

УДК 622.831.32

**КОМПЛЕКС УНИФИЦИРОВАННЫХ
ПРОТИВОУДАРНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ
ПЛАСТОВ, СКЛОННЫХ ОДНОВРЕМЕННО К
ГАЗОДИНАМИЧЕСКИМ И ДИНАМИЧЕСКИМ
ЯВЛЕНИЯМ**

Канин В. А., Анциферов В. А., Ходырев Е. Д.
(УкрНИИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

Викладено стан питання щодо запобігання гірським ударам під час розробки на шахтах Донбасу схильних до гірських ударів вугільних пластів, що мають підвищену газоносність. З переходом гірничих робіт на глибину понад 700 м на деяких з них зафіксовано газодинамічні явища. В даний час ці пласти, що раніше вважалися тільки схильними до гірських ударів, віднесено одночасно до схильних до раптових викидів вугілля і газу. За наслідками проведеного порівняльного аналізу профілактичних заходів, що застосовуються проти гірських ударів і раптових викидів вугілля і газу, розроблено і впроваджено на шахтах Донбасу уніфіковані заходи щодо запобігання ГДЯ, зокрема гірським ударам.

State-of-the art of rock burst prevention in working burst-prone coal seams of increased gas content at mines in Donbass is described. With transfer of mining to a depth down to more than 700 m, at some of the mines gas-dynamic phenomena were recorded. Now those seams which were considered as only burst-prone are simultaneously regarded as prone to sudden coal and gas bumps. According to the results of comparative analysis of preventive measures used against rock bursts and sudden coal and gas bumps unified measures to prevent gas-dynamic phenomena, in particular rock bursts, were developed and introduced at mines in the Donets Coal Basin.

Как известно, горные удары относятся к динамическим явлениям, возникающим под воздействием повышенного горного давления [1]. За период с 1973 г. по настоящее время при разработке угольных пластов на шахтах Донбасса зафиксировано 34 горных удара. Из них на шахтах Центрального района Донбасса в лавах с крутым падением пластов произошло 33 горных удара, из них 22 - при выемке угля отбойными молотками, 10 – при выемке угля угольным комбайном с дистанционным включением и выключением, осуществлявшимся с вентиляционного штрека, один горный удар при бурении разгрузочных скважин.

На пластах пологого падения проявился один горный удар на бывшей шахте «Панфиловская» комбината «Донецкуголь» при зачистке отбойным молотком призабойной верхней части комбайновой лавы на сопряжении с верхней нишей.

По результатам многолетних экспериментальных и теоретических исследований УкрНИМИ природы и механизма проявлений горных ударов на шахтах Донбасса был разработан и внедрен за период 1973-82 гг. комплекс противоударных мероприятий. В результате резко снизилось количество проявлений горных ударов на шахтах Донбасса. Статистика их проявления по годам приведена в таблице 1.

Отличительной особенностью удароопасных пластов в Донбассе по сравнению с другими угольными бассейнами является их малая мощность (0,5- 1,1 м), относительно невысокая прочность угля (от 6 до 10 МПа), которая в других бассейнах в 2-3 раза больше, а также повышенная природная газоносность (12-14 м³/т сухой беззольной массы).

Следует отметить, что газоносность их гораздо меньше, чем на выбороопасных пластах. Поэтому при проявлении вышеуказанных 34 горных ударов не наблюдалось катастрофических выделений газа, т. е., как установлено экспертными комиссиями по расследованию аварий, газ играл в этих горных ударах пассивную роль.

Но с переходом горных работ на глубину более 700 м на удароопасных пластах наряду с горными ударами стали также происходить внезапные выбросы угля и газа. Перечень пластов,

на которых произошло 10 внезапных выбросов угля и газа, приведен в таблице 1.

Таблица 1

Количество проявлений горных ударов и внезапных выбросов угля и газа на пластах, одновременно склонных к этим явлениям, на шахтах Донбасса

Индекс пласта	Мощность пласта, м	Угол падения пласта, градус	Глубина разрабтки, м	Газоноспособность пласта, м ³ /т с.б.м *	Количество горных ударов / внезапных выбросов за периоды, гг.				
					с 1973 по 1982	с 1983 по 1992	с 1993 по 2003	с 2004 по 2006	Всего
m_4^0	0,5	65	250-920	15	4 / 0	2 / 0	-	-	6/0
l_7^H	0,5	60	780-980	21-24	8/2	1/0	1/0	0/1	10/3
L_5	0,5	50	710-980	13-19	6/ 3	3/0	0/0	0/0	9/3
L_2^{Hn}	1,1	60	900	17,2	-	1/0	0/0	0/0	1/0
K_8	1,0	14	760	20-24	-	1/0	0/0	0/1	1/1
h_{10}	0,7	70	530-730	13-20	6/0	1/3	-	-	7/3
<i>Всего: горных ударов,</i>					24	9	1	0	34
<i>Внезапных выбросов</i>					5	3	0	2	10
<i>Примечание к таблице (столбец5):</i>									
<i>* с.б.м.- сухой беззольной массы</i>									

