

УДК 622.457.32

ВЛИЯНИЕ ДЕГАЗАЦИИ НА ГАЗОВЫДЕЛЕНИЕ ИЗ СПУТНИКОВ

В.Д. Ашихмин (ст. науч. сотр.),

Государственное учреждение «Макеевский научно-исследовательский
институт по безопасности работ в горной промышленности», МакНИИ,
г. Макеевка

К.А. Подвигин, (аспирант, ассистент),

Научный руководитель: **Ю.Ф. Булгаков** (д-р техн. наук, проф.,
зав. каф. «Охрана труда и аэрология»)

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет»,
кафедра «Охрана труда и аэрология», ДонНТУ,
г. Донецк

Р.А. Тишин (канд. техн. наук, ст. науч. сотр.),

О.В. Плаксиенко (ст. науч. сотр.),

Государственное учреждение «Макеевский научно-исследовательский
институт по безопасности работ в горной промышленности», МакНИИ,
г. Макеевка

И.А. Оверчук (инженер)

Государственное предприятие «Ровенькиантрацит»,
г. Ровеньки

Проведены шахтные эксперименты по определению газовыделения из сближенных угольных пластов, пропластков и пород на выемочных участках с различными горногеологическими и горнотехническими условиями при нескольких режимах дегазации, установлена зависимость увеличения газовыделения из надрабатываемых угольных пластов, пропластков и пород при их дегазации скважинами. Предложено уравнение для определения коэффициента увеличения газовыделения из надрабатываемых сближенных угольных пластов, пропластков и пород при их дегазации.

Ключевые слова: сближенные угольные пласти (спутники), газовыделение, дегазация, вакуум, дебит метановыделения, коэффициент увеличения газовыделения.

Известно, что при дегазации сближенных пластов скважинами газовыделение из них возрастает. Коэффициент увеличения газовыделения, равный отношению дебита при дегазации ($I_{д.с}^1$) к дебиту без дегазации ($I_{д.с}$) находится в пределах от 1 до 4 и в среднем составляет 1,25. Считается, что возрастает газовыделение только из того спутника, на который пробурены скважины. Для каждой группы скважин значение коэффициента зависит

только от положения дегазируемого пласта, относительно разрабатываемого и определяется по формуле:

$$K_i = \frac{H_p}{H_p - H_i}, \quad (1)$$

где H_p – предельное расстояние, при котором метановыделение из сближенного пласта равно нулю, м; определялось согласно [1];

H_i – расстояние по нормали от разрабатываемого пласта до i -го спутника, м;

K_i –коэффициент увеличения газовыделения.

В настоящее время при проектировании дегазационных систем этот коэффициент принимают постоянным, равным 1,25 [1, 2].

Интересно, что до 1975 года, считали, что он увеличивает влияние вакуума [4], хотя при определении величины коэффициента значения вакуума не учитывалось. При конструировании схем дегазации необходимо иметь возможность определять метанодобываемость и эффективность скважин в зависимости от их параметров и режимов работы. Воспользоваться формулой (1), по нашему мнению, ошибочно, так как она отражает влияние вакуума. Кроме этого, в настоящее время изменилось представление о величине H_p [5], установлена новая зависимость ее от горногеологических факторов. Расчеты показывают, что для некоторых условий новая формула дает значения H_p вдвое больше, чем принималось ранее. Значение коэффициента увеличения газовыделения K_i , вычисленное по формуле (1), при этом необоснованно уменьшается.

Цель – исследование влияние дегазации на газовыделение из сближенных угольных пластов, пропластков и пород.

При исследовании зависимости коэффициента увеличения газовыделения (K_i) от горнотехнических факторов использованы результаты специально выполненных нами экспериментов.

Газовыделение из дегазируемых сближенных угольных пластов и пропластков определяется, как сумма:

$$I_{d.c}^1 = I_{d.c} + \Delta I_{c.p}, \quad (2)$$

где $I_{d.c}$ – газовыделение без дегазации, $\text{м}^3/\text{с}$;

$\Delta I_{c.p}$ – прирост газовыделения, $\text{м}^3/\text{с}$.

