

5. Каргин В. А. Краткие очерки по физико-химии полимеров / В. А. Каргин, Г. Л. Слонимский. – Изд-во МГУ, 1952. – 148 с.
6. Касаточкин В. И. Строение и свойства природных углей / В. И. Касаточкин, Н. К. Ларина. – М. : Недра, 1978. – 218 с.
7. Уголь каменный и антрацит. Методы петрографического анализа. Метод подготовки образцов. // ГОСТ 9414.2 – 93 (ИСО 7404 – 85) / Межгосударственный стандарт. – Часть 2. – Минск : Изд-во стандартов, 1995. – 10 с.
8. Техногенные минеральные наночастицы как проблема освоения недр / К. Н. Трубецкой, С. Д. Викторов, Ю. П. Галченко, В. Н. Одинцов // Вестник РАН, 2006. – том 76. – С. 318 – 332.
9. Закс Л. Статистическое оценивание (пер. с нем.) /Л. Закс.– М. : Недра, 1965.– 598 с.
10. Крамбейн У. Статистические модели в геологии / У. Крамбейн, Ф. Грейбилл. – М. : Мир, 1969. – С. 11 – 95.

УДК 622.831

Канд. техн. наук И. А. Ефремов
(АП «Шахта им. А. Ф. Засядько»),
д-р техн. наук В. Г. Перепелица,
канд. техн. наук Л. Д. Шматовский,
канд. техн. наук А. Н. Коломиец,
вед. инж. О. И. Ананьева
(ИГТМ НАН Украины)

ОРИЕНТАЦИЯ ДЕГАЗАЦИОННЫХ СКВАЖИН С УЧЕТОМ РАЗНОКОМПОНЕНТНОСТИ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ПОЛЯ НАПРЯЖЕНИЙ ШАХТЫ ИМ. А.Ф. ЗАСЯДЬКО

Викладені результати експериментального визначення чисельних значень і просторового напрямку головних складових діючого поля напружень в вуглепородному масиві пласта l_1 методом ЛГР з метою обґрунтування орієнтації дегазаційних свердловин.

ORIENTATION OF THE DEGASING HOLES WITH DUE REGARD OF A VARIETY OF A WORKING FIELD OF PRESSURE OF MINES NAMED A.F. ZASJADKO

Results of experimental definition of numerical values and spatial orientation of the main components of a working field of pressure in the coal rock of a seam l_1 by method (LHB) with the purpose substantiation of the orientation of the degasing holes are adduced.

На основе анализа экспериментальных данных, приведенных в работе [1], установлено, что фильтрационные свойства околоконтурной части газоносных пород в значительной степени зависят от ориентации скважин относительно главных компонент внешних напряжений.

Для сопоставительной оценки изменения напряженно-деформированного состояния приконтурной части измерительных скважин от пространственной ориентации их в разнокомпонентном поле напряжений авторами [1] выполнен расчет применительно к условиям шахты им. А. А. Скочинского. Рассмотрены три взаимно ортогональные скважины диаметром 4,8 см, пробуренные в направлении главных составляющих внешнего поля напряжений. Принято, что донные части скважин удалены на расстояние, исключаящее влияние контуров горных выработок. За исходные приняты численные значения напряжений, измеренных методом локального гидроразрыва: $\sigma_x = 60$ МПа, $\sigma_z = 30$ МПа, $\sigma_y = 24$ МПа (табл. 1). Для сопоставления рассмотрено напряженно-деформированное

состояние скважины при условии равнокомпонентной внешней нагрузки, равной гравитационной, на глубине 1200 м. При расчете использовано известное уравнение теории упругости [2] для определения радиальных деформаций (ε_r) контура цилиндрической выработки (скважины) под действием сжимающих внешних напряжений

$$\varepsilon_r = E^{-1}[\sigma_1 + \sigma_3 - (\sigma_1 - \sigma_3)2 \cos \theta], \quad (1)$$

где σ_1 и σ_3 - соответственно большая и меньшая составляющие поля напряжений в плоскости, ортогональной продольной оси скважины;

θ - направление текущего радиуса-вектора;

$E = 2 \cdot 10^4$ МПа - модуль упругости песчаника.

