гидроразрыва с использованием в качестве рабочей жидкости пеногеля на водной основе без раскрепляющего вещества (пропант) применяют бетононасос РGP70–10, приводимый в действие сжатым воздухом, или его аналог, а также батарею ДС21.06.00.000, гидравлический объем которой предварительно заряжают рабочей жидкостью под давлением 25 МПа. Рабочую жидкость подготавливают в баке *Б* и подают на вход насоса через вентиль ВН1 (здесь и далее позиционные обозначения гидравлических узлов и элементов комплекса «ГРОТ» соответствуют рисунку 3).

4.8. Для выполнения гидроразрыва с использованием пеногеля в смеси с пропантом используют буровые насосы 9Т, 9МГр–73 или их аналоги. Рабочую жидкость предварительно подготавливают в баке *Б*, оборудованном мешалкой.

4.9. Выполнение подземного направленного гидроразрыва дегазационных скважин состоит из следующих основных операций, выполняемых последовательно:

- формирование иницирующей трещины заданной конфигурации;
- подготовка рабочей жидкости и оборудования к проведению подземного направленного гидроразрыва;
- проведение работ по подземному направленному гидроразрыву углепородного массива;
- демонтаж оборудования подземного направленного гидроразрыва и подключение дегазационных скважин к системе вакуумной дегазации шахты.

#### 4.10. Формирование иницирующей трещины заданной конфигурации

4.10.1. Иницирующую трещину создают в центре интервала скважины, в котором планируется гидроразрыв, в плоскости требуемого развития трещины гидроразрыва. Иницирующая трещина предназначена для снижения давления гидроразрыва



углепородного массива и задания начального направления развития трещины гидроразрыва в окрестности скважины.

4.10.2. Формирование инициирующей трещины проводят с помощью оборудования комплекса «ГРОТ». Схема гидравлическая и газовая соединений и подключения оборудования показана на рисунке 4.

4.10.3. После установки инициатора разрыва в заданный интервал дегазационной скважины, в него под давлением подают гидравлическое масло МГ–15В (ГОСТ 174979.3–85. Масла гидравлические) или водомасляную эмульсию. Подача масла осуществляется ручным насосом А6 через вход 1 пульта А1, далее через вентиль ВН в положении РУЧ (ручной режим), выход 2 пульта, вход 1 коллектора А2, трубопровод А3 (рисунок 3). Давление по показаниям манометра МН1 доводят до 40–60 МПа, после чего закачку прекращают.

4.10.4. По выполнению предыдущей операции открывают стравливающий вентиль ВН ручного насоса А6 и масло из гидравлической системы оборудования «ГРОТ» сливают в бак насоса А6 (рисунок 3).

Скважинное оборудование извлекают из скважины.

4.10.5. Ориентацию полученной инициирующей трещины контролируют по отпечатку стенки скважины, получаемому с помощью импрессионного пакера (ДС21.05.00.000).

Для этого вместо инициатора разрыва в центр интервала разрыва устанавливают импрессионный пакер и в режиме «РУЧ» пульта А1 (рисунок 3) подают в него гидравлическое масло МГ–15В под давлением 10 МПа. Выдерживают пакер под давлением не менее 10 мин.

После этого давление сбрасывают, импрессионный пакер извлекают и визуально определяют ориентацию следа трещины по отпечатку на поверхности пакера. Ориентацию импрессионного пакера в скважине определяют по показаниям механического регистратора поворота, входящего в его состав.

4.11. Подготовка оборудования и рабочей жидкости к проведению подземного направленного гидроразрыва

4.11.1. На расстоянии 10м от места проведения работ оборудуют наблюдательный пункт с телефонной связью с диспетчерской службой шахты.

