

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КРУТО-ПАДАЮЩИХ ПЛАСТОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА ДОНБАССА ПРИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

На основі статистичного аналізу змін параметрів вугільних пластів Центрального району Донбасу визначено позитивний вплив та перспективи застосування гідродинамічної дії при проведенні гірничих робіт.

STATISTICAL ANALYZE OF CHANGE OF THE CONDITION OF THE COAL MASSIF BY HYDRODYNAMICAL INFLUENCE

On the basis of statistical analyze researches of hydrodynamical influence on the intense gas-saturated layers processes which proceed thus in a coal-rock massif are described, and prospects of application of this way are specified by preparation, degassing and development of coal layers.

В настоящее время годовое понижение горных работ составляет 10-12 м. Работа на таких глубинах чрезвычайно сложна. Перед угольной отраслью Украины и наукой её обслуживающей стоят задачи, с которыми не сталкивались в мировой практике угледобычи.

С точки зрения общего падения экономических показателей в стране, угольная отрасль в последние годы отличалась самой низкой в мировой практике производительностью труда и самыми высокими затратами на добычу угля. Украинский уголь стал одним из самых дорогих в мире. Он вытесняется с украинского рынка, что еще более усложняет и без того непростое положение угольных предприятий [1]. Кроме экономических факторов на состояние угольной промышленности оказывают влияние условия залегания украинских угольных месторождений, не имеющие аналогов в мировой практике угледобычи.

При этом складывается ситуация про которой отработка угольных пластов сдерживается темпами их подготовки. Программой правительства предусмотрено применение технологий, обеспечивающих высокие темпы добычи угля, введение в эксплуатацию новых мощностей, строительство новых угольных горизонтов при обеспечении высокой степени безопасности ведения горных работ. Вместе с этим встают проблемы, характерные для ведения горных работ на глубоких горизонтах. Высокое горное давление и высокая газоносность угольных месторождений обуславливают огромную степень риска развязывания газодинамических явлений при проведении подготовительных и очистных работ. Большинство действующих шахт являются сверхкатегорными по газу. Газобильность основных коксующихся марок угля на глубине 800-1000 м составляет 80-100 м³/т, а на глубине 1000-1200 м она достигает 140 м³/т. Предполагалось, что по мере совершенствования техники и технологии основным принципом предотвращения выбросов станет применение специальной технологии очистных работ. Однако опыт ведения горных работ показывает, что ни применение отдельных технологических элементов, ни использование оптимального их сочетания не дает полной гарантии предотвращения внезапных выбросов угля и газа.

В плане создания новых технологий представляется весьма перспективной идея использования для разгрузки и дегазации таких отрицательных факторов газонасыщенного выбросоопасного массива как его высокое газосодержание и неоднородность, обусловленная природными и техногенными причинами. В настоящее время разработан способ гидродинамического воздействия на напряженный газонасыщенный углепородный массив, применение которого позволяет произвести разгрузку и дегазацию значительной площади массива при сравнительно небольшом объеме работ, производимом в достаточно короткие сроки. Использование этого способа особенно эффективно в условиях выбросоопасных угольных пластов, зонах ПГД и зонах геологических нарушений. Способ принципиально отличается от применяемых в настоящее время низконапорного увлажнения, гидроразрыва, гидрорыхления и гидрорасчленения.

Идея способа - инициирование управляемого процесса разрушения на заданном участке газонасыщенного угольного пласта. Известно, что газодинамические явления возникают вследствие резкого изменения напряженного состояния угольного пласта и сопровождаются частичным или полным разрушением угля, бурной десорбцией и выделением метана. Способ гидродинамического воздействия предполагает нарушение механического и газового равновесия в системе «скважина - угольный пласт» путем циклического изменения направления приложения давления в диапазоне от 2 до 4 МПа, используя при этом совокупность природных и техногенных факторов развязывания газодинамических явлений.

Способ гидродинамического воздействия на газонасыщенные угольные пласты через скважины, пробуренные из забоя - это комплекс операций, инициирующий разрушение угольного пласта и активное газовыделение, скорость которых ограничивается сечением скважины и регулируется посредством специального оборудования. Сущность процесса гидродинамического воздействия заключается в приложении к свободным поверхностям угольного пласта знакопеременных нагрузок, создаваемых подачей в пласт рабочей жидкости под давлением с последующим его сбросом. При подаче рабочей жидкости в пласт открытые поры угля заполняются водой. При этом по каналам, превышающим размеры 10^{-7} см, идет прямая фильтрация свободной воды. В момент сброса давления происходит резкое нарушение равновесия в системе и быстрое перераспределение напряжений в массиве. Жидкость и вытесняющий её газ движутся в сторону скважины. Однако скорость изменения давления в системе значительно опережает скорость обратной фильтрации, и образовавшийся градиент давления отрывает заполненный водой слой угля. Резкое падение давления в системе в момент отрыва угля, а также образование при этом новых поверхностей обнажения вызывают стремительную десорбцию метана, что в свою очередь способствует дальнейшему разрушению угля и образованию новых поверхностей. Повторение циклов изменения давления в скважине способствует развитию процессов разрушения угольного пласта и десорбции газа, вплоть до достижения процесса, так называемого «самоподдерживающегося разрушения»