На некоторых выбросоопасных пластах, например, k_8 - Каменка на шахте им Ф. Э. Дзержинского ГП «Дзержинскуголь», m_3 –Макеевский на шахтах "Щегловская-Глубокая" и им. В. М.

Бажанова ГП «Макеевуголь» и др., наоборот, отмечены проявления признаков горных ударов (стреляний угля, толчков в массиве). В результате эти пласты переведены в категорию одновременно склонных к горным ударам и внезапным выбросам угля и газа. Они разрабатывались до настоящего времени с применением отдельных комплексов мер борьбы с горными ударами и выбросами, что в значительной степени осложняло технологию угледобычи, увеличивало трудоемкость работ и снижало технико-экономические показатели работы шахт.

При сопоставлении выявленных исследованиями [1] закономерностей проявления горных ударов с закономерностями формирования и развития на первой стадии внезапных выбросов угля и газа определены общие черты и различия протекания этих явлений. Так, например, установлено, что их формирование происходит в результате проявления одних и тех же геомеханических процессов накопления и перераспределения в краевой части пласта и вмещающих породах потенциальной энергии упругого сжатия под воздействием повышенного горного давления. При этом краевая часть пластов переходит в предельно напряженное состояние. При возрастании действующих напряжений в ней происходят разрушения угля в форме горных ударов.

Если же на участках этих пластов уменьшается прочность угля, увеличиваются мощность пласта и количество газа, обладающего критической энергией (что наблюдается, большей частью, в зонах геологических нарушений), то процесс разрушения угля, возникший в краевой части, может развиваться в глубь массива в форме внезапного выброса угля и газа. Явление заканчивается, обычно, при достижении устойчивого состояния к горному и газовому давлению краевой части полости, образовавшейся в пласте при разрушении и выносе угля потоком газа.

Иногда, как показывают исследования [1], первоначальное разрушение угля при внезапном выбросе угля и газа может происходить не на обнажении пласта, а на некотором удалении от него в виде толчка в массиве. В этом случае под воздействием "поршневого" давления газа, выделившегося на месте

разрушения угля, может быть вынесена прилегающая краевая часть пласта с развитием после этого внезапного выброса в глубь массива.

Таким образом, результаты исследований ВНИМИ [1] показали, что эти явления имеют общие черты на стадиях накопления потенциальной энергии упругого сжатия в краевой части пластов и боковых породах, а затем катастрофического разрушения угля под действием горного давления и горных работ. Анализ общих закономерностей, проявляющихся на первых стадиях протекания явлений, позволяет научно обосновать методические подходы к разработке комплекса унифицированных противоударных мероприятий для пластов, склонных одновременно к газодинамическим и динамическим явлениям (ГДЯ).

В указанный комплекс входят методы прогноза и способы предотвращения газодинамических и динамических явлений. При его разработке использованы результаты исследований УкрНИМИ [2] по прогнозу удароопасности и определению эффективности мер борьбы с внезапными выбросами угля и газа и горными ударами на шахтах Донбасса.

Путем анализа особенностей методик выполнения прогноза выбороопасности по начальной скорости газовыделения [3] и удароопасности по выходу буровой мелочи [4], УкрНИМИ разработан новый методологический подход к одновременному выполнению прогноза этих явлений с использованием одних и тех же шпуров. При этом в процессе бурения прогнозного шпура замеряют сначала с 1,5 м, а затем с каждых последующих метровых интервалов начальную скорость газовыделения (q_n), а затем после каждой операции замера газа - выход буровой мелочи в литрах ($P_{л/м}$). При появлении в процессе бурения шпура толчков в массиве, сопровождающихся зажатием буровой штанги, участок пласта оценивают как удароопасный, который должен обрабатываться с профилактическими противоударными мероприятиями.

При относительно спокойном бурении шпуров определение удароопасности осуществляют по номограмме (рис. 1). Для этого откладывают на ее горизонтальной оси значения соотношений

длин каждого пробуренного интервала шпура ($L_{ш}$) к мощности пласта (m), а по вертикальной оси посередине этих интервалов - значение выхода буровой мелочи $P_{л/м}$.

