
УДК 622.831.322

А.В. НИКИФОРОВ, канд. техн. наук, зав. отд., МакНИИ, г. Макеевка

КОНЦЕПЦИЯ БЕЗОПАСНОГО ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ НА ПЛАСТАХ, СКЛОННЫХ К ГАЗОДИНАМИЧЕСКИМ ЯВЛЕНИЯМ

Приведены технологические и технические решения, которые позволяют в современных горно-геологических и горнотехнических условиях ведения горных работ обеспечить максимальную защиту рабочих от влияния газодинамических явлений.

Ключевые слова: газодинамические явления, геологические нарушения, прогноз выбросоопасности, противовыбросные мероприятия.

В 2013 г. горные работы на пластах, склонных к газодинамическим явлениям (ГДЯ), велись на 52 шахтах, разрабатывающих опасные и угрожаемые по ГДЯ пласты, из них на 15 шахтах – только опасные, на 19 – опасные и угрожаемые и на 18 – только угрожаемые по ГДЯ пласты.

В 2013 году на опасных по ГДЯ шахтопластах добыто 10,0 млн. т угля и пройдено 50,4 км подготовительных и нарезных (монтажных) выработок. На угрожаемых шахтопластах – 14,1 млн. т угля и 53,8 км выработок, соответственно. Всего на склонных к ГДЯ шахтопластах Донбасса (Донецкая и Луганская области) в 2013 году добыто 24,1 млн. т угля и пройдено 104,2 км подготовительных выработок.

В 2013 г. на шахтах Донбасса произошло 47 ГДЯ, из них:

- внезапных выбросов угля и газа (7 смертельно травмированных) - 4,
- обрушений угля с последующим внезапным выбросом угля и газа (без травматизма работающих) - 1,
- внезапных обрушений угля с попутным газовыделением (без травматизма работающих) - 1,
- при сотрясательном взрывании по углю (выбросов угля и газа) - 21,
- при сотрясательном взрывании по породе (выбросов породы и газа) - 20.

Исходя из этих данных, можно сделать заключение о том, что 87% всех ГДЯ в 2013 году произошло при взрывных работах.

Целью настоящей работы является разработка концепции безопасного ведения горных работ на пластах, склонных к ГДЯ в современных условиях.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: выполнить анализ обстоятельств ГДЯ за прошедшие 10 лет и определить технологические и технические решения, которые позволят обеспечить максимальную защиту рабочих от влияния ГДЯ.

ГДЯ и травматизм за последние 10 лет приведены в таблице 1.

Таблица 1

ГДЯ и травматизм в период с 2004 по 2013 г.г.

Год	Кол-во шахт, разрабатывающих опасные пласты	Внезапные выбросы, выдавливания и обрушения (число смерт. травм.) происшедшие при механизир. выемке угля	ГДЯ (выбросы угля и газа, выдавливания угля, внезапные прорывы газа из зон ГН) при БВР в режиме СВ	Выбросы при дистанции (число смерт. травм.)	Выбросы при вскрытии пластов	Выбросы породы	Всего ГДЯ
2004	45	3(3)	34	17	1	16	71
2005	45	4 (4)	27	6	-	12	49
2006	47	4 (3)	30	1	-	24	59
2007	40	6 (4)	29	-	-	26	62
2008	42	4 (16)	32	-	-	14	50
2009	44	4 (14)	35	-	-	5	44
2010	43	5 (10)	40	2	-	8	55
2011	42	1 (1)	21	-	-	7	29
2012	41	1 (-)	40	1 (1)	-	10	52
2013	34	6 (7)	21	-	-	20	47

Из таблицы 1 следует, что в течение 10 лет наблюдается сохранение тенденции преобладания ГДЯ, происходящих при взрывных работах, над ГДЯ происходящими при выемке угля механизированным способом.

Анализ обстоятельств произошедших за последнее десятилетие ГДЯ, что они были вызваны следующими причинами:

- не выполнением предусмотренных способов прогноза ГДЯ и мероприятий по их предотвращению;
- нарушениями параметров и технологии выполнения способов прогноза и предотвращения ГДЯ;
- нарушением технологии ведения очистных и подготовительных работ, предусмотренной паспортами проведения и крепления подготовительных выработок и ведения очистных работ;

– ведением горных работ с нарушениями требований нормативных документов: Правил безопасности в угольных шахтах, Правил ведения горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям, а также рекомендаций МакНИИ, в части обеспечения безопасности работающих на пластах, склонных к ГДЯ;

– нарушением технологии ведения горных работ в подготовительных выработках при пересечении геологических нарушений;

– вскрытием забоями подготовительных выработок непрогнозируемых геологических нарушений.

