

УДК622.831.322:622.831.325

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НАПРЯЖЕННЫЙ ГАЗОНАСЫЩЕННЫЙ УГОЛЬНЫЙ МАССИВ

Гаврилов В. И.

(ИГТМ НАНУ, г. Днепрпетровск, Украина)

Приведено аналіз результатів гідродинамічної обробки викидонебезпечних вугільних пластів перед їх розкриттям, встановлено залежності між властивостями руйнованого вугілля і режимними параметрами гідродинамічної дії.

Analysis of results of hydrodynamic processing of outburst-prone coals seams before their exposure is resulted, dependence between properties of the destroy coal and hydrodynamic impact operating conditions is established.

Анализ 21 вскрытия угольного пласта l_4^H -«Девятка», склонного к газодинамическим явлениям, в ГП «Артемуголь» на шахтах «Кочегарка», «Комсомолец», «Гагарина», «Гаевого» и в ГП «Орджоникидзеуголь» ш/у «Александровское» показал, что при прочих равных условиях (глубина разработки, газоносность, крепость, угол падения, мощность пласта, сечение вскрывающей выработки и т. д.) гидродинамическая обработка газонасыщенного пласта производилась с параметрами отличными от рекомендованных. Это касается количества технологических скважин, циклов воздействия, извлекаемого угля, градиентов давления рабочего процесса и др. Данные по вскрытиям приведены в таблице 1.

Так, на шахте «Кочегарка» при сечении вскрывающей выработки в проходке $11,2 \text{ м}^2$ угольный пласт подвергался гидродинамическому воздействию в одном случае через три технологи-

ческие скважины согласно нормативному документу СОУ 10.1000174088.011-2005, а в другом – через четыре. При сечении вскрывающей выработки в проходке 13 м² вскрытие пласта производилось на той же шахте после обработки угольного массива через четыре технологические скважины, согласно тому же нормативному документу, и через три технологические скважины.

На шахте «Комсомолец» вскрытие угольного пласта выработкой сечением в проходке 17,8 м² производилось после обработки угольного массива через шесть технологических скважин, хотя согласно нормативному документу гидродинамическое воздействие должно быть произведено через пять технологических скважин.

На шахте им. Гаевого угольный пласт был вскрыт после гидродинамической обработки через четыре технологические скважины, хотя при сечении вскрывающей выработки в проходке 20,9 м² нормативным документом предусматривается проведение воздействия через шесть скважин.

На шахте им. Гагарина вскрытие угольного пласта выработкой сечением в проходке 12,3 м² предусматривалось после гидродинамического воздействия на пласт через нормированное количество технологических скважин равное четырем, а на самом деле обработка массива производилась через три технологические скважины.

Примерно тоже наблюдается при гидродинамической обработке и других напряженных газонасыщенных угольных пластов перед их вскрытием.

Параметры рабочего процесса, к которым относятся давление рабочей жидкости в технологической скважине и давление в скважине после открытия заслонки УВГ, также имеют значительный разброс по величинам. Максимальное давление рабочей жидкости в технологической скважине колеблется от 2,5 до 8,0 МПа, а остаточное давление в скважине в момент сброса – от 0 до 4,0 МПа. При описании процесса гидродинамического воздействия на угольный массив указывается «...при достижении давления в скважине 2–7 МПа осуществляют резкий сброс давления за время, не превышающее время обратной фильтрации жидкости...» [1].

Количество циклов гидродинамического воздействия, естественно, зависит от числа технологических скважин, через которые производится воздействие на угольный массив. Невозможно сделать количественную оценку этого параметра даже для одного и того же пласта при 3 и 6 технологических скважинах. Но проанализировать количество циклов воздействия, при котором происходил устойчивый процесс саморазрушения угольного пласта при воздействии, мы в состоянии. Так вот, диапазон изменения этого параметра изменяется от 1 до 6 для угольного пласта l_4^H – «Девятка», для других газонасыщенных пластов - от 4 до 25 циклов.

