
УДК 622.831:338.45

А.Д. БОНДАРЕНКО, науч. сотрудник,
А.А. ЧЕРНИГОВЦЕВА, науч. сотрудник; МакНИИ, г. Макеевка

СПОСОБЫ БЕЗОПАСНОГО ПРОВЕДЕНИЯ ПЕРЕДОВЫХ ВЫРАБОТОК ПО ВЫБРОСООПАСНЫМ ПОРОДАМ НА ШАХТАХ ДОНБАССА

Проведен анализ способов снижения интенсивности и частоты выбросов породы и газа, основанных на образовании передовых выработок уменьшенного сечения. Использование способов снижает интенсивность выбросов породы и газа в 1,5-2,0 раза.

Ключевые слова: передовая выработка уменьшенного сечения, выбросоопасный песчаник, опережающий забой, прогноз выбросоопасности.

При строительстве новых горизонтов и проведении для них капитальных горных выработок на шахтах ОП «Шахта им. А.А. Скочинского» ГП «ДУЭК», ПАО «Шахта им. А.Ф. Засядько», шахта «Щегловская-Глубокая» ПАО Ш/у «Донбасс» и «Самсоновская-Западная» ПАО «Краснодонуголь» происходят выбросы породы и газа, которые приводят к значительному социальному и экономическому ущербу. Поэтому, совершенствование способов безопасного проведения капитальных горных выработок в породах, опасных по газодинамическим явлениям, и создание безопасных условий труда при их проведении является актуальной проблемой.

К наиболее опасным формам проявления сил горного давления относятся выбросы горных пород и газа, прогнозу и предотвращению которых посвящено большое количество исследований. За период с 1954 по 1977 г.г. проведено множество теоретических, лабораторных и экспериментальных исследований, в том числе в натуральных условиях, механизма возникновения и протекания выбросов песчаников и метана, пород осадочного генезиса. В результате была разработана концепция создания безопасных условий труда, которая легла в основу «Инструкции по безопасному ведению горных работ на пластах, склонных к внезапным выбросам угля, породы и газа» [1,2], в которой описаны способы прогноза выбросоопасных зон и предотвращения выбросов песчаника и метана.

ДонНТУ совместно с МакНИИ провёл исследование выбросоопасности метаморфических пород и пород магматогенного генезиса. На осно-

вании теоретических, лабораторных и экспериментальных исследований разработаны новые и усовершенствованы существующие способы прогноза, предотвращения или снижения интенсивности выбросов породы и газа [3]. Доказана общность природы как выбросов (механизм выбросов, характер разрушения и т. п.), так и природы выбросоопасности пород магматогенного, метаморфического и осадочного генезиса [4,5]. На основании доказанной общности выбросов песчаников и порфиристов были проведены испытания и использованы, разработанные для тоннелей, способы прогноза и снижения интенсивности выбросов в условиях шахт Донбасса [6]. Новые способы включены в нормативные документы [7].

Цель работы – анализ интенсивности выбросов породы и газа при различных методах проведения выработок по выбросоопасным породам.

В период с 2013 по 2014 год на шахтах Донбасса при проведении капитальных и подготовительных выработок по выбросоопасным песчаникам использовались следующие способы.

В 2013 году на 14 шахтах Донбасса проводились 73 выработки по выбросоопасным песчаникам. Пройдено 7080 м выработок, в которых произошло 20 выбросов песчаника и метана без травмирования работников шахты. В 21 забое применяли прогноз по делению кернов на диски, в 11 забоях - сотрясательное взрывание, в 30 забоях - прогноз по геолого-геофизическим данным. В двух забоях применяли рекомендации МакНИИ (без прогноза) и в одном – прогноз по техногенному акустическому сигналу. Сотрясательное взрывание применялось на пяти шахтах: ОП «Шахта им. А.С. Стаханова» ГП «Красноармейскуголь», ОП «Шахта им. А.А. Скочинского» ГП «ДУЭК», ПАО «Шахта им. А.Ф. Засядько», шахта «Щегловская-Глубокая» ПАО Ш/у «Донбасс» и шахта «Самсоновская-Западная» ПАО «Краснодонуголь». Пройдено 619 м по выбросоопасным зонам песчаников. Опасными оказалось около 100 м, в которых и произошли 27 выбросов породы и газа (см. табл. 1).