Таким образом, большинство ГДЯ произошло вследствие так называемого «человеческого фактора», когда технологические процессы по выемке угля в очистных забоях и проведению подготовительных выработок, а также выполнение комплекса мер по борьбе с ГДЯ зависят от субъективного влияния самих работающих, от соблюдения ними требований нормативной документации по безопасности ведения горных работ.

Проведенный анализ причин и обстоятельств ГДЯ позволяет утверждать, что проблема прогнозирования и предотвращения ГДЯ, а также прогноза зон геологических нарушений на шахтах Донбасса, разрабатывающих пласты, склонные к ГДЯ, остается весьма актуальной и в настоящее время.

В то же самое время, если на протяжении многих лет сохраняются все вышеперечисленные обстоятельства ГДЯ, то необходимо пересмотреть и переработать существующую концепцию обеспечения безопасного ведения горных работ на пластах, склонных к ГДЯ.

В настоящее время согласно [1] определяют категорию опасности угольного пласта по внезапным выбросам угля и газа. По категориям угольный пласт делится на: неопасный, угрожаемый, выбросоопасный, особовыбросоопасный.

Степень опасности угольного пласта по другим видам ГДЯ (внезапное выдавливание угля, внезапное обрушение угля, горный удар, прорыв газа из почвы выработки) определяют согласно [2].

При ведении горных работ на пластах, склонных к ГДЯ, согласно [1,3] необходимо применять способы прогноза ГДЯ, а при выявлении опасных зон применять противовыбросные мероприятия с оценкой их эффективности или горные работы осуществлять с помощью буровзрывных работ в режиме сотрясательного взрывания.

В табл. 2 приведены обобщенные объемы применения способов прогноза и предотвращения ГДЯ на шахтах Донбасса за период 2004-2013 гг.

Таблица 2

Объемы применения способов прогноза и предотвращения ГДЯ на шахтах Донбасса (с 2004 г. по 2013 г.)