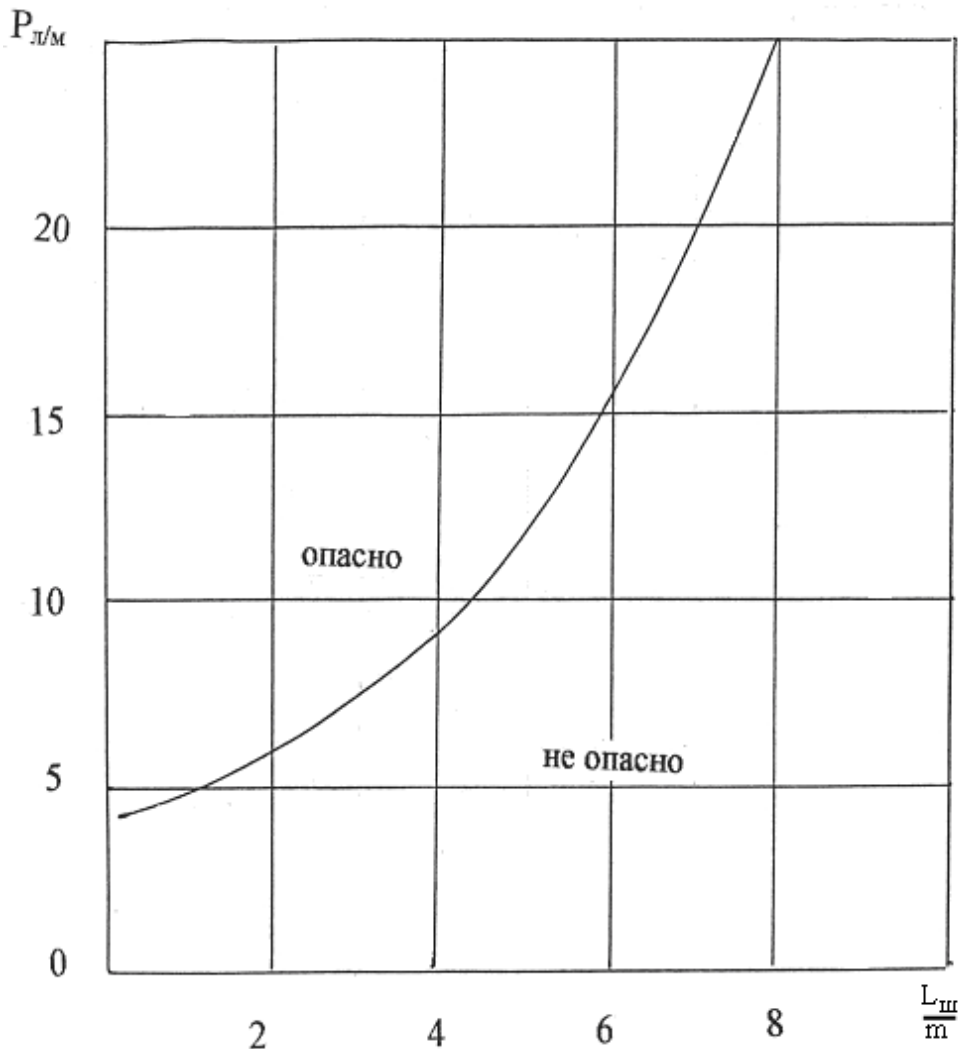


Рис. 1. Номограмма для установления удароопасности участков угольного пласта по выходу буровой мелочи из шпуров диаметром 42 ± 2 мм ($P_{л}$ – выход буровой мелочи с 1,5 или 1,0 м интервала шпура в литрах; $L_{ш}$ – длина шпура м; m – мощность пласта, м)

Если хотя бы одно значение $P_{л/м}$ попадет в область "опасно" или при бурении шпура произошли толчки в массиве, сопровождающиеся зажатием буровой штанги, то участок пласта относят к удароопасным и обрабатывают с противоударными мероприятиями.

Если при этом по начальной скорости газовыделения (q_n) в соответствии с методикой [3] будет установлена выбросоопасная зона, то применяют унифицированные меры борьбы с ГДЯ, в том числе с горными ударами.

Как известно [5], при прогнозе выбросоопасности по акустической эмиссии (АЭ) горного массива ее показатели характеризуют выбросоопасное и напряженно-деформированное состояния пласта. Поэтому эти показатели возможно, по согласованию с УкрНИМИ, использовать для прогноза удароопасности с учетом отсутствия при работе углевыемочных машин и механизмов предупредительных признаков горных ударов (толчков в массиве, стреляний угля, микроударов). При появлении же этих признаков горные работы останавливают и выполняют прогноз удароопасности по выходу буровой мелочи по вышеуказанной методике [5].