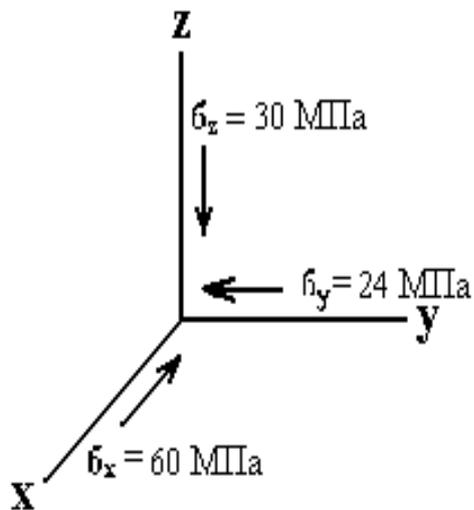
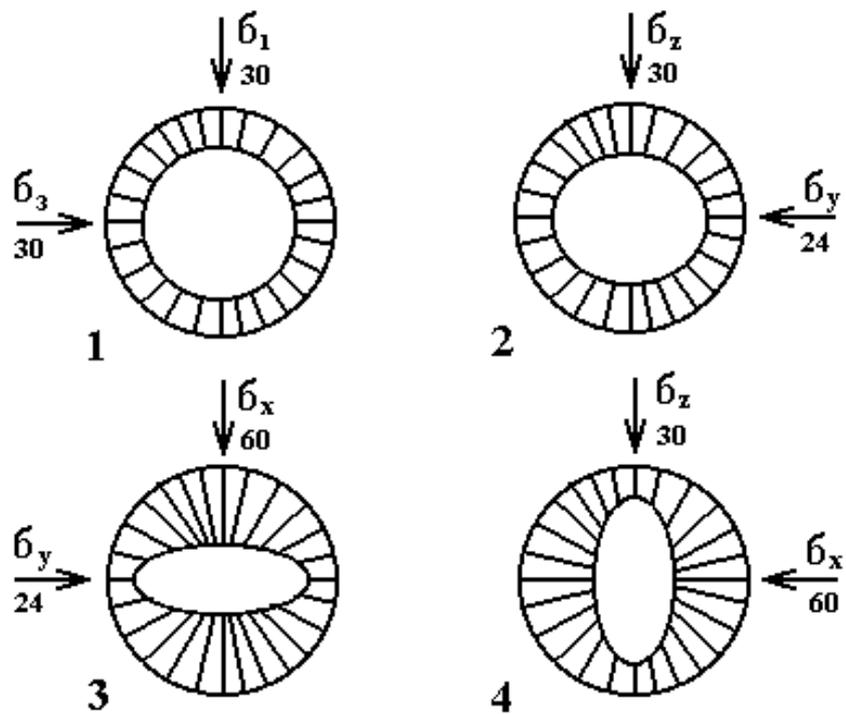
Таблица 1 – Деформации контура измерительных скважин при их различной ориентации относительно главных составляющих внешнего поля напряжений

Распределение напряжений на контуре скважины	Главные напряжения, МПа		$\lambda = \sigma_3 / \sigma_1$	Деформации контура скважины, $\varepsilon \cdot 10^3$	
	σ_1	σ_3		σ_1	σ_3
$\sigma_x = \sigma_y = \sigma_z = 30$ МПа	30	30	1	3	3
$\sigma_z = 30$ МПа $\sigma_y = 24$ МПа	30	24	0,8	3,3	2,1
$\sigma_z = 30$ МПа $\sigma_y = 60$ МПа	60	30	0,5	1,5	7,5
$\sigma_x = 60$ МПа $\sigma_y = 24$ МПа	60	24	0,4	7,8	0,6

Из приведенных в табл. 1 результатов выполненного расчета следует, что степень деформирования контура скважин различна в зависимости от величины и характера распределения внешних напряжений. Максимальная устойчивость контура обеспечивается при ориентации продольной оси скважины в направлении действия большей компоненты внешнего поля напряжений (рис. 1).

Учитывая вышеизложенное и настоятельную необходимость эффективной работы газового горизонта шахты им. А. Ф. Засядько были выполнены экспериментальные работы по обоснованию направления (ориентации) дегазационных скважин с учетом разнокомпонентности действующего поля напряжений.