Способы прогноза и предотвращения газодинамических явлений	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.
Отработка защитных пластов (полная защита)	$\frac{20}{27}$ 10/13	$\frac{18}{26}$ 8/14	$\frac{19}{18}$ 6/9	$\frac{16}{13}$ 7/14	$\frac{12}{12}$ 2/16	$\frac{13}{14}$ 3/5	$\frac{10}{8}$ 2/9	$\frac{8}{4}$ 3/11	$\frac{6}{5}$ 4/6	$\frac{4}{5}$ 3/4
Частичная защита	$\frac{11}{3}$ 7/3	$\frac{9}{0}$ 9/2	$\frac{13}{0}$ 11/5	$\frac{11}{0}$ 5/0	$\frac{7}{6}$ 16/11	$\frac{9}{4}$ 21/23	$\frac{8}{2}$ 19/14	$\frac{5}{2}$ 15/7	$\frac{7}{1}$ 13/1	$\frac{4}{0}$ 8/6
Текущий прогноз по акустической эмиссии (АЭ) горного массива	$\frac{42}{13}$ 18/5	$\frac{32}{10}$ 23/4	$\frac{38}{20}$ 14/3	$\frac{40}{24}$ 17/2	$\frac{50}{39}$ 25/6	$\frac{46}{34}$ 28/20	$\frac{45}{24}$ 33/13	$\frac{39}{39}$ 28/8	$\frac{35}{41}$ 28/7	$\frac{36}{35}$ 30/5
Текущий прогноз по начальной скорости газовыделения из шпуров	$\frac{19}{82}$ 64/147	$\frac{26}{62}$ 59/142	$\frac{32}{81}$ 51/124	$\frac{21}{68}$ 45/111	$\frac{14}{72}$ 27/108	$\frac{13}{64}$ 28/120	$\frac{8}{60}$ 27/122	$\frac{14}{59}$ 25/130	$\frac{13}{62}$ 20/123	$\frac{16}{105}$ 22/108
Прогноз по прочности угольного пласта	$\frac{0}{20}$ 20/24	$\frac{0}{23}$ 23/29	$\frac{2}{0}$ 21/25	$\frac{2}{1}$ 28/47	$\frac{0}{22}$ 22/49	$\frac{0}{21}$ 21/44	$\frac{0}{2}$ 17/54	$\frac{0}{1}$ 18/49	$\frac{0}{19}$ 19/54	$\frac{0}{15}$ 15/51
Прогноз по параметрам акустического сигнала (АС)	$\frac{5}{6}$ 2/7	$\frac{13}{5}$ 3/13	$\frac{12}{3}$ 3/13	$\frac{13}{9}$ 7/12	$\frac{10}{21}$ 7/20	$\frac{14}{35}$ 8/34	$\frac{14}{19}$ 8/39	$\frac{15}{30}$ 13/45	$\frac{18}{30}$ 16/53	$\frac{15}{51}$ 14/25
Определение зоны разгрузки призабойной части пласта	$\frac{8}{7}$ 3/2	$\frac{9}{4}$ 2/1	$\frac{10}{6}$ 3/11	$\frac{8}{2}$ 3/15	$\frac{5}{1}$ 4/15	$\frac{5}{2}$ 4/7	$\frac{7}{6}$ 2/4	$\frac{8}{8}$ 3/8	$\frac{5}{5}$ 3/5	$\frac{6}{3}$ 4/6
Гидрорыхление угольного пласта	$\frac{11}{8}$ 4/4	$\frac{11}{15}$ 4/0	$\frac{13}{14}$ 8/16	$\frac{8}{10}$ 5/0	$\frac{7}{7}$ 4/0	$\frac{8}{2}$ 0	$\frac{4}{4}$ 0	$\frac{4}{3}$ 0	$\frac{4}{2}$ 0	$\frac{4}{12}$ 0/4
Оперативное управление гидрорыхлением по АС	$\frac{0}{8}$ 0	$\frac{0}{10}$ 0	$\frac{0}{14}$ 0	$\frac{0}{10}$ 0	0	0	0	0	0	0
Разгрузочные пазы	$\frac{1}{1}$ 0	0	$\frac{0}{1}$ 0	$\frac{1}{0}$ 0	0	$\frac{1}{0}$ 0	0	0	0	0
Опережающие скважины	$\frac{0}{4}$ 0	$\frac{0}{5}$ 0	$\frac{0}{4}$ 0	$\frac{0}{2}$ 0	0	$\frac{0}{1}$ 0	$\frac{0}{3}$ 0	$\frac{0}{3}$ 0	$\frac{0}{8}$ 0	$\frac{0}{11}$ 0
Разгрузочная щель по всей длине лавы ("Урал-33")	$\frac{1}{0}$ 0	$\frac{1}{0}$ 0	$\frac{1}{0}$ 0	$\frac{2}{0}$ 0	$\frac{1}{0}$ 0	$\frac{2}{0}$ 0	$\frac{1}{0}$ 0	$\frac{1}{0}$ 0	$\frac{1}{0}$ 1/0	$\frac{0}{1}$ 1/0
Гидродинамическое воздействие на пласт	0	0	0	0	0	0	0	0	$\frac{2}{0}$ 0	0
Безлюдная выемка (дистанционное управление выемочными механизмами)	$\frac{28}{0}$ 8/0	$\frac{21}{0}$ 7/0	$\frac{24}{0}$ 4/0	$\frac{15}{6}$	$\frac{16}{3}$	$\frac{15}{4}$	$\frac{12}{5}$	$\frac{10}{8}$	$\frac{10}{8}$	$\frac{9}{8}$
Буровзрывные работы в режиме сотрясательного взрывания (СВ)	$\frac{8}{65}$ 2/9	$\frac{0}{57}$ 2/8	$\frac{0}{59}$ 1/5	$\frac{0}{70}$ 2/1	$\frac{0}{66}$ 0/1	$\frac{0}{67}$ 0	$\frac{1}{48}$ 0/1	$\frac{0}{38}$ 0/1	$\frac{0}{41}$ 0	$\frac{0}{40}$ 0/1

Примечание: в числителе указано количество очистных/подготовительных забоев на опасных по ГДЯ пластах, в знаменателе – то же, но на угрожаемых по ГДЯ пластах.

Из приведенных в таблице данных следует, что в 2013 году из всех применяемых на шахтах Донбасса способов прогноза опасности ГДЯ наиболее широкое применение получили (по убыванию объема применения на шахтах):

– текущий прогноз выбросоопасности пласта по акустической эмиссии горного массива (применялся в 38 % очистных забоев от общего их числа на пластах, склонных к ГДЯ);

– текущий прогноз выбросоопасности по начальной скорости газовой выделению из шпуров (в 22 % очистных забоев и 56 % подготовительных забоев от общего их числа на пластах, склонных к ГДЯ);

– текущий прогноз выбросоопасности по параметрам акустического сигнала (в 20% подготовительных забоев от общего их числа на склонных к ГДЯ пластах);

– текущий прогноз выбросоопасности по прочности угольного пласта (в 15 % подготовительных забоев).

