

Расчетное значение максимально допустимой скорости подачи комбайна по газовому фактору $V_{к.мах}$, получаемое для очистных забоев в конкретных горно-геологических и горнотехнических условиях, по выражению (4), не следует превышать при комбайновой выемке угля в лавах газовых шахт. Это позволит обеспечить безопасные атмосферные условия при выемке угля в очистных забоях газовых угольных шахт.

Зависимость (4) рекомендуется для определения максимально допустимой скорости подвигания комбайна по газовому фактору $V_{к.мах}$ при выемке угля в очистных забоях газовых угольных шахт.

Библиографический список

1. НПАОП 10.0 – 1.01 – 05 Правила безопасности в угольных шахтах. – Киев, 2005. -398с.
2. В. А. Стукало. К вопросу определения максимально допустимой по газовому фактору нагрузки на очистной забой / Стукало В. А., Фролов О. В. // Проблемы экологии. – 2000. – №1. – С.71-75.
3. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. – Киев, 1994. – 311с.

Надійшла до редакції 22.09.2009

У статті пропонується формула для розрахунку швидкості переміщення комбайна при вийманні вугілля в очисному вибої газової шахти.

Ключові слова: швидкість, переміщення, комбайн, виймання, вугілля, газ, метан, фактор, розрахунок, формула

The author of the article suggests the formula for calculating mining combine movement speed which is permissible on gas factor, when coal is extracted from pit face of the mine with high gas content.

Key words: speed, travel, combine, mining, coal, gas, methane, factor, calculation, formula

УДК 622.814:622.807

В. А. СТУКАЛО (канд. техн. наук., проф. ДонНТУ)
Н. Н. ПШЕНИЧНЫХ (магистрант Доннту)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ НИЖНЕГО ПРЕДЕЛА ВЗРЫВЧАТОСТИ ОТЛОЖИВШЕЙСЯ НА СТЕНКАХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ ОТ ВЫХОДА ЛЕТУЧИХ ВЕЩЕСТВ И ЗОЛЬНОСТИ

В статье дано математическое описание зависимости нижнего предела взрывчатости отложившейся на стенках горных выработок угольной пыли в зависимости от содержания летучих веществ и зольности пыли.

Ключевые слова: описание, зависимость, предел, взрывчатость, стенка, выработка, пыль, содержание, вещество, зольность

Ранее [1] была получена расчетная зависимость для определения величин нижнего предела взрывчатости угольной пыли, отложившейся на стенках горных выработок, в зависимости от содержания выхода летучих веществ в диапазоне от 15 до 30% и зольности пыли от 0 до 30%. Однако, как видно из нормативного документа [2], на угольных шахтах стран СНГ разрабатываются угольные пласты и с иными значениями выхода летучих веществ и зольности, при которых угольная пыль является взрывчатой.

Для математического описания зависимости нижнего предела взрывчатости отложившейся на стенках горных выработок угольной пыли ($\delta_{отл}$, г/м³) от выхода летучих веществ (V^{daf} , %) и зольности пыли (A^d , %) рассмотрим такие диапазоны

изменения этих параметров: а) $15 \leq V^{daf} \leq 30\%$; $30 \leq A^d \leq 45\%$; б) $30 \leq V^{daf} \leq 45\%$; $0 \leq A^d \leq 30\%$; в) $30 \leq V^{daf} \leq 55\%$; $30 \leq A^d \leq 45\%$.

Для нахождения зависимости $\delta_{отл.п} = f(V^{daf}; A^d)$ при $15 \leq V^{daf} \leq 30\%$ и $30 \leq A^d \leq 45\%$ составим таблицу 1 из значений $\delta_{отл.т}$ «Каталога шахтопластов по взрывчатым свойствам угольной пыли» [2].