Количество извлеченного угля из технологических скважин является показателем эффективности гидродинамической обработки угольного массива в сечении вскрывающей выработки и за 4-м контуром от нее. Из таблицы 1 видно, что при одном и том же сечении вскрывающей выработки и при мощности угольного пласта 1,5 м и количестве технологических скважин числом равным 3 общее количество извлеченного угля составляло от 10,5 до 40 т; при мощности пласта 0,81 и 1,12 м из 4-х технологических скважин было извлечено 9 и 35 т угля; при мощности пласта 1,3 и 1,35 м из 3-х технологических скважин было извлечено 0,5 и 7 т угля. При всем этом количество извлеченного угля из скважин является нормированной величиной. В первом случае оно составляет 12 т, во втором – 8 т, в третьем – 11 т. Как видим различия весьма существенные.

Гидродинамический способ воздействия через подземные скважины на газонасыщенные угольные пласты, склонные к ГДЯ, перед их вскрытием, позволяет значительно сократить время обработки угольного массива до 2-3 смен в зависимости от горно-геологических условий. Результаты свыше 150 вскрытий опасных по ГДЯ пластов показали его высокую эффективность и безопасность.

Реализация этого способа предусматривает бурение технологических скважин, число которых в зависимости от сечения вскрывающей выработки колеблется от 2 до 6 [2]. Таким образом, в общем объеме времени этот процесс занимает 50–85 %.

Таблиця 1
 Результаты экспериментальных исследований параметров способа гидродинамического воздействия при
 вскрытии выбросопасных крутых пластов

№ пп	Шахта, ГП	Пласт, горизонт, м	Вскрывающая выработка	Природная газоносность, м ³ /б.г.м	Угол падения, α	Крепость угля, ф.у.с.	Сечение в-ки, м ²		К-во техн. скважинных	Пластовое давление газа, МПа	Максимальное давление нагнетания, МПа,	Давление после процесса, МПа	Скорость газовых деления,			К-во выделившегося газа в процессе и после воздействия, м ³	Время воздействия, ч	К-во подготов. циклов, n	Общее к-во циклов, n _{общ}	К-во извлеченного угля, т
							S _{сп}	S _{св}					до воздействия	в процессе воздействия	после воздействия					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	20
1	Кочегарка Артемуголь	l ^к -Девятка гор. 1080	промквершлаг №3 со штреком №76	25	54 1,5	0,912,8	12,8	10,4	3 18,7	5,5 1,2 0,2	3,0	0,0	1,31	21,6	0,22	5000 180	12	5 39	5	20
2		l ^к -Девятка гор. 1080	промквершлаг с l ^с -Соленый	25	54 1,5	0,912,8	12,8	10,4	3 18,0	4,3 1,2 0,2	4,0	0,0	1,63	18,3	сл.	5500 1500	10,5	5 103	5	18
3		l ^к -Девятка гор. 970	промквершлаг	25	54 1,65	0,911,2	8,5		3 19,0	2,9 0,9 0,3	6,0	0,0	1,57	17,7	сл.	5000 1500	9,6	5 177	5	14
4		l ^к -Девятка гор. 1080	промквершлаг с пол. штреком	25	54 1,5	0,913,0	10,4		3 18,7	2,0 1,4 0,6	2,5	0,0	1,61	17,9	0,33	5000 1000	20	5 154	5	20
5		l ^к -Девятка гор. 1080	промквершлаг №3 со штреком №76	25	54 1,5	0,911,2	8,5		3 28,7	2,0 3,2 0,0	3,0	0,8	4,5	25,2	0,8	7000 4200	5	4 50	4	13