Разделив формулу (2) на $I_{d.c}$ получим:

$$K_i = 1 + \frac{\Delta I_{c.p}}{I_{d.c}}. \quad (3)$$

Следовательно, задача сводится к определению зависимости $(\Delta I_{c.p}/I_{d.c})$ от горнотехнических факторов. Для этого применив метод

шахтных экспериментов, заключающийся в определении газовыделения из спутников на выемочных участках с различными условиями при нескольких режимах дегазации. При каждом режиме по известным методикам [1, 2, 3, 6] измеряли дебиты метана в исходящей и поступающей вентиляционных струях участка, общий дебит метана, отсасываемого дегазационной системой.

Путём поперечных газовых съёмок определяли газовыделение из пласта [6].

Дебит метана из дегазируемых спутников вычисляли по формуле:

$$I_{д.с} = I_{исх} - I_{св} - I_{пл} + I_{ко}, \quad (4)$$

где $I_{исх}$, $I_{св}$, $I_{пл}$, $I_{ко}$ – соответственно дебиты метана в исходящей и свежей струях участка, газовыделение из пласта и общий дебит метана, отводимого дегазационной системой, м³/с.

При каждом режиме дегазации производили не менее трех измерений во всех пунктах наблюдений.

Дебит метана в скважинах, подключенных к газопроводу, вычисляли по перепаду давлений на стандартных диафрагмах и концентраций метана, определяемой лабораторным анализом проб газа. Вакуум в устьях скважин измеряли ртутными или водяными манометрами. Эксперимент длился 4 смены и начинался с того, что дегазацию выключали и через четыре часа измеряли газовыделение из спутников в горные выработки. Определенный таким образом дебит метана из спутников, принимали за исходящий, с которым сопоставляли дебиты при различных режимах дегазации.

Математическое моделирование процесса дегазации показало, что при такой методике газовыделение из спутников без дегазации получается несколько завышенным, так как часть метана, идущего из спутника по скважине, по мере приближения ее к устью уходит по трещинам в выработанное пространство. Возникшая при этом погрешность не превышает 10% и с ней приходится мириться, так как измерить долю метана, уходящего из скважины в выработанное пространство, практически невозможно [7].

При анализе зависимости прироста дебита метана от вакуума последний определялся на конце ненарушенной части скважины, вычитанием из вакуума, измеренного в устье, потерю давлений в скважине.

Ненарушенной считалась часть скважины от устья до точки пересечения её с плоскостью, перпендикулярной к пласту, проходящей через границу бутовой полосы или с плоскостью сдвижения пород, если выработка охраняется целиком. При отсутствии целиков или бутовых полос ненарушенной считалась часть скважины, обсаженная трубой.

Справедливость такого определения подтверждается выборочными измерениями длин скважин с помощью штанг. В качестве примера в

табл. 1, показаны результаты таких измерений на участке 16 западной лавы шахты «Чайкино».

Для установления зависимости увеличения газовыделения из надрабатываемых спутников и пород при их дегазации скважинами от горнотехнических условий проведено 18 экспериментов на 11 участках 8 шахт Донбасса (табл. 2).

Таблица 1 – Сравнение расчетных длин ненарушенных частей скважин с фактическими на участке 16 западной лавы шахты «Чайкино».

Скважины	Расстояние скважины от забоя, м	Длина ненарушенной части скважины, м		Относительная высота конца ненарушенной части скважины от кровли пласта, м	
		расчетн.	факт.	расчетн.	факт.
1	2	3	4	5	6
758	152	20	2,5	10	1
767	140	15	3,0	6	1
763	131	20	10,0	10	5
774	118	20	8,8	10	4
779	106	29	32,0	17	19
781	89	29	43,0	17	29
786	74	20	33,0	10	10
787	74	20	21,0	10	1
788	59	20	40,0	10	20
789	51	20	51,0	10	23
811	82	20	44,0	10	22
813	64	20	43,0	10	21
875	42	20	17,0	10	8
<i>Среднее</i>		21	27	11	13

Эксперименты показали, что даже для одного участка коэффициенты увеличения газовыделения существенно отличаются друг от друга (табл. 1). Отрицательное значение разряжения по оси абсцисс означает среднее давление в закрытых скважинах, соответствующее среднему давлению в породах на уровне концов ненарушенных частей скважин. Исходя из расчетной схемы движения метана давление на этом уровне можно представить, как произведение $r \sum l_i I_i$, каждое значение которого соответствует определённому режиму дегазации.