Таблица 1

Данные о $\delta_{отл.т}$ при $15 \leq V^{daf} \leq 30\%$ и $30 \leq A^d \leq 45\%$

$V^{daf}, \%$	$A^d, \%$	$\delta_{отл.т}, \text{Г/М}^3$	$V^{daf}, \%$	$A^d, \%$	$\delta_{отл.т}, \text{Г/М}^3$
1	2	3	4	5	6
15,7	42,6	124	25,3	40,4	64
17,4	32,4	108	25,4	30,3	63
18,0	35,0	103	25,6	30,8	62
18,9	30,9	97	26,0	36,8	60
19,9	30,8	90	26,2	30,3	60
20,0	37,3	90	26,2	38,2	60
20,2	40,1	88	26,8	31,0	57
20,3	38,3	88	27,4	35,3	56
20,3	37,8	88	27,6	32,2	54
21,9	31,7	79	27,7	36,1	54
22,2	36,7	77	27,9	34,6	53
22,3	33,0	77	28,1	38,5	53
23,0	30,7	74	29,2	31,1	50
23,9	32,3	69	29,2	32,1	50
24,8	29,2	65	29,6	30,9	49
25,1	33,4	64	29,7	31,5	48
25,1	38,1	64			

Анализ данных о величине $\delta_{отл}$ из «Каталога...» [2] при $15 \leq V^{daf} \leq 30\%$ и $30 \leq A^d \leq 45\%$ показывают, что величина $\delta_{отл}$ в этом диапазоне параметров V^{daf} и A^d зависит только от выхода летучих веществ.

Представим зависимость $\delta_{отл}$ от V^{daf} в виде уравнения

$$\delta_{отл} = a \cdot \exp(-b \cdot V^{daf}) \quad (1)$$

Прологарифмировав выражение (1), получим

$$\lg \delta_{отл} = \lg \alpha - b_1 \cdot V^{daf} \cdot \lg e \quad (2)$$

Как показала проверка взаимосвязь между $\lg \delta_{отл}$ и $V^{daf} \cdot \lg e$ являются линейной, поэтому выражение (1) верно отражает зависимость $\delta_{отл}$ от V^{daf} . Для нахождения значений коэффициентов a и b используем метод наименьших квадратов.

С учетом значений величин $\delta_{отл}$ и V^{daf} составим систему уравнений

$$\sum \lg \delta_{отл} = 21 \cdot \lg \alpha - b \cdot \sum V^{daf} \cdot \lg e \quad (3)$$

$$\sum (V^{daf} \cdot \lg e \cdot \lg \delta_{отл}) = \sum V^{daf} \cdot \lg e \cdot \lg \alpha - b \cdot (\sum V^{daf} \cdot \lg e)^2.$$

Решение этой системы уравнений произведено с учетом значений комплексов взятых из таблицы 2.

Тогда система уравнений (3) примет вид

$$62,384 = 34 \cdot \lg \alpha - 357,20291 \cdot b$$

$$649,432355 = 357,20291 \cdot \lg \alpha - 3843,4682 \cdot b$$

Определим значения коэффициентов a и b

$$\lg \alpha = \frac{62,384 + 357,20291 \cdot b}{34}. \quad (4)$$

Подставив значения $\lg \alpha$ во второе уравнение системы (3), получим

$$b = 0,0658$$

Тогда, подставив значение коэффициента b в выражение для $\lg \alpha$, получим

$$\lg \alpha = \frac{62,384 + 357,20291 \cdot 0,0658}{64} = 2,5265. \quad (5)$$

Тогда получим $a=336,1$.

С учетом полученных значений коэффициентов a и b запишем уравнение для расчета величины $\delta_{отл.p}$ при $15 \leq V^{daf} \leq 30\%$ и $30 \leq A^d \leq 45\%$.

$$\delta_{отл.p} = 336,1 \cdot \exp(-0,0658 \cdot V^{daf}). \quad (6)$$

Расчет величин $\delta_{отл.p}$ по формуле (6) и сравнение их с значениями из «Каталога...» [2] (табл.2) показывает хорошую сходимость (отклонение не превышает 3,5%). Следовательно, выражение (6) может быть рекомендовано для определения величины $\delta_{отл}$ при $15 \leq V^{daf} \leq 30\%$ и $30 \leq A^d \leq 45\%$.

В таблице 3 представлены значения $\delta_{отл}$ ($\text{г}/\text{м}^3$) из «Каталога...» [2] при $30 \leq V^{daf} \leq 45\%$; $0 \leq A^d \leq 30\%$. Как видно из табл.3 при этих значениях A^d (%) и V^{daf} (%) величина $\delta_{отл}$ ($\text{г}/\text{м}^3$) зависит только от зольности пыли.

В табл.3 и 4 приведены средние значения $\bar{\delta}_{отл}$ ($\text{г}/\text{м}^3$) при различных величинах зольности угольной пыли.