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
6		І ^п -Дев'ятка гор. 1070	промквершлаг №5 с пол. штр. №75	25	54 1,8	1,213,0	10,4	4	2,3 23,8	5,5	0,0	3,7	18,9	сл.	3000 500	24	5	19,5	
7		І ^п -Дев'ятка гор. 1080	промквершлаг №6 со штр. №78	25	54 1,5	0,913,0	10,4	4	1,0 23,8	4,5	0,0	3,9	19,6	сл.	4000 300	18	5	17	
8		І ^п -Дев'ятка гор. 1080	промквершлаг №6 со штр. №76	25	54 1,5	0,911,0	8,5	4	3,4 23,8	3,0	0,4	4,5	26,7	0,21	4000 1000	20	5	19	
9		І ^п -Дев'ятка гор. 1080	промквершлаг №6 с пол. штр №75	25	55 1,3	0,913,0	10,4	3	3,2 18,4	4,0	0,0	3,17	28,3	0,28	3500 1500	24	6	10,5	
10		І ^п -Дев'ятка гор. 1080	промквершлаг	25	54 1,5	0,913,0	10,4	3	2,5 22,0	4,0	0,5	3,8	21,2	сл.	-	-	1	13,7	
11		І ^п -Дев'ятка- восток гор. 1080	промквершлаг	25	54 1,3	0,913,0	10,4	3	0,5 23,5	6,0	0,3	-	-	сл.	500	10	80	0,5	
12		І ^п -Дев'ятка- запад гор. 1080	промквершлаг	25	53 1,35	0,913,0	10,4	3	0,9 23,5	3,0	0,0	-	-	сл.	2600 1200	12	80	7	
13		І ^п -Дев'ятка гор. 1080	промквершлаг	25	54 1,6	0,912,3	9,8	3	0,0 23,5	6,0	0,0	-	-	сл.	-	12	188	15	
14	Комсомолець Артемуголь	І ^п -Дев'ятка гор. 960	гл. квершлаг на І ^б -Соленый	9,5	64 1,6	1,017,8	13,1	6	0,0 5,6	7,0	0,0	0,25	21,8	0,1	3000 500	5,5	4	15	
15		І ^п -Дев'ятка гор. 1070	главный квершлаг	19	62 1,45	1,0 21	15,5	6	3,0 53,6	6,0	0,0	-	-	сл.	5000 2500	40	300	40	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
16	им. Гагарина Артемуголь	ІІІ-Дев'ятка гор. 975	камера опрокида №2 ств. №3	15	63 1,12	1,020,9	17,2	4	4,2 23,6	4,0	4,0	0,02 0,0 0,0	1,68	26,3	0,21	6000 300	40	6 280	35
17		ІІІ-Дев'ятка гор. 975	камера опрокида №1 ств. №3	15	60 0,86	1,023,2	17,6	6	0,4 34,9	5,0	5,0	0,0 0,0 0,0	1,62	25,1	0,34	5500 1000	24	6 180	24
18		ІІІ-Дев'ятка гор. 975	промквершлаг	15	63 0,81	1,013	8,8	4	2,5 25	4,0	4,0	0,0 0,0 0,0	1,61	25,2	0,15	3000 200	28	5 180	9
19	им. Гагарина Артемуголь	ІІІ-Дев'ятка гор. 830	промквершлаг	25	64 1,6	1,012,3	9,8	3	1,3 23,5	8,0	8,0	0,3 0,0 0,0	-	-	сл.	-	16	165	8
20		ІІІ-Дев'ятка гор. 950	главный квершлаг	25	64 1,6	1,023,3	17,3	6	0,35 44,1	4,0	4,0	0,0 0,0 0,0 0,0	-	-	сл.	-	16	165	8
21	ш/у Алекса- ндровское Орджоникид зеуголь	ІІІ-Дев'ятка гор. 740	промквершлаг	25	62 0,9	1,010,6	9,2	3	0,2 18,4	6,0	6,0	0,08 0,02 0,07	-	-	сл.	-	16	160	10

В тоже время при выполнении работ по гидродинамическому воздействию на выбросоопасные угольные пласты перед их вскрытием квершлагами и промежуточными квершлагами при отработке пластов щитовыми агрегатами полосами по падению наблюдались случаи эффективной обработки угольного массива за 4 м в зоне выработки 1-2 скважинами.

Решением Центральной комиссии по вопросам вентиляции, дегазации и борьбы с газодинамическими явлениями в шахтах угольной промышленности Украины (протокол № 51 от 23 июня 2011 г.) были проведены горно-экспериментальные работы по совершенствованию параметров гидродинамического способа воздействия на угольные пласты, склонные к газодинамическим явлениям, перед их вскрытием через подземные скважины в условиях ГП «Дзержинскуголь».