Выполненными экспериментальными исследованиями установлено [1, 3], что поле действующих напряжений в углепородных массивах шахт разнообразно как по величине главных напряжений, так и по их пространственной ориентации. Доказано [1], что одним из эффективных и технологичных методов оценки напряженного состояния массива горных пород является метод локального гидравлического разрыва (ЛГР). Он позволяет по экспериментально измеренным параметрам



1 – в равнокомпонентном поле напряжений;
 2 – 4 - при различной ориентации скважин относительно главных составляющих поля напряжений

Рис. 1 – Напряженно-деформированное состояние дренажных скважин

ЛГР определить численные значения и направление действия главных напряжений в любом участке углепородного массива, доступного для бурения экспериментальных измерительных скважин. В технологическом плане наиболее существенным недостатком при использовании метода ЛГР в шахтных условиях является низкая производительность применяемого высоконапорного гидравлического оборудования (ручных насосов) [1, 3].

С целью повышения производительности измерительных работ ИГТМ НАН Украины совместно с руководством и техническими службами шахты им. А. Ф.Засядько принято и осуществлено решение об использовании при выполнении метода ЛГР шахтного высокопроизводительного гидравлического оборудования, применяемого при гидрообработке углепородных массивов [3, 4]. В связи с изложенным выполнена соответствующая корректировка технологии измерительных работ по сравнению с ранее намеченным «Проектом определения главных составляющих поля напряжений и направления их действия в углепородном массиве участка № 10 шахты им. А. Ф.Засядько методом локального гидроразрыва» [5].

Используемое до настоящего времени для определения действующих главных напряжений в углепородных массивах методом ЛГР высоконапорное оборудование (ручные насосы и распорные герметизаторы) не обеспечивают требуемых темпов измерительных работ в основном из-за низкой производительности высоконапорных ручных насосов [1, 4]. Поэтому принятое техническое решение об использовании шахтного гидравлического оборудования (распорных герметизаторов с клапанным регулированием внутреннего давления рабочей жидкости и подачи ее для ЛГР в нагнетательные камеры при помощи высоконапорной гидравлической установки СНТ-32, рационально не только для повышения производительности измерительных работ, но и для последующей гидрообработки углепородных массивов. Для осуществления данного технического решения авторами выполнены работы по монтажу, стендовой и шахтной проверке нагнетательного комплекса, включающего насосную установку, гибкий высоконапорный трубопровод, регулировочные дроссели и вентили, жесткий высоконапорный трубопровод, контрольные манометры [4]. Стендовые испытания, выполненные в гидроцехе шахты, позволили, наряду с проверкой работоспособности нагнетательного комплекса, установить необходимый распор, обеспечивающий надежную герметизацию нагнетательных камер, и построить тарировочные графики для определения в шахтных условиях параметров ЛГР (рис. 2 и 3).

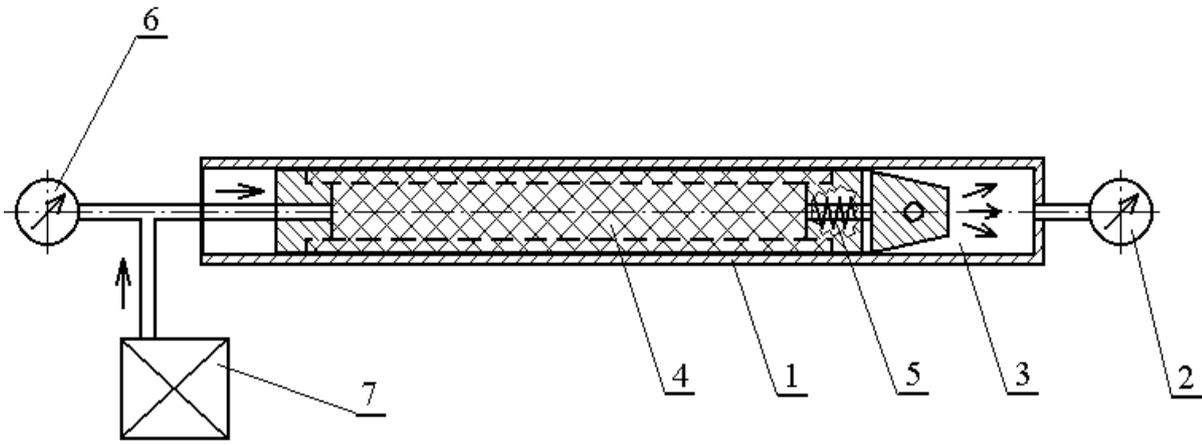


Рис. 2 – Функциональная схема лабораторного стенда для испытания и тарировки распорных герметизаторов

