

УДК 622.831

В.К. Костенко (д-р. техн. наук, проф.), **Н.Н. Зинченко** (асп.)

Донецкий национальный технический университет

znn9@mail.ru

В.С. Бригида (асп.)

Донецкий научно-исследовательский угольный институт, г. До-
нецк

brigida777@gmail.com

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ОБЛАСТИ РАЗ- ГРУЗКИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ СОХРАННОСТЬ УСТЬЕВ ДЕГАЗАЦИОННЫХ СКВАЖИН

В работе раскрыты особенности механизма формирования зоны разгрузки при концентричном бурении шпуров для обоснования технологических параметров способа охраны дегазационных скважин. В качестве основного был использован метод конечных элементов, получивший широкое распространение при решении задач геомеханики.

В результате исследования было установлено: 1) для создания области пониженных напряжений вокруг устья дегазационной скважины наиболее рациональны следующие основные параметры бурения: количество шпуров должно быть не менее 7 и не более 12, минимальное расстояние между контурами скважины и шпуров должно приниматься в диапазоне значений от 0,5 до 2,3 r_c , величина радиуса шпура – от 0,61 до 1 r_c ; 2) применение способа в условиях негидростатического распределения напряжений или при неоптимальном выборе хотя бы одного из параметров бурения не обеспечивает разгрузку дегазационной скважины; 3) найдена аналитическая зависимость величины концентрации эквивалентных напряжений на контуре дегазационной скважины от относительной ширины перемычки, которая имеет логарифмический вид: $k'_\sigma(A-E) = 0,6182 \times \ln(L) + 1,4819$.

Введение. В большинстве нормативных актов, регламентирующих применение технологий дегазации на угольных шахтах, вопросы охраны скважин освещены недостаточно и нуждаются в существенной доработке [1-2].

В реальных условиях отработки высокогазоносных угольных пластов на больших глубинах, силы временного опорного давления представляют серьезную угрозу устойчивости дегазационных скважин. Проявление опорного давления в виде активизации разного рода деформаций ствола и контура скважины, осо-

бенно в районе ее устья, могут приводить к заполнению ствола скважины угольной или породной мелочью; образованию сколов по напластованию вследствие смещений по плоскостям межслоевых контактов различных пород кровли; смятию и срезу обсадных колонн в соответствии с векторами смещений породных слоев и другим проблемам устойчивости скважин. Увеличение подсосов воздуха из рудничной атмосферы, приводит к обеднению отводимой смеси и существенно снижает эффективность текущей дегазации, угрожая безопасности ведения очистных работ. В результате предыдущих исследований было выявлено, что изменение напряженно-деформированного состояния (НДС) углепородного массива в зоне влияния очистной выемки, полностью выводит из строя более 33% всех скважин еще до подхода лавы к их устьям. Сохранившиеся подземные скважины продолжают испытывать негативные проявления горного давления и позади лавы, что существенно снижает продуктивность их работы. Большинство из них, до 60% от всего времени своей работы, эксплуатируются при наличии низкой и опасно низкой концентрации ($\leq 25\%$) метановоздушной смеси [3].

В связи с этим, очевидно наличие существенного резерва для повышения эффективности подземной дегазации, при модернизации существующих способов охраны скважин. В последние годы было опубликовано достаточно статей, в которых указано на наличие деформаций оси и стенок скважин [4-6], но проблема совершенствования способов их охраны, все еще остается недостаточно изученной.

Концепция охраны дегазационных скважин, в основном предусматривает возведение охранного сооружения позади лавы, в выработанном пространстве [7]. Она не лишена недостатков, главный из которых – невозможность обеспечить защиту от негативного проявления опорного давления впереди лавы. Прохождение скважины через область полных сдвижений, позади лавы, приводит к смещению ствола скважины относительно его оси и

активизации деформаций стенок. Возведение охранной полосы, для противодействия сдвигам пород кровли, вызывает увеличение напряжений на устья скважин, обуславливая уменьшение проходимости сечения относительно первичного его состояния. При этом безопасность ведения горных работ является недостаточной, поскольку не гарантируется сохранность устья скважины от высокой концентрации напряжений на ее стенки, возникающие в результате возведение охранного сооружения, позади лавы, и от действия опорного давления впереди нее. Кроме того способ усложняет отработку запасов участка и является очень дорогим. Наиболее перспективным направлением охраны скважин, при котором были бы устранены описываемые недостатки, является метод концентричного бурения шпуров, обеспечивающий создание в массиве горных пород области пониженных напряжений [8]. Остается еще недостаточно изученным и особенности механизма формирования области разгрузки при реализации способа, и нуждаются в детальном обосновании его основные технологические параметры и область применения.

Цель работы – раскрыть особенности механизма формирования зоны разгрузки при концентричном бурении шпуров для обоснования технологических параметров способа охраны дегазационных скважин. Под областью разгрузки понимается зона, в рамках которой величина напряжений меньше (на 5% и более) чем естественное напряженное состояние в массиве горных пород.

Во многих случаях для получения качественной картины распределения напряжений недостаточно только эмпирических методов прогнозирования [9]. Кроме того, практические эксперименты трудоемки, продолжительны во времени и сложны в реализации. Для проведения полного факторного анализа, для числа влияющих факторов более двух, весь цикл экспериментов очень трудно выполнить практически. Изучение сложных динамических систем, в условиях наличия большого числа отверстий,

неопределенности условий нагружения, взаимного влияния нескольких факторов и механических свойств горных пород, чисто аналитическими методами исследования не представляется возможными. Поэтому, проанализировав существующие методы прогнозирования, адекватно отражающие механизмы формирования НДС углепородного массива, вмещающего горную выработку (скважину), было отдано предпочтение математическим методам моделирования.

При исследовании, в качестве основного, был использован метод конечных элементов (МКЭ), получивший широкое распространение для решения геомеханических задач. Он реализован в большинстве современных программных пакетах инженерного анализа (Nastran, LS-DYNA, ANSYS, PLAXIS и др.) результаты которых достаточно представительны и точны.

Постановка задачи. В самом общем виде задача состоит в определении влияния расстояния между осью скважины и осями шпуров, диаметра и количества шпуров, на напряженное состояние контура дегазационной скважины (рис. 1).