Предварительный анализ характера изменения средней величины нижнего предела взрывчатости отложившейся на стенках выработок пыли $\bar{\delta}_{отл}$ ($\text{г}/\text{м}^3$) от содержания негорючих веществ в ней в пределах от 0 до 30% установлена линейная зависимость величины $\bar{\delta}_{отл}$ от зольности угольной пыли. При этом величина $\bar{\delta}_{отл}$ не зависит от выхода летучих веществ.

$$\delta_{отл.p} = a + b \cdot A^d. \quad (7)$$

где a и b – коэффициенты

Таблица 2

Данные для расчета значений коэффициентов в уравнении (1)

№ п/п	$V^{daf}, \%$	$\delta_{отл.р} \text{ Г/МЗ}$	$\lg \cdot \delta_{отл.т}$	$V^{daf} \cdot lge$	$(V^{daf} \cdot lge)^2$	$V^{daf} \cdot lge \cdot \lg \delta_{отл.т}$	$\delta_{отл.р}^3 \text{ Г/МЗ}^3$	$\frac{\delta_{отл.р} - \delta_{отл.т}}{\delta_{отл.т}} \cdot 100\%$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	15,7	124	2,0934	6,818353	46,48993763	14,273688	119,62	-3,5
2	17,4	108	2,0334	7,556646	57,10289877	15,365863	106,96	-0,9
3	18	103	2,0128	7,81722	61,10892853	15,734791	102,82	-0,2
4	18,9	97	1,9868	8,208081	67,3725937	16,307583	96,91	-0,1
5	19,9	90	1,9542	8,642371	74,6905765	16,889289	90,74	0,8
6	20,0	90	1,9542	8,6858	75,44312164	16,974159	90,14	0,2
7	20,2	88	1,9444	8,772658	76,95952838	17,058281	88,96	1,1
8	20,3	88	1,9445	8,816087	77,72338999	17,142728	88,38	0,4
9	20,3	88	1,9445	8,816087	77,72338999	17,142728	88,38	0,4
10	21,9	79	1,8976	9,510951	90,45818892	18,048238	79,55	0,7
11	22,2	77	1,8865	9,641238	92,95347017	18,18810607	78,00	1,3
12	22,3	77	1,8864	9,684667	93,7927749	18,27003447	77,48	0,6
13	23,0	74	1,8692	9,98867	99,77352837	18,6711388	74,00	0,0
14	23,9	69	1,8388	10,379531	107,7346638	19,08639114	69,74	1,1
15	24,8	65	1,8129	10,770392	116,0013438	19,52578751	65,73	1,1
16	25,1	64	1,8062	10,900679	118,8248027	19,68858811	64,45	0,7
17	25,1	64	1,8061	10,900679	118,8248027	19,68858811	64,45	0,7
18	25,3	64	1,8062	10,987537	120,7259693	19,84546929	63,60	-0,7
19	25,4	63	1,7993	11,030966	121,6822109	19,84846442	63,19	0,3
20	25,6	62	1,7924	11,117824	123,6060105	19,92749534	62,36	0,6
21	25,6	62	1,7924	11,117824	123,6060105	19,92749534	62,36	0,6
22	26,0	60	1,7781	11,29154	127,4988756	20,07806597	60,74	1,2
23	26,2	60	1,7781	11,378398	129,467941	20,23251263	59,95	-0,1
24	26,2	60	1,7781	11,378398	129,467941	20,23251263	59,95	-0,1
25	26,8	57	1,7559	11,638972	135,4656692	20,43657828	57,63	1,1
26	27,4	56	1,7482	11,899546	141,599195	20,80264384	55,39	-1,1
27	27,6	54	1,7324	11,986404	143,6738809	20,76517149	54,67	1,2
28	27,7	54	1,7324	12,029833	144,716882	20,84040762	54,31	0,6
29	27,9	53	1,7243	12,116691	146,8142008	20,89251791	53,60	1,1
30	28,1	53	1,7243	12,203549	148,9266082	21,04228506	52,90	-0,2
31	29,2	50	1,6990	12,681268	160,8145581	21,54509395	49,21	-1,6
32	29,2	50	1,6990	12,681268	160,8145581	21,54509395	49,21	-1,6
33	29,6	49	1,6902	12,854984	165,2506136	21,72744357	47,93	-2,2
34	29,7	48	1,6812	12,898413	166,3690579	21,68534383	47,62	-0,8
			$\Sigma 62,384$	$\Sigma 357,20353$	$\Sigma 3843,478123$	$\Sigma 649,4305806$		

