

УДК 622.831.325:532.5.013

ГЕОМЕХАНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПЛАСТЫ, СКЛОННЫЕ К ГДЯ

Гаврилов В. И.

(ИГТМ НАНУ, г. Днепропетровск, Украина)

Житлёнок Д. М.

(ГП «Дзержинскуголь», г. Дзержинск, Украина)

Наведені результати геомеханічного моніторингу привибійної частини напруженого газонасиченого пласта в процесі його видобутку. Вказано, що застосування гідродинамічної дії на вугільну полосу щитової лави дозволяє суттєво знизити основні прикмети газодинамічної активності пласта, що відпрацьовується

The results of the geomechanical monitoring are resulted at backwall part of tense gas-saturated seams in the process of his treatment. It is indicated that application of the hydrodynamic affecting coal bar of shield workface allows to reduce the basic signs of hydrodynamic activity of the seams worked

Развитие угольной промышленности в основных угледобывающих странах сопровождается перманентным ухудшением природных условий разработки, связанных с углублением горных работ и ростом опасностей в шахте, что негативно отражается на концентрации и интенсификации производственных процессов добычи угля. Одним из основных природных факторов, негативно влияющих на деятельность угольных шахт, является практически повсеместный рост газоносности угля и вмещающих пород, с которой непосредственно связаны наиболее опасные проявления сил газового и горного давления – внезапные выбросы угля, газа и породы [1].

Одним из основных факторов, вызывающих проявление внезапного выброса является горное давление, то есть напряжение, вызываемые в пласте весом вышележащих пород и снижение прочностных характеристик пласта в зонах опорного давления в очистных и подготовительных забоях. Поскольку выбросы происходят в призабойной части массива горных пород, то для понимания природы и механизма выбросов важное значение имеет изучение напряженно-деформированного и газодинамического состояния именно призабойной части массива [2].

В соответствии с изложенными положениями в ИГТМ НАН Украины были разработаны нормативные способы гидродинамического воздействия на угольный массив через подземные скважины перед вскрытием напряженных газонасыщенных угольных пластов и в процессе их отработки полосами по падению щитовыми агрегатами [3]. Сущность гидродинамического воздействия заключается в приложении к свободным поверхностям угольного пласта знакопеременных нагрузок, которые, суммируясь в некоторый момент времени с силами горного давления, направленными на преодоление предела прочности угля на разрыв, совершают работу по разрушению свободных поверхностей и образованию более широкой системы трещин в пласте, способствуя тем самым увеличению фильтрационного объема, интенсификации процесса газовыделения и перераспределения нагрузок, что приводит к снижению газодинамической активности пласта.

Цель данной статьи состоит в геомеханической оценке эффективности управления напряженно-деформированным состоянием призабойной части крутого угольного пласта, склонного к ГДЯ, при гидродинамическом воздействии на него через подземные скважины.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- обосновать технологические параметры гидродинамического способа воздействия на угольный пласт в нижней части потолкоуступной лавы;
- установить характер изменения напряженно-деформированного состояния призабойной части угольного массива в результате гидродинамического воздействия.

Местом проведения горно-экспериментальных работ выбран добычный участок № 95-1146 м шахты им. Ф. Э. Дзержинского, отрабатывающий пласт k_8 – «Каменка-восток» щитовым агрегатом.

Для производства гидродинамического воздействия на угольный пласт через породную пробку бурились две технологические скважины согласно схеме, приведенной на рис. 1.