Бурение шпуров необходимо производить концентрично и параллельно оси скважины, в противном случае это может привести к тому, что при интенсификации напряжений, в зоне опорного давления, распределение разгружающего эффекта не будет равномерным по сечению скважины и часть ее может разрушиться. Перемычка – область пластины ограниченная с одной стороны контуром скважины, а с другой контурами шпуров. Ширина перемычки - минимальное расстояние между контурами скважины и шпуров.

Радиусы шпуров были одинаковыми, и вместе с шириной перемычки были даны относительно радиуса дегазационной скважины ($r_c = \text{const}$):

$$R_{\text{ш.}} = \frac{r_{\text{ш.}}}{r_c}; \quad L = \frac{\delta}{r_c}$$

где $R_{\text{ш.}}$ – относительный радиус шпура;

L – относительная ширина перемычки.

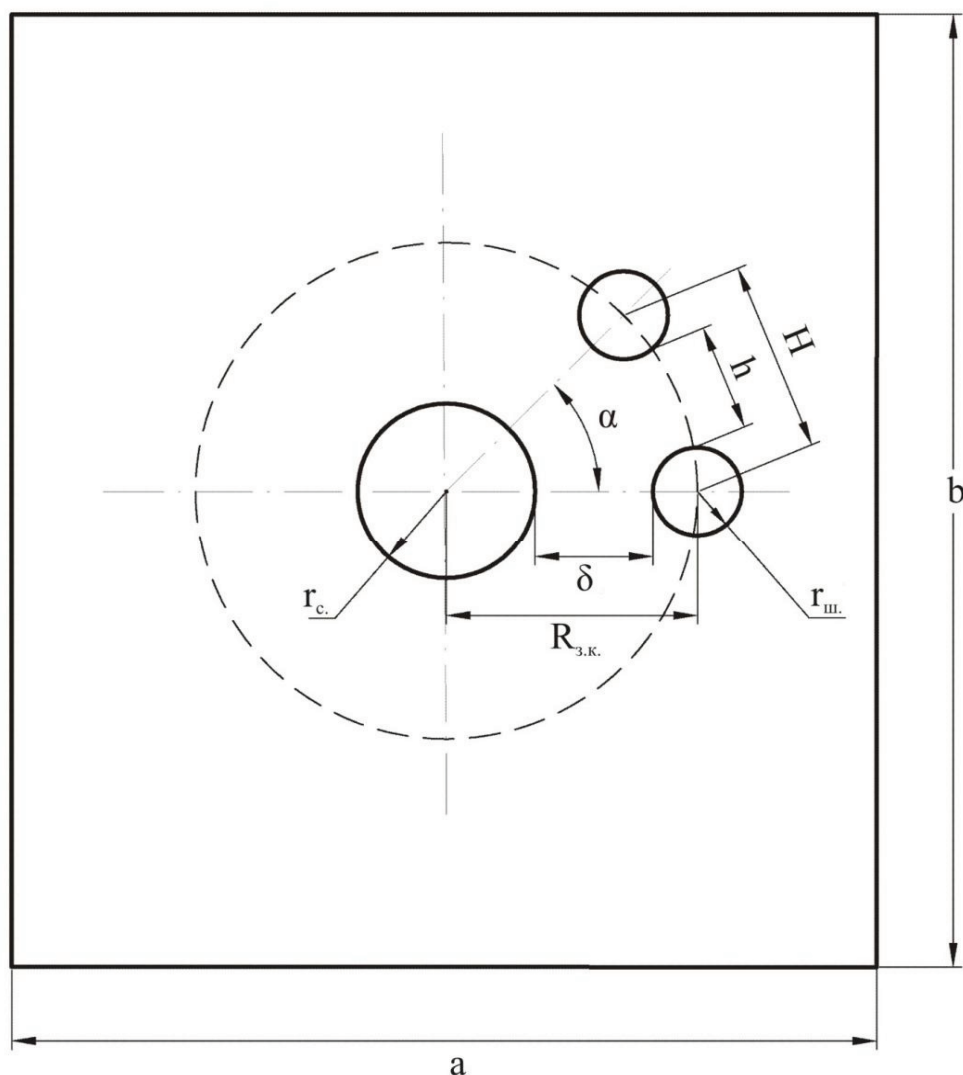


Рис. 1. Основные параметры охраны скважин путем бурения шпуров: r_c – радиус скважины; $r_{ш.}$ – радиус шпура; α – угол между осями соседних шпуров; δ – ширина перемычки; $R_{з.к.}$ – расстояние между осью скважины и осями шпуров; h – минимальное расстояние между контурами шпуров; H – расстояние между осями шпуров; a – ширина пластины; b – длина пластины

При расчетах использовалась теория Мизиуса-Генки (энергетическая) – связывает критерий предельного состояния материала с удельной потенциальной энергией деформации [10-11]. Она подразумевает, что нарушением прочности считается переход материала в пластическое состояние сопровождающееся появлением остаточных деформаций. Она часто используется при проектировании потому, что позволяет любое трехмерное напряжен-

ное состояние представить в виде единственного положительного значения эквивалентных напряжений, которые связаны с главными напряжениями уравнением вида:

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2]} \quad (1)$$

В случае плоского напряжения, уравнение 1 примет вид:

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1\sigma_2 + \sigma_2^2 + 3\sigma_{12}^2} \quad (2)$$

Значение эквивалентных напряжений (σ_v) даны относительно величины напряжений у границ модели (P):

$$k = \frac{\sigma_v}{P}$$

где k – коэффициент концентрации эквивалентных напряжений.

В случае наличия одного отверстия в пластине и гидростатического нагружения, а также использования полярных координат для изображения состояния контура скважины, очевидно, что для радиуса $r = r_c$ значение коэффициентов концентрации напряжений не зависит от изменения угла поворота (θ), то есть является постоянным ($\text{const} \cong 2$). Следовательно, напряженное состояние всего контура ($k_\sigma = f(\theta)$) можно охарактеризовать одним значением ($k'_\sigma = \text{const}$). При наличии в пластине более одного отверстия напряжения на контуре скважины могут не иметь постоянного значения. В связи с этим, при достижении эффекта разгрузки должно выполняться условие равномерности – отклонение коэффициентов концентрации эквивалентных напряжений в любой точке на контуре скважины не должно превышать 15% от среднего значения напряжения контура.