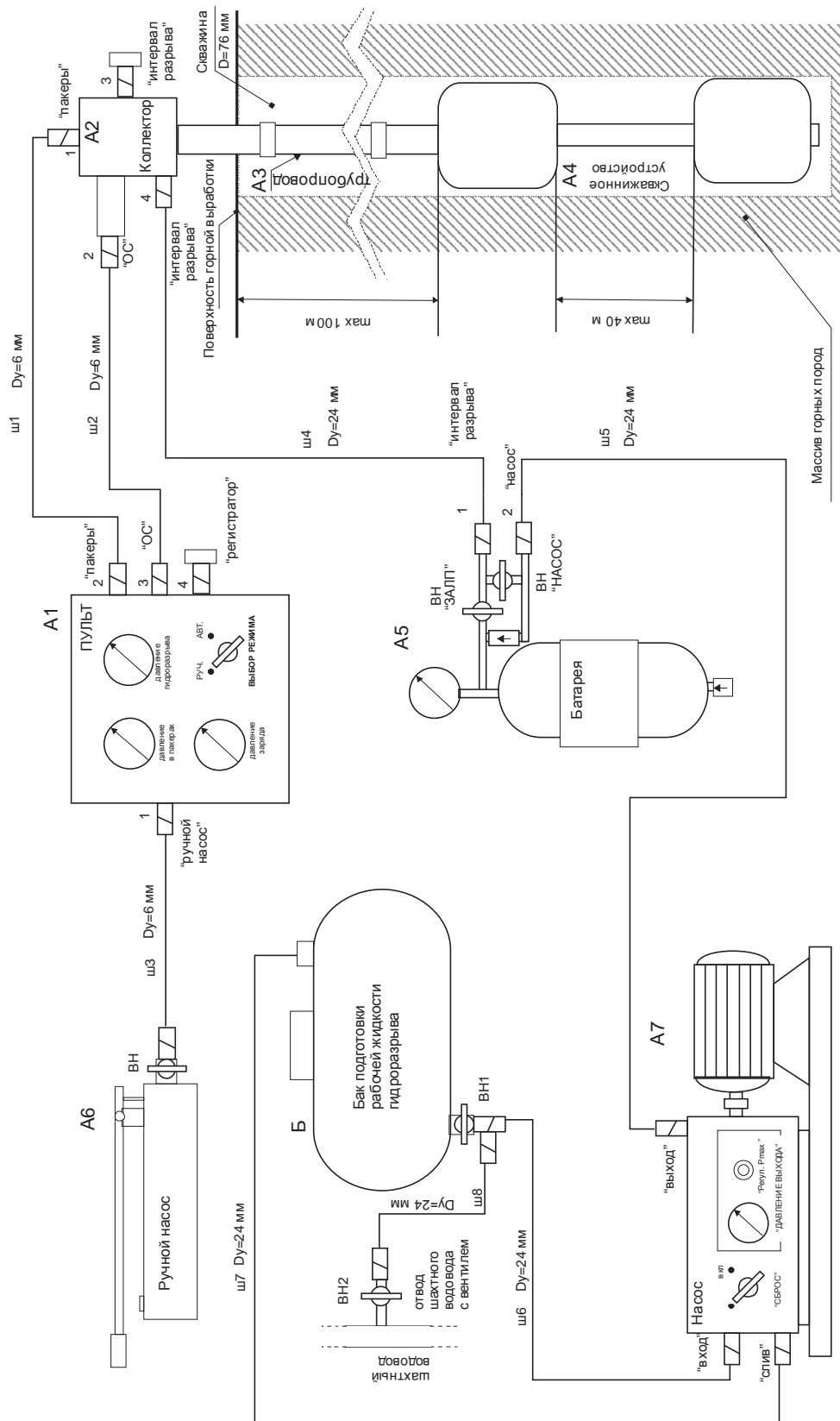


Рисунок 4. – Схема гидравлическая и газовая соединений и подключения комплекса «ГРОТ»: А1 – пульт; А2 – скважинный коллектор; А3 – трубопровод; А4 – скважинное устройство; А5 – батарея (импульсный источник давления); А6 – ручной гидравлический насос; А7 – насос подачи рабочей жидкости гидроразрыва; Б – бак

подготовки рабочей жидкости гидроразрыва; ш1 ÷ ш7 – соединительные гибкие шланги высокого давления.

4.11.2. Подготовку оборудования к проведению подземного направленного гидроразрыва водой проводят следующим образом:

- 1) оборудование монтируют по схеме рисунка 4, гидравлическая схема показана на рисунке 3;
- 2) газовый объем батареи А5 заряжают азотом до давления 10 МПа;
- 3) подключают насос УНИ–1 (А7) к шахтному водоводу и сливному баку Б; вентили ВН1, ВН2 закрыты;
- 4) выход насоса А7 подключают ко входу 2 батареи А5, при этом вентили ВН1, ВН2 батареи А5 открыты;
- 5) насос А7 подключают либо к шахтной электросети.