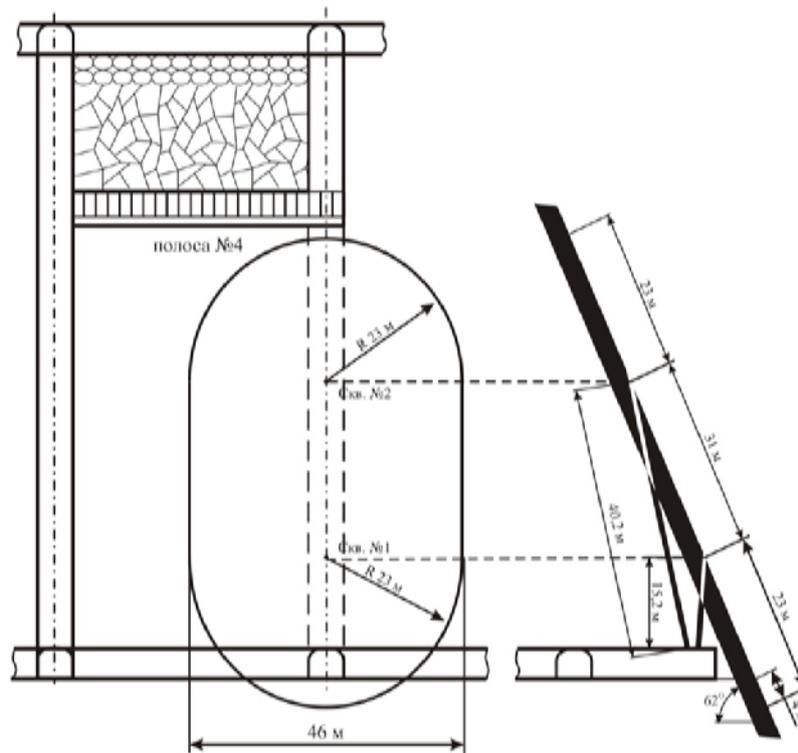


Рис. 1. Расположение скважин для гидродинамического воздействия на полосу № 4

Породная часть скважин длиной 8 м разбуривалась до диаметра 150 мм под обсадные трубы. Обсадка производилась трубами диаметром 114 мм. Общая длина труб става обсадки – 7,5 м. Выход кондуктора из скважин – 0,7 м, на нем монтировалось устройство для гидродинамического воздействия (УГВ). Герметизация скважин производилась цементно-песчаным раствором (в соотношении Ц:В:П=1:1:2) на глубину 6,8 м. Общая длина скважин составила соответственно 17,6 м и 46,6 м.

У пульта управления на исходящей струе выработки для контроля содержания метана устанавливались датчики АГЗ.

Гидродинамическое воздействие через скважины № 1 и № 2 производилось 31.05.2010 года.

Выход угля из скважины № 1 начался с 7 цикла и продолжался до конца гидродинамического воздействия. За время воздействия из скважины было извлечено 6 т угля.

Выход угля из скважины № 2 начался также с 7 цикла и продолжался до конца гидродинамического воздействия. За время воздействия из скважины было выбрано 7 т угля.

Состояние угольного массива в щитовой лаве до и после гидродинамического воздействия на угольный массив контролировалось по данным начальной скорости газовыделения g_n^0 , прочности пласта $q_{i\min}$ [3] и по кажущемуся удельному электрическому сопротивлению ρ_k .

Качественную характеристику состояния призабойной части массива до и после гидродинамического воздействия характеризует распределение кажущегося удельного электрического сопротивления ρ_k по длине шпура.

Для этого в кутковой части щитовой лавы бурится шпур диаметром 45÷50 мм и длиной 6 м. В него помещается симметричный четырехэлектродный потенциометрический зонд длиной один метр и с помощью досыльников и шахтного измерителя сопротивлений ШИИС-1 производится замер ρ_k на интервале 0,5 м. Результаты измерений приведены на рис. 2.

Согласно [4, 5] графики распределения электросопротивления по глубине угольного массива можно разбить на несколько геоэлектрических зон, параметры которых коррелируются с напряжениями, действующими в массиве. Вид графика распределения электросопротивления ρ_k по длине шпура до гидродинамического воздействия позволяет выделить четыре зоны, каждая из которых характеризуется отличительными особенностями.

Первая – зона разрушенного угля (зона отжима) распространяется от контура забоя вглубь массива на 1,2÷1,3 м. Она характеризуется развитой сетью трещин в различных направлениях. Удельное электрическое сопротивление угля в этой зоне, как

правило, высокое и снижается по мере удаления от контура забоя, что свидетельствует о повышении напряжений.

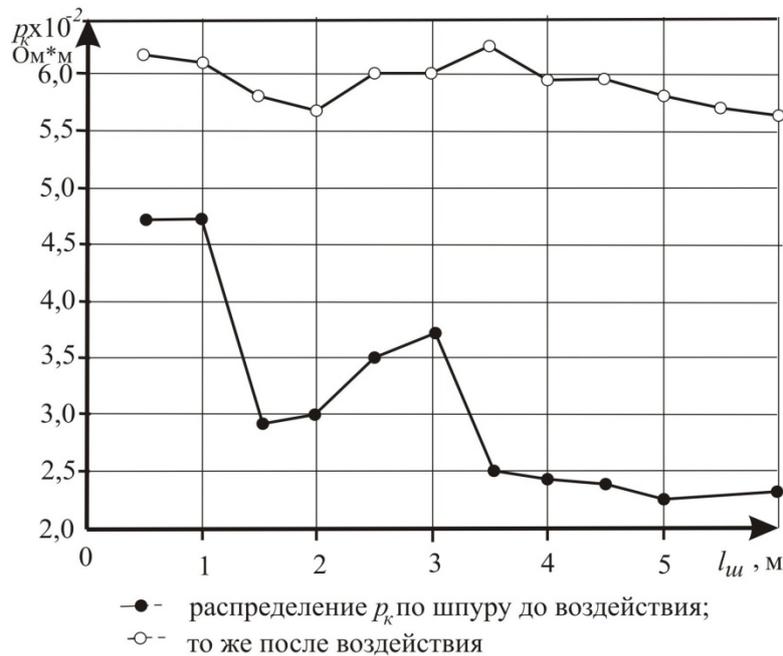


Рис. 2. Характер распределения кажущегося электрического сопротивления ρ_k по длине шпура

Вторая – зона уплотнения угольного массива распространяется вглубь массива от зоны отжима на $1,1 \div 1,2$ м. В этой зоне уголь подвержен влиянию консоли непосредственной кровли и кажущееся электрическое сопротивление значительно ниже, чем в первой зоне.