Существенную роль имеет оптимальность выбора диаметра скважины и размеров пластины, параметры расчетной схемы, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные параметры модели, принятые при численных расчетах

Показатель	Песчаник
Предел прочности на одноосное сжатие, МПа ($\sigma_{сж.}$)	67
Коэффициент Пуассона, μ	0,23
Модуль Юнга, Е, МПа	$6 \cdot 10^3$
Объемный вес, γ , кН/м ³	2,7
Радиус скважины, $r_{скв.}$, мм	20
Размеры пластины, $a \times b$, мм	504x806,4

Минимальная величина относительного радиуса шпура ($R_{ш.}$) составляла 0,2. Ее увеличивали с шагом 0,2 так, чтобы максимальное значение не превысило единицы. Минимальное значение ширины перемычки (L) была равной $0,2r_c$ и менялась с шагом 0,1. При этом h должна быть $\geq 0,2r_c$.

На схеме (смотри рис. 1) мы имеем две формы осевой симметрии – отражательную и вращательную. Первая представляет собой вид движения (зеркального отражения), при котором множество неподвижных точек образуют прямую, называемую осью симметрии. Вращательная (радиальная) – форма симметрии, при которой тело (или фигура) совпадает само с собой при вращении объекта вокруг определенной точки или прямой. Прямоугольная пластина, в пространстве, осесимметрична в отражательной форме симметрии, причем имеет две оси симметрии в плоскости фигуры. Круговое отверстие, сделанное в ней, осесимметрично в отражательной и радиальной симметрии.

Окончательно мы имеем для всей схемы осевую симметрию зеркального типа относительно вертикальной (Y) и горизонтальной (X) осями координат. Причем точка пересечения координатных осей совпадает с центром окружности скважины.

Поэтому, при построении расчетной схемы, достаточно рассматривать только четверть пластины (рис. 2). Для удовлетворения условия равномерности, на сегменте контура скважины достаточно взять пять точек (А, В, С, D, Е угол поворота (θ) которых соответственно равен 90° , 60° , 45° , 30° и 0°) для нахождения среднего значения напряжений на контуре ($k'_\sigma(A-E)$). При этом вели-

чина напряжений в каждой точке ($k'_\sigma A$) не должна отклоняться более чем на 15% от $k'_\sigma(A-E)$.

Для доказательства наличия разгрузки необходимо, чтобы значение $k'_\sigma(A-E)$ было меньше величины напряжений неразгруженного массива k'_σ , не менее чем на 10% (условное ограничение №1).

В связи с этим уточненная задача примет следующий вид:

$$k'_\sigma(A-E) = f(R_{ш.}; L; N)$$

где N – количество концентрично пробуренных шпуров, шт.

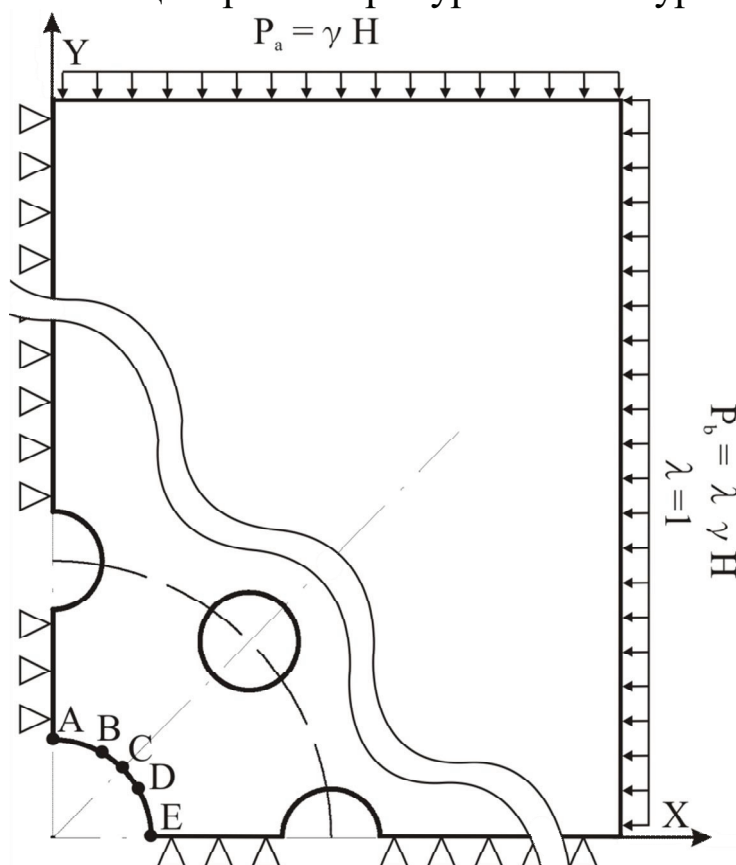


Рис. 2. Расчетная схема задачи (пример для восьми отверстий)

Решая классическую задачу Динника-Савина [12], при гидростатическом нагружении пластины, ослабленной круговым отверстием, было найдено, что для модели значение $k'_\sigma = 2,03$.

Поэтому, условие №1 будет выполняться величина $k'_\sigma(A-E) \leq 1,83$.

Результаты численного моделирования и их анализ. Расчет модели производится, пошагово, итерационным методом, с

учетом сложившегося напряженного состояния на предыдущем шаге нагружения. На рисунке 3 представлена сетка разбиения пластины на конечные элементы.

В результате имитации горного давления, получены распределения изолиний эквивалентных напряжений в массиве вдоль осей координат для всех вариантов моделирования. Пример для условия наличия в пластине восьми шпуров представлен на рис. 4-5. Сплошной линией показаны контуры скважины и шпуров до нагружения, пунктирной – после.

