

Таким образом, объединив все уровни, можно построить следующую иерархию (цепочку) средних размеров тектонических блоков пород с целью прогноза нарушенности разных уровней: ? – 65 м – ? – 260 м – 530 м – 1400 м – ? м – 10600 м.

Следует отметить, что в данной цепочке отсутствуют некоторые значения средних размеров (знаки вопросов) блоков пород, которые, по нашему мнению, кратны 2 – 3 (что видно из тех данных, которые есть) и логично встраивались бы в эту иерархию при наличии необходимых данных.

Такое деление значений средних размеров блоков пород на уровни, которое будет корректироваться по мере поступления новых данных о нарушенности пластов пород отдельных геолого-промышленных районов, шахт и участков разведки Донбасса, можно использовать для определения структурно-нарушенных зон развития мало- и крупноамплитудных нарушений угленосной толщи. Полученные результаты являются основой методики прогноза нарушенных зон угольных пластов, в интерпретации, от выходящих на поверхность крупноамплитудных нарушений до малоамплитудных, находящихся на глубине.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гладушко В.П. Определение нарушенных зон в угольных пластах на шахтах Краснолиманская и им. А.А. Скочинского / В.П. Гладушко, П.Г. Задорожный, О.А. Карамушка // Форум гірників – 2010: міжнар. конф., 21-23 жовт. 2010 р.: / Національний гірничий університет. - Дніпропетровськ, 2010. – С. 29-34.
2. Рыжов П.А. Математическая статистика в горном деле / П.А. Рыжов. - М.: Высшая школа, 1973. – 287 с.

**УДК622.831.322:622.831.325**

Канд. техн. наук В.И. Гаврилов  
(ИГТМ НАН Украины)

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКОГО ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА ВЛИЯНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РАЗГРУЗКУ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА**

Виконано аналіз і узагальнення досліджень щодо визначення величини геотехнологічного коефіцієнта впливу гідродинамічної дії на вугільний пласт з урахуванням нових реалій, що виникають при збільшенні глибини ведення робіт, які можуть стати основою для уточнення межі розвантаженої зони

### **THE EXPERIMENTAL DETERMINATION OF STATISTICAL GEOTECHNOLOGICAL COEFFICIENT OF INFLUENCE HYDRODYNAMIC INFLUENCE ON THE UNLOADING THE COALBED**

The analysis and generalization of research on identifying magnitude the geotechnological coefficient impact of hydrodynamic influence on coalbed view of new realities encountered in depth increases of work that can become the basis for specification boundaries unloaded zone

Ведение горных работ на крутых пластах, склонных к газодинамическим явлениям (ГДЯ), отличается следующими особенностями проявления ГДЯ:

А) при технологии отработки угольных пластов полосами по падению

1) по виду большинство ГДЯ относится к внезапным выдавливаниям угля с попутным газовыделением – 75 % всех явлений, внезапные выбросы угля и газа – 20 %, внезапные обрушения с попутным газовыделением – 5 %.

2) максимум количества внезапных выдавливаний угля приходится на среднюю часть этажа – интервал  $(0,3-0,8)H_3$  от откаточного штрека.

Забои щитовых агрегатов, как правило, находятся в зоне влияния опорных нагрузок: временного опорного давления от движущегося забоя собственной полосы и остаточного опорного давления отработанной ранее полосы. Учитывая, что ширина зоны опорного давления на глубинах разработки 1000-1200 м составляет 50-70 м, практически вся отрабатываемая щитовым агрегатом полоса находится в зоне опорного давления от отработанной соседней полосы, активизируемого к тому же действующими очистными работами [1].

Кроме того, осложняющими факторами, способствующими возникновению ГДЯ, являются зоны повышенного горного давления от очистных работ на соседних пластах (краевые части отработанных пластов, целики), а также геологические нарушения.

Б) при технологии отработки угольных пластов лавами по простиранию

1) по виду большинство ГДЯ относится к внезапным выбросам угля и газа;

2) осложняющими факторами, способствующими возникновению ГДЯ, являются зоны повышенного горного давления от очистных работ на соседних пластах (краевые части отработанных пластов, целики), а также геологические нарушения.