В отличие от ранее применяемых герметизирующих устройств, имеющих отдельную подачу рабочей жидкости в герметизатор и нагнетательную камеру, использование герметизаторов с клапанной регулировкой перепада распорного давления требует проведения специальных стендовых тарировочных испытаний, так как для контроля параметров ЛГР в шахтных условиях имеется один общий манометр, установленный в нагнетательной системе у устья измерительной скважины и фиксирующий суммарное гидравлическое давление (P_{Σ}). Гидравлическое давление в нагнетательной камере (P_{κ}), экстремальная величина которого (P_{κ}^*) приводит к ЛГР, измеряют тоже по этому контрольному манометру, но с учетом предварительно установленного при тарировочных испытаниях перепада распорного давления ΔP (рис. 3).

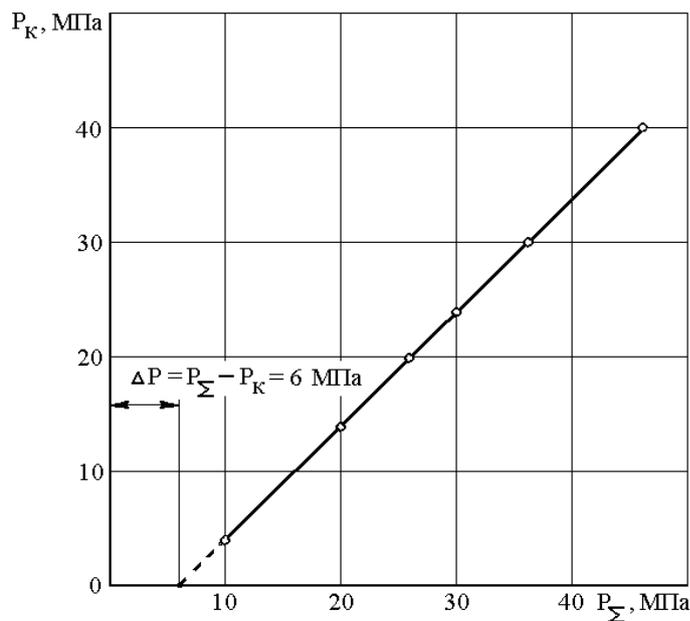


Рис. 3 – Тарировочный график изменения гидравлического давления рабочей жидкости в нагнетательной системе и загерметизированной камере: $P_{\kappa} = f(P_{\Sigma})$

Для определения методом ЛГР численных значений главных напряжений, действующих в плоскости, ортогональной продольной оси измерительной скважины, используют известное критериальное уравнение [1, 3]:

$$P_{эф}^* = \frac{3\sigma_3 - \sigma_1 + p^* - mP_o}{1 + \sigma_p \cdot \sigma_{сж}^{-1}}, \text{ МПа}, \quad (2)$$

где $P_{эф}^*$ - экстремальное эффективное давление рабочей жидкости в нагнетательной камере в момент ЛГР; σ_3 и σ_1 - соответственно меньшая и большая компоненты действующего в массиве поля напряжений; p^* - предел сопротивления породы гидроразрыву при отсутствии внешней нагрузки; m - коэффициент трещинно-поровой структуры разрушаемой среды; P_o - внутрипоровое давление флюидов; σ_p и $\sigma_{сж}$ - пределы сопротивления испытываемой породы одноосному растяжению и сжатию.

Доказано [1, 3], что при герметизации нагнетательной камеры распорным герметизатором, гидроразрыв, как правило, начинается в аномально напряженной зоне у сопряжения нагнетательной камеры с герметизирующей оболочкой под действием результирующего (эффективного) гидростатического давления ($P_{эф}$), критическая величина которого равна:

$$P_{эф}^* = P_{к}^* + \kappa_1 P_{г}^* \psi, \quad (3)$$

где $P_{к}^*$ и $P_{г}^*$ - соответственно экстремальные значения гидравлического и распорного давлений; κ_1 - коэффициент передачи давления распорного герметизатора на стенки измерительной скважины (экспериментально определено [3], что для резиновых герметизаторов, армированных металлическим кордом $\kappa_1 = 0,6-0,7$); ψ - коэффициент взаимодействия распорного и гидравлического силовых полей, изменяющийся в зависимости от соотношения их численных характеристик от 0 до 1 и в начальный момент гидроразрыва равный:

