

*Харин Е. Н.,
(Луганский областной совет, г. Луганск, Украина),
д.т.н. Антощенко Н.И.,
Душенко Е. В.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

О МЕТОДИКЕ ПРОГНОЗА ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ ИЗ ПОДРАБОТАННЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Проведено исследование влияния скорости подвигания очистного забоя на изменение абсолютной и относительной газообильностей выемочных участков при их отработке в разных горно-геологических и горно-технических условиях. Установлена целесообразность непосредственного определения абсолютного газовыделения для условий конкретного выемочного участка без предварительного расчета относительной газообильности.

Ключевые слова: *газовыделение, скорость подвигания очистного забоя, прогноз, выемочный участок.*

Проведено дослідження впливу швидкості посування очисного вибою на зміну абсолютної і відносної газовості виїмкових ділянок при їх відпрацюванні у різних гірничо-геологічних та гірничо-технічних умовах. Встановлено доцільність безпосереднього визначення абсолютного газовиділення для умов конкретної виїмкової ділянки без попереднього розрахунку відносної газовості.

Ключові слова: *газовиділення, швидкість посування очисного вибою, прогноз, виїмкова ділянка.*

Один из методов современного прогноза газовыделения из подработанных угольных пластов [1] основан на применении зависимостей соотношения расчетного и фактического уровней газовыделения. В качестве основных влияющих факторов приняты планируемая нагрузка на очистной забой или скорость его подвигания. Для всего многообразия горно-геологических и горно-технических условий Донбасса применяются уравнения с усредненными и одинаковыми коэффициентами, что вносит определенные погрешности в точность производимых расчетов. Сравнительная оценка соответствия расчетных значений газовыделения фактическому его уровню, установленному на основании экспериментальных наблюдений за весь период отработки выемочных участков, до

настоящего времени не проводилась. Достоверность прогнозируемых результатов в значительной степени определяет безопасную отработку газоносных угольных пластов, что указывает на актуальность рассматриваемого вопроса как для угледобывающих предприятий, так и может служить подтверждением правильности научных подходов к решению рассматриваемой проблемы.

Идея работы состоит в установлении влияния основных факторов на изменение абсолютной и относительной газообильностей выемочных участков при их отработке в разных горно-геологических и горно-технических условиях за длительный период времени. По аналогии с методикой [1] предполагалось изучение изменения абсолютной и относительной газообильностей горных выработок при изменении соотношения между планируемой и фактической нагрузкой на очистной забой или скоростями его подвигания.

К анализу привлекли известные из литературных источников [2,3] экспериментальные данные и результаты, полученные при отработке высокогазоносного пласта l_2^g шахтой им. газеты «Известия». Условия выемки угольных пластов приведены в таблице 1. Они отличались степенью метаморфизма ($v^{daf} = 5,0 - 37,3$ %, марка угля от Г до А), газоносностью ($x = 6,0 - 30$ м³/т. с. б. м.), мощностью разрабатываемых пластов ($m = 0,90 - 2,00$ м), длиной лав ($L = 200 - 270$ м), а также расположением и мощностью сближенных пластов и их газоносностью. Диапазон изменения указанных параметров характерен для большинства шахт Донбасса. Суточная добыча и скорость подвигания каждого очистного забоя в рассматриваемые периоды отработки выемочных участков изменялась до десяти раз. Статистическую обработку произвели по среднемесячным данным. Обоснованность такого подхода приведена в работе [4].

Для каждого выемочного участка определили экспериментальные зависимости добычи угля, абсолютного и относительного газовыделения от скорости подвигания очистного забоя. Зависимость добычи угля (A) от скорости подвигания очистного забоя ($v_{оч}$) для каждого отдельного объекта носит практически функциональный прямопропорциональный, но сугубо индивидуальный характер. Исходя из физических представлений:

$$A = m \cdot L \cdot \gamma \cdot v_{оч} = K_1 \cdot v_{оч}, \quad (1)$$

где m – вынимаемая мощность разрабатываемого пласта;

L – длина лавы; γ – удельный вес угля;

K_1 – коэффициент пропорциональности.