Применяемая этажная система разработки крутых угольных пластов потолкоуступными лавами предусматривает проведение вентиляционных штреков, обычно сечением  $S_{св.} = 9,8 \text{ м}^2$ , по напряженному газонасыщенному пласту отбойными молотками и их охраной угольными целиками размером  $6 \times 4,5 \text{ м}$  по восстанию и бутовой полосой высотой до 30 м по падению пласта формирует в ряде случаев зону повышенного горного давления в подошве вентиляционного штрека протяженностью 30–40 м по падению пласта, опасную к проявлениям ГДЯ. Кроме того, при входе забоя штрека в опасную по ГДЯ зону дальнейшее его проведение осуществляется с образованием разгрузочных пазов и контролем эффективности по динамике газовыделения. Это требует выполнения большого объема горных работ, что предопределяет высокие материальные и временные затраты.

В комплексе методов решения задач по снижению негативного влияния таких факторов основное место занимают процессы воздействия на угольные пласты, позволяющие изменять их состояние и за счёт этого предотвращать ГДЯ при ведении горных работ [2-4].

Вместе с тем эффективность применяемых способов и средств воздействия на массив все ещё недостаточна, о чём говорят данные о техногенных авариях.

Одним из наиболее перспективных направлений по управлению состоянием горного массива с целью его дегазации и снижения газодинамической активности является гидродинамический метод воздействия через скважины из закрытого забоя. При таком методе воздействия в качестве активных сил более полно используются силы горного и газового давления, а также активизируются коле-

бательные свойства системы «угольный пласт – вмещающие породы» [5].

Условия применения метода гидродинамического воздействия на газонасыщенные напряженные угольные пласты следующие. Из полевой (вентиляционного, откаточного штреков, промежуточного квершлага) выработки через породы почвы (кровли) на пласт бурятся одна (две) восстающие технологические скважины по простиранию пласта на расстоянии  $2R_{эф}$  друг от друга. Забои технологических скважин должны пересекать угольный массив на расстоянии  $R_{эф}$  от подошвы выработки, обеспечивающим эффективный радиус гидродинамической обработки пласта.

Гидродинамическое воздействие на пласт сопровождается измельчением и выходом части разрушенного угля и газа из прискважинной зоны. Таким образом, чем больше будет извлечено угля из технологической скважины, тем больше, при прочих равных условиях, будет эффективный радиус гидродинамической обработки угольного массива  $R_{эф}$ .

Согласно [6], для достижения  $R_{эф}$  при гидродинамическом воздействии на угольный пласт необходимо извлечь из скважины количество угля, которое определяется из выражения

$$M_n > k_c M_з, \text{ т} \quad (1)$$

где  $k_c$  – статистический геотехнологический коэффициент влияния гидродинамического воздействия на угольный пласт;  $M_з$  – количество угля в обработанной зоне, т.

Количество угля в обработанной зоне  $M_з$  определяется из выражения

$$M_з = \pi R_{эф}^2 m \gamma, \text{ т} \quad (2)$$

где  $m$  – мощность пласта, м;

$\gamma$  – объемный вес угля, т/м<sup>3</sup>;

$R_{эф}$  – эффективный радиус гидродинамической обработки угольного массива (м), определяется по формуле

$$R_{эф} = 0,798 \sqrt{H}, \text{ м} \quad (3)$$

Статистический геотехнологический коэффициент влияния гидродинамического воздействия на угольный пласт  $k_c$  показывает, какую долю от количества угля в обрабатываемой зоне необходимо извлечь для получения  $R_{эф}$ . В отношении его величины у исследователей и нет единого мнения.

В более ранней работе [7] указывается, что достаточным условием эффективности гидродинамического воздействия является извлечение из скважин расчетного количества угля составляющего в сумме  $5 \div 20\%$  от количества угля в обрабатываемой зоне, в руководящем документе [8] –  $5 \div 10\%$ , в работе [5] – не менее  $5\%$ , в более поздней работе [9] –  $1 \div 2\%$ . Таким образом, по мере накопления фактического материала по гидродинамической обработке угольного массива явно прослеживается тенденция к уменьшению статистического геотехнологического коэффициента  $k_c$ .