Анализ прироста газовыделения (рис. 1) показал, что он зависит от разряжения в скважинах (B), давления газа в подработанных породах ($r \sum l_i I_i$), удаленности концов ненарушенных частей скважин от разраба-

тыываемого пласта (h/m) и сопротивления путей движения метана к скважинам (R_{co}). Величина (R_{co}) учитывает количество скважин, газовыделение из спутников, диаметр скважин и параметр (h/m). Таким образом, прирост газовыделения характеризуется многофакторной связью.

Исходя из физических представлений и схемы движения метана прирост газовыделения можно представить в следующем виде:

$$\frac{\Delta I_{d.c}}{I_{d.c}} = A \left(\frac{h}{m} \right)^{n_1} R_{co}^{n_2} \left(B + r \sum l_i I_i \right)^{n_3} \quad (5)$$

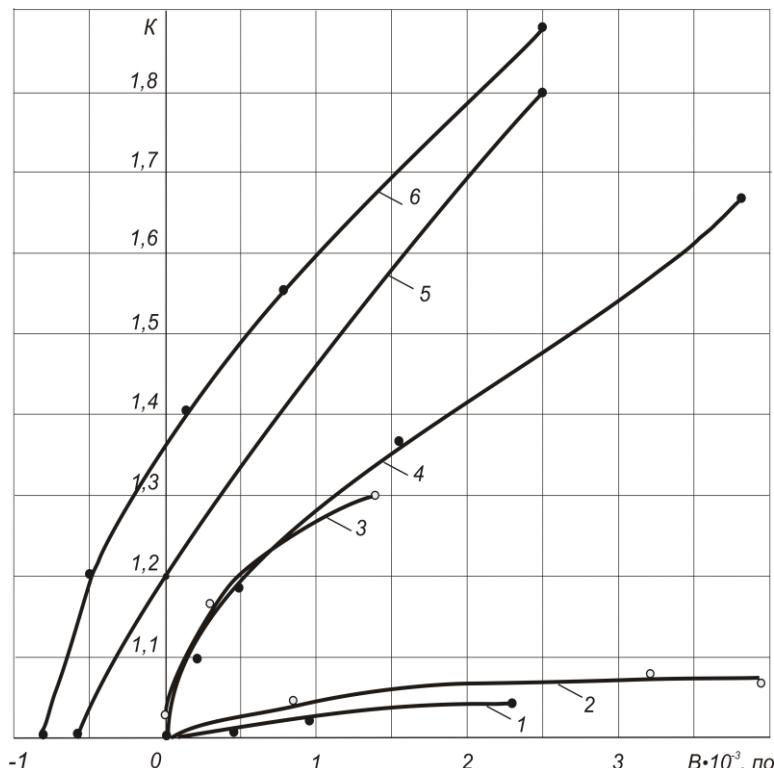


Рис. 1. Зависимость коэффициенте увеличения газовыделения из спутников от разряжения в скважинах:

- 1 – ш. им. 50-летия СССР, лава №12 ($n/m = 22,3, R_{co} = 130 \cdot 10^4$);
- 2,4,6 – ш. «Бутовская», 7 восточная лава ($n/m = 3,7, R_{co} = 50 \cdot 10^4, n/m = 22, R_{co} = 18,3 \cdot 10^4, n/m = 22, R_{co} = 13,3 \cdot 10^4$);
- 3 – ш. им 50-летия СССР, 1 уклонная лава ($n/m = 13,8, R_{co} = 33,1 \cdot 10^4$);
- 5– ш. «Рассвет», 9 бис восточная лава ($n/m = 34, R_{co} = 37 \cdot 10^4$).