Третья – зона разуплотнения угольного массива имеет протяженность $0,7 \div 0,8$ м и характеризуется более высоким значением ρ_k . Этой зоне присуща направленная трещиноватость, ориентированная в направлении максимальных напряжений. Как видно из графика, величины кажущегося электрического сопротивления в третьей зоне меньше, чем в первой, и это свидетельствует о более высоких прочностных и деформационных характеристиках угля в третьей зоне.

Четвертая – зона повторного уплотнения угольного массива. Она плавно переходит в зону максимума опорного давления. Характерной особенностью зоны является резкое снижение кажущее-

гося электрического сопротивления угольного массива, что свидетельствует об увеличении концентрации напряжений.

После гидродинамического воздействия кажущееся электрическое сопротивление призабойной части угольного массива на всех интервалах наблюдений резко возросло за счет образования более широкой сети крупных трещин разрушения и увлажнения угля (см. рис. 2). Все геоэлектрические зоны слились в одну – зону повышенной трещиноватости, по параметрам близкую к зоне отжима.

Замер начальной скорости газовыделения вне зоны гидродинамической обработки угольного массива и в зоне обработки производился в кутке щитовой лавы на уровне 1,5 м от забоя. Для этого по простиранию угольного пласта бурится шпур диаметром 42 мм конечной длины 3,5 м. При достижении длины шпура 1 м через интервал бурения 0,5 м прибором ПГ-2МА производятся измерения начальной скорости газовыделения. Результаты измерений приведены на рис. 3.

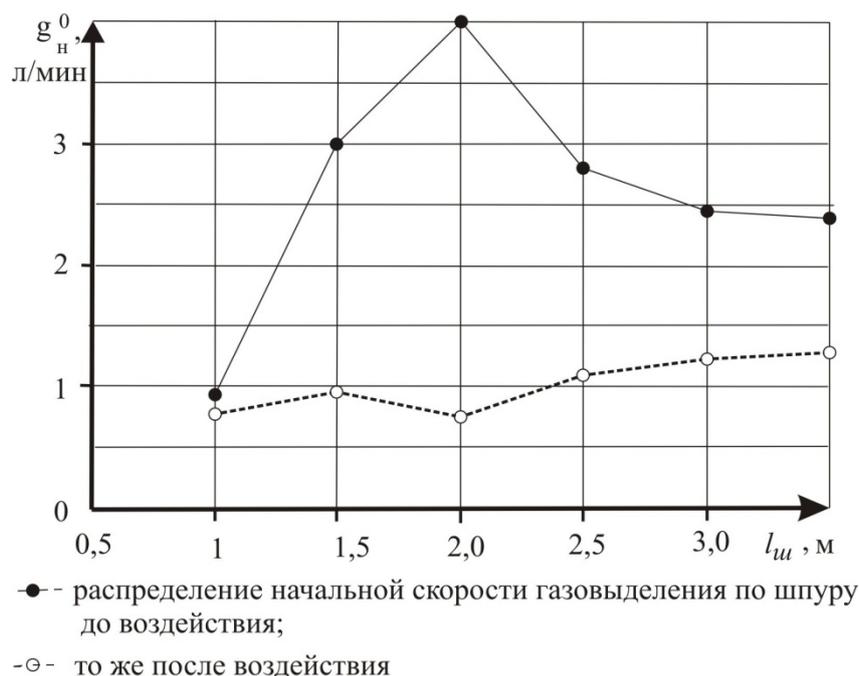


Рис. 3. Динамика изменения начальной скорости газовыделения до и после гидродинамического воздействия

Из графиков видно, что гидродинамическое воздействие на угольный массив способствует его дегазации. После воздействия

изменился характер кривой газовыделения из шпура: до глубины 3,5 м начальная скорость газовыделения плавно возрастает без образования локальных максимумов.

По мере отработки полосы № 4 производились замеры прочности угля прочностномером П-1 через каждые 10 м по падению пласта в трех точках по длине лавы:

- точка № 1 – 5 м от углеспускного гезенка;
- точка № 2 – посередине лавы;
- точка № 3 – в кутке вентиляционного гезенка.