Для установления фактического значения  $k_c$  при гидродинамическом воздействии были проведены специальные исследования в откаточном штреке потолкоуступной лавы №65-1146 м, обрабатывающей пласт  $l_7^6$  – «Пугачевка – восток» и в промежуточных квершлагах щитовой лавы №95-1146 м, обрабатывающей пласт  $k_8$  – «Каменка», шахты им. Дзержинского ГП «Дзержинскуголь».

На участке №65-1146 м в откаточном штреке на пикете 20+1 м были пробурены по восстанию две технологические скважины №3 и №4 на расстоянии 45 м от забоя нижнего просека. 26.01.10 г., 03.02.10 г. и 06.02.10 г. через скважины было произведено гидродинамическое воздействие на пласт. В результате воздействий из скважин было извлечено 9 т угля, из обработанной зоны выделилось  $56306 \text{ м}^3$  метана, коэффициент дегазации составил  $k_d = 0,69$ .

Контроль опасности ГДЯ при проведении нижнего просека велся по начальной скорости газовыделения. Для этого через каждые 2 м подвигания забоя по простиранию пласта на расстоянии 0,5 м от верхнего кутка бурился шпур диаметром 42-43 мм и на интервалах бурения 1,5 м, 2,5 м и 3,5 м при длине измерительной камеры 0,5 м с помощью технических средств (расходомера газа ПГ-2МА и газозатвора ЗГ-1 или ГШМ) производились замеры.

Результаты измерений приведены на рис. 1.

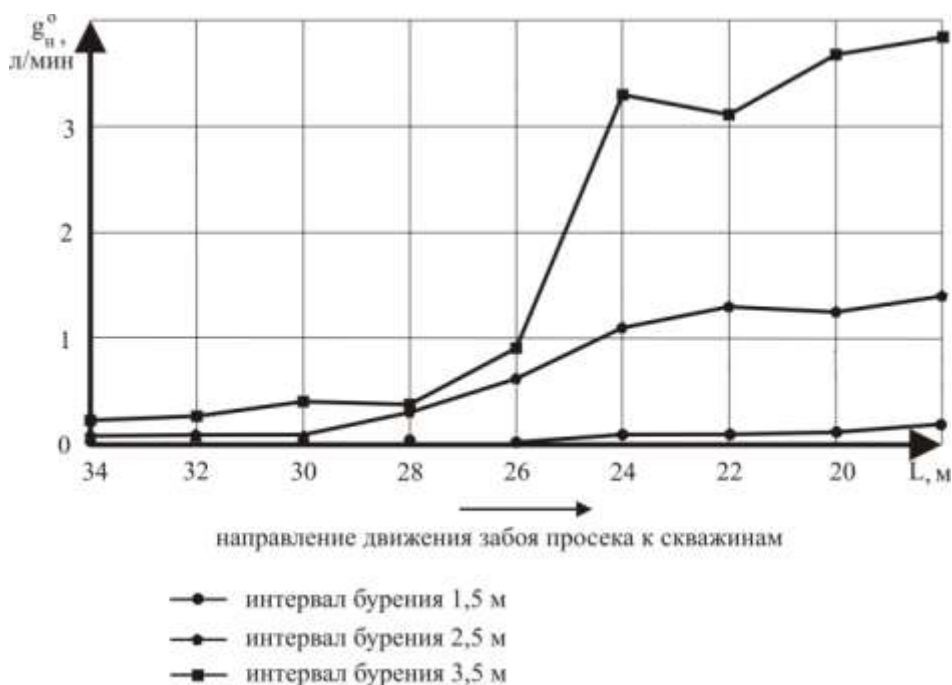


Рис. 1 – Изменение величины начальной скорости газовыделения из контрольного шпура от расстояния до технологических скважин №3 и №4.