4.11.3. Подготовку оборудования к проведению подземного направленного гидроразрыва пеногелем на водной основе без проппанта проводят следующим образом:

- 1) оборудование монтируют по схеме рисунка 4, гидравлическая схема показана на рисунке 3;
- 2) в баке Б подготавливают расчетный объем закачки пеногеля  $V_{\text{ЗАК}}$ . Пеногель готовят в соответствии с Лабораторным технологическим регламентом «Процесс получения пеногеля и рабочей жидкости гидроразрыва угольных пластов на его основе с добавлением раскрепляющего материала (проппанта)» (см. отчетные материалы гос. контракта 16.515.11.5035);
- 3) газовый объем батареи А5 заряжают азотом до давления 10 МПа;
- 4) подключают насос РGP70–10 (А7) к баку Б;
- 5) подключают насос А7 к шахтному воздуховоду или к воздушному компрессору взрывобезопасного исполнения;
- 6) выход насоса А7 подключают ко входу 2 батареи А5, вентили ВН1 и ВН2 батареи А5 закрыты. Включают насос А7 и заряжают гидравлический объем пневмогидроаккумулятора АК рабочей жидкостью до значения давления  $P_{\text{НАГ}}^{(\text{MAX})} \leq 25 \text{ МПа}$ , контролируемого визуально по манометру МН;
- 7) открывают вентиль ВН2 батареи А5, отключают насос А7.

4.10.4. Подготовку оборудования к проведению подземного направленного гидроразрыва пеногелем на водной основе с проппантом проводят следующим образом:

1) оборудование монтируют по схеме рисунка 4, гидравлическая схема показана на рисунке 3;

2) в баке *Б* подготавливают расчетный объем пеногеля с проппантом  $V_{\text{ЗАК}}$ . Рабочую жидкость готовят в соответствии с Лабораторным технологическим регламентом «Процесс получения пеногеля и рабочей жидкости гидроразрыва угольных пластов на его основе с добавлением раскрепляющего материала (проппанта)» (см. отчетные материалы гос. контракта 16.515.11.5035);

4) подключают насос 9МГр–73 (А7) к баку *Б*;

5) подключают насос А7 к шахтной электрической сети;

6) выход насоса А7 подключают ко входу 2 батареи А5, при этом вентиль ВН1 батареи А5 закрыт, а вентиль ВН2 открыт.

4.10.5. Проводят прокачку гидравлической системы пакеров. Для этого ручным насосом А6 через вентиль ВН пульта А1 в режиме «РУЧ», выход 2 пульта А1, шланг высокого давления, вход 1 коллектора А2, центральный канал трубопровода А3 в пакеры устройства разрыва А4 подают гидравлическое масло МГ–15В или водомасляную эмульсию до тех пор пока давление по показаниям манометра МН1 не стабилизируется при значении около 8 МПа.

После этого дополнительно закачивают 0.5 литра масла, вентиль ВН переключают в режим «АВТ» и по манометру МН1 визуально контролируют постоянство давления в гидравлической системе пакеров. Если показания манометра с течением времени заметно падают, то проводят ревизию гидравлических соединений и при необходимости, выполняют работы по устранению их негерметичности.

4.10.6. Вывод межтрубного пространства на устьевом превенторе подсоединяют гибким шлангом к вакуумной дегазационной системе шахты. Определяют качество герметизации интервала дегазационной скважины между герметизатором и интервалом разрыва по методике Приложения №24 «Герметизация скважин и проверка качества герметизации» к Инструкции по дегазации угольных шахт. При неудовлетворительном качестве герметизации проводят работы по устранению подсосов воздуха в дегазационную скважину.

4.10.7. Вход 4 устьевого коллектора А2 подсоединяют гибким шлангом к шахтной дегазационной системе. Определяют качество герметизации интервала разрыва, базовые

(до проведения гидроразрыва) значения дебита метана  $G_D^{(0)}$  и содержания метана в газовой смеси  $C^{(0)}$ .