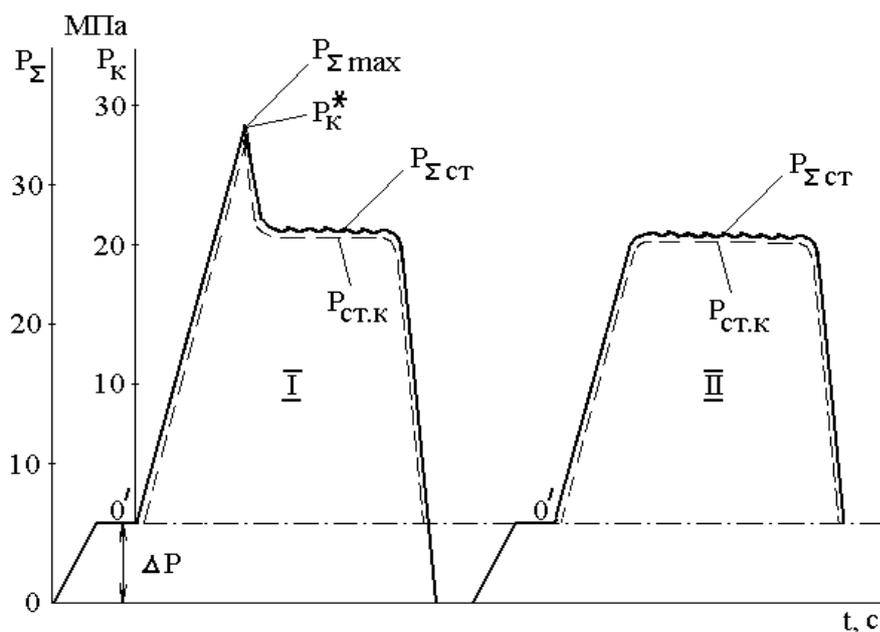
$$\psi = 1 - P_{к}^* / P_{г}^*. \quad (4)$$

Из анализа критериального уравнения (2) видно, что оно включает два искомых главных напряжения σ_3 и σ_1 . Меньшее из главных напряжений σ_3 определяют по стабилизированному давлению рабочей жидкости в нагнетательной камере (рис. 4) после локального гидроразрыва ($\sigma_3 \cong P_{см-к}$) [1, 2]. Тогда большую компоненту действующего поля напряжений σ_1 вычисляют по экспериментально полученным данным, входящим в аналитическую зависимость (2), которая после преобразований имеет вид:

$$(1 + \sigma_p / \sigma_{сж}) P_{эф}^* = 3\sigma_3 - \sigma_1 + p^* - mP_o, \quad (5)$$

или

$$\sigma_1 = 3\sigma_3 + p^* - mP_o - (1 + \sigma_p / \sigma_{сж}) P_{эф}^*. \quad (6)$$



$P_{\Sigma \max}$, $P_{\Sigma \text{ст}}$ - общее максимальное и стабилизированное гидравлические давления в нагнетательной системе;
 P_{κ}^* , $P_{\text{ст.к}}$ - критическое и стабилизированное давления рабочей жидкости в нагнетательной камере;
 I, II – первоначальный и повторный циклы нагнетания рабочей жидкости

Рис. 4 – Изменение гидравлического давления рабочей жидкости в нагнетательной системе при ЛГР в вертикальной измерительной скважине (песчаник l_1Sl_2)

Учитывая, что для большинства горных пород, склонных к хрупкому разрушению, сопротивление растягивающим усилиям не превышает 10 % сопротивления сжатию, можно приближенно принять коэффициент $(1 + \sigma_p / \sigma_{сж}) \cong 1,1$. Подставляя вместо σ_3 стабилизированное давление рабочей жидкости в нагнетательной камере ($P_{\text{ст.к}}$) получим удобную для практического применения зависимость:

$$\sigma_1 = 3P_{\text{ст}} + p^* - mP_o - 1,1P_{\text{эф}}^*, \text{ МПа.} \quad (7)$$

Выше указывалось, что для определения напряжений методом ЛГР при использовании герметизаторов с клапанной регулировкой заданного перепада распорного давления ΔP и наличии в нагнетательной гидравлической системе общего контрольного манометра необходимы предварительные стендовые испытания герметизаторов с построением тарировочного графика (рис. 3) зависимости гидравлического давления в нагнетательной камере (P_{κ}) от общего давления в нагнетательной системе (P_{Σ}).

