

парації, а також розраховувати параметри навантаження, які забезпечують виникнення точки початку сепарації в заданому перетині потоку пульпи при її течії по внутрішній поверхні конуса.

**Ключові слова:** *пульпа, оборотне водопостачання, технології видобутку та збагачення*

In terms of study of flow physical pattern and analysis of forces acting on the separated particle in the moving stream the model and algorithm of calculation of maximal suspension height of pulp solid phase particles when flowing along the cone internal face are elaborated. When using

given formulas it is possible to calculate parameters of pulp flow along cone generator and to determine the location of the point of separation beginning as well as to calculate load parameters that provide appearance of point of separation beginning in given cut set of pulp flow along the cone internal face.

**Keywords:** *pulp, recycling water supply, technologies of mining and concentration*

*Рекомендовано до публікації докт. техн. наук В.П. Надутим. Дата надходження рукопису 14.03.11*

УДК 622.031.322.635

**С.П. Минеев<sup>1</sup>**, д-р техн. наук, проф.,  
**О.В. Витушко<sup>2</sup>**, канд. техн. наук,  
**А.А. Рубинский<sup>3</sup>**, канд. техн. наук,  
**А.Г. Радченко<sup>3</sup>**

1 – Государственное высшее учебное заведение „Национальный горный университет“, г. Днепропетровск, Украина, e-mail: sergmineev@gmail.com

2 – Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины, г. Днепропетровск, Украина

3 – Макеевский научно-исследовательский институт по безопасности труда в промышленности, г. Макеевка, Украина

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УТОЧНЕНИЮ ПРОГНОЗА ВЫБРОСООПАСНОСТИ ПРИ ВЕДЕНИИ ГОРНЫХ РАБОТ В ЗОНАХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ

**S.P. Mineyev<sup>1</sup>**, Dr. Sc. (Tech.), Professor,  
**O.V. Vitushko<sup>2</sup>**, Cand. Sc. (Tech.),  
**A.A. Rubinskiy<sup>3</sup>**, Cand. Sc. (Tech.),  
**A.G. Radchenko<sup>3</sup>**

1 – State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnipropetrovsk, Ukraine, e-mail: sergmineev@gmail.com

2 – Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics of National Academy of Sciences of Ukraine, Dnipropetrovsk, Ukraine

3 – Makeyevskiy Research and Development Institute of Industrial Human Safety, Makeyevka, Ukraine

## RECOMMENDATIONS ON FORECAST SPECIFICATION OF OUTBURST HAZARD AT MINING WORKS IN ZONES NEAR GEOLOGICAL FAULTS

Рассмотрен опыт ведения горных работ в зонах геологических нарушений на выбросоопасных угольных пластах. Предложены рекомендации по уточнению некоторых параметров прогноза выбросоопасности. В частности, предложен способ прогноза выбросоопасности для пластов со сложной структурой, технологическая схема бурения контрольных шпуров и замеров газовыделения из шпура.

**Ключевые слова:** *геологическое нарушение, угольный пласт, выбросоопасность, противовыбросные мероприятия, прогноз, газодинамическое явление*

Опыт отработки выбросоопасных угольных пластов показал, что зоны геологических нарушений являются участками с повышенной газодинамической опасностью. В указанных зонах наиболее часто происходят обрушения и высыпания угля, выдавливания и выдвигания пласта, внезапные разломы почвы или кровли, внезапные прорывы метана, суфляры, резкие осадки кровли, внезапные выбросы угля и газа, а также происходят новые, ранее не описанные явления. К геологическим нарушениям относятся изменения строения, структуры, мощности, элементов залегания, физико-механических и других свойств угольного пласта и вмещающих пород. Геологиче-

ские нарушения могут быть активными и пассивными по опасности газодинамических явлений. Геологические нарушения, при пересечении которых горными выработками происходили выбросы угля и газа или опасность их установлена путем определения величины зоны разгрузки или по другим показателям, считаются активными. А к пассивным относятся геологические нарушения, при пересечении которых горными выработками не происходили выбросы угля и газа, а опасность их не установлена путем определения величины зоны разгрузки или по другим показателям [1–2].