Процессы разрушения угля и сопровождающей его десорбции газа продолжа-

ются до тех пор, пока перераспределение напряжений не приведет к новому равновесному состоянию на обработанном участке угольного массива, и в пласте не образуется достаточное число каналов, по которым подаваемая рабочая жидкость может свободно двигаться, не создавая сопротивления, необходимого для отрыва слоя угля от массива. По достижении такого положения процесс гидродинамического воздействия затухает. Внутри угольного массива образуется зона разупрочненного угля со значительной поверхностью обнажения, с которой десорбируется газ, при этом газовыделение продолжается в течение значительного времени.

В результате шахтных экспериментальных исследований были получены данные, позволившие изучить ряд изменений, происходящих в структуре угольного пласта при гидродинамическом воздействии, а также установить взаимозависимости между рядом параметров, которые в конечном итоге позволяют прогнозировать результаты воздействия как при разупрочнении, так и при его дегазации. С этой целью, исходя из объемов извлекаемого из скважины угля и добытого газа рассчитана удельная и общая поверхность обнажения дезинтегрированного угля, объем и радиус зоны дезинтеграции угля внутри массива, т.е. зона эффективного влияния гидродинамического воздействия. Получено статистическое уравнение, устанавливающее взаимосвязь между объемом добываемого газа и массой извлеченного из скважины угля:

$$V_j = (0,33q - 0,48)10^6,$$

где V_j - объем добытого газа, м³; q - масса извлеченного угля, т.

Параметры дезинтеграции и дегазации угольных пластов представлены в таблице 1.

Использование гидродинамического воздействия как одного из элементов технологии подготовки и отработки газонасыщенных и выбросоопасных угольных пластов представляется весьма перспективным. К настоящему времени способ опробован в условиях вскрытия более 160 крутых выбросоопасных пластов кварцшлагами; при проведении пластовых подготовительных выработок по газонасыщенным пластам (общая протяженность подготовительных выработок, проведенных с применением гидродинамического воздействия, составила 165 м); для снижения выбросо-опасности в зонах повышенного горного давления при отработке угольных пластов щитовыми агрегатами; для скважинной добычи угля из зон горно-геологических нарушений и на участках, где применение традиционной добычной техники невозможно, при этом коэффициент извлечения угля достигал 0,6.

Таблица 1 – Параметры дезинтеграции и дегазации угольных пластов при гидродинамическом воздействии

Шахта	Пласт	Газоносность χ , м ³ /т	Масса добытого угля q , т	Мощность пласта m , м	Объем добытого угля V_1^y , м ³	Объем добытого газа V_2^z , тыс. м ³	Внешняя удельная поверхность добытого угля $S_o \cdot 10^{-4}$, м ² /т	Общая поверхность добытого угля, $S_1 \cdot 10^{-5}$, м ²	Объем газа выделившегося с добытого угля V_1^z , м ³	Общая поверхность обнажения дезинтегрированного угля $S_2 \cdot 10^{-6}$, м ²	Радиус зоны дезинтегрированного угля R , м	Объем дезинтегрированного угля V_2^y , м ³	Коэффициент извлечения угля, %
«Кочегарка»	k^1_5 – «Подпяток»	15	14,0	1,30	10,0	2,7	0,80	1,2	210	1,5	5,5	125,0	8,0
		15	17,5	1,30	12,5	3,5	0,80	1,4	262	1,9	6,4	170,5	7,2
		20	7,5	1,60	5,4	3,9	0,80	0,6	150	1,6	5,3	144,0	3,8
им. Гаевого	l_4 – «Девятка»	25	14,0	1,65	10,0	6,5	2,10	2,9	350	5,4	6,0	186,2	5,4
		25	13,0	1,50	9,3	11,2	2,10	2,7	325	9,4	8,3	324,5	5,0
		25	10,5	1,30	7,5	5	2,10	2,2	262	4,2	5,9	143,1	5,3
им. Гаевого	m_3 – «Голстый»	21	15,0	1,75	10,7	4	0,75	1,1	315	1,4	5,0	137,4	7,8
		17	21,0	1,27	15,0	5,4	0,80	1,8	357	2,7	7,5	224,3	6,7
		18	30,0	1,25	21,4	5	0,90	2,7	540	2,5	7,1	198,0	10,8
им. Гаевого	k_7 – «Юльевский»	21	13,0	1,81	9,3	4,6	1,95	2,5	273	4,3	5,2	159,6	5,8
		21	19,0	2,52	13,6	4,2	1,90	3,6	399	3,8	4,2	143,0	9,7
		27	57,0	2,80	40,7	8,8	1,90	10,8	1539	15,5	8,2	591,0	17,6
им. Гаевого	l_3 – «Мазурка»	18	25,0	3,10	17,8	6	1,90	4,8	450	6,3	4,8	233,7	7,6
		18	95,0	3,00	67,8	8	1,90	18,0	1710	8,4	5,8	317,0	21,0
		15	35,0	1,12	25,0	6300	2,10	7,4	525	8,8	9,2	297,7	8,4
им. Гаевого	l_4 – «Девятка»	15	24,0	0,86	17,0	6500	2,10	5,2	360	9,1 · 10 ⁶	10,6	309,1	5,5