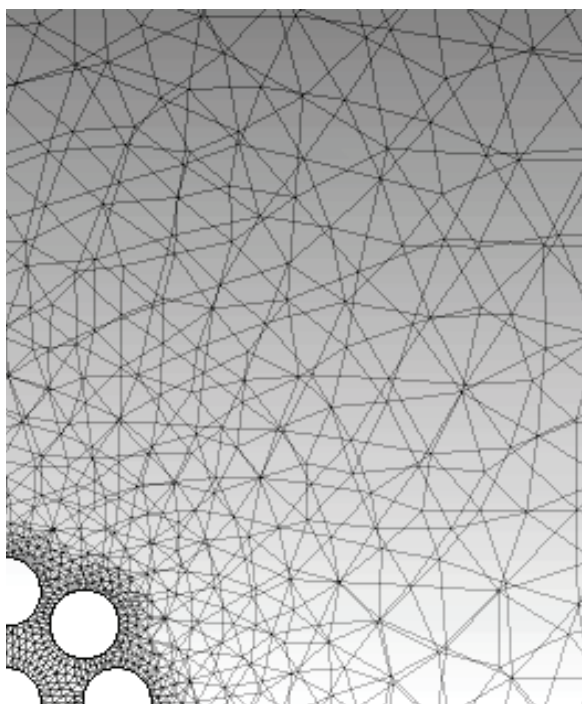


Рис. 3. Конечно-элементная сетка в модели

Радиусы шпуров, при данном L и N (смотри рис. 4), были достаточны для того, чтобы обеспечить минимальное расстояние между их контурами (в самом узком месте) и перенос максимума напряжений с контура скважины. Мы видим, что на стенке скважины значение $k'_c(E)=1,52P$, при приближении к контуру шпура увеличивается до 1,6, а в зоне минимального расстояния между их контурами приближается к максимальному значению – 4,3Р. Зона повышенных напряжений локализуется между шпурами,

в виде замкнутой оболочки неправильной формы, при этом их контуры деформируются и принимают колоколовидную форму.

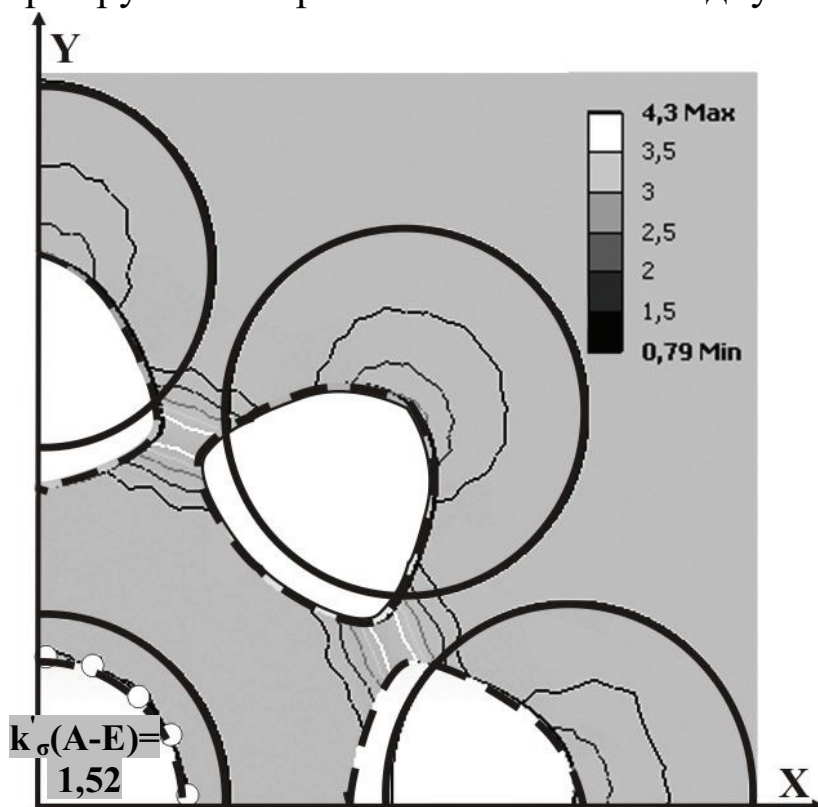


Рис. 4. Напряженное состояние в окрестности дегазационной скважины при $R_{ш.} = 1$, $N = 8$, $L = 0,9$

На рисунке 5 иная картина, в связи с тем, что радиусы шпуров малы соотношение ширины перемычки и расстояния между шпурами не оптимально, при этом повышение напряжений происходит между двумя зонами влияния – «скважина-шпур» и «шпур-шпур». Зона повышенных напряжений не локализуется только между шпурами, из-за недостаточно маленького расстояния между ними. Вследствие этого часть напряжений переходит на стенки скважины, при этом $k = 2,06$ (как и в неразгруженном массиве). При наличии негидростатического распределения напряжений общая картина существенно меняется (рис. 6).

При анализе результатов моделирования прослеживается главная особенность механизма формирования зоны пониженных (относительно их значения имеющегося в условиях отсутствия шпуров) напряжений – при неоптимальном выборе хотя бы одного из технологических параметров бурения или области применения способа, эффекта разгрузки не наблюдается.

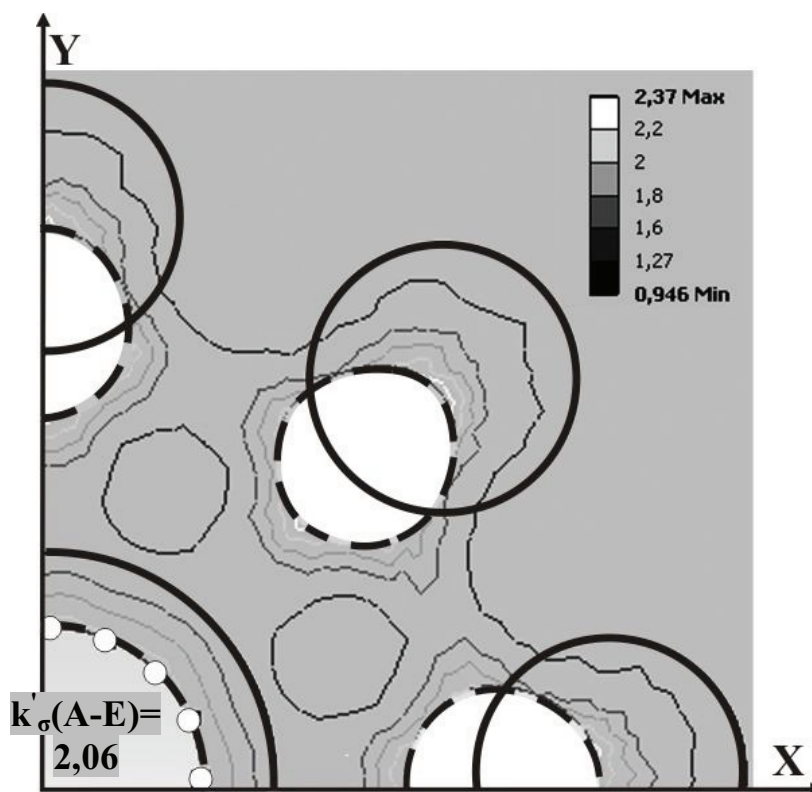


Рис. 5. Напряженное состояние в окрестности дегазационной скважины при $R_{ш.} = 0,6$, $N = 8$, $L = 0,9$