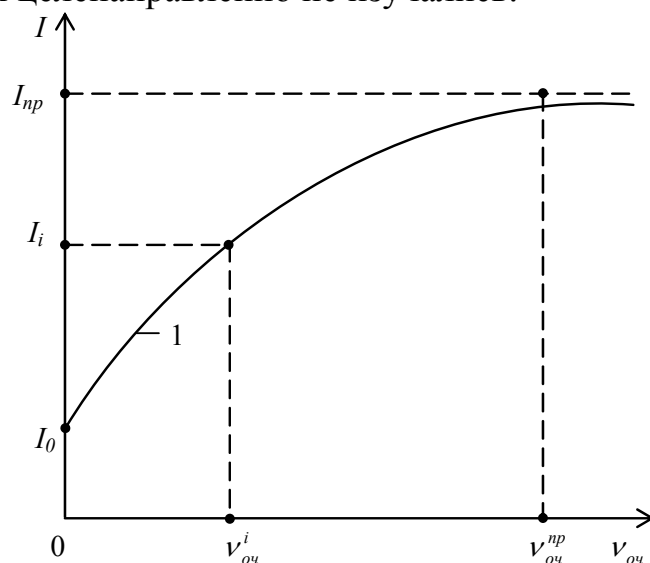
Таблица 1 – Сведения о горно-геологических и горно-технических условиях отработки выемочных участков

Шахта, лава, пласт	Горно-геологические и горно-технические условия					Диапазон изменения средне- месячной добычи A , т/сут	Диапазон измене- ния скорости под- вигания очистных забоев $v_{оч}$, м/сут	Приме- чания
	Мощ- ность пласта m , м	Длина лавы L , м	Выход лету- чих ве- ществ v^{daf} , %	Газонос- ность x , м ³ /т.с.б.м	Мар- ка угля			
«Красно- лиманская», 3-я южная, l_3	2,0	204	37,3	6*	Г	467 – 4186	0,8 – 6,6	Соглас- но дан- ным [2]
им. А. Ф. За- сядько, 16-я восточная, m_3	1,6	270	30,0	20	Г	402 – 2826	0,6 – 4,4	Соглас- но дан- ным [3]
им. газеты «Известия», 8- я западная ла- ва, l_2^a	0,9	200	5,0	30	А	0 – 1327	0,0 – 4,4	
им. газеты «Известия», 9- я западная ла- ва, l_2^a	0,9	240	5,0	30	А	0 – 937	0,0 – 2,3	

* - газоносность на кромке свежееобнаженного забоя

Значения коэффициента K_I в одних горно-геологических условиях для разных выемочных участков могут существенно отличаться между собой по причине разной длины лав, таблица 2.

В общем случае зависимость абсолютного газовыделения I от скорости подвигания очистного забоя $v_{оч}$ исходя из теоретических положений [4], должно стремиться к своему некоторому предельному значению I_{np} и описываться криволинейной зависимостью, рисунок 1. Статистическая обработка экспериментальных данных показала, что в диапазоне достигнутых скоростей подвигания очистных забоев, эти зависимости хорошо описываются прямолинейными уравнениями. В рассматриваемом случае коэффициенты корреляции находились в диапазоне 0,838 – 0,997, таблица 2. Свободные члены в уравнениях (6 – 9) свидетельствуют о наличии газовыделения после остановки очистных забоев. Очевидно, для разработки достоверного прогноза газовыделения из подрабатываемых угольных пластов и пород, необходимо знать значения I_{np} и I_0 . Зависимости этих параметров от влияющих факторов до настоящего времени целенаправленно не изучались.