Таблица 2 – Влияние дегазации на газовыделение из спутников

Производственное объединение, шахты	Лава	$\frac{h}{m}$	$R_{\text{co}} \cdot 10^{-4}$, кг/м ²	B , Па	$r \sum l_i I_i$	$I_{\text{д.с.}}^1$, м ³ /с	$I_{\text{д.с.}}$, м ³ /с	$\frac{\Delta I_{\text{д.с.}}}{I_{\text{д.с.}}}$	К	К _p , по (5.6)	К _p , по (5.8)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Макеевуголь «Чайкино»	19 западная	9,0	4,1	300	74	0,224	0,21	0,07	1,07	1,17	1,13
				820	53	0,240		0,14	1,14	1,22	1,21
				1260	44	0,247		0,18	1,18	1,25	1,26
				1720	24	0,252		0,20	1,20	1,28	1,31
Макеевуголь «Бутовская»	7 восточная	5,3	25,8	640	10	0,218	0,218	0,15	1,05	1,12	1,09
				2900	80	0,228		0,11	1,11	1,19	1,19
				8770	66	0,225		0,08	1,08	1,46	1,33
		22,0	18,3	180	24	0,187	0,100	0,07	1,07	1,15	1,11
				480	22	0,117		0,17	1,17	1,20	1,18
				1510	16	0,136		0,36	1,36	1,23	1,82
				3800	12	0,170		0,70	1,78	1,37	1,51
		22,0	13,5	160	634	0,123	0,087	0,41	1,41	1,24	1,11
				760	360	0,137		0,57	1,57	1,27	1,25
				2520	294	0,164		0,89	1,89	1,36	1,45
				3620	212	0,175		1,00	2,00	1,46	1,55
Шахтерскантрацит, «Рассвет»	9 бис восточ- ная	34,0	37,0	1420	73	0,035	0,056	0,52	1,52	1,23	1,34
				2950	63	0,101		0,80	1,80	1,36	1,48
				5400	50	0,118		1,11	2,11	1,46	1,65
Шахтерскантрацит, «Хрустальская»	7 западная	42,0	22,9	334	77	0,153	0,118	0,30	1,30	1,22	1,18
				2403	45	0,158		0,34	1,34	1,39	1,55
				3120	36	0,177		0,50	1,50	1,25	1,62

XII Всероссийская научно-практическая конференция
молодых ученых «РОССИЯ МОЛОДАЯ»
21-24 апреля 2020 г.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Макеевуголь, 1-1 бис	11 восточная	7,8	1524,5	200	161	0,074	0,072	0,03	1,03	1,05	1,82
				2230	149	0,076		0,06	1,06	1,10	1,07
				4270	133	0,077		0,07	1,07	1,10	1,09
Донецкуголь, «Глубокая»	3 западная	4,6	883,5	15840	58	0,088	0,059	0,49	1,49	1,16	1,41
				13560	61	0,087		0,47	1,47	1,15	1,39
				7450	63	0,087		0,31	1,31	1,13	1,29
				1430	68	0,064		0,08	1,08	1,08	1,13
				470	69	0,061		0,04	1,04	1,06	1,07
Макеевуголь, ш/у «Кировское»	8 панельная	5,2	23,9	412	33	0,104	0,287	0,20	1,20	1,11	1,07
				314	34	0,165		0,20	1,20	1,10	1,07
				255	34	0,097		0,12	1,12	1,09	1,06
				118	38	0,098		0,13	1,13	1,07	1,06
Краснодонуголь, им. 50 летия СССР	1 уклонная	3,7	50,8	3910	11	0,286	0,276	0,06	1,06	1,16	1,15
				3040	12	0,288		0,07	1,07	1,16	1,13
				830	13	0,281		0,04	1,04	1,10	1,07
	15,4	5,1	2210	5	0,251	0,105	1,53	2,358	1,35	1,44	
			1490	5	0,218		1,07	2,07	1,37	1,36	
			387	6	0,169		0,60	1,60	1,20	1,18	
			1737	5	0,233		1,21	2,21	1,35	1,40	
	13,8	33,1	2570	68	0,154	0,129	0,20	1,20	1,25	1,28	
			1320	101	0,167		0,30	1,30	1,21	1,20	
			310	119	0,149		0,16	1,16	1,14	1,10	
	13,0	8,1	530	68	0,196	0,129	0,52	1,52	1,20	1,17	
			960	59	0,192		0,49	1,49	1,24	1,23	
			1980	42	0,219		0,71	1,71	1,29	1,33	
	2 уклонная	9,1	3,5	470	25	0,314	0,294	0,07	1,07	1,19	1,17