Горно-экспериментальные работы по совершенствованию параметров гидродинамического способа воздействия проводились на шахте им. Ф. Э. Дзержинского при вскрытии угольных пластов k_8 –«Каменка», m_2 –«Тонкий» и m_3 –«Толстый» горизонт 1146 м. Гидродинамическое воздействие на пласт, склонный к ГДЯ, производилось через одну скважину, пробуренную в центре вскрываемой выработки или в ее кровле с параметрами нагнетания рабочей жидкости в скважину $P_{\text{нагн.}}=5,0-6,0$ МПа, остаточным давлением после сброса 0 МПа.

В результате выполненных исследований были установлены взаимосвязи между основными параметрами разрушаемого пласта и параметрами способа.

Важным свойством угольного пласта является его природная газоносность. Ранее в работах [1, 3] отмечалось, что эффективность применения разработанных способов гидродинамического воздействия для предотвращения газодинамических явлений при вскрытии крутых выбросоопасных пластов, снижения вероятности газодинамических явлений в нижней части щитовых лав, проведения по крутым выбросоопасным пластам участковых подготовительных выработок, проведения подготовительных выработок по выбросоопасным пологим пластам, а также для интенсификации дегазации пологих угольных пластов находится в прямой зависимости от природной газоносности, которая лимити-

тируется величиной не менее $5 \text{ м}^3/\text{т}$ с.б.г.м. при вскрытии пластов и $10 \text{ м}^3/\text{т}$ с.б.г.м. при обработке нижней части угольной полосы, обрабатываемой щитовым агрегатом. Основной объем испытаний способа гидродинамического воздействия был наработан в условиях угольного пласта k_8 –«Каменка», обрабатываемого щитовым агрегатом, и в основном подтвердил это утверждение, а так же позволил уточнить характер ряда зависимостей между свойствами разрушаемого пласта и режимными параметрами способа.

Статистическая обработка результатов проведенных исследований позволила установить прямую зависимость между природной газоносностью и количеством извлеченного из скважины угля (рис. 1).

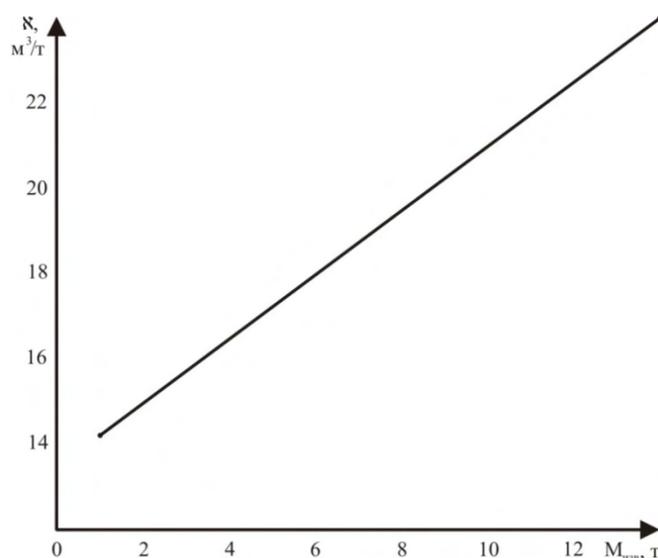


Рис. 1. Зависимость количества извлекаемого из скважины угля от природной газоносности пласта

Для угольного пласта мощностью $m = 1,1$ м эта зависимость аппроксимируется уравнением

$$M_{\text{изв}} = 1,33\chi - 17,6.$$

Природная газоносность оказывает также влияние на такой параметр гидродинамического воздействия, как количество циклов, необходимое для снижения уровня выбросоопасности в обрабатываемой зоне. Результаты экспериментов показали гипер-