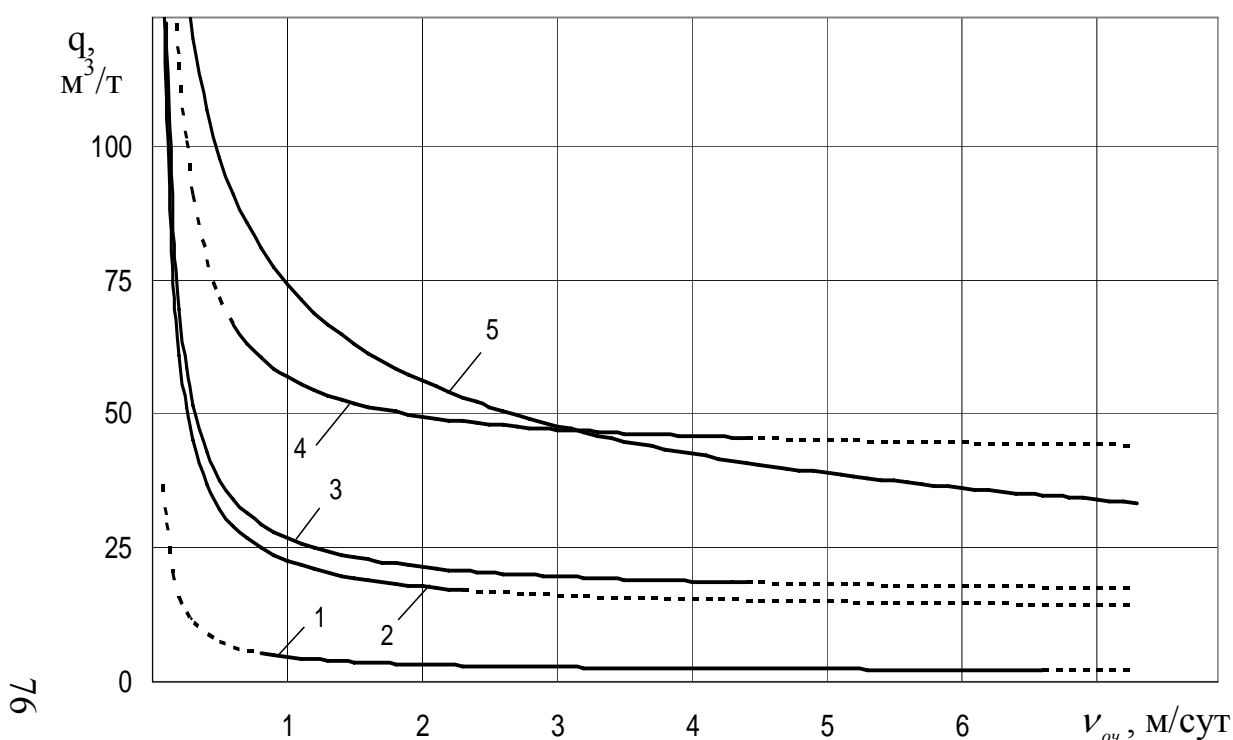
I_{np} - предельный уровень газовыделения, который может быть достигнут при отработке выемочного участка; $v_{оч}^{np}$ - скорость подвигания очистного забоя, при которой достигается уровень газовыделения близкий к I_{np} ; I_0 - газовыделение при остановленном очистном забое; I_i - текущий уровень газовыделения при скорости подвигания $v_{оч}^i$; 1 - кривая зависимости $I = \varphi_2(v_{оч})$.

Рисунок 1 – График теоретической зависимости абсолютного газовыделения из подработанных угольных пластов и пород (I) от скорости подвигания очистного забоя ($v_{оч}$)

Таблица 2 – Результаты статистической обработки среднемесячных экспериментальных данных

Шахта, лава, пласт	Результаты статистической обработки					Уравнения относительной газообильности $q = \frac{I}{A} = \frac{\varphi_2(v_{oc})}{\varphi_1(v_{oc})}$, м ³ /т
	Количество обработанных среднемесячных данных	Зависимости $A = \varphi_1(v_{oc})$		Зависимости $I = \varphi_2(v_{oc})$		
		Уравнения регрессии, т/сут	Коэффициент корреляции, r	Уравнения регрессии, м ³ /мин	Коэффициент корреляции, r	
«Краснолиманская», 3-я южная, l_3	6	$A = 615 \cdot v_{oc} (2)$	0,999	$I = 0,75 \cdot v_{oc} + 1,2 (6)$	0,997	$q = \frac{2,8}{v_{oc}} + 1,8 (10)$
им. А. Ф. Засядько, 16-я восточная, m_3	19	$A = 646 \cdot v_{oc} (3)$	1,000	$I = 18,95 \cdot v_{oc} + 6,6 (7)$	0,838	$q = \frac{14,7}{v_{oc}} + 42,2 (11)$
им. газеты «Известия», 8-я западная, l_2^e	11	$A = 324 \cdot v_{oc} (4)$	1,000	$I = 3,63 \cdot v_{oc} + 2,4 (8)$	0,897	$q = \frac{10,7}{v_{oc}} + 16,1 (12)$
им. газеты «Известия», 9-я западная, l_2^e	14	$A = 389 \cdot v_{oc} (5)$	1,000	$I = 3,51 \cdot v_{oc} + 2,6 (9)$	0,881	$q = \frac{9,6}{v_{oc}} + 13,0 (13)$