Для определения степени влияния зон геологических нарушений на выбросоопасность угольных пластов был выполнен анализ 1247 выбросов угля и газа

по 33 шахтам Макеевско-Донецкого района. Анализ показал, что в зонах геологических нарушений на пластах пологого падения зарегистрированы 83,4% выбросов угля и газа, а на пластах крутого падения – 66,8% [3]. Поэтому в данной работе авторы попытались сформулировать некоторые принципы выполнения прогноза выбросоопасности при ведении горных работ в сложных условиях.

Основными факторами, которые учитываются при выборе способа и схем прогноза, являются следующие: тип геологического нарушения; ширина –  $D$ , м и протяженность –  $L$ , м нарушенных зон; пространственное расположение зоны нарушения относительно плоскости очистного забоя и степень выбросоопасности геологического нарушения. Применяемые на шахтах схемы текущего прогноза рассмотрены в работах [1–4]. Общие принципы схем прогноза следующие: в зоне нарушения бурится оптимальное количество шпуров  $N_{unn}$ , расстояние ме-

жду шпурами рекомендуется принимать 3–5 м; шпуры должны располагаться на оптимальных расстояниях друг от друга, а также относительно плоскости сместителя (для разрывных нарушений); на прилегающих непосредственно к нарушению 10-ти метровых участках расстояние между шпурами должно быть не более 5 м ( $R \leq 5$  м). В зависимости от ширины зоны нарушения ( $D$ , м), рекомендуется применять следующие шесть схем ведения текущего прогноза: для структурных и пликативных нарушений при  $0,2 < D < 5$  число шпуров в нарушении должно быть не менее одного,  $N_{unn} \geq 1$ ; для структурных и пликативных нарушений при  $5 \leq D < 10$  число шпуров в нарушении должно быть не менее двух,  $N_{unn} \geq 2$ ; для структурных и пликативных нарушений при  $10 \leq D < 15$  число шпуров должно составлять не менее 3-х,  $N_{unn} \geq 3$ .

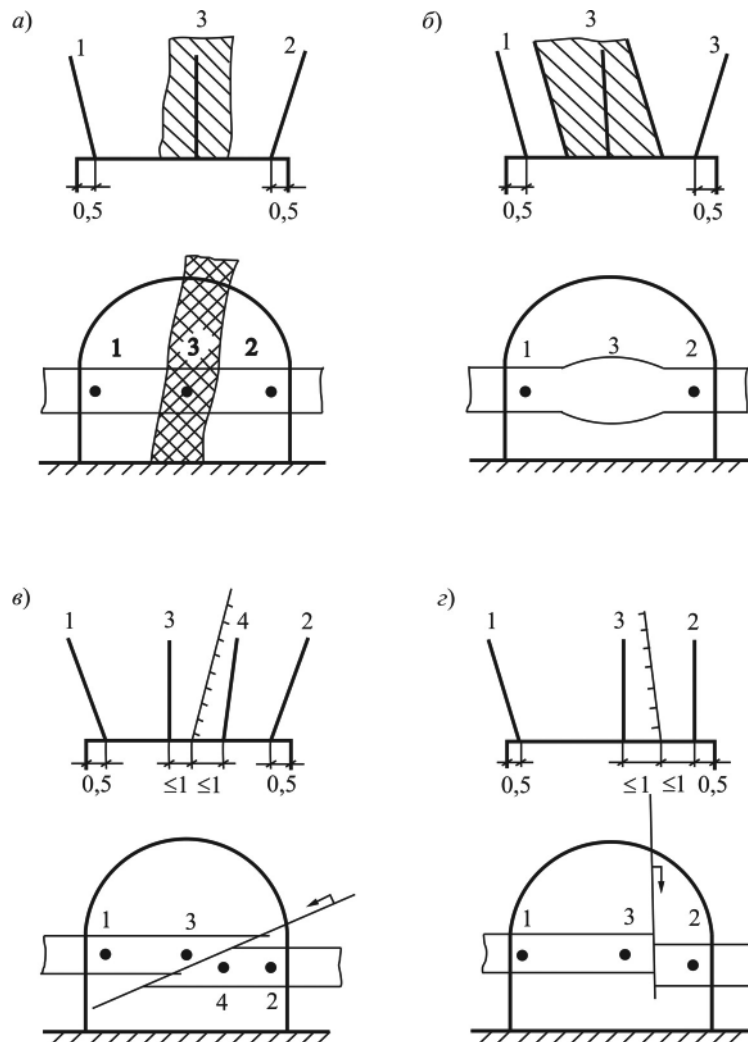


Рис. 1. Схемы расположения шпуров в зонах нарушений на угрожаемых и выбросоопасных угольных пластах (вид спереди и разрез): а) – структурное нарушение; б) – пликативное нарушение; в) и г) – разрывные (или дизъюнктивные) геологические нарушения