Итоги моделирования подтверждают результаты приближенных численных решений подобных задач, найденные сотрудниками института механики АН УССР, в 70-х годах прошлого столетия. В случае двух неравных круговых отверстий (рис. 7) находящихся в растягиваемой пластине, наибольшее напряжение будет на контуре меньшего отверстия в точке A_2 . При этом, уменьшение перемычки δ приводит к тому, что на контуре большего отверстия (точка A_1) происходит разгрузка.

На рисунке 7 приведены значения коэффициентов концентрации k_2 в точке A_2 в функции δ/r_1 . Сплошная (для случая $r_2/r_1 = 1$) и штриховая (для случая $r_2/r_1 = 0,033$) кривые построены по приближенному аналитическому решению, полученному в работах Шишориной, Хрипиной и Вагаповой [13]. Различные точки, соответствуют, найденным методом фотоупругости. Вследствие того, что для $r_2/r_1 = 1$ (в нашем случае при одинаковом $r_{ш.}$), экспериментальные точки довольно тесно ложатся возле теоре-

тических кривых, эффект разгрузки при $\delta/r_{ш.} \geq 1$ будет минимальным. В связи с этим можно внести еще одно ограничение (№2): $1 \geq \delta/r_{ш.} \geq 0,2$.

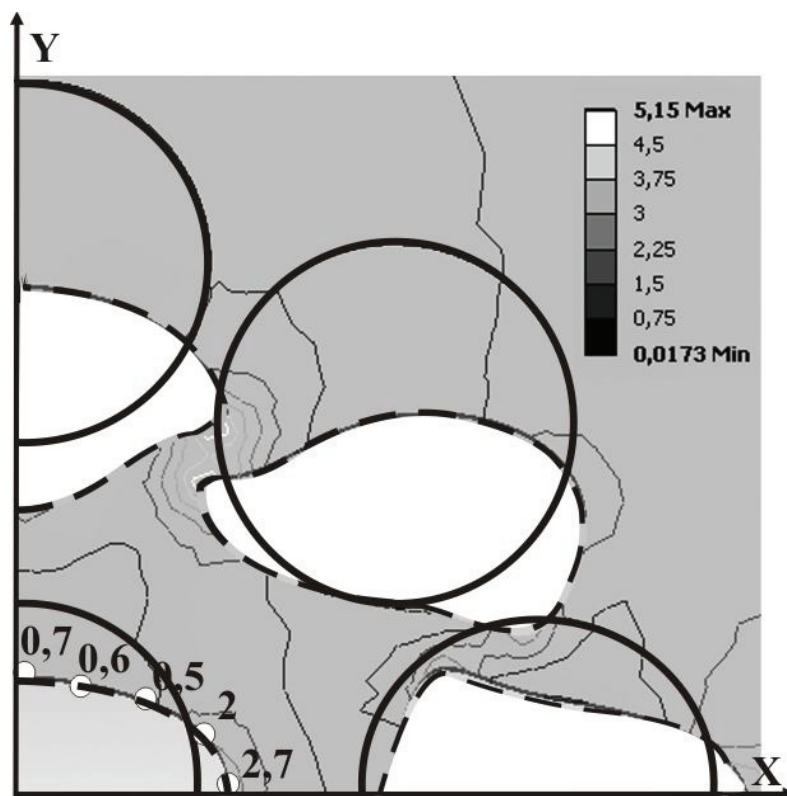


Рис. 6. Отсутствие эффекта разгрузки при оптимальных параметрах бурения шпуров ($R_{ш.} = 1, N = 8, L = 0,9$), в условиях негидростатического закона распределения напряжений

Кроме того, технологически довольно сложно осуществлять разгрузочное бурение более 12 шпурами. Для уменьшения лишних вариантов моделирования необходимо определить критерий экономической оправданности выбора основных параметров бурения. Главным фактором, является отношение общего объема разгрузочного бурения шпуров ($Q_{ш.}$) к объему работ по бурению дегазационной скважины (Q_c). Мы исходили из того, что $Q_{ш.}$ не должно превышать 40% от Q_c (условное ограничение №3). Для определения объема бурения длина дегазационной скважины - 120 м.

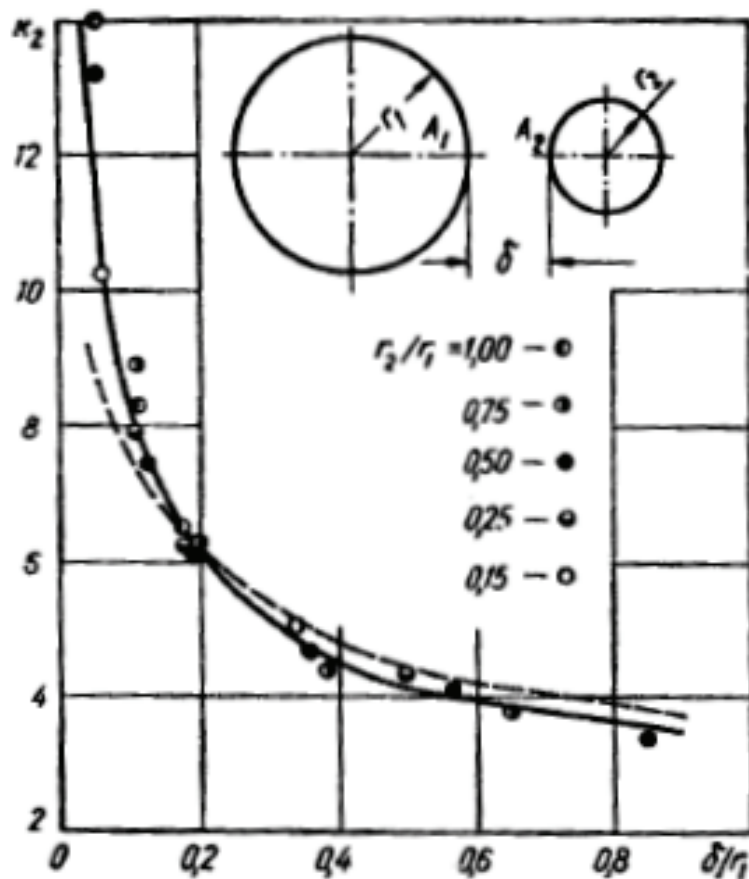


Рис. 7. Влияние ширины перемычки на величину напряжений в точке A_1 [13]