Отключают вход 4 коллектора А2 от дегазационной системы шахты и подключают его ко входу 1 батареи А5 гибким шлангом высокого давления с диаметром проходного сечения не менее 24 мм.

4.10.8. Закачивают насосом А6 через вход 1 пульта А1 и обратный клапан КО в гидравлический объем пневмогидроаккумулятора АК пульта А1 гидравлическое масло МГ-15В, индустриальное масло низкой вязкости или водомасляную эмульсию объемом не более 0,20–0,25 л до тех пор, пока показания манометра МН3 не достигнут значения 30 МПа. После этого закачку прекращают и, при необходимости, насос А6 отсоединяют от пульта А1.

4.11. Порядок проведения работ по подземному направленному гидроразрыву углепородного массива

4.11.1. В процессе выполнения гидроразрыва по манометрам МН1, МН2 пульта А1 контролируют работу автоматики системы герметизации интервала разрыва. При нормальной работе показания манометра МН1 превышают показания манометра МН2 на 3–8 МПа.

4.11.2. Подземный направленный гидроразрыв дегазационных скважин водой проводят следующим порядком:

1) открывают вентиль ВН2 на шахтном водоводе, включают насос А7 и закачивают воду в интервал разрыва до тех пор пока рост давления, контролируемого по манометрам МН2 пульта и МН батареи А5, не сменится его резким падением;

2) закрывают вентили ВН1, ВН2 батареи А5 », отключают насос А7 и производят замер скорости утечек рабочей жидкости во вмещающие горные породы;

3) открывают вентиль ВН2 батареи А5, включают насос А7 и проводят закачку воды в течении расчетного периода времени  $T_F$ , после чего насос А7 выключают, закрывают вентиль ВН2 батареи А5.

4.11.3. При использовании в качестве рабочей жидкости пеногеля на водной основе без раскрепляющего материала, подземный направленный гидроразрыв выполняют следующим образом:

1) открывают вентиль ВН1 бака *Б*, включают насос А7 и закачивают пеногель в интервал разрыва до стабилизации или начала резкого падения давления гидроразрыва по показаниям манометра МН2 пульта А1;

2) закрывают вентиль ВН2 батареи А5, открывают вентиль ВН1 батареи А5 и падают импульс давления в интервал разрыва до падения давления залпа по показаниям манометра МН батареи А5 до расчетного значения  $P_{НАГ}^{(MIN)}$ ;

3) закрывают вентиль ВН1 батареи А5;

4) при необходимости гидроразрыв повторяют в импульсной режиме.

4.11.4. При использовании в качестве рабочей жидкости пеногеля на водной основе с раскрепляющим материалом, подземный направленный гидроразрыв выполняют следующим образом:

1) открывают вентиль ВН1 бака *Б*, включают насос А7 и закачивают пеногель с пропантом в интервал разрыва до начала резкого падения давления гидроразрыва по показаниям манометра МН2 пульта А1;

2) насос А7 отключают, закрывают вентиль ВН2 батареи А5 и проводят замер скорости утечек рабочей жидкости во вмещающие горные породы;

3) открывают вентиль ВН2 батареи А5, включают насос А7 и проводят закачку рабочей жидкости в течении расчетного времени  $T_F$ , затем насос А7 выключают и закрывают вентиль ВН1 бака *Б*.

4.11.5. При выполнении синхронного гидроразрыва нескольких дегазационных скважин, их интервалы разрывов объединяют в единую гидравлическую систему, соединяя шлангами высокого давления входы 3 устьевых коллекторов А2. Увеличивают количество пневмогидроаккумуляторов в батарее А5 пропорционально количеству скважин.

При этом гидравлические системы пакеров отдельных скважин разделены и подключены каждая к своему пульту А1.

4.11.6. При последовательном выполнении интервальных гидроразрывов в дегазационной скважины, гидроразрывы начинают выполнять с наиболее удаленного интервала и далее последовательно приближаются к устью скважины.

4.12. Демонтаж оборудования подземного направленного гидроразрыва и подключение дегазационных скважин к системе вакуумной дегазации шахты.