Согласно действующему нормативному документу [1] в расчетах используется относительная метанообильность горных выработок. Она соответствует количеству газа, выделяющегося из источников при добыче одной тонны угля. Экспериментальные уравнения (10 – 13), описывающие эти зависимости, определили путем деления уравнений 6 – 9 вида $I = \varphi_2(v_{оч})$ на уравнения 2 – 5, характеризующие зависимости $A = \varphi_1(v_{оч})$ для каждого выемочного участка, таблица 2. Уравнения (10 – 13) являются равнобочными гиперболой с асимптотами $v_{оч} = 0$ и свободными членами, к значениям которых приближается относительное газовыделение при больших скоростях подвигания очистных забоев, рисунок 2.



- 1 – шахта «Краснолиманская», 3-я южная лава, пласта l_3 ;
 2 – шахта им. газеты «Известия», 9-я западная лава пласта l_2^6 ;
 3 – шахта им. газеты «Известия», 8-я западная лава пласта l_2^6 ;
 4 – шахта им. А. Ф. Засядько, 16-я восточная лава, пласта m_3 ;
 5 – прогнозируемая зависимость [1] для условий шахты им. газеты «Известия».

Рисунок 2 – Экспериментальные и прогнозируемая зависимости относительной газообильности (q) от скорости подвигания очистных забоев ($v_{оч}$)

Расположение экспериментальных кривых 1 – 4 свидетельствует о существенном отличии зависимостей $q = \frac{\varphi_2(v_{оч})}{\varphi_1(v_{оч})}$, полученных в разных горно-геологических и горно-технических условиях.

Горно-геологические и горно-технические условия при определении относительного газовыделения q_{cni} из i – го сближенного пласта согласно [1] учитываются зависимостью:

$$q_{cni} = 1,14v_{оч}^{-0,4} \frac{m_{cni}}{m_g} (x_{cni} - x_{oi}) \left(1 - \frac{M_{cni}}{M_p} \right), \quad (14)$$

где m_{cni} – суммарная мощность угольных пачек i – го сближенного пласта, м;

m_g – вынимаемая полезная мощность разрабатываемого пласта, м;

x_{cni} – природная метаноносность i – го сближенного пласта, м³/т;

x_{oi} – остаточная метаноносность i – го сближенного пласта после его подработки, м³/т;

M_{cni} – расстояние по нормали между разрабатываемым и i – м сближенным пластом, м;

M_p – расстояние по нормали между разрабатываемым и сближенным пластами, при котором метановыделение из последнего практически равно нулю, м.

На основании уравнения (13) общее относительное газовыделение q из всех подработанных пластов для выемочного участка можно представить зависимостью:

$$q = K_2 \cdot v_{оч}^{-0,4}, \quad (15)$$

где K_2 – коэффициент пропорциональности, учитывающий горно-геологические условия эксплуатации выемочного участка:

$$K_2 = \sum_{i=1}^n 1,14 \frac{m_{cni}}{m_g} (x_{cni} - x_{oi}) \left(1 - \frac{M_{cni}}{M_p} \right), \quad (16)$$

где n – количество сближенных подрабатываемых пластов.

Уравнения (10 – 13) для расчета относительного газовыделения q получены на основании экспериментальных данных. По своему виду они несколько отличаются от применяемого для определения этого параметра уравнения 15. Сравнивая между собой результаты расчетов q по указанным уравнениям для одних горно-геологических и горно-технических условий можно установить соответствия положений, принятых при построении уравнения 14. Для этого по уравнению 16 определили коэффициент $K_2 = 74,12$, характеризующий горно-геологические

условия шахты им. газеты «Известия», таблица 3. Согласно [1] остаточная газоносность антрацитовых пластов (x_{oi}) принята $8,7 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м.}$. Предельное расстояние M_p согласно расчетам равно 429 м , что превышает глубину ведения работ (300 м). Это свидетельствует о несоответствии положений, заложенных в методику расчета параметра H_p и указывает на необходимость ее корректировки.