Таблица 1 (продолжение)

Кoeffициент извлечения угля, %	5,2	7,2	3,5	9,8	8,2	11,2	11,8	2,3	6,3	3,4
	204,8	197,7	200,1	152,9	261,5	247,2	247,2	152,0	191,0	232,5
Объем дезинтегрированного угля V_2^y , м ³	7,7	7,4	7,4	6,3	8,9	8,1	8,1	11,2	7,5	9,7
Радиус зоны дезинтегрированного угля R , м	5,2	5,0	5,1	2,6	5,5	4,4	5,8	3,8	5,4	6,5
Общая поверхность обнажения дезинтегрированного угля $S_2 \cdot 10^{-6}$, м ²	180	450	210	280	750	780	819	75	374	299
Объем газа выделившегося с добытого угля V_I^c , м ³	2,7	3,6	1,8	1,7	4,5	4,9	6,8	0,9	346	2,6
Общая поверхность добытого угля, $S_I \cdot 10^{-5}$, м ²	1,8	1,8	1,8	1,75	1,5	1,25	1,75	1,8	2,0	2,0
Внешняя удельная поверхность добытого угля $S_o \cdot 10^{-4}$, м ² /т	3,5	5,8	6	2500	7700	7000	7000	3200	6000	7500
Объем добытого газа V_2^c , тыс. м ³	10,7	14,3	7,1	10,0	21,4	27,8	27,8	3,6	12,1	9,3
Объем добытого угля V_I^y , м ³	1,10	1,15	1,15	1,20	1,05	1,20	1,20	0,38	1,08	0,79
Мощность пласта m , м	15,0	20,0	10,0	14,0	30,0	39,0	39,0	5,0	17,0	13,0
Масса добытого угля q , т	12	21	21	20	25	20	21	15	22	23
Газоносность χ , м ³ /т	Пласт	k_5 – «Пята»	l_1 – «Мазур»	k_8 – «Каменка»	l_1 – «Мазур»	k_4 – «Рудный»	l_7 – «Пугачевка»	l_7 – «Пугачевка»	l_7 – «Пугачевка»	
Шахта	«Кондратьевка»	«Юнком»	им. Гагарина	им. Ар-тема						

Следует сказать, что во всех перечисленных случаях применения гидродинамического воздействия на газонасыщенные и выбросоопасные пласты были достигнуты высокие результаты: эффективная дегазация, изменение напряженно-деформированного состояния массива в сторону уравнивания напряжений, предотвращение возможности внезапных выбросов при внедрении в выбросоопасные пласты. Способ гидродинамического воздействия имеет ряд существенных преимуществ перед применяемыми в настоящее время мероприятиями по изменению напряженно-деформированного состояния и дегазации газонасыщенных и выбросоопасных угольных пластов, а именно: сравнительно небольшое число сооружаемых скважин; значительная площадь разгрузки массива горных пород одной скважиной; широкая область применения; использование в качестве основных узлов устройства для гидродинамического воздействия оборудования, серийно выпускаемого отечественными предприятиями; компактность и малая металлоёмкость устройства, удобство его монтажа и перемещения; низкая энергоёмкость выполняемых работ.

Применение гидродинамического воздействия на газонасыщенные и выбросоопасные пласты с целью их дегазации и разгрузки показало, что способ позволяет значительно интенсифицировать процесс дегазации пласта; разгрузить обработанный участок, существенно отодвинув зону максимального опорного давления вглубь массива; разупрочнить и увлажнить уголь, понизив его крепость и пылеобразование, что позволяет значительно повысить темпы отработки, снизить энергозатраты на процесс добычи, а также повысить безопасность труда горнорабочих.

Результаты теоретических и лабораторных исследований гидродинамического воздействия на пористые среды, а также значительный объем статистических данных о его применении в условиях газонасыщенного и выбросоопасного угленосного массива показывают, что предлагаемый способ является эффективным, технологичным, достаточно универсальным для использования его с целью дегазации и изменения напряженно-деформированного состояния и, что самое главное, безопасным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булат А.Ф. О фундаментальных проблемах разработки угольных месторождений Украины / А.Ф. Булат // Уголь Украины. - 1997. - № 1. - С. 14-17.
2. Булат А.Ф. Гидродинамическое воздействие на газонасыщенные угольные пласты / А.Ф. Булат, К.К. Софийский, Д.М. Житленок [и др.] // Днепропетровск: «Полиграфист». – 2003. – 220 с.
3. Софийский К.К. Перспективы применения гидродинамического воздействия на угольные пласты / К.К. Софийский., Э.И. Мучник, Е.А. Воробьев // Уголь Украины. - 1997. - № 8. - С. 36-37.