4.12.1. По окончании гидроразрыва, открывают вентиль ВН насоса А7 и сливают рабочую жидкость из гидросистемы интервала разрыва в бак *Б*. При необходимости проводят также слив рабочей жидкости из гидравлического объема батареи А5 через вентили ВН1, ВН2 батареи и далее через сливную линию насоса А7 в бак *Б*.

4.12.2. Линию интервала разрыва (вход 4 коллектора А2) отсоединяют от насосного оборудования и подключают гибким шлангом к вакуумной системе дегазации шахты через водоотделитель, объем которого должен быть не менее чем в 2 раза больше закаченного в скважину объема рабочей жидкости гидроразрыва.

После прекращения обильного выхода рабочей жидкости или воды, определяют качество герметизации интервала разрыва, дебит метана  $G_D^{(F)}$  и содержание метана  $C^{(F)}$  в газовой смеси по методикам Инструкции дегазации угольных шахт, утвержденной приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 1 декабря 2011 г. №67.

Подземный направленный гидроразрыв считают успешным, если после его выполнения дебит метана возрос в 5 и более раз, а содержание метана в газовой смеси уменьшилось.

4.12.3. Проводят демонтаж оборудования комплекса «ГРОТ» в следующей последовательности:

1) Подсоединяют ручной насос А6 ко входу 1 пульта А1 и открывают вентиль ВН насоса А6. Производят слив жидкости из гидросистемы пакеров в бак *Б* насоса А6.

2) Проводят демонтаж оборудования комплекса «ГРОТ».

4.12.4. При соответствии качества герметизации проектным показателям, после проведения работ по подземному направленному гидроразрыву скважину подключают к шахтной системе дегазации. Устьевая обвязка дегазационной скважины, схема ее подключения к шахтной дегазационной системе должны соответствовать требованиям Инструкции по дегазации угольных шахт и Правилам безопасности в угольных шахтах ПБ 05–618–03.

Объем бака водоотделителя выбирают не менее, чем в 2 раза больше объема закачки рабочей жидкости при выполнении подземных направленных гидроразрывов в данной дегазационной скважине.

Устье дегазационных скважин, не подключенных к дегазационной системе шахты, герметично закрывают.

## **5. Эксплуатация дегазационных скважин, подвергнутых подземному направленному гидроразрыву**

5.1. Специальные эксплуатационные требования относятся только к дегазационным скважинам, объединенным между собой магистральной трещиной гидроразрыва. Для изолированных дегазационных скважин правила эксплуатации не отличаются от требований действующей Инструкции по дегазации угольных шахт.

5.2. При разгерметизации одной или нескольких дегазационных скважин, объединенных между собой в группу магистральной трещиной гидроразрыва, остальные скважины данной группы должны быть отсоединены от дегазационной системы шахты и закрыты.

## **6. Организация работ по подземному направленному гидроразрыву в дегазационных скважинах и требования к персоналу**

6.1. Для осуществления работ по подземному направленному гидроразрыву в дегазационных скважинах привлекается специализированная подрядная организация и/или организуется бригада в составе подразделения (участка) дегазации.

При выполнении работ по монтажу и эксплуатации дегазационных скважин специализированными подрядными организациями контроль качества выполняемых работ осуществляется заказчиком.

6.2. Контроль работы дегазационных скважин, подвергнутых подземному направленному гидроразрыву, возлагается на участок аэрологической безопасности.

6.3. В целях организации и осуществления работ по подземному направленному гидроразрыву в дегазационных скважинах угледобывающая организация:

- 1) разрабатывает (утверждает) паспорт (проект) подземного направленного гидроразрыва в дегазационных скважинах;
- 2) разрабатывает (утверждает) график выполнения работ, инструкции по подземному направленному гидроразрыву и безопасному обслуживанию дегазационных скважин, и несет ответственность за их выполнение;
- 3) организует работы по подготовке шахтного оборудования к проведению работ по подземному направленному гидроразрыву дегазационных скважин, в т.ч. подготавливает необходимые врезки в шахтные водовод, воздуховод, электрическую сеть; осуществляет подключение насосного оборудования, линии телефонной связи участка работ с диспетчерской службой шахты;



- 4) производит бурение дегазационных скважин, герметизацию и обвязку дегазационных скважин, прокладку газопроводов, подключение скважин к шахтной дегазационной системе;
- 5) контролирует качество бурения и герметизации дегазационных скважин;
- 6) осуществляет периодические измерения концентрации и дебита метана, разрежения на скважинах под контролем участка аэрологической безопасности;
- 7) обеспечивает безопасность и качество ведения дегазационных работ в соответствии с требованиями Инструкции по дегазации угольных шахт, утвержденной приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 01 декабря 2011 г. №679.