При применении текущего прогноза на невыбросоопасных и угрожаемых шахтопластах не рекомендуется переходить с текущим прогнозом подготовительными выработками дизъюнктивные нарушения с амплитудой смещения, равной или более 0,5 мощности пласта, и флексурные нарушения с амплитудой складки, равной или более 0,5 мощности пласта [3]. Разработанные типичные схемы расположения шпуров для ведения текущего прогноза в зонах нарушений для подготовительных забоев приведены на рис. 1. Они предусматривают бурение дополнительных шпуров в зависимости от типа геологического нарушения. Если угольный пласт перемят и состоит из двух и более угольных пачек, то текущий прогноз необходимо вести по каждой интенсивно нарушенной пачке при мощности пачки не менее 0,2 м.

Рекомендуемые схемы расположения шпуров в зонах нарушений для ведения текущего прогноза на угрожаемых угольных пластах проходили промышленную проверку в ПО „Донецкуголь“ в условиях следующих шахт: №6 „Красная Звезда“, пласт  $h_6$ ; №9 „Капитальная“, пласт  $h_6$ ; №12 „Наклонная“, пласт  $h_3$  и пласт  $h_4$ . Всего за период использования рекомендаций очистными забоями было пройдено порядка 0,5 км зон геологических нарушений.

При дальнейшем развитии прогноза выбросоопасности ИГТМ НАН Украины совместно с МакНИИ были дополнительно предложены следующие рекомендации [5]. Целью разработанных методических рекомендаций является уточнение параметров прогноза для безопасного перехода забоем сложных геологических нарушений. Суть разработанных рекомендаций поясняется схемами, приведенными на рис. 2–5. На этих схемах использованы следующие обозначения: 1 – угольный пласт, имеющий изменения мощности – 2 в зоне замещения угля породой 3, 4, 5, 6. На участке пласта, где линия забоя 7 пересекает зону нарушения 8, бурят пять контрольных шпуров 9, 10, 11, 12 и 13. По полученным данным строят графики изменения величины зоны разгрузки в направлении подвигания забоя 14 и изменения величины зоны разгрузки в направлении, параллельном линии очистного забоя 15. При выполнении взрывных работ бурят шпуров по углю 16 и породе 17.

Выполнение прогноза в рассмотренных условиях рекомендовано выполнять следующим образом. Ведение горных работ в зонах геологического нарушения с измененной структурой пласта разделяют на три этапа: приближение к нарушению, прогноз выбросоопасности и непосредственное пересечение нарушения. В начале идет угольный пласт 1 нормальной структурой ОАБ, затем нарушение БВ, где пласт 2 изменяет свою мощность за счет замещения угля породой 3 (рис. 2). После нарушения угольный пласт

опять имеет нормальную структуру ВГ. После приближения очистного забоя к геологическому нарушению и принятия условной длины критического прогнозного участка перед нарушением, длина этого участка порядка 20 м, бурят разведочные шпуров с неснижаемым опережением не менее 0,1 длины критического прогнозного участка, т.е. с опережением не менее  $20 \times 0,1 = 2$  м. После уточнения факта наличия, характера, типа и структуры нарушения определяют степень выбросоопасности нарушения. Определение степени выбросоопасности нарушения осуществляют путем сравнения величин зоны разгрузки, определенной по результатам поинтервальных замеров начальной скорости газовыделения из не менее 3-х контрольных шпуров, пробуренных на эталонном участке пласта АО с нормальным залеганием, расположенном до критического прогнозного участка АВ и величины по 5-и контрольным шпуров, пробуренным по зоне геологического нарушения БВ на расстоянии 1 м друг от друга. При этом за выбросоопасное нарушение признают такое, когда зона разгрузки, определенная в нарушении, уменьшается в сравнении с зоной разгрузки на эталонном участке.