В 2014 году на 6 шахтах Донбасса проведение 16 выработок осуществлялось по выбросоопасным песчаникам. Всего пройдено 1177 м, опасных зон оказалось около 60 м, в которых произошло 7 выбросов породы и газа. При проведении выработок применялись следующие способы. В 10 выработках - прогноз по керну, в 2 выработках - рекомендации МакНИИ (без прогноза) и в 4 - сотрясательное взрывание.

Рассмотрим опыт проведения выработок с опережающим забоем и передовой выработкой уменьшенного сечения [1, 3, 7]. Оба способа созданы для снижения интенсивности выбросов породы и газа, что обеспечивает безопасность труда в забоях и, как следствие, улучшает технико-экономические показатели строительства подземных выработок.

Проведение выработки с опережающим забоем предусматривает сле-

дующий порядок ведения работ. Вначале создают буровзрывными работами опережающий забой (см. рис.). Соотношение сечений опережающего забоя и проведенной выработки должно быть таким, чтобы отбитая порода при взрывании в проектном сечении полностью перекрывала сечение опережающего забоя, создавая насыпную перемычку, препятствующую развитию выброса (если выброс произойдет в опережающем забое).

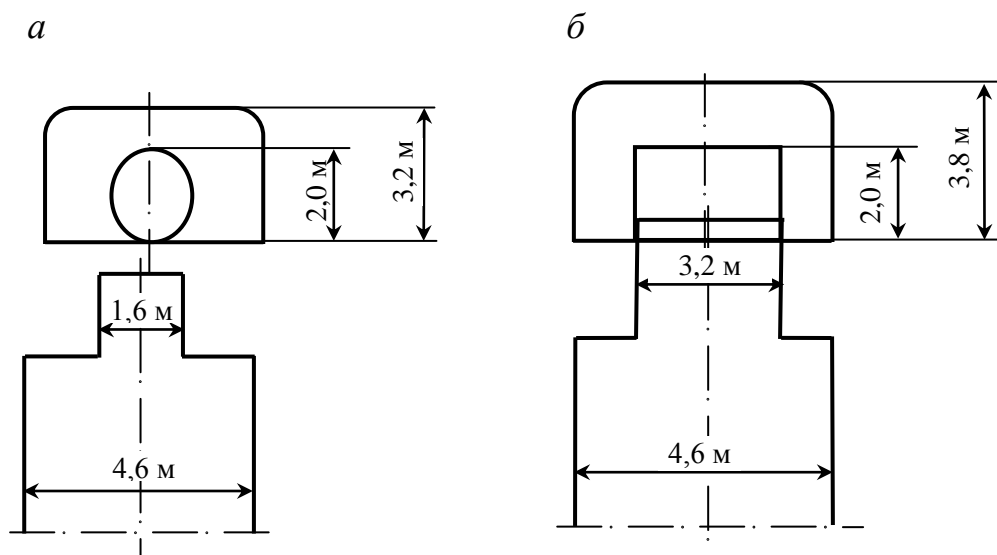


Рисунок – Схема проведения выработки с опережающим забоем и выработкой уменьшенного сечения: *a* – в песчаниках высокой степени опасности; *б* – в песчаниках низкой и средней степени опасности.

В породах высокой степени выбросоопасности (см. рис. *a*) рекомендуется в опережающем забое бурить не более 12 шпуров, при этом отбойные шпуры располагают по эллиптическому контуру. В породах низкой и средней степени выбросоопасности бурение отбойных шпуров в опережающем забое по эллиптическому контуру необязательно (см. рис. *б*) и количество их может быть увеличено.

В забое проектного сечения шпуры располагают в один ряд на расстоянии не более 0,6 м от стенок опережающего забоя. Если одного ряда шпуров недостаточно для доведения выработки до проектного сечения, то взрывание зарядов в шпурах в отстающем забое необходимо произвести несколько раз.

После образования опережающего забоя возможно проведение выработки с одновременным (за один прием) взрыванием зарядов в шпурах в опережающем забое и в месте его расширения до проектных размеров, с созданием насыпной перемычки, перекрывающей сечение опережающего забоя.