6.4. Паспорт на проведение подземного направленного гидроразрыва должен содержать: план выемочного участка с нанесением скважины, в которой проводится подземный направленный гидроразрыв, схему вентиляции участка; расчетные параметры нагнетания (тип и объем закачиваемой рабочей жидкости, время ее нагнетания, давление гидроразрыва (нагнетания) и распространения трещины); схему размещения оборудования, в горной выработке; место расположения поста наблюдения; прямую телефонную связь рабочего места с диспетчером шахты.

6.5. На каждую дегазационную скважину, планируемую к проведению подземного направленного гидроразрыва, составляется акт с указанием фактических параметров скважины (длина, диаметр, угол наклона, угол разворота, длина герметизации, тип гидроразрыва, глубина и длина интервала разрыва, дебит метана, содержание метана в газовой смеси и величина подсосов воздуха в дегазационную скважину, измеренные до гидроразрыва скважины).

Акт подписывается представителями шахты и представителем подрядной организации, производящей подземный направленный гидроразрыв.

6.6. Руководить работами по подземному направленному гидроразрыву дегазационных скважин имеют право специалисты, прошедшие теоретический курс по шахтному гидроразрыву, обучение по работе на оборудовании комплекса «ГРОТ» и сдавшие экзамены на знание требований настоящей Методики.

6.7. Рабочие, занятые монтажом оборудования комплекса «ГРОТ» и производством гидроразрыва, проходят обучение и проверку знаний по безопасным приемам выполнения работ в объеме настоящей Методики.

## **7. Требования безопасности**

7.1. Дегазационные скважины после окончания гидроразрыва должны быть подключены к дегазационному трубопроводу или герметично закрыты.

На действующих дегазационных скважинах, подвергнутых гидроразрыву, должны устанавливаться: задвижка (вентиль); устройство, позволяющее измерять разрежение, расход газа и содержание в нем метана; водоотделитель (если из скважин поступает вода).

7.2. Устья использованных и отключенных от газопровода скважин перекрываются металлическими заглушками с прокладками из трудносгораемого материала.

7.3. Ведение работ по гидроразрыву в дегазационных скважинах, а также применяемое оборудование должны соответствовать требованиями Правил безопасности в угольных шахтах ПБ 05–618–03 и требованиям безопасности принятым в промышленности при работе с гидравлическими оборудованием ГОСТ 31177–2003 «Безопасность оборудования. Требования безопасности к гидравлическим и пневматическим системам и их компонентам. Гидравлика» и с пневматическими системами высокого давления ГОСТ 30869–2003 «Безопасность оборудования. Требования безопасности к гидравлическим и пневматическим системам и их компонентам. Пневматика».

7.4. Контроль режимов работы скважин, подвергнутых гидроразрыву, осуществляется не реже одного раза в неделю путем измерения разрежения, расхода газа и содержания в нем метана.

Результаты измерений должны заноситься в «Книгу учета работы дегазационных скважин». Форма учета работы дегазационной скважины, подвергнутой гидроразрыву, приведена в Приложении №3.

К книге должна быть приложена пополняемая выкопировка из плана горных работ с нанесенными скважинами, указанием их параметров, параметров гидроразрыва, индекса пласта, по которому или до которого они пробурены, а также с нанесением местоположения забоя лавы.

7.5. При возникновении аварийной ситуации в дегазационной системе шахты, а также при монтажных работах, связанных с рассоединением участкового газопровода, дегазационные скважины, подвергнутые гидроразрыву, на этом участке необходимо закрыть.