Глубина бурения шпуров должна быть не менее прогнозированной зоны влияния подготовительной выработки, величина которой, по исследованиям отечественных ученых не превышает 6-10 м [14-16].

Для предотвращения возможных подсосов воздуха через трещины, вызванные неплотным заполнением шпуров пенополиуретановой смолой, протяженность бурения должна составлять не более 30-50% от длины обсадки (принималась равной 5 м). Значения объемов бурения, для всех вариантов моделирования, которые зависят от количества шпуров и относительной ширины перемычки приведены в табл. 2. Самым темным цветом окрашены варианты модели неудовлетворяющие ограничению №3, менее темным – ограничение №2 и самым светлым – №1. Жирные значения объемов бурения определяют наиболее рациональные

варианты моделирования, удовлетворяющие предъявляемым ограничениям.

Таблица 2

Объемы бурения для всех вариантов модели, %

Кол-во шпуров N, шт.	$R_{ш.} = r_{ш.}/r_{св.}$				
	0,2	0,4	0,6	0,8	1
2	2	4	6	8	10
3	3	6	9	12	15
4	4	8	12	16	20
5	5	10	15	20	25
6	6	12	18	24	30
7	7	14	21	28	35
8	8	16	24	32	40
9	9	18	27	36	45
10	10	20	30	40	50
11	11	22	33	44	55
12	12	24	36	48	60

Результаты моделирования сведены в таблицы 3 и рис. 8.

На рисунке 8, для уточнения результирующих вариантов, очерчены границы (а – штрихпунктирная линия). Выше $k'_c(A-E) = 1,9$ напряжения не отличаются более чем на 5% от их фонового значения (2,03), справа и слева – минимально и максимально достижимая величина разгрузки. Внутри этих границ прослеживается область оптимального выбора значений разгрузки при любых технологических параметрах бурения шпуров. Увеличение ширины перемычки с 0,8 до $1,9r_{ш.}$ приводит к росту значений эквивалентных напряжений с 1,45 до 1,89Р.

Для выявления вида зависимости между исследуемыми факторами, в условной области оптимальных значений b (см. рис. 8), были построены регрессионные модели (рис. 9). Зависимость $k'_c(A-E)$ от L для семи вариантов значений исследуемых факторов представлены в таблице 4.

Таблица 3

Величина $k'_\sigma(A-E)$ при постоянном значении относительного радиуса шпура $R_{ш.} = 0,6$ и различных L и N

$L = \delta/r_c$	Количество шпуров N , шт.			
	9	10	11	12
0,5	1,945			
0,6	1,952	1,691		
0,9	1,978	1,853	1,675	
1	1,981	1,866	1,73	1,5
1,1	1,988	1,883	1,761	1,594
1,2		1,896	1,794	1,654
1,3		1,9	1,822	1,714
1,4			1,838	1,753
1,5			1,87	1,801
1,6			1,885	1,817

Таблица 4

Формулы зависимости $k'_\sigma(A-E)$ от L при изменения основных влияющих факторов (N и R)

№	N	R	$k'_\sigma(A-E) = f(L)$	R^2
1	11	0,6	$k'_\sigma(A-E) = 0,4094 \times \ln(L) + 1,7082$	0,9678
2	9	0,8	$k'_\sigma(A-E) = 0,4471 \times \ln(L) + 1,6789$	0,9529
3	8	1	$k'_\sigma(A-E) = 0,463 \times \ln(L) + 1,6162$	0,9591
4	12	0,6	$k'_\sigma(A-E) = 0,5812 \times \ln(L) + 1,5379$	0,9583
5	10	0,8	$k'_\sigma(A-E) = 0,6627 \times \ln(L) + 1,4348$	0,9641
6	9	1	$k'_\sigma(A-E) = 0,8341 \times \ln(L) + 1,2473$	0,9781
7	11	0,8	$k'_\sigma(A-E) = 0,9299 \times \ln(L) + 1,1494$	0,9826
Ср.знач.			$k'_\sigma(A-E) = 0,6182 \times \ln(L) + 1,4819$	0,966

Среднее значение коэффициентов аппроксимации (R^2) составляет 0,966, что говорит о наличии связи между факторами. Изображение функции влияния $R_{ш.}$, L и N на $k'_\sigma(A-E)$, в