На рис. 2 приведена функциональная схема лабораторного измерительного стенда, изготовленного в гидроцехе шахты им. А. Ф. Засядько, состоящего из стальной толстостенной трубы (1) диаметром 46 мм, контрольного манометра (2), вмонтированного в торцевую часть трубы и фиксирующего изменение гидравлического дав-

ления в нагнетательной камере (3), загерметизированной распорным герметизатором (4). Общее гидравлическое давление в нагнетательной системе P_{Σ} при установке заданного перепада распорного давления ΔP регулировочным клапаном (5) и подаче рабочей жидкости через герметизатор контролируют по показаниям манометра (6), подключенного к высоконапорному насосу (7). Темп нагнетания в пределах 1-2 МПа/с регулируют при помощи системы вентилей и дроссельных устройств [4].

На рис. 3 приведен тарировочный график $P_k = f(P_{\Sigma})$ при установленном перепаде распорного давления $\Delta P = 6$ МПа, обеспечивающем надежную герметизацию нагнетательной камеры. Как видно из тарировочного графика, практически постоянный перепад ΔP сохраняется вплоть до повышения общего давления P_{Σ} до 46 МПа. При этом избыточное гидравлическое давление в нагнетательной камере, линейно изменяясь, достигает 40 МПа, что обеспечивает реальную величину ЛГР в шахтных условиях. Следует отметить, что для обеспечения заданной величины ΔP в герметизаторе и предохранения от возможного раскручивания его выходной части, выходной наконечник герметизатора необходимо закреплять стопорным винтом.

В шахтных условиях локальный гидроразрыв осуществляют в заранее пробуренных измерительных скважинах, исходя из цели и задач экспериментальных исследований. Для повышения надежности полученных экспериментальных результатов, используя установленную закономерность образования первоначальной трещины ЛГР в локальной области сопряжения нагнетательной камеры с герметизирующей оболочкой распорного герметизатора, осуществляют поинтервальный гидроразрывной каротаж. Он заключается в последовательном производстве локальных гидроразрывов в направлении от устья измерительной скважины к ее забою. Каждый последующий гидроразрыв выполняют после поступательного передвижения герметизатора на расстояние не менее длины герметизирующей оболочки, обеспечивающее перекрытие трещины предыдущего ЛГР. Это позволяет в одной измерительной скважине получить несколько численных значений параметров ЛГР, что существенно повышает надежность определения величины главных напряжений в углепородном массиве и представляет возможность количественно оценить их изменения на измерительных интервалах.

На рис. 4 приведена диаграмма изменения во времени гидравлического давления рабочей жидкости в нагнетательной системе (насосная установка СНТ-32 – скважинный герметизатор – нагнетательная камера) с заданной установкой перепада распорного давления $\Delta P = 6$ МПа при определении параметров ЛГР исследованного интервала (9,5 м) вертикальной скважины № 1, пробуренной в кровле газоносного пласта l_1 (песчаник l_1Sl_2). Используя экспериментальные данные гидроразрывных каротажей, выполненных в пяти измерительных скважинах, пробуренных по песчанику $l_1Sl_2^1$ с 10-го западного конвейерного штрека пласта l_1 (пикеты 53-61), определены главные напряжения, действующие в углепородном массиве. По измеренным параметрам ЛГР в каждом гидроразрывном интервале определяли величину меньшей горизонтальной компоненты σ_3 по стабилизированным давлениям рабочей жидкости в нагнетательных камерах ($P_{ст.к}$) и величину большей горизонтальной компоненты поля напряжений по экстремальным значениям (P_k^*) согласно расчетной зависимости (7). Вертикальную составляющую действующего поля напряжений

(σ_2) рассчитывали по произведению осредненного объемного веса вышележащих пород на глубину измерения от земной поверхности, а также по параметрам ЛГР в горизонтальных скважинах, пробуренных субпараллельно направлению большей горизонтальной компоненты (σ_1).

При определении численных значений главных составляющих действующего поля напряжений по параметрам ЛГР, с использованием герметизаторов с клапанной регулировкой перепада распорного давления ΔP выполняют следующие этапы (табл. 2).

1. В пробуренных измерительных скважинах производят поинтервальные локальные гидроразрывы. Параметры общего гидравлического давления заносят в колонки 3, 4.

2. Гидравлическое давление в нагнетательной камере вычисляют с учетом установленного перепада распорного давления ΔP (рис. 3) и заносят в колонки 6, 7.