Из применяемых в 2013 году способов предотвращения ГДЯ наиболее распространенными были:

– из региональных способов предотвращения ГДЯ - опережающая отработка защитных пластов (6,1 % всех очистных и подготовительных забоев на пластах, склонных к ГДЯ, находились под полной и частичной защитой);

– из локальных – гидрорыхление угольного пласта (в 63 % очистных и подготовительных забоев от общего их числа с локальными мероприятиями) и бурение опережающих (разгрузочных) скважин (в 41 % подготовительных забоев от общего их числа с локальными мероприятиями).

Объем применения остальных локальных способов предотвращения ГДЯ был незначителен. По-прежнему в большом объеме применялись буровзрывные работы в режиме СВ при проведении подготовительных выработок на пластах, опасных по ГДЯ (21 % подготовительных забоев от общего их числа на опасных по ГДЯ пластах).

Кроме этого, детальный анализ основных способов прогноза ГДЯ, представленный в [4], показывает, что помимо основных достоинств (большой объем исследований при разработке способов, многолетний опыт применения, наличие оборудования для выполнения) позволил выявить и основные недостатки каждого из способов, в обобщенном виде которые заключаются в следующем:

1. Влияние человека на результаты прогноза опасности ГДЯ;
2. Отсутствие прогноза непосредственно места проявления ГДЯ, все способы прогноза ГДЯ выявляют опасные зоны (протяженность зоны находится в пределах от 5 до 100 м);

3. Любой существующий способ прогноза выбросоопасности контролирует только один из трех факторов выбросоопасности.

4. Каждый из способов имеет свой уровень ошибок первого рода, который, в основном, не превышает 3%;

5. Каждый из способов имеет свой уровень ошибок второго рода, который находится в диапазоне от 15 до 30 % (т.е. выявляет ложные опасные зоны, применение противовыбросных мероприятий в которых приводит к дополнительным финансовым затратам);

6. Ни один из способов не может прогнозировать все виды ГДЯ;

7. Ни один из способов не может выявлять геологические нарушения, которые могут находиться впереди движущихся забоев и пересечение которых, в основном, и связано с реализацией ГДЯ.

Что касается применения противовыбросных мероприятий, то наиболее часто применяется гидрорыхление угольного пласта или буровзрывные работы в режиме сотрясательного взрывания.

Однако многолетний опыт применения этих мероприятий, а также расследования аварий, связанных с их применением, показывает, что они не могут в полной мере устранить выбросоопасность.

Применение гидрорыхления угольного пласта в зонах геологических нарушений способствует дополнительному разрушению угле-породного массива и может приводить к обрушению угля и развязыванию внезапного выброса угля и газа (например, выбросы угля и газа, зарегистрированные на ПАО «Шахта им. А.Ф. Засядько»).

Применение буровзрывных работ позволяет обеспечить безопасность рабочих в опасной зоне, за счет вывода их на безопасное расстояние, от поражающих факторов возможного ГДЯ.

В то же время применение буровзрывных работ увеличивает вероятность проявления ГДЯ и приводит к остановке ведения очистных и подготовительных работ за счет проведения работ по приведению забоев в рабочее состояние после ГДЯ (уборка выброшенной горной массы, восстановление крепления выработки, работоспособности оборудования). В качестве примера можно привести выбросы угля и газа, которые происходили на ОП «Шахта им. М.И. Калинина» ГП «ДУЭК».

В случае нарушения режима сотрясательного взрывания применение буровзрывных работ может привести и к авариям с несчастными случаями, которые происходили на ОП «Шахта им. А.А. Скочинского» ГП «ДУЭК».

Анализ условий проявления ГДЯ за последние 5 лет на таких шахтах как ДТЭК ПАО «Шахта «Комсомолец Донбасса», ПАО «Шахтоуправление «Покровское», ГП «УК «Шахта «Краснолиманская», ОП «Шахта им. А.А. Скочинского» ГП «ДУЭК», ПАО «АП «Шахта «Ждановская», ОП «Шахта «Чайкино» ГП «Макеевуголь» показывает, что помимо не соблюдения

требований нормативных документов, «человеческого фактора», присутствия и другие факторы, которые способствуют развязыванию ГДЯ.

К таким факторам в первую очередь стоит отнести вскрытие непрогнозируемых нарушений, которые находятся на расстоянии от 3 до 10 м от забоя выработки, отсутствие текущих способов прогноза геологических нарушений в глубине массива, применение одного вида прогноза выбросоопасности, в то время как в формировании ГДЯ могут участвовать 4 фактора [5].

Так же стоит отметить, что большинство ГДЯ происходило в подготовительных и очистных выработках, которые проводились на максимальной глубине шахтного поля, при отсутствии достоверной информации о наличии геологических нарушений.