При ведении горных работ на участках пласта с близкорасположенными друг от друга геологическими нарушениями (рис. 3), эталонного участка, расположенного в нарушенном пласте, может не быть. Последнее обусловлено тем, что по длине пласта имеет место 2 нарушение с замещениями угля породой 3, 4, 5, 6. При этом, соответственно, перед нарушением 6 должен быть расположен критический прогнозный участок  $l_{кр.}^n$  4, перед нарушением 4 –  $l_{кр.}^n$  3, перед нарушением 5 –  $l_{кр.}^n$  2 и т.д., т.е. места для расположения эталонного участка нормального залегания пласта перед нарушением просто нет. В этом случае степень выбросоопасности нарушения определяют следующим образом (рис. 4). Пусть линия забоя 7 пересекает зону начала нарушения (или линию смесителя) 8. В этом случае производят бурение 5 контрольных шпуров глубиной 3,5 м через 1 м друг от друга – 9, 10, 11, 12, 13 с поинтервальным измерением начальной скорости газовыделения из них. По результатам измерений определяют изменения величины зоны разгрузки в направлении подвигания забоя и изменения величины зоны разгрузки в направлении, параллельном линии очистного забоя. Т.е., на рис. 4 приведена методология построения установленных зон разгрузки угольного пласта вблизи зоны нарушения, в частности зоны разгрузки в призабойной части угольного пласта в направлении подвигания забоя (15) и зоны разгрузки в призабойной части пласта в направлении, параллельном геологическому нарушению (14). Указанные зоны разгрузки строятся на основании экспериментальных данных по измерению начальной скорости газовыделения из 5-ти контрольных шпуров 9–13 (рис.4), представленных в таблицах 1 и 2.

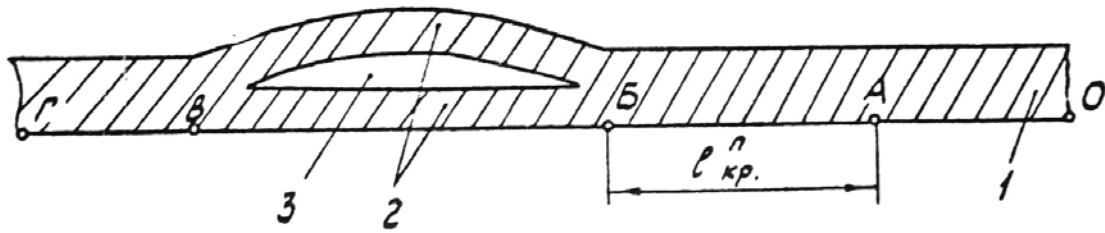


Рис. 2. Схема разреза по угольному пласту в геологическом нарушении пликативного типа

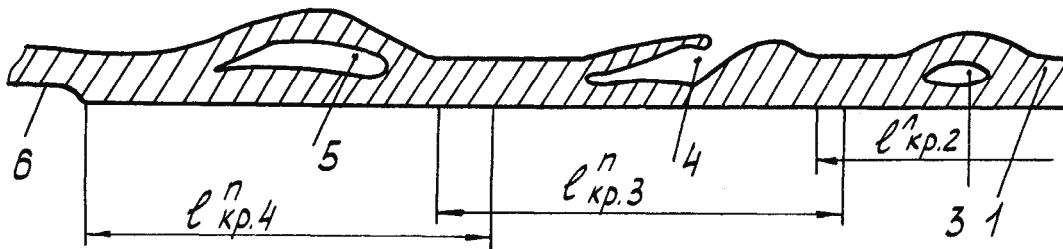


Рис. 3. Схема разреза по угольному пласту в ряду близкорасположенных геологических нарушений