Таблица 1

Газодинамические явления, произошедшие на шахтах Донбасса при сотрясательном взрывании по породе (2013-2014 гг.)

№ п/п	Дата	Шахта	Горизонт	Пласт, крыло, мощность	Выработка	Вид ГДЯ	Интенсивность ГДЯ	
							порода, т	газ, м ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	05.01.13	ПАО «Шахта им. А.Ф. Засядько»	1078 м	Песчаник $\lambda_3 S \lambda_3^1$, восток, $m = 6,5-9,0$ м	Заезд на 7 восточный вентиляционный штрек пл. λ_4	Выброс породы и газа при сотрясательном взрывании	135,4	150
2.	10.01.13	То же	То же	То же	Заезд с ЗВШ гор.1078 м пл. λ_3 на 7 восточный конвейерный штрек пл. λ_4	То же	11,1	25
3.	11.01.13	Шахта «Щегловская-Глубокая» ПАО Ш/у «Донбасс»	1150 м	Песчаник $L_1 S L_2$, восток, $m = 23,7$ м	4 восточный конвейерный штрек пл. λ_1	То же	160	830
4.	13.01.13	ПАО «Шахта им. А.Ф. Засядько»	1078 м	Песчаник $\lambda_3 S \lambda_3^1$, восток, $m = 6,5-9,0$ м	Заезд с ЗВШ гор.1078 м пл. λ_3 на 7 восточный конвейерный штрек пл. λ_4	То же	181,4	294
5.	02.02.13	То же	То же	То же	Заезд на 7 восточный вентиляционный штрек пл. λ_4	То же	48	35
6.	27.02.13	Шахта «Щегловская-Глубокая» ПАО Ш/у «Донбасс»	1150 м	Песчаник $L_1 S L_2$, восток, $m = 23,7$ м	4 восточный конвейерный штрек пл. λ_1	То же	700	20175
7.	23.04.13	То же	То же	То же	То же	То же	215	70
8.	27.04.13	То же	То же	То же	То же	То же	310	50
9.	22.05.13	То же	То же	То же	То же	То же	290	250

Окончание таблицы 1

10.	13.06.13	То же	То же	То же	То же	То же	100	30
11.	15.06.13	То же	То же	То же	То же	То же	216	340
12.	04.07.13	ОП «Шахта им. А.А. Скочинского» ГП «ДУЭК»	1340 м	Песчаник $h_5Sh_6^1$, ЦП, $m = 38,6$ м	Полевой конвейерный уклон	То же	332,5	920
13.	11.07.13	Шахта «Щегловская-Глубокая» ПАО Ш/у «Донбасс»	1150 м	Песчаник L_1SL_2 , восток, $m = 23,7$ м	4 восточный конвейерный штрек пл. λ_1	Выброс породы и газа при сотрясательном взрывании	95	75
14.	14.08.13	ОП «Шахта им. А.А. Скочинского» ГП «ДУЭК»	1340 м	Песчаник $h_5Sh_6^1$, ЦП, $m = 38,6$ м	Полевой конвейерный уклон	То же	1071	15550
15.	03.09.13	Шахта «Щегловская-Глубокая» ПАО Ш/у «Донбасс»	1150 м	Песчаник L_1SL_2 , восток, $m = 23,7$ м	4 восточный конвейерный штрек пл. λ_1	То же	90	170
16.	10.09.13	То же	То же	То же	То же	То же	80	70
17.	11.09.13	То же	То же	То же	То же	То же	120	500
18.	14.09.13	То же	То же	То же	То же	То же	100	190
19.	27.09.13	То же	То же	То же	То же	То же	11	45
20.	17.12.13	То же	То же	То же	Бункер 4 восточной лавы пл. λ_1	То же	140	542
21.	04.01.14	То же	То же	То же	-»-	То же	210	120
22.	13.02.14	ОП «Шахта им. А.А. Скочинского» ГП «ДУЭК»	1331 м	Песчаник $h_5Sh_6^1$, УПЦП, $m = 38,6$ м	Сбойка № 62 полевых вспомогательного и конвейерного уклонов ЦП	То же	345	7200
23.	26.02.14	То же	То же	То же	То же	То же	262	4900
24.	17.03.14	То же	То же	То же	То же	То же	329	2100
25.	29.03.14	То же	То же	То же	То же	То же	111	360
26.	04.04.14	То же	То же	То же	То же	То же	219	657
27.	14.05.14	То же	То же	То же	То же	То же	355	1200