Учитывая все вышеперечисленные причины и обстоятельства аварий, связанных с ГДЯ в современных условиях ведения горных работ, необходимо разработать новую концепцию безопасного ведения горных работ на пластах, склонных к ГДЯ.

При разработке концепции были определены следующие основные требования, которые она должна выполнять:

1. Максимальное уменьшение влияния «человеческого фактора» на результаты выполнения прогноза выбросоопасности и противовыбросные мероприятия.

Для выполнения этого требования необходимо применять автоматизированные способы прогноза выбросоопасности и контроля выполнения технологических операций.

2. Применение нескольких видов прогноза выбросоопасности, контролируемых как минимум два фактора выбросоопасности.

Для выполнения этого требования оптимальным сочетанием будут являться способы прогноза, основанные на контроле напряженно-деформированного состояния горного массива и газового фактора. Контроль этих факторов осуществляют следующие способы: прогноз выбросоопасности по параметрам акустического сигнала, прогноз выбросоопасности по сейсмоакустической эмиссии массива, прогноз выбросоопасности по начальной скорости газовыделения в шпур, прогноз выбросоопасности по сорбционным показателям угля и др.

3. Применение технологий, которые бы позволяли осуществлять разведку геологических нарушений в глубине массива.

В настоящее время реализовать это требование можно с помощью применения способов прогноза геологических нарушений и бурения разведочных скважин, впереди движущихся забоев, длиной не менее 6 м.

Для проверки работоспособности предложенной концепции были проведены горно-экспериментальные работы на ДТЭК ПАО «Шахта

«Комсомолец Донбасса» при проведении двух подготовительных выработок: конвейерная выработка 4 западной лавы пласта l_7 блока 5, конвейерная выработка 13 западной лавы пласта l_7 блока 3 "бис" гор. 810 м.

Конвейерная выработка 4 западной лавы пласта l_7 блока 5 и КВ 13 западной лавы пласта l_7 блока 3 "бис" гор. 810 м проводились комбайном КСП-32 с подрывкой боковых пород, причем первая выработка проводилась по простиранию угольного пласта, вторая – по его падению.

Угольный пласт l_7 "Давыдовский" на участках проведения выработок был отнесен к угрожаемым по внезапным выбросам угля и газа. На рассматриваемых участках пласт простого строения с геологической мощностью 0,99-1,29 м. Угол падения пласта 6-10°, природная газоносность 22,9-27,2 м³/т с.б.м., выход летучих веществ 6,9-8,5 %, марка угля – Т, крепость угля $f = 1,0-1,2$.

Состав вмещающих пласт пород по двум выработкам приблизительно идентичен. Непосредственная кровля пласта представлена сланцами различных литотипов: глинистым, песчаным и песчано-глинистым. Сланцы горизонтальнослоистые, тонко- и мелкозернистые, по устойчивости – от средне- до малоустойчивых (образуют "ложную" кровлю мощностью 0,1-0,5 м). Основная кровля пласта представлена среднеобрушаемым песчаным сланцем мощностью до 13,50 м, крепостью $f = 6-8$, и мелко- и среднезернистым, среднеобрушаемым песчаником мощностью до 10,50 м, крепостью $f = 8-10$.

Почва пласта в первой выработке представлена песчаником, мощностью 3,7-6,1 м, крепостью $f = 10-12$, и песчаным сланцем, мощностью 8,7 м, крепостью $f = 6-7$, а во второй выработке – сланцами различных литотипов: среднеустойчивым глинистым сланцем мощностью 0,10-1,50 м, крепостью $f = 4$, устойчивым песчаным сланцем, мощностью 1,50-4,16 м, крепостью $f = 6$, и среднеустойчивым, умеренно склонным к пучению песчано-глинистым сланцем, мощностью 3,0 м, крепостью $f = 5-6$.

Тектоническое строение участков проведения горно-экспериментальных работ заключается в следующем. При проведении КВ 4 западной лавы пласта l_7 блока 5 ожидается пересечение ряда зон повышенной трещиноватости угольного пласта и вмещающих пород протяженностью 55-300 м, на интервале ПК 5+10 м – ПК 9 прогнозируется пересечение зоны тектонического нарушения, представленного серией дизъюнктивов надвигового и сбросового характера с амплитудами смещения пласта 0,4-1,2 м.