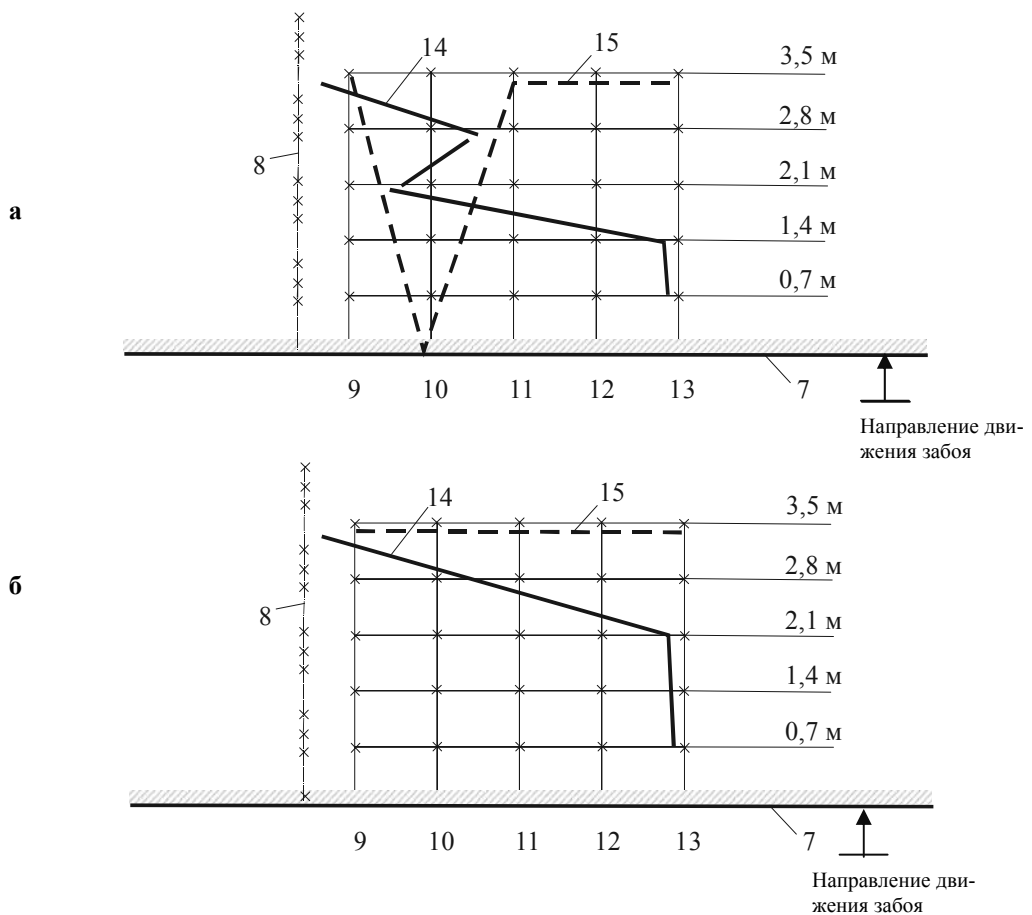


Рис. 4. Методология и расчетные схемы оценки выбросоопасности призабойной части угольного массива: а – выбросоопасный массив; б – невыбросоопасный массив. 9–13 – номера штуров, пробуренных через 1 м друг от друга, (штур №9 в 1 м от сместителя нарушения): 15 – линия, показывающая зону разгрузки в направлении подвигания забоя, 14 – зона разгрузки в направлении, параллельном геологическому нарушению, 7 – линия расположения забоя, 8 – линия расположения сместителя нарушения

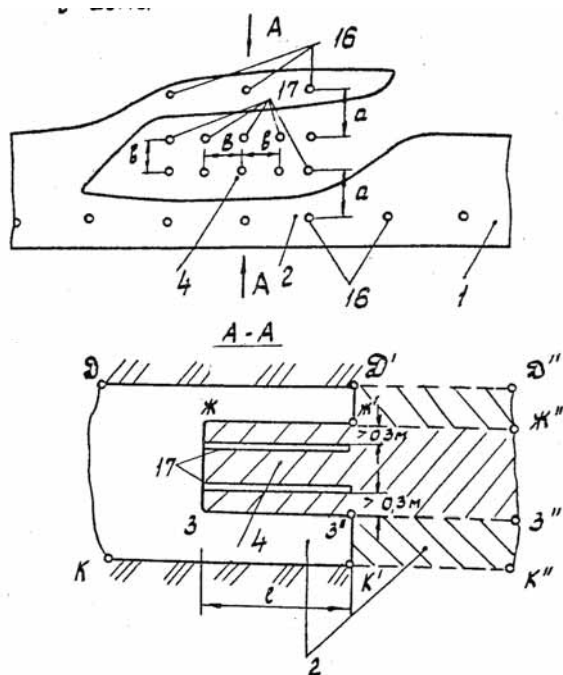


Рис. 5. Схема размещения взрывных зарядов в нарушении пласта с частичным замещением угля породами