Наличие перемычки позволяет снизить интенсивность выброса, если он происходит в опережающем забое. При таком близком расположении опережающего забоя к месту его расширения до проектных размеров, перераспределение сил горного давления, происходящее при взрывании зарядов в опережающем забое, влияет на перераспределение их в месте расширения, что может вызвать выброс породы и газа в месте расширения, который спровоцирует выброс из опережающего забоя.

На шахтах, как правило, сначала производят взрывание зарядов в шпурах в опережающем забое, а затем, после уборки горной массы, производят взрывание для расширения выработки до проектных размеров. И затем процессы повторяют.

При использовании передовой выработки для снижения частоты и интенсивности выбросов песчаника, применяют насыпные породные перемычки с проведением передовой выработки уменьшенного сечения по песчаникам высокой степени выбросоопасности. Забой передовой выработки располагают от забоя выработки проектного сечения (величина опережения L , м) на расстоянии, определяемом по формуле:

$$L = 2D + \lambda_{um} \cdot k, \quad (1)$$

где D – диаметр в поперечном сечении проектной выработки в проходке, м;
 λ_{um} – длина шпура в передовой выработке, м;
 k – коэффициент использования шпура.

Площадь поперечного сечения передовой выработки (S_n , м²) рассчитывают по формуле:

$$S_n = S_{np} (K_p - 1) / K_p, \quad (2)$$

где S_{np} – проектная площадь поперечного сечения, м²;

K_p – коэффициент разрыхления пород в выработке проектного сечения.

Взрывные работы в забое передовой выработки и в основном забое необходимо проводить одновременно. Шпуры в забое проектного сечения необходимо располагать так, чтобы разрушенная порода создавала породную перемычку по всему сечению передовой и проектной выработок. Для этого шпуры, расположенные выше кровли передовой выработки, бурят с наклоном к кровле выработки под углом 8-12°, а длину шпуров в забое передовой выработки необходимо определять с учётом коэффициента использования шпуров. Способ предусматривает создание такого опережения

забоя передовой выработки, чтобы взрывание зарядов в нем не влияло на перераспределение горного давления в месте расширения. Это означает проведение передовой выработки уменьшенного сечения на расстояние, которое позволит исключить взаимное влияние перераспределения сил горного давления при ведении взрывных работ в забое передовой выработки и в месте расширения её до проектных размеров. Кроме того, расчёт соотношения сечения передовой выработки и сечения выработки проектных размеров позволяет уменьшить интенсивность выброса в месте расширения передовой выработки.

В 2013-2014 гг. при проведении полевых выработок на шахтах Донбасса использовались оба способа, сравнительный анализ которых приведен в табл. 2.

Таблица 2

**Сравнительный анализ способов снижения интенсивности
газодинамических явлений**

Проведение выработки с опережающим забоем (ОП «Шахта им. А.А. Скочинского» ГП «ДУЭК»)			Проведение передовой выработки уменьшенного сечения (шахта «Щегловская-Глубокая» ПАО «Шахтоуправление «Донбасс»)			Проведение выработок с наличием неопасных пород в сечении выработки или другим способом (ПАО «Шахта им. А.Ф. Засядько» шахта «Щегловская-Глубокая» ПАО «Шахтоуправление «Донбасс»)			Примечание
Дата происшедшего ГДЯ	Интенсивность ГДЯ		Дата происшедшего ГДЯ	Интенсивность ГДЯ		Дата происшедшего ГДЯ	Интенсивность ГДЯ		
	порода, т	газ, м ³		порода, т	газ, м ³		порода, т	газ, м ³	
04.07.13	332,5	920	11.01.13	160,0	830	05.01.13	135,4	150	В кровле аргиллит 70%
14.08.13	1071,0	15550	27.02.13	700,0	20175	10.01.13	11,1	25	То же, 15%
13.02.14	345,0	7200	23.04.13	215,0	70	13.01.13	181,4	294	То же, 10%
26.02.14	262,0	4900	22.05.13	290,0	250	02.02.13	48,0	35	То же, более 50%
17.03.14	329,0	2100	13.06.13	100,0	30	17.12.13	140,0	542	вертикальная выработка (бункер)
29.03.14	111,0	360	15.06.13	216,0	340	04.01.14	210,0	12	То же
04.04.14	219,0	657	11.07.13	95,0	75				
14.05.14	355,0	1200	03.09.13	90,0	170				
			10.09.13	80,0	70				
			11.09.13	120,0	500				
			14.09.13	100,0	190				
			27.09.13	11,0	45				
ИТОГО	3024,5	32887	ИТОГО	2177,0	22745	ИТОГО	725,9	1058	
Среднее значение	378,1	4110,9	Среднее значение	181,4	1895,4	Среднее значение	121,0	176,3	