Зная для условий шахты им. газеты «Известия» расчетное значение коэффициента K_2 , используя уравнение (15), построили график рассматриваемой зависимости, рисунок 2. По характеру эта зависимость близка к экспериментальным кривым 1 – 4, но расчетные значения относительной газообильности в несколько раз превышают значения q , экспериментально определенного в условиях шахты им. газеты «Известия».

Таблица 3 – Горно-геологические сведения о подрабатываемых пластах в условиях шахты им. газеты «Известия»

Геологический символ пластов	$M_{cni}, \text{ м}$	$m_{cni}, \text{ м}$	$x_{cni}, \text{ м}^3/\text{т.с.б.м}$	$x_{cni} - x_{oi}, \text{ м}^3/\text{т.с.б.м}$	$\left(1 - \frac{M_{cni}}{M_p}\right) \frac{m_{cni}}{m_e}$	$1,14 \frac{m_{cni}}{m_e} (x_{cni} - x_{oi}) \times \left(1 - \frac{M_{cni}}{M_p}\right)$
б/н	258	0,13	17,5	8,8	0,06	0,60
б/н	248	0,40	17,5	8,8	0,20	2,01
l_6	167	0,93	32,0	23,3	0,66	17,53
б/н	152	0,10	32,0	23,3	0,07	1,86
l_5	117	0,15	32,5	23,8	0,13	3,53
б/н	113	0,10	32,5	23,8	0,08	2,17
l_4	71	0,85	36,0	27,3	0,80	24,90
l_3	30	0,90	29,0	20,3	0,93	21,52
l_2^e	-	0,90	-	-	-	$\sum 74,12$

87

На основании анализа экспериментальных данных о газовыделении в горные выработки, полученных в разных горно-геологических и горно-технических условиях за длительные периоды эксплуатации выемочных участков, сравнения их с результатами современного прогноза газовыделения из подрабатываемых угольных пластов и пород, следуют важные для науки и производства выводы:

– в одних горно-геологических и горно-технических условиях главными влияющими факторами, определяющими газовыделение из

подрабатываемого массива, являются функционально связанные между собой добыча угля и скорость подвигания очистного забоя. Зависимость абсолютного и относительного газовыделений от этих факторов носит сугубо индивидуальный характер для каждого выемочного участка, что не в полной мере учитывается действующим нормативным документом;

– определение относительного газовыделения согласно нормативному документу приводит к существенному отклонению от экспериментально определенных величин, что в значительной степени связано с погрешностями определения предельного расстояния, от разрабатываемого пласта, на котором происходит газовыделение;

– для разработки методики достоверного прогноза газовыделения для каждого выемочного участка необходимо предварительно знать предельно максимальное абсолютное газовыделение и его значение после остановки очистного забоя, а также параметры зависимости метановыделения от интенсивности отработки выемочного участка;

– достоверное определение относительного газовыделения возможно только после установления его абсолютного значения, что приводит к потере практического смысла расчета этого параметра, так как конечной целью прогноза является установление абсолютного уровня метановыделения;

– до настоящего времени практически неизученными остаются предельно максимальное газовыделение и его изменение после остановки очистного забоя. Величины этих параметров непосредственно связаны с исходными запасами газа в источниках его выделения и процессами десорбции метана во времени;

– при достигнутых скоростях подвигания очистных забоев (до 10 м/сут) в расчетах абсолютного газовыделения можно использовать прямолинейные зависимости от этого фактора.

79

Библиографический список

1. *Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт / ред. кол.: С.В. Янко [и др.] ; под ред. С.В. Янко. – Киев : Основа, 1994. – 311 с.*

2. *Ярембаш И.Ф. Метановыделение в лаве с нагрузкой более 5000 т в сутки / И.Ф. Ярембаш, В.И. Бескровный, С.П. Фищенко, А.Е. Блудов // Уголь Украины. – 1969. – № 4. – С. 37 - 39.*

3. *Бокий Б. В. Перспектива извлечения метана из техногенных скоплений / Б. В. Бокий, О. И. Касимов. - Уголь Украины, 2005. – № 5. – С. 17 – 21.*

4. *Геомеханические процессы и прогноз динамики газовыделения при ведении очистных работ в угольных шахтах / Н. И. Антощенко, В. Н. Окалелов, В. И. Павлов [и др.]. – Алчевск: Дон ГТУ. – 2010. – 449 с.*

Рекомендована к печати д.т.н. Окалеловым В.Н.