Нижче приведені приклади побудови графіків при оцінці ступеня вибухонебезпечності, як вибухонебезпечного (активного), так і небезпечного (пасивного) порушення. Графіки побудовані на основі фактичних замірів початкової швидкості газовиділення з контрольних шпурів, произведених в умовах 3-й східної лави пласта  $h_{10}$  „Ливенський“ шахти ім. газети „Соціалістический Донбасс“. Результати вимірювань в першому геологічному порушенні поміщені в таблицю 1.

По представленим в табл. 1 даним строїть графіки (рис. 4, а) зміни величини зони розвантаження

в напрямку підвигання забоя 14 і зміни величини зони розвантаження в напрямку, паралельному лінії очистного забоя 15. В напрямку підвигання забоя величина зони розвантаження, визначена по результатам вимірювань величин початкової швидкості газовиділення в шпур, складала в шпурах №9, 11, 12, 13 – 3,5 м, а в шпурі №10 – 0 м, т.е. менше глибини контрольних шпурів.

В напрямку, паралельному площині забоя, величина зони розвантаження визначалася внаслідок даних буріння-вимірювань во всіх тих же п'яти шпурах на глибині 2,0–2,5 м. При цьому, за перший замір брався замір в шпурі №9 на глибині 2,8–3,5 м – 9,7 л/мін, а наступні – по шпурам №10, 11, 12, 13, відповідно: 4,8; 3,46; 9,7 л/мін. Величина зони розвантаження в напрямку, паралельному очистній лінії забоя відносно геологічного порушення на глибині 3,5 м, складала 0 м. На глибині 2,8 м величина зони розвантаження складала 2,5 м, на 2,1 м – 1,5 м; на 1,4 м – 5 м, на 0,7 м – 5 м. Т.к. величина зони розвантаження в напрямку підвигання забоя в шпурі №10 менше глибини контрольних шпурів, т.е. безпечна зона виїмки менше 2 м, а величина зони розвантаження на глибині інтервалу буріння-вимірювання 1,4–2,1 м, менше, ніж на глибині 2,1–2,8 м, геологічне порушення оцінено як вибухонебезпечне. Результати вимірювань во другому геологічному порушенні приведені в табл. 2.

По даним замірів, приведених в табл. 2, строїть графіки. Из графіка видно, що величина зони розвантаження по всім контрольним шпурам (рис. 4, б) в напрямку підвигання забоя складала 3,5 м, зона безпечної виїмки не менше 2 м, а в напрямку, паралельному очистній лінії забоя, на глибині 3,5 м – 0 м; 2,9 м – 2,5 м; 2,1 м – 5 м; 1,5 м – 5 м; 0,7 м – 5 м, т.е. спостерігається збільшення розмірів зони розвантаження від 0 до 5 м, тому дане геологічне порушення віднесено до невибухонебезпечних.

Таблиця 1

Значення початкової швидкості газовиділення по 5-ти контрольним шпурам в зоні порушення

Інтервал буріння-вимірювання, м	Значення швидкості газовиділення, в контрольних шпурах, л/мін					Величина зони розвантаження по лініям, паралельним очист. забоям, м
	№1	№2	№3	№4	№5	
0 – 0,7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,0
0,7 – 1,4	0,84	Следи	Следи	Следи	Следи	5,0
1,4 – 2,1	2,00	0,56	0,70	Следи	0,7	1,5
2,1 – 2,8	3,86	6,00	0,70	0,84	Следи	2,5
2,8 – 3,5	9,70	4,80*	3,46	9,70	2,0	0,0*
Величина зони розвантаження в напрямку підвигання забоя, м	3,50	0,0*, т.к. в точці падіння 4,8 л/мін, а критическе значення – 4,5 л/мін	3,50	3,50	3,5	

Таблиця 2

Значения начальной скорости газовыделения по 5-ти контрольным шпурам в зоне нарушения