На участке проведения конвейерной выработки 13 западной лавы пласта l_7 блока 3 "бис" гор. 810 м ожидается встреча геологических нарушений различного характера: тектонических нарушений дизъюнктивного типа в интервале с ПК 60+8,0 м по ПК 63 и с ПК 39 по ПК 42+5,0 м, а также геологического нарушения пликативного типа в интервале с ПК 7+2,5 м

по ПК 13+2,5 м. Указанные зоны геологических нарушений характеризуются опасностью проявления ГДЯ, повышенного газовыделения и обрушений пород кровли.

При проведении выработок для прогноза выбросов угля и газа были выбраны два способа прогноза контролирующее напряженно-деформированное состояние горного массива и газовый фактор: способ прогноза выбросоопасности по параметрам акустического сигнала [2] и способ прогноза выбросоопасности по сорбционным показателям угля [6].

Способ прогноза выбросоопасности по параметрам акустического сигнала является автоматизированным способом прогноза и реализуется с помощью программного средства PROGNOZ 4.0 и стационарной аппаратуры АПСС1. Программный комплекс PROGNOZ 4.0 позволяет осуществлять прогноз других видов ГДЯ, таких как внезапное выдавливание угля, прорыв газа из почвы выработки, осуществляет прогноз возможных геологических нарушений впереди забоя выработки, контролирует выполнение технологических операций и противовыбросных мероприятий.

Способ прогноза выбросоопасности по сорбционным показателям угля реализуется с помощью шахтного цифрового десорбметра ДЭШ1.

Для разведки возможных геологических нарушений впереди забоев выработки бурились опережающие скважины с контролем безопасности бурения и оценки эффективности их по параметрам акустического сигнала. Параметры опережающих скважин были приняты следующие: длина скважин в первых 5 циклах бурения – 20 м, в дальнейшем она была увеличена до 25 м, диаметр скважин 76 мм, количество скважин 5, неснижаемое их опережение 10 м.

Всего в ходе проведения горно-экспериментальных работ в конвейерной выработке 4 западной лавы пласта l_7 блока 5 было выполнено 8 циклов бурения опережающих скважин длиной 20 м, при этом максимальные значения коэффициента пригрузки P_r при бурении скважин находились в диапазоне 1,33-2,01, средние из максимальных значений в цикле бурения составляли 1,18-1,53. В процессе бурения скважин отсутствовали признаки выбросоопасности, не было сообщений "Опасная ситуация". Время бурения подавляющего количества скважин составило в среднем 58 мин.

Отсутствие значений коэффициента пригрузки, превышающих критическое значение при длине скважины менее 20 м, средние низкие значения параметра P_r , соблюдение паспортных данных по количеству скважин позволили сделать заключение об эффективности бурения скважин для обеспечения расслоений пород кровли и равномерной разгрузки призабойной части угольного пласта.

В конвейерной выработке 13 западной лавы пласта l_7 блока 3 "бис" гор. 810 м на 01.06.2014 г. было выполнено 28 циклов бурения опережаю-

щих скважин. Максимальные значения коэффициента пригрузки P_r при бурении скважин изменялись от 1,25 до 5,65, средние из максимальных значений в цикле бурения – 1,2-3,5. Наиболее высокое значение коэффициента P_r (5,65) зафиксировано по скважине № 1, пробуренной на ПК 11+16,5 м в районе глубины 9 м. Прогноз "Опасная ситуация" по выбросам угля и газа был зафиксирован в единичных циклах бурения скважин, при этом бурение соответствующих скважин останавливалось и бурилась соседняя скважина, затем добуривалась предыдущая. Высокие максимальные значения коэффициента пригрузки P_r обусловлены серией геологических нарушений, характеризовавшихся размывами угольного пласта, изменением его мощности и угла падения, повышенной трещиноватостью угля.

На стадии горно-экспериментальных работ оценка эффективности бурения опережающих скважин также выполнялась путем определения через каждые 5 м подвигания забоев выработок величины зоны разгрузки призабойной части пласта по динамике начальной скорости газовыделения из шпуров согласно п. 6.3.6 [2]. По результатам определений величина зоны разгрузки, определяемая по газодинамике из шпуров, для обеих выработок составила 1,5-4,0 м. При этом, максимальные значения начальной скорости газовыделения в конвейерной выработке 4 западной лавы составили: по шпuru №1 – 1,16 л/мин, по шпuru №2 – 3,26 л/мин; а в конвейерной выработке 13 западной лавы – 3,31 л/мин по шпурам №1 и №2.