болическую зависимость между этими величинами (рис. 2), описываемую уравнением

$$N = 7,9 \exp\left(\frac{16,6}{\chi}\right).$$

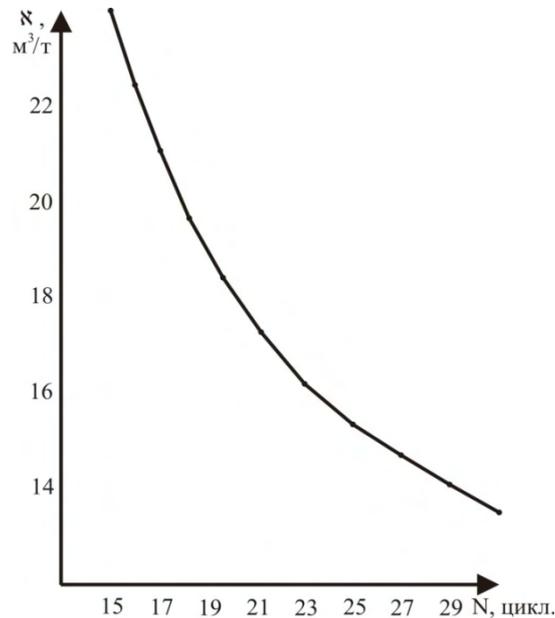


Рис. 2. Зависимость количества циклов гидродинамического воздействия от природной газоносности пласта

Уменьшение количества циклов воздействия с увеличением природной газоносности углей объясняется более интенсивной работой газа по разрушению угля.

В процессе гидродинамической обработки породугольных массивов было установлено, что для приведения их в невыбросоопасное состояние при воздействии через одну технологическую скважину необходимо извлечь из нее не менее 2 % угля, находящегося в обрабатываемой зоне. Невысокий процент извлечения угля и равномерное размещение разрушенного угля в объеме, прежде занимаемом неразрушенным углем, предотвращают образование каких-либо полостей внутри обработанной зоны. Этот факт подтверждается практикой ведения буровзрывных работ при вскрытии угольных пластов, склонных к проявлению газодинамических явлений.

Для определения объема угольного массива, обработанного гидродинамическим воздействием, установлены зависимости между радиусом эффективного воздействия $R_{эф}$ и количеством извлеченного из технологической скважины угля. В общем виде эта зависимость имеет параболический вид и описывается уравнением

$$R_{эф} = -0,04M_{изв}^2 + 1,28M_{изв} + 1,76 .$$

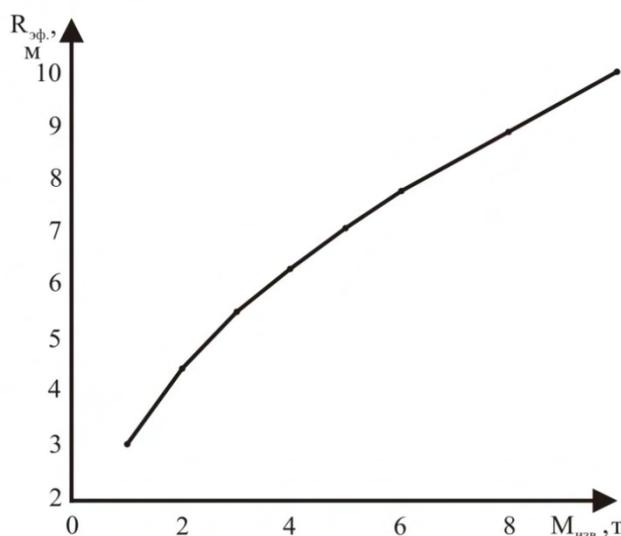


Рис. 3. Зависимость эффективного радиуса воздействия от количества извлеченного угля из скважины при вскрытии пласта

По полученным зависимостям между параметрами способа гидродинамического воздействия и угольного пласта, установленными в результате выполненных горно-экспериментальных работ по совершенствованию параметров гидродинамического способа воздействия на угольные пласты, склонные к газодинамическим явлениям, перед их вскрытием через подземные скважины в условиях шахт Центрального района Донбасса разработана номограмма определения эффективного радиуса снижения газодинамической активности газонасыщенного пласта, представленная на рисунке 4.