Из рис. 1 видно, что величина начальной скорости газовыделения на интервале бурения 1,5 м практически не менялась за все время проведения просека. Иная картина наблюдается на интервалах бурения 2,5 м и 3,5 м. Начальная скорость газовыделения на этих интервалах с расстояния 26 м до технологических скважин начинает плавно увеличиваться, достигая наивысших значений с

уменьшением расстояния до 24 м и в дальнейшем стабилизировалось. Таким образом, по результатам замеров начальной скорости газовыделения эффективный радиус обработанного угольного массива составил 25 м. Такая же величина эффективного радиуса  $R_{эф}$  была получена при обработке замеров среднесуточной концентрации метана в исходящей струе воздуха из участка, что подтверждает достоверность его получения.

По вышеприведенным формулам (1) и (2) рассчитана величина статистического геотехнологического коэффициента влияния гидродинамического воздействия на угольный пласт:

$$k_c = \frac{M_n}{M_3} = \frac{M_n}{\pi R^2 m \gamma} = \frac{9}{3,14 \cdot 25^2 \cdot 1,1 \cdot 1,4} = 0,003$$

На том же участке в откаточном штреке на пикете 33+5 м были пробурены по восстанию две технологические скважины №5 и №6 на расстоянии 50 м от забоя нижнего просека. Гидродинамическое воздействие было произведено 20.07.10-22.07.10 г. В результате воздействий из скважин было извлечено 6 т угля, из обработанной зоны выделилось 28356 м<sup>3</sup> метана, коэффициент дегазации составил  $k_d = 0,45$ .

Замеры начальной скорости газовыделения из контрольного шпура производились аналогичным образом, что и при оценке влияния скважин №3 и №4.

Результаты измерений представлены на рис. 2.

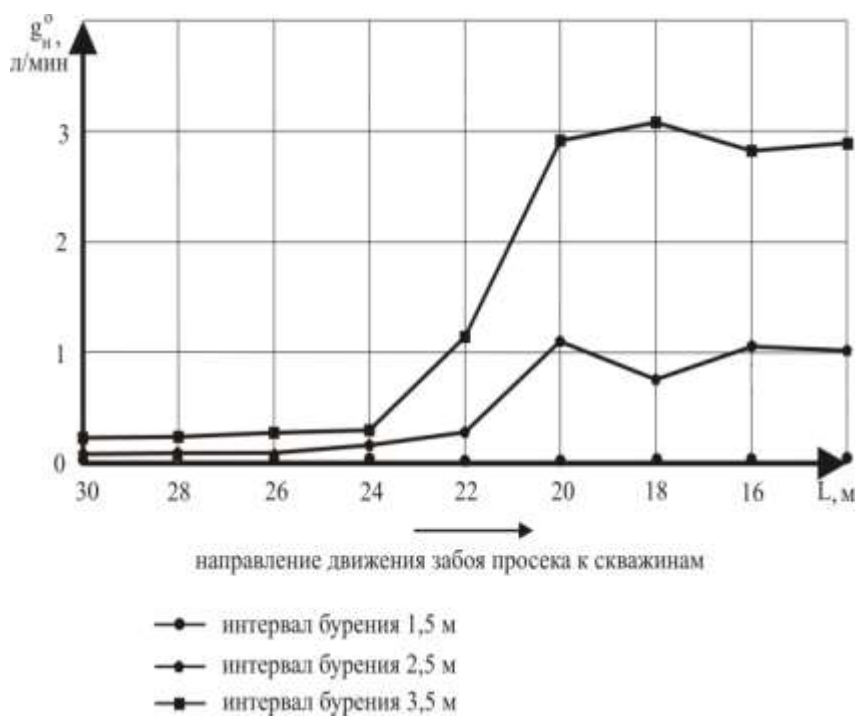


Рис. 2 - Изменение величины начальной скорости газовыделения из контрольного шпура от расстояния до технологических скважин №5 и №6.

Характер распределения начальной скорости газовыделения на интервалах

2,5 м и 3,5 м после гидродинамического воздействия на пласт через технологические скважины №5 и №6 при подвигании забоя нижнего просека не изменился. Отличие наблюдалось лишь в абсолютных значениях измеренных величин. Из рис. 2 видно, что резкое увеличение начальной скорости газовыделения происходило на расстоянии 20-22 м до технологических скважин и при дальнейших измерениях практически оставалось неизменной. Следовательно, в этом эксперименте эффективный радиус обработанного угольного массива составил 20 м.