В удароопасных зонах противоударные мероприятия выполняют с контролем их эффективности тем же методом, что и прогноз удароопасности. Длина контрольных шпуров должна быть во всех случаях не менее неснижаемого опережения профилактических скважин, которое определяется в условиях Донбасса согласно требований [5].

Профилактические меры подразделяются на региональные (предварительное увлажнение участков массива с нагнетанием воды в пробуренные скважины длиной 90-100 м, отработка защитных пластов) и локальные (гидрорыхление угля, гидроотжим пласта, бурение разгрузочных и дегазационных опережающих скважин).

Предварительное увлажнение пластов через длинные скважины осуществляется впереди очистных забоев с откаточных (конвейерных) и вентиляционных штреков. Это мероприятие при достаточной пористости угля (свыше 7 %) достаточно эффективно и технологично. Но, как показали экспериментальные исследования УкрНИМИ [2], уголь большинства пластов, склонных к горным ударам на шахтах Донбасса, имеет низкую пористость, в редких случаях превышающую 4-7 %. Для увеличения эффективности увлажнения нужно применять водные растворы с добавкой поверхностно-активных веществ (ПАВ),

которые обладают избирательным смачивающим пластифицирующим действием на уголь разных марок. Герметизация скважин осуществляется цементно-песчаными, полимерными отвердевающими растворами или специальными гидрозатворами.

Параметры регионального увлажнения пластов, опасных по внезапным выбросам угля и газа, и пластов, опасных по горным ударам, полностью совпадают.

Известно, что наиболее эффективной мерой борьбы с ГДЯ, в том числе с горными ударами, является опережающая отработка защитных пластов, обеспечивающая снижение горного и газового давления, увеличение газопроницаемости путем разгрузки и дегазации над- и подрабатываемых пластов угля.

Согласно требованиям ранее действующих нормативных документов [3,4], расчетные границы зон защиты при подработке и наработке для предотвращения внезапных выбросов угля и газа составляют меньшую величину, чем для горных ударов. Поэтому необходимо использовать при расчете этих границ (как для удароопасных, так и для выбросоопасных пластов) наименьшие значения, т. к. при этом обеспечивается более значительный запас надежности для предотвращения ГДЯ, в том числе и горных ударов.

Горные удары на шахтах Донбасса возникли значительно позднее внезапных выбросов угля и газа. Пласты, склонные к горным ударам и проявлявшие себя ранее как невыбросоопасные, разрабатывались и по сложившемуся соотношению горных работ до настоящего времени разрабатываются, как правило, первыми в группах и свитах пластов, являясь защитными для выбросоопасных пластов. Поэтому отработка удароопасных пластов ведется, в основном, с применением локальных профилактических мероприятий.

При гидрорыхлении угля значения его параметров (диаметр, длина и глубина герметизации скважин, расстояние между ними, величина неснижаемого опережения) полностью совпадают для ударо- и выбросоопасных пластов. Но при этом норма закачки воды в пласт должна быть не менее 20 л/т обрабатываемых мероприятиями запасов угля. При этом

требуется повышать давление воды в три ступени: 1-я ступень-5-6 МПа, 2-я – 7-11 МПа, 3-я – 12-17 МПа до закачивания расчетного количества воды. Это условие является важным из-за того, что резкое повышение давления воды может спровоцировать проявление газодинамического явления. Так, например, на шахте "Углегорская" ПО "Орджоникидзеуголь" при проведении откаточного штрека по пласту h_{10} Бабаковский, одновременно опасному по горным ударам и внезапным выбросам, на горизонте 580 м западного крыла во время гидрообработки пласта при резком повышении давления воды 15.01.81г. произошел внезапный выброс угля и газа.

При гидроотжиме угольного пласта, применяемого как для предотвращения горных ударов, так и внезапных выбросов угля и газа, параметры имеют в основном одинаковые значения, за исключением неснижаемого опережения отжатой зоны. На выбросоопасных пластах последняя должна быть, согласно [3], не менее 0,7 м в очистных и 1,0 м в подготовительных забоях, а на ударо-опасных пластах - не менее ширины защитной зоны n , которая в условиях Донбасса должна быть не менее 2 м. Поэтому неснижаемое опережение гидроотжима на пластах, склонных одновременно к горным ударам и выбросам, при прогнозе "опасно" по горным ударам должно быть не менее 2 м.