**ХII Всероссийская научно-практическая конференция
молодых ученых «РОССИЯ МОЛОДАЯ»
21-24 апреля 2020 г.**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
				240	32	0,299		0,02	1,02	1,16	1,12
				170	34	0,306		0,04	1,04	1,15	1,10
				690	16	0,323		0,10	1,10	1,22	1,19
	24,6	6,7		880	5	0,183	0,123	0,48	1,48	1,30	1,34
				1080	6	0,180		0,46	1,46	1,32	1,37
				550	7	0,107		0,35	1,35	1,26	1,27
				510	5	0,181		0,47	1,47	1,30	1,34
	24,6	6,1		420	22	0,129	0,125	0,03	1,03	1,24	1,24
				430	35	0,167		0,34	1,34	1,25	1,24
				120	41	0,149		0,20	1,20	1,18	1,13
				210	33	0,145		0,16	1,16	1,20	1,17
				310	29	0,162		0,30	1,30	1,22	1,20
				650	29	0,185		0,48	1,48	1,28	1,29
	№ 29	44,7	60,0	2720	35	0,173	0,150	0,109	1,19	1,35	1,48
				1460	40	0,177		0,18	1,18	1,29	1,36
				440	45	0,163		0,12	1,12	1,20	1,19
				3130	34	0,180		0,20	1,20	1,36	1,16
	№ 12	22,3	130,0	2270	0	0,278	0,265	0,04	1,04	1,22	1,21
				970	0	0,274		0,03	1,03	1,17	1,14
				400	0	0,271		0,62	1,02	1,13	1,09

Эмпирические коэффициенты A , n_1 , n_2 , n_3 уравнения (5) определили методом наименьших квадратов и с учётом уравнения (3) получили:

$$K = 1 + 0,088 \left(\frac{h}{m} \right)^{0,36} R_{co}^{-0,19} \left(B + r \sum l_i I_i \right)^{0,32}, \quad (6)$$

Уравнение (6) хорошо описывает зависимость увеличения газовыделения из надрабатываемых спутников и пород, однако им трудно воспользоваться для решения практических задач, так как для конкретного режима дегазации заранее неизвестно количество метана (I_i) на каждом участке, пути его движения от спутников к выработанному пространству.

Из приведенных данных (табл. 2) и графиков (рис. 1) видно, что величина $r \sum l_i I_i$ на один – два порядка меньше величины разряжения в скважинах при нормальном режиме дегазации.

Поэтому ею можно принебречь и уравнение (5) представить в виде:

$$\frac{\Delta I_{д.с}}{I_{д.с}} = A^1 \left(\frac{h}{m} \right)^{n_1^1} R_{co}^{n_2^1} B^{n_3^1}. \quad (7)$$

После определения эмпирических коэффициентов A^1 , n_1^1, n_2^1, n_3^1 с учётом (3) получим:

$$K = 1 + 0,088 \left(\frac{h}{m} \right)^{0,54} R_{co}^{-0,24} B^{0,50}. \quad (8)$$

Выводы. Сравнение расчётных коэффициентов по уравнениям (6, 8) с фактическими коэффициентами увеличения газовыделения из спутников (табл. 2) показало, что эти зависимости практически равносильны. Среднеквадратичное отклонение расчетных значений (К) от фактических (К) по уравнению (6) составляет 16,1%, а по уравнению (8) – 13,7%. Это позволяет сделать вывод о возможности использования в расчётах уравнения (8).

Список литературы

1. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. – Киев, 1994. – 311 с.
2. Руководство по дегазации угольных шахт. – М.: Недра, 1990.–193с.
3. Руководство по дегазации угольных шахт. – М.: Недра, 1975.–140с.
4. Временное руководство по дегазации угольных шахт. – М.: Недра, 1967. – 75 с.
5. Савенко, Л.В. Дегазация спутников угольных пластов / Л.В. Савенко, Н.И. Озеркин. – Киев, Гостехиздат, 1963. – 185 с.
6. Руководство по производству депрессионных и газовых съемок в угольных шахтах. – М.: Недра, 1975. – 90 с.
7. «Исследование эффективности новых схем дегазации спутников и призабойного пространства на математических моделях». Отчет № 76034471, ДПИ, 1976. – 193 с.