По результатам эксперимента произведен расчет статистического геотехнологического коэффициента влияния гидродинамического воздействия на угольный массив по вышеприведенным формулам

$$k_c = \frac{6}{3,14 \cdot 20^2 \cdot 1,1 \cdot 1,4} = 0,003$$

Аналогичные исследования были проведены на участке №95-1146 м, отрабатывающим угольный пласт  $k_8$  – «Каменка – восток» полосами по падению щитовым агрегатом, шахты им. Ф.Э. Дзержинского. На нижнюю треть длины полосы №4 из промквершлага были пробурены на пласт через породы почвы две технологические скважины №1 и №2 и произведена гидродинамическая обработка угольного массива. Радиус зоны влияния технологической скважины определяли по динамике начальной скорости газовыделения. Для этого, начиная с 40 м от проектного контура вентиляционного промежуточного квершлага гор. 1026 м, через каждые 5 м подвигания щитового агрегата на расстоянии 1 м от сопряжения очистного забоя с вентиляционным гезенком в кутке по простиранию пласта бурился шпур диаметром 42-43 мм глубиной 5,0 м. Результаты измерений представлены в табл. 1.

В результате гидродинамического воздействия на пласт через скважины №1 и №2 было извлечено из скважин 13 т угля, объем выхода газа из обработанной зоны составил  $58622 \text{ м}^3$ , а коэффициент дегазации массива – 0,64.

Данные инструментальных наблюдений, приведенные в таблице 1, свидетельствуют о том, что в результате гидродинамической обработки нижней трети длины полосы №4 радиус зоны влияния скважин составил 23 м и охватывает площадь в  $3087 \text{ м}^2$ .

Фактический статистический геотехнологический коэффициент влияния гидродинамического воздействия на разгрузку угольного пласта для каждой скважины по результатам замеров составил

$$k_c = \frac{6}{3,14 \cdot 23^2 \cdot 1,13 \cdot 1,4} = 0,002$$

Таблица 1 - Характеристика газовыделения из шпуров в нижней части полосы №4

Расстояние от забоя до подошвы откаточного штрека, м	Длина шпуров, м									
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
	Начальная скорость газовыделения, л/мин									
40	0	0	0	сл.	сл.	0,25	0,50	0,69	1,10	1,25
35	0	0	0	сл.	сл.	0,30	0,69	0,69	1,10	1,25
30	0	0	0	сл.	0,23	0,45	0,72	1,00	1,50	1,70
25	0	0	сл.	0,25	0,50	1,10	1,40	1,69	1,72	1,90
23	0	сл.	0,5	1,71	2,5	3,1	3,7	3,69	3,59	3,82

Проведенные на угольном пласте  $k_8$  – «Каменка – восток» аналогичные шахтные исследования через скважины, пробуренные из промежуточных квершлагов №6, №7 и №14 подтвердили полученные результаты.