3. Распорное давление в герметизаторе в момент ЛГР фиксируют по общему контрольному манометру и принимают равным максимальному гидравлическому давлению в нагнетательной системе ($P_z^* = P_{\Sigma \max}$) (колонка 8).

4. Определяют коэффициент взаимодействия распорного герметизатора с рабочей жидкостью ($\psi = 1 - P_k^* / P_z^*$) (колонка 9).

5. Вычисляют экстремальное значение эффективного гидростатического давления, приводящего к ЛГР ($P_{эф}^* = P_k^* + \kappa_1 P_z^* \psi$) (колонка 10).

6. Определяют меньшую горизонтальную компоненту действующего поля напряжений по стабилизированному гидравлическому давлению в нагнетательной камере ($\sigma_3 \cong P_{ст-к}$) (колонка 11).

7. Вычисляют большую горизонтальную составляющую поля напряжений по зависимости (6) $\sigma_1 = 3P_{ст-к} + p^* - mP_o - 1,1P_{эф}^*$ (колонка 12), при этом учитывают, что произведение величины порового давления флюидов P_o на коэффициент трещинно-поровой структуры породы m отражает понижение предела ее сопротивления локальному гидроразрыву p^* . Это понижение на глубине измерения напряжений около 1000 м при $m = 0,1-0,3$ достигает 1,5-3 МПа [1, 3].

8. Вертикальную составляющую действующего поля напряжений определяют как произведение осредненного объемного веса вышележащих пород на глубину от земной поверхности (колонка 13) или рассчитывают по параметрам ЛГР в горизонтальных измерительных скважинах, пробуренных в направлении действия большей горизонтальной составляющей поля напряжений.

Анализ приведенных в таблице экспериментальных данных показывает, что поле действующих напряжений в углепородном массиве пласта l_1 разнокомпонентно. Больше по величине является одна из главных горизонтальных составляющих поля напряжений σ_1 , изменяющаяся в пределах 44,5-60 МПа, что в 1,6-2,1 раза превышает давление вышележащих пород. Вторая главная горизонтальная компонента σ_3 изменяется от 18 до 21 МПа и в среднем не превышает 0,75 μH на данной глубине измерения. Вертикальная составляющая σ_z - по величине промежуточная, примерно соответствует давлению вышележащих пород.

Таблица 2 – Определение главных напряжений методом ЛГР в углепородном массиве пл. l_1 в вертикальных скважинах, пробуренных по песчанику l_1Sl_2' с 10-го западного конвейерного штрека пл. l_1 (предел сопротивления породы гидроразрыву $p^* = 24 \div 26$ МПа)