Таблица 3

Значения $\delta_{отл}$ при $30 \leq V^{daf} \leq 45\%$; $0 \leq A^d \leq 30\%$

$A^d, \%$	Значения $\delta_{отл,т}$ (г/м ³) при $31 \leq V^{daf} \leq 45\%$; $1 \leq A^d \leq 30\%$															$\bar{\delta}_{отл,т}$ г/м ³
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1		34		34			34	34		34						34
2		34	34	34	34	34	34	34	34	34	34		34	34	34	34
3	34	34	35		34	35	35	34	35	34	34	35	35	34	35	34,5
4	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35		35	35
5	36	35	35	36	35	35	36	35	35	35	35	36	35	36	35	35,33
6	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
7	36	37		36	37	36	36	37	36	36	36	36	36			36,25
8	36	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	36,93
9	37	38	37	37	37	37	38	37	37	38	37	37	37	37	37	37,2
10	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38		38		38
11	38	38	38		38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
12	39	39	39	39		39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39
13	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39			39
14	40		40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
15	40	40	40		40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
16	41	41	41		41	41	41		41	41	41	41	41		41	41
17	41	41	41	41	41	41		41	41	41	41	41	41	41	41	41
18	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
19	42	42	42	42		42	42	42	42	42	42	42	42	42		42
20		43	43		43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43
21		43	43	43	43		43	43	43	43	43	43	43	43	43	43
22	44	44		44	44		44		44	44		44	44	44	44	44
23	44		44		44	44	44		44	44	44	44	44		44	44
24	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	44	44	45		44,86
25	45		45		45	45		45		45		45	45	45	45	45
26		46	46		46	46	46	46	46	46	46	46	46		46	46
27				46	46		46	46	46	46	46	46	46		46	46
28		47				47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
29	47	47	47	47			47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
30	47				48		48	48		48		47	48	48	48	47,8

Для получения уравнения, описывающего зависимость величины нижнего предела взрывчатости отложившейся на стенках выработок угольной пыли $\delta_{отл,р}$ от ее зольности используем метод наименьших квадратов.

На основе таблицы 4 составим систему уравнений

$$30 \cdot \alpha + 465 \cdot b = 1216,87 \quad (8)$$

$$465 \cdot \alpha + 9455 \cdot b = 19957,78$$

Из первого уравнения системы уравнений (8) находим

$$\alpha = \frac{1216,87 - 456 \cdot b}{301} \quad (9)$$

Далее путем несложных арифметических действий находим следующие значения коэффициентов уравнения (8): $a=33$; $b=0,488$.

Тогда уравнение, описывающее зависимость нижнего предела взрывчатости отложившейся на стенках горных выработок угольной пыли при выходе летучих веществ $30 \leq V^{\text{daf}} \leq 45\%$ и зольности угольной пыли $0 \leq A^d \leq 30\%$ можно записать в виде уравнения (10).

$$\delta_{\text{отл}} = 33 + 06488 \cdot A^d. \quad (10)$$

Таблица 4
Данные о средних значениях нижнего предела взрывчатости отложившейся угольной пыли при $1 \leq A^d \leq 30\%$

$A^d, \%$	$\bar{\delta}_{\text{отл.м}}, \text{Г/М}^3$	$(A^d)^2, \%$	$A^d \cdot \bar{\delta}_{\text{отл.м}}$	$\delta_{\text{отл.р}}$	$\frac{\delta_{\text{отл.р}} - \bar{\delta}_{\text{отл.м}}}{\bar{\delta}_{\text{отл.м}}} \cdot 100\%$
1	2	3	4	5	6
1	34	1	34	33,488	-1,50
2	34	4	68	33,976	-0,07
3	34,5	9	103,5	34,464	-0,10
4	35	16	140	34,952	-0,14
5	35,33	25	176,65	35,44	0,31
6	36	36	216	35,928	-0,20
7	36,25	49	253,75	36,416	0,46
8	36,93	64	295,44	36,904	-0,07
9	37,2	81	334,8	37,392	0,52
10	38	100	380	37,88	-0,32
11	38	121	418	38,368	0,97
12	39	144	468	38,856	-0,37
13	39	169	507	39,344	0,882
14	40	196	560	39,832	-0,42
15	40	225	600	40,32	0,80
16	41	256	656	40,808	-0,47
17	41	289	697	41,296	0,72
18	42	324	756	41,784	-0,51
19	42	361	798	42,272	0,65
20	43	400	860	42,76	-0,56
21	43	441	903	43,248	0,58
22	44	484	968	43,736	-0,6
23	44	529	1012	44,224	0,51
24	44,86	576	1076,64	44,712	-0,32
25	45	625	1125	45,2	0,44
26	46	676	1196	45,688	-0,68
27	46	729	1242	46,176	0,38
28	47	784	1316	46,664	-0,71
29	47	841	1363	47,152	0,32
30	47,8	900	1434	47,64	-0,33
$\Sigma 465$	$\Sigma 1215,87$	$\Sigma 9455$	$\Sigma 19931,78$		