Таким образом, экспериментальным путем установлено, что величина статистического геотехнологического коэффициента влияния гидродинамического воздействия на разгрузку угольного пласта  $k_c = 0,002$  (0,2%) достаточна для получения эффективного радиуса гидродинамической обработки угольного массива при условии упорядочения напряженно-деформированного состояния зоны в течение не менее 30 сут (месячное подвигание линии очистного забоя до границы обработанной зоны).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вайнштейн Л.А., Южанин И.А., Новичихин И.А. Тихолиз А.М. Направления совершенствования технологии щитовой выемки угольных пластов, опасных по газодинамическим явлениям / Сб. науч. тр. МакНИИ: Макеевка-Донбасс, 1993. – №8. - С.4-14.
2. Горягин Л.Ф. Особенности гидрорыхления выбросоопасных угольных пластов [Текст] / Л.Ф. Горягин, Т.Я. Мхатвари, А.И. Резниченко // Уголь Украины. – 1992. - №7. – С. 51 – 53.
3. Буханцов, А.И. Изменение газоносности выбросоопасного пласта при проведении подготовительных выработок в зонах гидравлической обработки [Текст] / А.И. Буханцов, С.А. Ярунин, Ю.Г. Анпилогов // Уголь Украины. – 1992. - №1. – С. 56 – 59.
4. Колесов, О.А. Новые способы и средства обеспечения безопасности работ в шахтах [Текст] / О.А. Колесов // Уголь Украины. – 1991. - №4. – С. 4 – 12.
5. Гидродинамическое воздействие на газонасыщенные угольные пласты / А.Ф. Булат, К.К. Софийский, Д.П. Силин [и др.] – Днепропетровск: Полиграфист, 2003. – 220 с.
6. Пат. 58316 України, МПК E21F 7/00. Спосіб визначення ефективних параметрів дегазації і розвантаження вугільного пласта гідродинамічною дією / К.К. Софійський, Д.М. Житльонок, Є.Г. Барадуніну О.В. Московський, О.П. Петух, В.І. Гаврилов, В.В. Власенко (Україна). – u 2010 11020; Заявлено 13.09.2010; Опубл. 11.04.2011; Пріоритет від 11.04.2011, Бюл. № 7.- 6 с.
7. Софийский К.К. Нетрадиционные способы предотвращения выбросов и добычи угля. [Текст] / К.К. Софийский, А.П. Калфакчян, Е.А. Воробьев – М.: Недра, 1994. – 192 с.
8. Правила ведення гірничих робіт на пластах, схильних до газодинамічних явищ [Текст]: СОУ 10.1.00174088.011-2005. – [чинний від 2005-12-01]. –К.: Мінвуглепром України, 2005. – 224 с.
9. Житленок, Д.М. Развитие физико-технических основ гидродинамического воздействия на угольный массив крутых выбросоопасных пластов: автореф. дис. докт. техн. наук: 05.15.02 / Д.М. Житленок. – Донецк: ИФП, 2010. – 35 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕТОНАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В УДЛИНЕННЫХ ЗАРЯДАХ ВВ ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ

Наведені результати досліджень дії вибуху заряду ВР різної конструкції під час руйнування твердих середовищ. Встановлені характер і форма розвитку детонаційних процесів і чисельні значення швидкості детонації у цих зарядах. Оцінена їх ефективність під час руйнування твердих середовищ.

## RESEARCH OF DETONATION PROCESSES IN EXTENDED CHARGES EXPLOSIVES OF THE VARIABLE SECTION

Results over of researches of action of explosion of charge of explosives of different construction are brought at destruction of hard environments. It is set that, at of development of detonation processes changes of the form and character to the front of her changes substantially, numeral values of speed of detonation are set in these charges. Their efficiency is appraised at destruction of hard environments.

**Введение.** Эффективность действия взрыва зарядов ВВ в горных породах определяется их способностью производить полезную работу по дроблению и перемещению горной массы. Для эффективного управления действием взрыва важным является выбор конструкции заряда. Под конструкцией заряда обычно понимают совокупность таких геометрических и технологических параметров как форма заряда и зарядной камеры, месторасположение точки инициирования, комбинации применяемых ВВ, длина заряда, соотношение частей заряда, заполненных ВВ и забойкой. По геометрическому принципу удлиненные заряды разделяются на две основные группы: заряды с постоянным и переменным сечением по их высоте [1].

**Анализ состояния проблемы.** Существует три способа формирования удлиненных зарядов ВВ переменного сечения, а именно: создание в пробуренных скважинах механическим или термическим способами расширенных участков диаметром, большим диаметра первичной скважины, второй способ – это размещение в пробуренных скважинах ВВ в полиэтиленовых оболочках (рукавах) переменного сечения [1, 2] и третий – формирование внутри зарядов ВВ полостей переменного сечения, заполненных воздухом, инертным или горючим материалом [3, 4]. При этом создаются заряды с явно выраженными максимумами и минимумами энергетического потенциала. При взрыве таких зарядов возрастает роль растягивающих напряжений в разрушении горных пород, энергоемкость разрушения горных пород, которыми на два порядка ниже, чем сжимающими. Поэтому обоснование и разработка способов формирования удлиненных зарядов переменного сечения, оценка эффективности работы предлагаемых конструкций зарядов, являются актуальными.

**Цель работы** – исследование детонационных процессов в удлиненных цилиндрических зарядах переменного сечения для обоснования их рациональных параметров.