В условиях ОП «Шахта им. А.А. Скочинского» ГП «ДУЭК» для снижения интенсивности выбросов применялся способ проведения выработки с опережающим забоем. При этом использовались два приема взрывания: в начале по нижней части выработки, а затем – по верхней. Средняя интенсивность выбросов породы и газа составила 378,1 т песчаника и 4110,9 м³ метана.

В условиях шахты «Щегловская-Глубокая» ПАО «Шахтоуправление «Донбасс» для снижения интенсивности выбросов применялся способ проведения передовой выработки уменьшенного сечения, а затем ее расширяли до проектных размеров. Средняя интенсивность выбросов составила 181,4 т песчаника и 1895,4 м³ метана.

На ПАО «Шахта им. А.Ф. Засядько» проведение выработок осуществлялось по выбросоопасным породам, когда в кровле выработки имелись неопасные по выбросам породы, а на шахте «Щегловская-Глубокая» ПАО «Шахтоуправление «Донбасс» проводился бункер (вертикальная выработка) по скважине. При этом средняя интенсивность выбросов по обеим шахтам составила 121,0 т породы и 176,3 м³ метана, что значительно меньше, чем в предыдущих случаях.

В период 2015-2016 гг. выработки по выбросоопасным породам не проводились.

ВЫВОДЫ

Использование передовых выработок уменьшенного сечения позволяет снизить интенсивность выбросов породы и газа по сравнению с образованием опережающего забоя более чем в 2 раза, а наличие в кровле выработок неопасных пород – более чем в 3 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, склонных к внезапным выбросам угля, породы и газа. – М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1977. – 159 с.
2. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля, породы и газа. – М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1989. – 191 с.
3. Николин В. И. Временная инструкция по борьбе с выбросами породы и газа при проходке тоннелей / Николин В. И., Александров С. Н., Бондаренко А. Д. – М.: Информэнерго, 1981. – 13 с.
4. Бондаренко А. Д. Об общности природы выбросоопасности изверженных и осадочных пород / А. Д. Бондаренко // Разработка месторожде-

ний полезных ископаемых: Респ. межвед. науч.-техн. сб. – Донецк, 1985. – Вып. 71. – С. 55-58.

5. Прогноз и предотвращение выбросов пород и газа / [Потураев В. Н., Зорин А. Н., Забигаило В. Е. и др.]. – Киев: Наукова думка, 1986. – 160 с.

6. Васильченко В. И. К вопросу о природе выбросоопасности изверженных и осадочных горных пород / В. И. Васильченко, А. Д. Бондаренко, А. А. Рубинский // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: сб. науч. тр. / МакНИИ. – Макеевка-Донбасс, 1995. – С. 31-35.

7. Прогноз и предотвращение выбросов песчаников на глубоких шахтах: СОУ-П 05.01.00174088.033. – Офиц. изд. – Макеевка: МакНИИ, 2012. – 30 с.

Получено: 09.11.17

EXPERIENCE OF USING OF SAFETY WORKING DEVELOPMENT METHODS IN ROCKS SUBJECTED TO OUTBURST IN DONBASS MINES

The analysis of ways for decrease of intensity and frequency of rock and gas outburst based on formation of pilot minings of minor cross-section has been carried out. The usage of the method decreases the intensity of rock and gas outburst by 1,5-2,0 times.

Keywords: pilot mining of minor cross-section, sandstone subjected to outbursts, advanced heading, outburst hazard prognosis.