Расчет изменчивости прочности угля f производился согласно [3, приложение Ж].

Результаты обработки данных измерений представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты обработки измерений прочности угля по полосе №4

Наименование показателей прочности угля	Точка замера № 1	Точка замера № 2	Точка замера № 3
Средняя прочность угля по падению пласта до воздействия, у.е.	80,7	79,7	78,3
Средняя прочность угля по падению пласта после воздействия, у.е.	79,8	79,3	78,0
Отклонение средних значений прочности угля, у.е.	0,9	0,4	0,3
Изменчивость прочности угля, %	1,1	0,5	0,38

Анализ таблицы 1 показывает, что изменчивость прочности угля после воздействия составляет: в точках замеров № 1 – 1,1 %; в точках замеров № 2 – 0,5 %; в точках замеров № 3 – 0,38 %, что значительно меньше 20 %.

Гидродинамическое воздействие на угольный массив щитовой лавы приводит к увеличению среднесуточной концентрации метана в исходящей струе воздуха из участка на $9,5 \div 52,4$ %, причем выход газа из вновь образованной системы трещин в пласте продолжается все время ее отработки (таблица 2). По получен-

ным исходным данным были рассчитаны элементы дегазации нижней части щитовой лавы по формулам, приведенным в [6].

Численные значения элементов дегазации и снижения газодинамической активности в обработанной зоне составили: радиус обработки – 23 м, коэффициент дегазации 0,64 при нормативном $k_d \geq 0,45$, площадь обработанной зоны – 3087 м².

Таблица 2

Результаты гидродинамической обработки полосы № 4
участка № 95

Показатели	Месяц				
	06	07	08	09	
	Сутки				
	12	18	31	31	27
Среднемесячная суточная концентрация метана на исходящей струе участка $C_{ф.с.}$, %	0,21	0,31	0,32	0,31	0,23
Фоновая среднесуточная концентрация метана на исходящей струе участка $C_{ф.ср.с.}$, %	0,21				
Разность средне суточных концентраций метана на исходящей струе участка $\Delta C = C_{ф.с} - C_{ф.ср.с}$, %	0	0,10	0,11	0,10	0,02
Количество воздуха на исходящей струе участка $Q_{и.с.}$, м ³ /сутки	662400				
Объем выхода газа из обработанной зоны $V_{ф.}$, м ³	0	11923	22588	20534	3577
		58622			
Радиус обработки $R_{ф.}$, м	23				
Площадь обработки $S_{о.}$, м ²	3087				
Расчетный объем газа в обрабатываемой зоне $V_{р.}$, м ³	95082				
Масса угля в обрабатываемой зоне, т	3087				
Расчетная масса извлечения угля из обрабатываемой зоны $M_{р.}$, т	8,64				
Фактическая масса извлеченного угля из обрабатываемой зоны $M_{ф.}$, т	13,00				
Коэффициент дегазации обработанной зоны, k_d	0,64				

Таким образом, в результате проведения гидродинамической обработки угольного пласта инициируются процессы,

направленные на увеличение фильтрационного объема и газоотдачи массива, снижения газового давления и перераспределения напряжений, изменения физико-механических свойств угольного пласта. Эти физические процессы являются основными признаками снижения газодинамической активности отработываемого пласта.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Терентьев Б.Д., Ступко Е.С. Разработка методов и способов снижения выбросоопасности угольных пластов. – ГИАБ. – 2004. – № 4. – С. 191 – 194.
2. Рассказов И.Ю., Чернышов О.И., Марач В.М. Влияние условий разработки на характер формирования техногенных полей напряжений в удароопасном массиве горных пород/Безопасность труда в промышленности, 2004. – № 8. – С. 50 – 55.
3. Правила ведення гірничих робіт на пластах, схильних до газодинамічних явищ [Текст]: СОУ 10.1.00174088.011-2005: додаток Ж. – [чинний від 2005-12-01]. – К.: Мінвуглепром України, 2005. – 224 с.
4. Паламарчук Т.А., Кириченко В.Я., Усаченко Б.М. Элементы механосинергетики породного массива. – Днепропетровск: ЧП «Ли́ра ЛТД», 2006. – 308 с.
5. Земсков А.Н., Паньков А.А. Электрометрический прогноз газодинамических явлений при добыче калийных солей/Изв. вузов. Горный журнал, 2004, № 1. – С. 8 – 14.
6. Житлёнок Д.М., Гаврилов В.И., Петух А.П. и др. Отработка элементов дегазации и снижения газодинамической активности угольного пласта l_7^6 – «Пугачёвка» гидродинамическим способом/Матеріали ІІ міжнародної конференції «Підземні катастрофи: моделі, прогноз, запобігання». – Дніпропетровськ: НГУ, 2011. – С. 78 – 84.