В качестве второго прогноза выбросоопасности, для оценки газового фактора выбросоопасности осуществлялось измерение сорбционных показателей угля, прогностическим параметром которых служит показатель ΔP – приращение давления десорбированного газа (в мм.рт.ст.). Измерения проводились с помощью прибора ДЭШ-1 по пробам угля, отобраным с глубины 2 м и 3 м контрольных шпуров №1 и №2 в левом и правом кутках конвейерной выработки 13 западной лавы пласта l_7 . Определения показателя ΔP осуществлялись по методике согласно [6], при этом полученные незначительные превышения значений давления десорбированного газа по единичным пробам угля могут объясняться естественным разбросом в рамках статистической выборки. На рис. 1 представлен график изменения значений ΔP в конвейерной выработки 13 западной лавы пласта l_7 .

За весь период проведения конвейерной выработки 4 западной лавы с бурением опережающих скважин (с ПК 50+7 м по ПК 55+7,5 м) прогноза "Опасная ситуация" зафиксировано не было, переходов на проведение выработки взрывными работами в режиме СВ также не было, сообщения "Прогнозируется вход в зону геологического нарушения" отсутствовали.

На рис. 2 представлен график изменения значений коэффициента выбросоопасности (K_b) по длине выработки на участке применения опережающих скважин.

ΔP , мм.рт.ст.

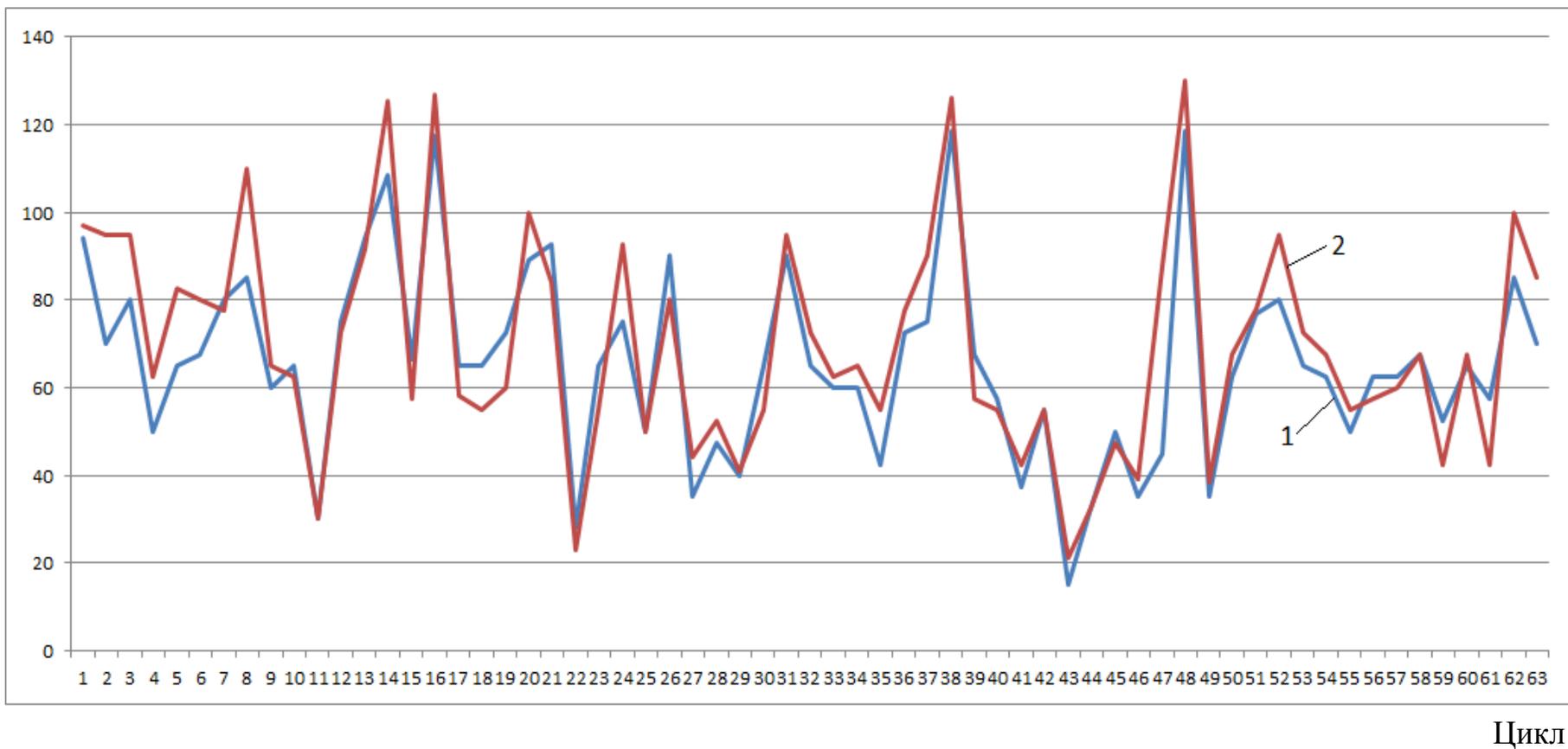


Рис. 1. График изменения значений ΔP в конвейерной выработке 13 западной лавы пласта l_7 блока 3 "бис" гор. 810 м: 1 – изменение ΔP с глубины 2 м, 2 – изменение ΔP с глубины 3 м.