### Приложение №1

К Методике дегазации угольных пластов и вмещающих горных пород с применением направленного подземного гидроразрыва

#### Перечень ссылочных документов

Шифр документа	Наименование документа
	Инструкция по дегазации угольных шахт, утвержденная приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 01 декабря 2011 г. №679
ПБ 05–618–03	Правила безопасности в угольных шахтах, утвержденные Постановлением Госгортехнадзора России от 05.06.03 №50, зарегистрированные Министерством юстиции Российской Федерации 19.06.2003, регистрационный № 4737.
ГОСТ 28985–91	Породы горные. Метод определения деформационных характеристик при одноосном сжатии.
ГОСТ 26447–85	Метод определения механических свойств глинистых пород при одноосном сжатии.
ГОСТ 31177–2003	Безопасность оборудования. Требования безопасности к гидравлическим и пневматическим системам и их компонентам. Гидравлика.
ГОСТ 30869–2003	Безопасность оборудования. Требования безопасности к гидравлическим и пневматическим системам и их компонентам. Пневматика.
	Лабораторный технологический регламент «Процесс получения пеногеля и рабочей жидкости гидроразрыва угольных пластов на его основе с добавлением раскрепляющего материала (проппанта)».
	Методика снижения подсоса воздуха в дегазационные скважины с применением барьерного экранирования от горных выработок.
	Методика проектирования и создания дегазационных сеток с использованием управляемого продольного гидроразрыва и пеногелей в качестве рабочих жидкостей разрыва.
ГОСТ Р 52257–2004	Метод определения предела текучести и кажущейся вязкости при низкой температуре.
ГОСТ 20799–88	Масла индустриальные

ГОСТ 174979.3–85	Масла гидравлические
	Справочник (кадастр) физических свойств горных пород. – М.: Недра, 1975.

Термины, понятия и условные обозначения

Направленный (синоним – ориентированный, управляемый) гидроразрыв – создание в массиве горных пород трещин гидроразрыва заданной конфигурации;

Подземный (синоним – шахтный) гидроразрыв – гидроразрыв в скважинах, пробуренных из подземных горных выработок;

Поперечный гидроразрыв (S- тип) – создание в горной породе трещины поперек скважины – в плоскости перпендикулярной оси скважины;

Продольный гидроразрыв (L-тип) – создание в горной породе трещины гидроразрыва вдоль образующей поверхности скважины – в плоскости оси скважины;

Продольный гидроразрыв LP-типа – продольный гидроразрыв в пластовой скважине с формированием трещины по простиранию пласта;

Продольный гидроразрыв LS-типа – продольный гидроразрыв в пластовой скважине с формированием трещины в крест простирания (поперек) пласта;

Рабочая жидкость – жидкость используемая для производства гидроразрыва массива горных пород;

Импульсный режим гидроразрыва – режим закачки рабочей жидкости, при котором закачка жидкости прекращается в момент резкого падения давления в интервале разрыва, соответствующий началу трещинообразования;

Режим распространения трещины гидроразрыва – режим закачки рабочей жидкости, при котором развитие трещины поддерживается нагнетанием в постоянном темпе рабочей жидкости в интервал разрыва.

«ГРОТ» – экспериментальный образец оборудования направленного технологического гидроразрыва для работы в шахтных условиях;

$\alpha$  – угол падения пласта, град;

$d_{ск}$  – диаметр дегазационной скважины, мм;

$r_w$  – радиус скважины, м;

$d_{пак}$  – диаметр пакерной оболочки (пакера), мм;

$l_{пак}$  – длина пакерной оболочки (пакера), мм;

$R_{эф}$  – эффективный радиус трещины – радиус эквивалентной дисковой трещины равной площади, м;

$R_0$  – радиус иницирующей трещины поперечного разрыва, м;

$L_a, L_b$  – длина малой и большой осей эллиптической в плане трещины гидроразрыва, м;

$L$  – максимальное значение полудлины трещины продольного разрыва в направлении перпендикулярном оси скважины, м;

$L_0$  – глубина иницирующей трещины продольного гидроразрыва, м;

$S_{эф}$  – площадь поверхности трещины заданной конфигурации, м<sup>2</sup>;

$S_{эф}^{(ИМ)}$  – площадь трещины, полученной в импульсном режиме, м<sup>2</sup>;

$V_{TP}$  – объем трещины гидроразрыва,  $m^3$ ;

$V_{TP}^{(HP)}$  – объем трещины гидроразрыва, полученной в импульсном режиме,  $dm^3$ ;

$\theta$  – угол между плоскостью трещины L-типа и направлением  $\sigma_{11}$ , град;