№№ пи- кетов	№№ скв.; ин- тер- вал, м	Общее гидравличе- ское давление в нагне- тательной системе, Мпа		Перепад дав- ления в гер- метизаторе $\Delta P = (P_z - P_k), \text{МПа}$	Гидравлическое давление в на- гнетательной камере, МПа		Распорное дав- ление в гермети- заторе при ЛГР $P_z^* = P_{\Sigma \max}$ МПа	Коэффициент взаимодейст- вия герметиза- тора с рабочей жидкостью, $\psi = 1 - \frac{P_k^*}{P_z^*}$	Эффективное давление при ЛГР $P_{эф}^* = P_k^* + \kappa_1 P_z^* \psi,$ МПа	Главные горизонтальные компо- ненты поля напряжений, МПа		Вертикаль- ная состав- ляющая $\sigma_z \cong \gamma H,$ МПа
		Макси- мальное $P_{\Sigma \max}$	Стабилизи- рованное $P_{\Sigma \text{ст}}$		Критическое $P_k^* = P_{\Sigma \max} - \Delta P$	Стабилизи- рованное $P_{\text{ст-к}} = P_{\Sigma \text{ст}} - \Delta P$				Меньшая $\sigma_3 \cong P_{\text{ст-к}}$	Большая $\sigma_1 = 3P_{\text{ст-к}} + p^* - mP_0 - 1,1P_{эф}^*$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ПК 53+3	№ 1: 3,0 м	34,0	26,0	6,0	28,0	20,0	34,0	0,2	32,1	20,0	48,7	28,0
	5,0 м	30,0	25,0	6,0	24,0	19,0	30,0	0,2	27,6	19,0	50,6	28,0
	7,8 м	28,0	26,0	6,0	22,0	20,0	28,0	0,2	25,4	20,0	56,2	28,0
	9,5 м	35,0	26,0	6,0	29,0	20,0	35,0	0,2	33,2	20,0	47,5	28,0
ПК 54	№ 3: 3,0 м	30,0	26,0	6,0	24,0	20,0	30,0	0,2	27,6	20,0	53,6	28,0
	5,0 м	33,0	27,0	6,0	27,0	21,0	33,0	0,2	31,0	21,0	52,9	28,0
	8,0 м	34,0	26,0	6,0	28,0	20,0	34,0	0,2	32,1	20,0	48,7	28,0
	10,0 м	30,0	28,0	6,0	24,0	22,0	30,0	0,2	27,6	22,0	60,0	28,0
ПК 56	№ 5: 4,5 м	35,0	25,0	6,0	29,0	19,0	35,0	0,2	33,2	19,0	44,5	28,0
	6,5 м	32,0	25,0	6,0	26,0	19,0	32,0	0,2	29,8	19,0	48,2	28,0
	8,5 м	30,0	26,0	6,0	24,0	20,0	30,0	0,2	27,6	20,0	53,6	28,0
	10,5 м	34,0	27,0	6,0	28,0	21,0	34,0	0,2	32,1	21,0	51,7	28,0
ПК 59	№ 7: 5,5 м	34,0	26,0	6,0	28,0	20,0	34,0	0,2	32,1	20,0	48,7	28,0
	7,5 м	33,0	28,0	6,0	27,0	22,0	33,0	0,2	31,0	22,0	55,9	28,0
	9,5 м	37,0	28,0	6,0	31,0	22,0	37,0	0,2	35,4	22,0	51,0	28,0
ПК 61	№ 9: 3,7 м	30,0	24,0	6,0	24,0	18,0	30,0	0,2	27,6	18,0	47,6	28,0
	5,7 м	32,0	25,0	6,0	26,0	19,0	32,0	0,2	29,8	19,0	48,2	28,0
	7,7 м	37,0	27,0	6,0	31,0	21,0	37,0	0,2	35,4	21,0	48,0	28,0
	9,7 м	35,0	26,0	6,0	29,0	20,0	35,0	0,2	33,2	20,0	47,5	28,0

Результаты оценки направления главных напряжений и степени раскрытия трещин ЛГР, определенные по их пространственной ориентации в гидроразрывных интервалах измерительных скважин при помощи перископического устройства РВП-456 и электромагнитного прибора КИТ-3 показали, что большая компонента σ_1 примерно ориентирована вкрест простирания горных пород (азимут $180-190^\circ$). Направление меньшей горизонтальной компоненты субпараллельно линии простирания пород, а вертикальная составляющая σ_2 субвертикальна земной поверхности с отклонением от нормали к ней, не превышающим 15° .

Таким образом, в результате выполненных экспериментальных исследований обоснована пригодность и целесообразность практического использования шахтного высоконапорного оборудования в режиме гидроразрывного каротажа для определения методом ЛГР главных составляющих действующего поля напряжений.

Определена величина и пространственная ориентация главных напряжений в углепородном массиве пласта l_1 . Полученные результаты позволили обосновать направление дегазационных скважин и были использованы шахтой при строительстве и эксплуатации газового горизонта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кулинич В. С. Методы и средства определения параметров геомеханического состояния газоносного породного массива / В. С. Кулинич, Г. А. Шевелев, С. И. Егоров. – Донецк : ЦБНТИ, 1994. – 202 с.
2. Федосьев В. И. Сопротивление материалов / В. И. Федосьев. – М. : Наука. – 1970. – 560 с.
3. Методические указания по определению напряжений в массиве горных пород, методом локального гидравлического разрыва. – Днепропетровск: ИГТМ АН УССР. – 1989. – 34 с.
4. Опыт подготовки и использования гидравлического оборудования для оценки напряженного состояния углепородного массива пласта l_1 / Л. Д. Шматовский, Е. Г. Гирич, И. И. Пожитько, В. В. Апрельский. – Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2002. – Вып. № 37. – С. 104 – 109.
5. Проект определения главных составляющих поля напряжений и направления их действия в углепородном массиве участка № 10 шахты им. А. Ф. Засядько методом локального гидроразрыва. – Днепропетровск, ИГТМ НАНУ. – 2002. – 12 с.