Интервал бурения – измерения, м	Значения скорости газовыделения в контрольных шпурах, л/мин					Величина зоны разгрузки по линиям, параллельным очист. забоя, м
	№1	№2	№3	№4	№5	
0 – 0,7	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	5,0
0,7 – 1,4	Следы	0,70	Следы	0,6	0,70	5,0
1,4 – 2,1	0,5	0,70	0,80	0,9	1,10	5,0
2,1 – 2,8	2,9	3,88	2,50	2,1	1,90	2,5
2,8 – 3,5	3,9	5,87	4,80	4,2	3,23	0,0
Величина зоны разгрузки в направлении подвигания забоя, м	3,5	3,50	3,50	3,5	3,50	

При пересечении геологического нарушения, так как первое геологическое нарушение было отнесено к выбросоопасному, в нем проводят противовыбросные мероприятия. Во втором нарушении противовыбросные мероприятия не проводят. При этом, в случае комбайновой выемки, ее осуществляют с дистанционным управлением. При взрывном методе разрушения пород, их осуществляют в выбросоопасном нарушении в сотрясательном режиме. Схема забоя при раздельной отбойке горной массы при пересечении нарушения приведена на рис. 5 (разрез по А–А). Забой имеет вид  $ДД^I Д^I$  и  $33^I K^I K$ . Отставание породного забоя  $K^I$  и  $33^I$  составляет не более 5 м. Подобное решение было рекомендовано Экспертной комиссией при расследовании газодинамических явлений (ГДЯ) на ряде шахт [3].

Таким образом, предложен способ перехода геологического нарушения с измененной структурой пласта, включающий в себя прогноз характера и структуры нарушения, бурение контрольных шпуров, поинтервальный замер скорости газовыделения из них, определение величины зоны разгрузки, установление выбросоопасности и проведение непосредственных работ по переходу нарушенной зоны очистным забоем. Для повышения безопасности перехода нарушения забоем определение характера и структуры нарушенной зоны осуществляют посредством бурения контрольных шпуров на критическом прогнозном участке до ожидаемого нарушения. После установления наличия факта и типа нарушения выполняют оценку степени его выбросоопасности.

#### Список литературы

1. Правила ведения горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям: СОУ 10.1.00174088.011-2005. – К.: Минуглепром Украины, 2005. – 225 с.
2. Правила пересечения горными выработками зон геологических нарушений на пластах, склонных к внезапным выбросам угля и газа: СОУ-П 10.1.00174088.017:2009. – К.: Минуглепром Украины, 2009. – 49 с.

3. Минеев С.П. Горные работы в сложных условиях на выбросоопасных угольных пластах / [С.П. Минеев, А.А. Рубинский, О.В. Витушко, А.Г. Радченко]. – Донецк: Східний видавничий дім, 2010. – 606 с. – Библиогр.: с. 585–603. – ISBN 968-966-317-063-3

4. Ольховиченко А.Е. Прогноз выбросоопасности угольных пластов / [Ольховиченко А.Е.]. – М.: Недра, 1982. – 278 с.

5. Патент України №53072. Спосіб переходу геологічного порушення зі зміненою структурою пласта / С.П. Мінеєв, О.В. Вітушко О.О. Рубінській та ін. – Опубл. 09.03.10. – Бюл. 18. – 6с.

Розглянуто досвід ведення гірських робіт у зонах геологічних порушень на викидонебезпечних вугільних пластах. Запропоновано рекомендації з уточнення деяких параметрів прогнозу викидонебезпечності. Зокрема, запропоновано спосіб прогнозу викидонебезпечності для пластів зі складною структурою, технологічна схема буріння контрольних шпурів і вимірів газовиділення зі шпуру.

**Ключові слова:** геологічне порушення, вугільний пласт, викидонебезпечність, противикидні заходи, прогноз, газодинамічне явище

Experience of mining works in zones near geological faults in outburst-dangerous coal layers is considered. Recommendations about specification of some parameters of the outburst hazard forecast are offered. Outburst hazard forecast for layers with difficult structure, technological scheme of control boreholes drilling and gauging of gas emission from borehole is offered.

**Keywords:** geological fault, coal layer, outburst hazard, anti-outburst actions, forecast, gasodynamical phenomenon

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук О.В. Солодянкиним. Дата надходження рукопису 04.03.11