$f^*, h^*, g^*, C$

$\frac{dP}{dt}$  – скорость спада давления после прекращения закачки рабочей жидкости в трещину гидроразрыва в окрестности точки  $P = P_{НАГ}^{(MIN)}$ ,  $m^3/c$ ;

$d_{ут}$  – скорость утечек рабочей жидкости из трещины гидроразрыва,  $m^3/c$ ;

$P_{НАГ}^{(MAX)}$ ,  $P_{НАГ}^{(MIN)}$  – максимальное (давление гидроразрыва) и минимальное (давление распространения трещины гидроразрыва) давления нагнетания рабочей жидкости гидроразрыва; Па

$T_f$  – время закачки (работы насоса) рабочей жидкости в режиме распространения трещины гидроразрыва, с;

$V_{ЗАК}$  – объем закачки рабочей жидкости, приведенный к нормальным условиям,  $m^3$ ;

$\sigma_{11}$ ,  $\sigma_{22}$  – максимальное и минимальное сжимающие напряжения в плоскости перпендикулярной оси скважины,  $N/m^2$ ;

$\sigma_{33}$  – напряжение сжатия массива горных пород, действующее вдоль скважины перпендикулярно плоскости трещины гидроразрыва,  $N/m^2$ ;

$K_{IC}$  – критический коэффициент интенсивности напряжений для трещины отрыва (вязкость разрушения),  $MN \cdot m^{-3/2}$ ;

$\nu$  – коэффициент Пуассона горной породы;

$E$  – модуль Юнга горной породы,  $N/m^2$ ;

$\tau_0$  – предел текучести рабочей жидкости, Н/м<sup>2</sup>;

$\beta$  – сжимаемость рабочей жидкости, Па/(с\*м<sup>3</sup>)

$V$  – тестовый объем рабочей жидкости при нормальных условиях, м<sup>3</sup>;

$\Delta V$  – изменение объема рабочей жидкости, м<sup>3</sup>;

$\Delta P$  – повышение давления, Па;

$L_{\text{ТР}}$  – длина трубопровода, м;

$L_{\text{ИР}}$  – длина интервала разрыва, м;

$V_{\text{ГС}}$  – объем гидравлической системы интервала разрыва, м<sup>3</sup>;

$V_{\text{БАТ}}$  – объем пневмогидроаккумулятора батареи, м<sup>3</sup>;

$P_{\text{ЗАР}}$  – давление заряда его газового объема, Па;

$\Pi$  – безразмерный коэффициент;

$d_n$  – дебит (расход на выходе) насоса, м<sup>3</sup>/с;

$\pi$  – число Пифагора.



**Приложение №3**

К Методике дегазации угольных пластов и вмещающих горных пород с применением направленного подземного гидроразрыва

**Форма 2бис**

**Журнал учета работы дегазационных скважин**

Скважина № \_\_\_\_\_

Назначение скважины (скважин) \_\_\_\_\_

Место заложения (выработка, камера) \_\_\_\_\_

Параметры скважины:

направление (углы возвышения и разворота) \_\_\_\_\_

длина, м \_\_\_\_\_

диаметр, мм \_\_\_\_\_

длина герметизации устья, м \_\_\_\_\_

Параметры подземного направленного гидроразрыва:

тип разрыва L, LP, LS, S \_\_\_\_\_

группа скважин (для синхронного разрыва) \_\_\_\_\_

глубина интервала разрыва, м \_\_\_\_\_

длина интервала разрыва, м \_\_\_\_\_

эффективный радиус трещины, м \_\_\_\_\_

рабочая жидкость \_\_\_\_\_

объем закачки рабочей жидкости, л \_\_\_\_\_

Дата начала и окончания бурения скважины (скважин) \_\_\_\_\_

Дата отключения скважины \_\_\_\_\_

**Форма записи результатов замера**

№ п/п	Дата	Разрежение в газопроводе у скважины, мм рт.ст.	Перепад давлений на диафрагме, мм рт.ст. (мм вод.ст.)	Концентрация метана в смеси, %	Расход, м <sup>3</sup> /мин		Подпись лица, производившего замеры
					смеси	метана	
1	2	3	4	5	6	7	8