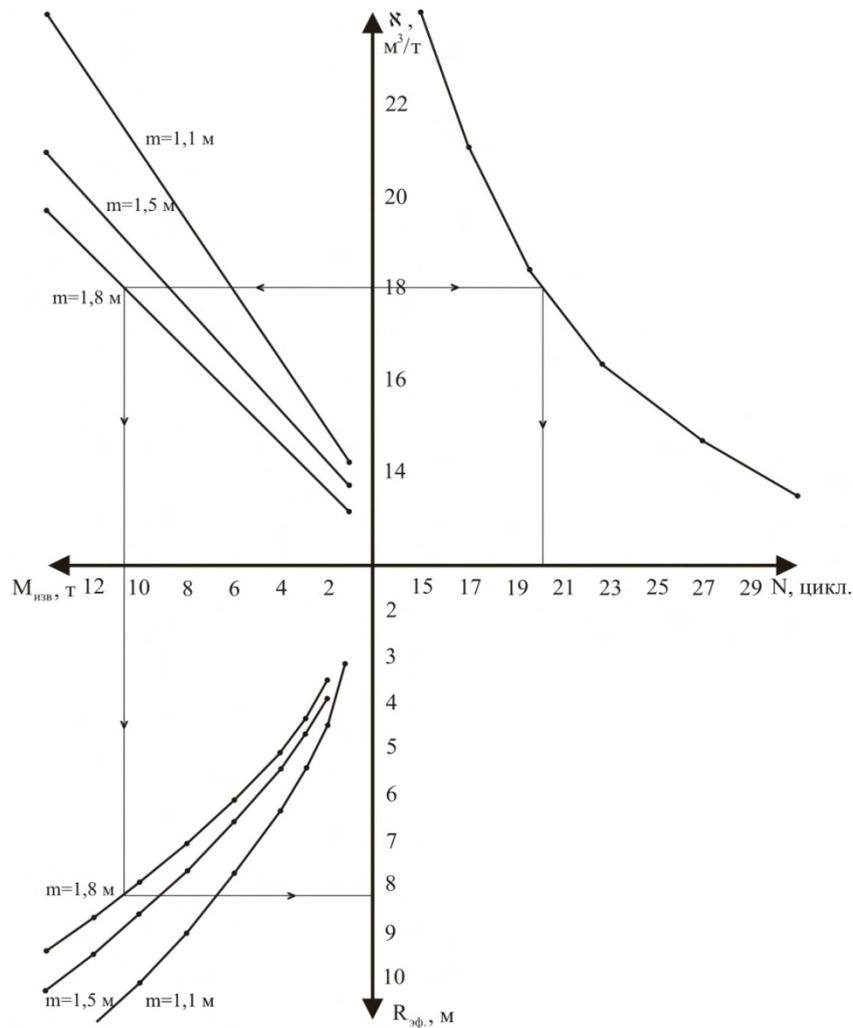


Рис. 4. Номограмма определения параметров гидродинамического воздействия в зависимости от мощности угольного пласта m и его газоносности χ

Таким образом, в результате проведенных горно-экспериментальных работ усовершенствованы параметры гидродинамического воздействия на выбросоопасный угольный пласт перед его вскрытием через одну скважину и разработана номограмма, позволяющая при величине давления подачи жидкости в скважину 5,0-6,0 МПа определять необходимое количество циклов воздействия для получения расчетного количества разрушенного угля в зависимости от изменения природной газоносности пласта, и, в конечном счете, определять радиус зоны дезинтегрированного угля при различной мощности пласта.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Софийский, К. К. Нетрадиционные способы предотвращения выбросов и добычи угля / К. К. Софийский, А. П. Калфакчиан, Е.А. Воробьев. — М. : Недра, 1994. — 192 с.
2. СОУ 10.1.00174088.011-2005. Правила ведення гірничих робіт на пластах, схильних до газодинамічних явищ: Чинний від 2005-12-01. — К. : Мінвуглепром України, 2005. — 224 с.
3. Житленок Д. М. Развитие физико-технических основ гидродинамического воздействия на угольный массив крутых выбросоопасных пластов : дис.... д-ра техн. наук : 05.15.02 : защищена 25.02.10 : утв. 15.05.10 / Д. М. Житленок. — Донецк : ИФГП НАНУ, 2010. — 436 с.