Давление воды при гидроотжиме необходимо повышать в три ступени, как при гидрорыхлении: 1-я – 5-6 Мпа, 2-я – 7-11 Мпа, 3-я – 12-17 Мпа, а в конце третьей степени давление доводить до максимального (до гидроразрыва).

Бурение разгрузочных скважин для борьбы с горными ударами получило достаточно широкое применение. Как аналог такого мероприятия для предотвращения внезапных выбросов угля и газа на выбросоопасных пластах можно рассматривать бурение опережающих скважин [5].

Известно, что на выбросоопасных пластах при быстром создании обнажений или полостей в пласте может развиваться внезапный выброс угля и газа. Их проявления, например, зарегистрированы при бурении скважин диаметром 150-250 мм в Центральном районе Донбасса на шахте «Юный Коммунар» ПО «Орджоникидзеуголь» на гор. 716 м в забоях откаточного

штрека пласта l_7 -Мазур -20.03.67 г, пласта K_8 –Каменка-16.05.82 г., а также вентиляционного разреза пласта K_3 -Дерезовка - 09.12.67 г.

ВНИМИ и УкрНИМИ на основе экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния краевых частей удароопасных пластов разработан способ предотвращения горных ударов при бурении разгрузочных скважин [6]. Суть способа заключается в первичном бурении скважин диаметром 43 мм с последующим поэтапным расширением их до проектного диаметра с помощью разработанного в УкрНИМИ специального бурового снаряда [7]. В результате этого исключается возможность интенсивного разрушения угля в напряженном массиве и, соответственно, предотвращается проявление динамических и газодинамических явлений.

Разработанный комплекс унифицированных противоударных мероприятий для пластов, склонных одновременно к газодинамическим и динамическим явлениям, применяется в настоящее время на всех угольных шахтах Украины, разрабатывающих такие пласты. Отсутствие за последние годы горных ударов свидетельствует об эффективности этого комплекса.

ВЫВОДЫ

На угольных шахтах Украины с ростом глубины разработок постоянно увеличивается степень опасности проявлений ГДЯ, в том числе горных ударов. Вследствие этого следует ожидать в дальнейшем увеличение количества пластов, склонных одновременно к внезапным выбросам угля и газа и горным ударам.

По результатам исследований УкрНИМИ разработан и внедрен на шахтах Донбасса комплекс унифицированных противоударных мероприятий (с установленными оптимальными параметрами) на пластах, склонных одновременно к газодинамическим и динамическим явлениям. Методики и технологии выполнения этих мер изложены в нормативном документе [5].

Задачей последующих исследований является разработка новых более эффективных и менее трудоемких методов прогноза и способов предотвращения горных ударов и внезапных выбросов, а также создание безопасных и производительных технологий добычи угля без присутствия людей в очистных и подготовительных выработках на пластах, одновременно склонных к ГДЯ, в том числе к горным ударам.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Петухов И. М. Горные удары на угольных шахтах. - М.: Недра, 1972. - 299 с.
2. Создание теоретического обоснования и единого комплекса мер по безопасной и эффективной разработке пластов, одновременно опасных по горным ударам и внезапным выбросам: Отчет о НИР (промежуточн.) / Украинский филиал ВНИМИ; № ГР 01900011246; Инв.№1521. - Донецк, 1991.- 42 с.
3. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля, породы и газа: Утв. МУП СССР и Госгортехнадзором СССР 18.04.1989. – М., 1989. - 192 с.
4. Инструкция по безопасному ведению горных работ на шахтах, разрабатывающих пласты, склонные к горным ударам: Утв. МУП СССР 18.11.1988. – Л., 1988. - 87с.
5. Правила ведення гірничих робіт на пластах, схильних до газодинамічних явищ: СОУ 10.1.00174088.011-2005: Затв. Мінвуглепромом України 30.12.2005. - Київ, 2005. - 225 с.
6. Способ предотвращения ударов пластов: А.с.1350367 СССР, МКИ Е 21 F 5/00. / Д.И. Ходырев, И.А. Новичихин,
7. П.К. Беляков, А.В. Кузнецов (СССР). - № 4074262; Заявлено 30.04.86; Оpubл. 07.11.87, Бюл. №41. – 2 с.
8. Пат. 9119 Україна, МКИ Е 21 В 1/00. Буровий снаряд для буріння свердловин на ударонебезпечних вугільних пластах: Пат. 9119 Україна, МКИ Е 21 В 1/00 ; А.В. Анциферов, В.О. Канін, Д.І. Ходирев, О.В. Кузнецов (Україна). - № U200500456; Заявл. 17.01.2005; Оpubл.15.09.2005, Бюл. № 9 – 4с.