Результаты расчета величины $\delta_{отл.р}$ по уравнению (10) показывают хорошую сходимость расчетных значений $\delta_{отл}$ с табличными величинами $\bar{\delta}_{отл.т}$, полученными на основе анализа данных о нижних пределах взрывчатости угольной пыли, взятых из нормативного документа. В связи с этим выражение (10) рекомендуется для использования при определении величины нижнего предела взрывчатости отложившейся на стенках горных выработок угольной пыли.

Анализ значений нижнего предела взрывчатости отложившейся на стенках горных выработок угольной пыли $\delta_{отл}$ (г/м³), представленных в «Каталоге...» [2] при $30 \leq V^{daf} \leq 55\%$ и $30 \leq A^d \leq 45\%$, показывает постоянство этой величины ($\delta_{отл} = 48$ г/м³).

Таким образом, с учетом ранее полученной зависимости для величины $\delta_{отл.р}$ при $15 \leq V^{daf} \leq 30\%$, $0 \leq A^d \leq 30\%$ [1] дано полное математическое описание всех табличных значений нижнего предела взрывчатости отложившейся на стенках горных выработок угольной пыли, представленных в нормативном документе [2].

Область применения полученных зависимостей для расчета величины $\delta_{отл.р}$ приведена в таблице 5.

Таблица 5

Область применения расчетных зависимостей для $\delta_{отл.р}$

Область изменения параметров V^{daf} (%) и A^d (%)	Рекомендуемая зависимость для расчета величины нижнего предела взрывчатости отложившейся на стенках выработок угольной пыли $\delta_{отл.р}$ (г/м ³)
1	2
$15 \leq V^{daf} \leq 30\%$; $0 \leq A^d \leq 30\%$;	$\delta_{отл.р} = 240 \cdot \exp(-0,0666 \cdot V^{daf}) + 73,27 \cdot A^d \cdot (V^{daf})^{-1,477}$
$15 \leq V^{daf} \leq 30\%$; $30 \leq A^d \leq 45\%$;	$\delta_{отл.р} = 336,1 \cdot \exp(-0,0658 \cdot V^{daf})$
$30 \leq V^{daf} \leq 45\%$; $0 \leq A^d \leq 30\%$;	$\delta_{отл.р} = 33 + 0,488 \cdot A^d$
$30 \leq V^{daf} \leq 55\%$; $30 \leq A^d \leq 45\%$;	$\delta_{отл} = 48 \text{ г/м}^3$

Зависимости, приведенные в таблице 5, рекомендуются для расчета нижних пределов взрывчатости отложившейся угольной пыли работниками участков ВТБ угольных шахт.

Библиографический список

1. Стукало В. А. К определению величины нижнего предела взрывчатости отложившейся на стенках горных выработок угольной пыли / В. А. Стукало // Вісті Донецького гірничого інституту. – 2007. – №1. – С. 69-75.

2. Каталог шахтопластов по взрывчатым свойствам угольной пыли (Министерство угольной промышленности СССР). Государственный Макеевский научно – исследовательский институт по безопасности работ в горной промышленности. – М.: Недра, 1973. – 97 с.

Надійшла до редколегії 06.10.2009

У статті надано математичний опис залежності нижньої межі вибуховості вугільного пилу, що відкладався на стінках гірничих виробок, залежно від вмісту летких речовин і зольності пилу.

Ключові слова: опис, залежність, межа, вибуховість, стінка, виробка, пил, вміст, речовина, зольність

In article the mathematical description of dependence of the bottom limit of explosiveness coal dust which was put aside on the walls of the coal deposits depending on maintenance of volatiles and ash-content of dust.

Key words: description, dependence, limit, explosiveness, wall, working, dust, content, matter, ash-content