Из графика следует, что бурение опережающих скважин обеспечивает равномерное развитие расслоений пород кровли, тем самым отсутствуют условия для задержки деформаций пород кровли и обеспечивается плавная разгрузка и дегазация призабойной части пласта в пределах зоны обработки скважинами. Разгружающее влияние скважин отражается и на динамике изменения значений коэффициента выбросоопасности K_v в выработке, которая согласно рисунку 2 носит равномерный характер без наличия аномальных зон.

Что касается проведения конвейерной выработки 13 западной лавы пласта l_7 с бурением скважин, то следует отметить, что как и в первом случае за весь период наблюдений переходов на взрывные работы в режиме СВ не было.

Таким образом, результаты ведения прогноза выбросоопасности по параметрам акустического сигнала свидетельствуют об эффективности проведения рассматриваемых выработок комбайном с бурением опережающих скважин.

В результате выполненных горно-экспериментальных работ в конвейерной выработке 4 западной лавы пласта l_7 блока 5 (8 циклов бурения скважин) и работ в конвейерной выработке 13 западной лавы пласта l_7 блока 3 "бис" гор. 810 м (28 циклов) было пробурено в общей сложности 165 скважин длиной от 20 до 25 м. Пройдено 404,5 м выработок. При проведении выработок текущим прогнозом опасности ГДЯ по параметрам акустического сигнала и по сорбционным показателям угля опасных зон установлено не было, причем как при бурении скважин, так и при проведении предупредительные признаки ГДЯ не наблюдались. Забоями выработок были пересечены зоны геологических нарушений общей протяженностью 300 м также без проявления признаков ГДЯ.

ВЫВОДЫ

Таким образом, проведенная апробация разработанной концепции безопасного ведения горных работ на пластах, склонных к ГДЯ, заключающаяся в контроле двух факторов выбросоопасности и применении способов поиска геологических нарушений (с помощью прогноза геологических нарушений по параметрам акустического сигнала и с помощью бурения разведочных (опережающих) скважин) позволяет говорить о том, что такой подход обеспечивает получение наиболее полной информации о газодинамическом состоянии в призабойной части выработки и тем самым обеспечивает максимальную безопасность ведения горных работ, которую можно обеспечить в современных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила отнесения угольных пластов к категориям выброоспасности: СОУ 10.1.00174088.029-2011. – Офиц. изд. – К, 2011. – 22 с. – (Нормативный документ Минуглепрома Украины).
2. Правила ведения горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям: СОУ 10.1.00174088.011-2005. – Офиц. изд. – К, 2005. – 222 с. – (Нормативный документ Минуглепрома Украины).
3. Правила безопасности в угольных шахтах: НПАОП 10.0.-1.01-10. – Офиц. изд. – К., 2010. – 310 с. (Нормативно-правовой документ Госгорпромнадзора Украины).
4. Никифоров А. В. Совершенствование метода комплексной оценки аномальных зон на шахтах Донбасса: автореферат дисс. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук: Спец. 05.26.01 – «Охрана труда»: / А.В. Никифоров. – Макеевка: МакНИИ, 2007. – 20 с.
5. Скочинский А. А. Современные представления о природе внезапных выбросов угля и газа в шахтах и меры борьбы с ними / А. А. Скочинский // Уголь. – 1953. – №7. – С. 34-40.
6. Правила прогноза выбросоопасности по сорбционным показателям угля: СОУ 10.1.00174088.015-2008. – Офиц. изд. – К, 2008. – 26 с. – (Нормативный документ Минуглепрома Украины).

Получено: 09.10.2013

Приведено технологічні та технічні рішення, які дозволяють в сучасних гірничо-геологічних і гірничотехнічних умовах ведення гірничих робіт забезпечити максимальний захист робітників від впливу газодинамічних явищ.

Ключові слова: газодинамічні явища, геологічні порушення, прогноз викиднебезпеки, противикидні заходи.

The technological and technical solutions have been set out which enable the maximum protection of workers against the influence of gas-dynamic effects under current mining-and-geological and mining conditions.

Keywords: gas-dynamic effects, geological faulting, prognosis of outburst hazard, blowout prevention measures.