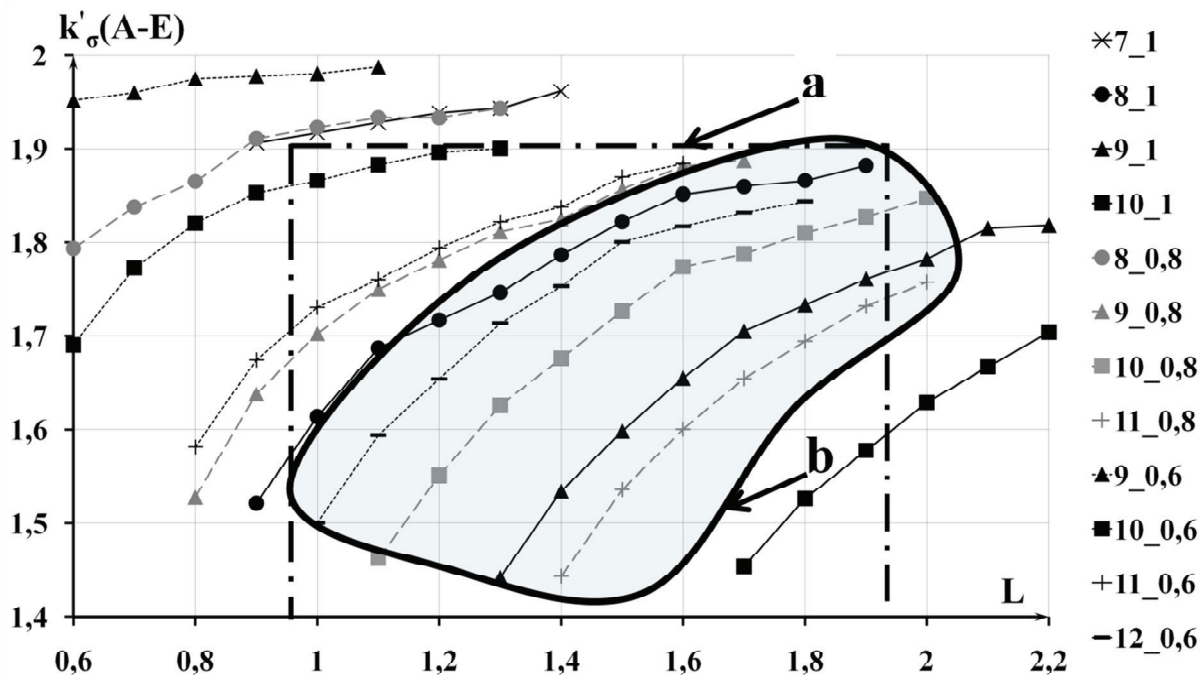


Рис. 8. Зависимость $k'_\sigma(A-E)$ от L при различных $R_{ш}$ и N : а – ограничения области значений; б – область оптимального выбора величин разгрузки

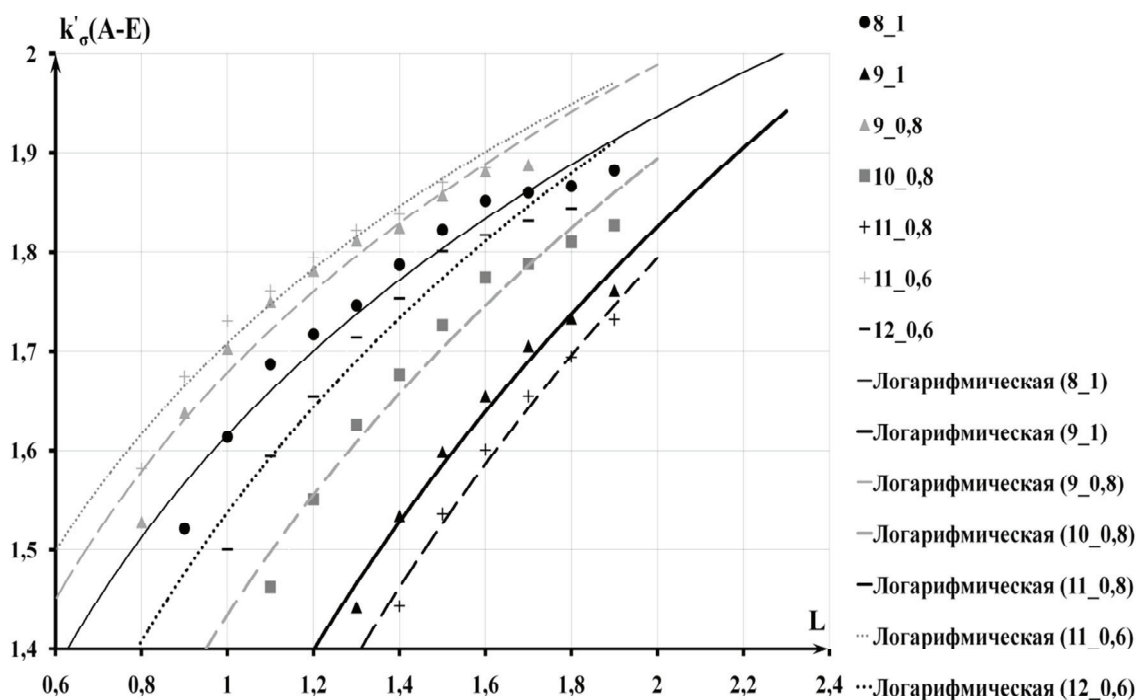


Рис. 9. Линии тренда зависимости $k'_\sigma(A-E)$ от L

двумерной постановке неудобно. Дальнейшие разработки будут направлены на создание поверхностей, отражающих взаимное влияние L и N на $k'_\sigma(A-E)$ при различной величине $R_{ш}$.

Вывод. В результате проведенных исследований получены следующие теоретические результаты:

➤ установлено, что для создания области пониженных напряжений вокруг устья дегазационной скважины, наиболее рациональны с экономической и технологической точки зрения, следующие основные параметры бурения разгрузочных шпуров: количество шпуров должно быть не менее 7 и не более 12 шт.; минимальное расстояние между контурами скважины и шпуров должна приниматься в диапазоне значений от 0,5 до $2,3r_c$; величина радиуса шпура – от 0,61 до $1r_c$.

➤ доказано, что применение способа в условиях негидростатического распределения напряжений или при неоптимальном выборе хотя бы одного из технологических параметров бурения, не приводит к улучшению эксплуатационного состояния дегазационной скважины.

➤ увеличение ширины перемычки с 0,8 до $1,9r_c$ (в 2,4 раза) приводит к росту значений эквивалентных напряжений с 1,45 до 1,89Р (на 30%), что негативно сказывается на состоянии дегазационных скважин.

➤ уменьшение диаметра шпуров с 1 до $0,6r_c$, при ширине перемычки равной $0,9r_c$ и $N = 8$, приводит к увеличению среднего значения эквивалентных напряжений на контуре скважины с 1,5 до 2Р.

➤ найдена аналитическая зависимость величины концентрации эквивалентных напряжений, на контуре дегазационной скважины, от относительной ширины перемычки, которая имеет логарифмический вид:

$$k'_\sigma(A-E) = 0,6182 \times \ln(L) + 1,4819$$

Список литературы

1. Дегазация угольных шахт. Требования к способам и схемам дегазации: СОУ 10.1.00174088.001. - 2004. – К.: Минтопэнерго Украины, 2005. – С. 70.

2. Технологічні схеми відпрацювання газонесних пластів з великими навантаженнями на очисні вибої: СОУ-П 10.1.00185790.014:2009. – К.: Мінвуглепром Україні, 2010. – С. 102-105.

3. Изыскание резервов для повышения эффективности подземной дегазации / В.К. Костенко, А.Б. Бокий, В.С. Бригида и др. // 6-я Международная Конференция по проблеме горной промышленности, строительства и энергетике. – Тула: ТулГУ, 2010. – Т 1. – С. 150–157.

4. Назимко В.В. Взрывобезопасность выемочного участка как функция проявления горного давления / В.В. Назимко, П.А. Брюханов // Проблемы горного давления. – 2009. – №17. – С. 25–62.

5. Назимко В.В. Исследование связи между деформацией дегазационных скважины и ее аэродинамическими параметрами / В.В. Назимко, П.А. Брюханов, А.И. Демченко // Способы и средства создания безопасных условий труда в угольных шахтах. – Макеевка: МакНИИ. – 2010. – №2 (26). – С. 25–42.

6. Брюханов П.А. Обоснование критериев устойчивости и эффективности работы дегазационной скважины / П.А. Брюханов, В.В. Назимко, А.А. Резниченко // Донбас-2020: перспективи розвитку очима молодих вчених: матеріали V науково-практичної конференції. м. Донецьк, 25–27 травня 2010. – 2010. – С. 59–65.

7. Способ дегазации подрабатываемых угольных пластов при столбовой системе разработки: А. С. №1043320 (СССР) / В.Ш. Бродский. – Оpubл., 1983.

8. Способ проходки выработки: А. С. № 817253 (СССР) / В.К. Костенко, М.П. Зборщик, А.Ф. Морозов. – Оpubл., 1981.

9. Дрибан В.А. Механизм формирования зоны необратимых деформаций вокруг выработок / В.А. Дрибан // Проблемы горного давления. – 2010. – №18. – С. 73.

10. Филоренко-Бородич. Механические теории прочности / Филоренко-Бородич. – М., 1951. – С. 18–23.

11. Козел А.М. Геомеханические вопросы проектирования и поддержания шахтных стволов: Кн. 2.; Ч. 1. Напряженно-деформированное состояние горных пород, прочность, проявления горного давления в стволах, в других выработках и в туннелях, эволюция гипотез / А.М. Козел. – СПб.: «Недра», 2010. – С. 115–116.

12. Динник А.Н. Распределение напряжений вокруг подземных горных выработок / А.Н. Динник, А.Б. Моргаевский, Г.Н. Савин / Труды совещания по управлению горным давлением. – М.-Л.: «АН СССР», 1938. – С. 7–57.

13. Савин Г.Н. Распределение напряжений около отверстий / Г.Н. Савин. – К.: «Наукова думка», 1968. – 854 с.

14. Черняк И.Л. Управление горным давлением в подготовительных выработках глубоких шахт / И.Л. Черняк, Ю.И. Бурчаков. – М.: Недра, 1984. – 304 с.

15. Назимко В.В. Развитие зон разрушения вокруг выработки при многократном воздействии очистных работ / В.В. Назимко // Известия донецкого горного института. – 1996. – №1. – С. 53–56.

16. Аналіз закономірностей розвитку зон руйнування навколо підготовчої виробки при впливі очисних робіт з урахуванням ефекту самозаклинування порід / С.М. Александров, В.П. Сажнев, М.І. Красько // Проблеми горного давления. – 2001. – №6. – С. 170.

Стаття надійшла до редакції 08.10.2012.

Рекомендовано до друку д-ром техн.наук С.М. Александровим

В.К. Костенко, Н.Н. Зінченко

Донецький національний технічний університет

В.С. Бригіда

Донецький науково-дослідний вугільний інститут, м. Донецьк

ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ ОБЛАСТІ РОЗВАНТАЖЕННЯ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ ЗБЕРЕЖЕННЯ УСТЬ ДЕГАЗАЦІЙНИХ СВЕРДЛОВИН

У роботі розкриті особливості механізму формування зони розвантаження при концентричному бурінні шпурів для обґрунтування технологічних параметрів способу охорони дегазаційних свердловин. Як основний був використаний метод скінчених елементів, що набув широкого поширення при вирішенні завдань геомеханіки.

В результаті дослідження було встановлено: 1) для створення області зниженого напруження навколо устя дегазаційної свердловини найбільш раціональні наступні основні параметри буріння: кількість шпурів має бути не менше 7 і не більше 12, мінімальна відстань між контурами свердловини і шпурів повинна прийматися в діапазоні значень від 0,5 до $2,3r_c$, величина радіусу шпуру - від 0,61 до $1r_c$; 2) застосування способу в умовах негідростатичного розподілу напружень або при неоптимальному виборі хоч би одного з параметрів буріння не забезпечує розвантаження дегазаційної свердловини; 3) знайдена аналітична залежність величини концентрації еквівалентних напружень на контурі дегазаційної свердловини від відносної ширини перемички, яка має логарифмічний вигляд: $k'_\sigma(A-E) = 0,6182 \times \ln(L) + 1,4819$.

V.K. Kostenko, N.N. Zinchenko

Donetsk National Technical University

V.S. Brigida

Donetsk Coal Research Institute, Donetsk

THE LAWS OF FORMATION OF AN UNLOADING AREA, WHICH PROVIDES THE SAFETY OF METHANE DRAINAGE BOREHOLES MOUTHS

The paper discusses the peculiarities of the unloading zone formation in the process of concentric blasthole drilling. The study is aimed at the validation of the process/technological parameters of the methane drainage boreholes protection method. The finite element method, which is widely applied in geomechanics, was used as the basic one.

In order to create an unloading zone around a borehole mouth we should take into account the following: the number of blastholes should be from 7 to 12; the minimum distance between the contours of the borehole and blastholes should be within the range $0,5$ to $2,3r_c$; the blasthole radius should be from $0,61$ to $1r_c$. We came to the conclusion that the method does not provide borehole relieving under non-hydrostatic stress distribution or if the choice of drilling parameters is non-optimal. Also, we found an analytical dependence of the value of equivalent stress concentration at a borehole contour on the relative width of the bridge. This dependence has the following logarithmic form: $k'_\sigma(A-E) = 0,6182 \times \ln(L) + 1,4819$.