© Б.М. Стефанюк, В.В. Сенкус, К.Д. Лукин, 2008

УДК 622.81

В.В. Сенкус, Б.М. Стефанюк, К.Д. Лукин

КОЭФФИЦИЕНТ ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ

Приведены результаты исследований, выполненных в МакНИИ, ВостНИИ и других организациях, установивших, что влага воздуха, влагонасыщенность воздуха, является надежным экологически чистым флегматизатором взрываемости метана и угольной пыли.

Правилами безопасности в угольных шахтах [1] (§ 237, табл. 3.4) установлены предельно недопустимые концентрации метана в выработках шахты. Эти предельные концентрации установлены с коэффициентом взрывобезопасности по отношению к нижнему пределу взрывоопасности (НПВ) метана, который принят равным 5 % по объему.

Коэффициент взрывобезопасности выработки определяется как отношение НПВ метана к фактической концентрации метана в воздухе выработки [2]

$$K_{вз} = \frac{X_{НПВ}}{X_м}, \qquad (1)$$

где $K_{вз}$ – коэффициент взрывобезопасности; $X_{НПВ}$ – нижний предел взрываемости метана, %; $X_м$ – фактическая концентрация метана. %.

Таблицу 3.4 Правил безопасности [1] формально можно дополнить колонкой с нормативным коэффициентом взрывобезопасности, которая принимает следующий вид (табл. 1)

Из работ [2, 3] известно, что запыленность воздуха угольной пылью существенно снижает коэффициент взрывобезопасности, что объясняется законом Ле-Шателье [4], имеющий линейную зависимость

$$\left(\frac{X_{м(п)}}{X_{мНПВ}}\right) + \left(\frac{C_{п(м)}}{C_{пНПВ}}\right) = 1, \qquad (2)$$

где $X_{м(п)}$ – фактический НПВ метана при запыленном воздухе, %; $X_{мНПВ}$ – НПВ метана в беспыльном сухом воздухе, %; $X_{мНПВ}$ = 4,9 %; $C_{п(м)}$ – фактический НПВ угольной пыли при наличии в воздухе метана, г/м^3; $C_{пНПВ}$ – нижний предел

Таблица 1

Нормативный коэффициент взрывобезопасности шахтных выработок

Струя воздуха	Недопустимая концентрация метана, %	Коэффициент взрывобезопасности
Исходящая из очистных или тупиковых выработок, камеры, выемочного участка, поддерживаемой выработки	более 1,0	более 5,0
Исходящая из крыла шахты	более 0,75	более 6,67
Поступающая на выемочный участок, в очистные выработки, к забоям тупиковых выработок и в камеры	более 0,5	более 10,0
Местное скопление метана в очистных, тупиковых и других выработках	более 2,0	более 2,5

взрываемости пыли в сухом воздухе, г/м^3.

В работах [3, 5] отмечается несоответствие линейности закона фактическому состоянию НПВ пылеметановоздушной смеси.

Исследованиями [6] установлено, что эта зависимость имеет вид экспоиды с зависимым показателем степени

$$\left(\frac{X_{м(п)}}{X_{мНПВ}}\right)^m + \left(\frac{C_{п(м)}}{C_{пНПВ}}\right)^m = 1, \qquad (3)$$

при $m = 0{,}66512 - 0{,}12818\times$ $\times(X_{м(п)}/X_{мНПВ})$; или $m = 0{,}53694 + +0{,}12818\ (C_{п(м)}/C_{пНПВ})^{1/3}$.

После преобразования уравнения (3) зависимость НПВ метана от запыленности воздуха будет иметь вид

$$X_{м(п)} = X_{мНПВ}\left\{1 - \left(\frac{C_{п(м)}}{C_{пНПВ}}\right)^m\right\}^{1/m}, \qquad (4)$$

а при $m = 0{,}53694 + 0{,}12818\ (C_{п(м)}/C_{пНПВ})^{1/3}$, зависимость НПВ угольной пыли от концентрации метана в шахтной атмосфере будет иметь вид

$$C_{п(м)} = C_{пНПВ}\left\{1 - \left(\frac{X_{м(п)}}{X_{мНПВ}}\right)^m\right\}^{1/m}, \qquad (5)$$

при $m = 0{,}66512 + 0{,}12818\times$ $\times(X_{м(п)}/X_{мНПВ})$.

По результатам многих научных исследований, выполненных в МакНИИ, ВостНИИ и других организациях, установлено [7], что влага воздуха, влагонасыщенность воздуха, является надежным экологически чистым флегматизатором взрываемости метана и угольной пыли. В частности, установлены следующие зависимости пределов взрываемости от влагона-сыщенности воздуха:

1) для метановоздушной среды

$$X_{мНПВ\gamma} = 4{,}9 + 0{,}009\gamma_{вл}^{\alpha}, \qquad (6)$$

где $X_{мНПВ}$ – НПВ метана во влагонасыщенном воздухе, %; 4,9 – НПВ метана в сухом воздухе, %; 0,009 – согласующий коэффициент повышения НПВ метана, %/(г/м^3); $\gamma_{вл}$ – влагонасыщенность воздух, г/м^3; α – показатель степени численно равный

$$\alpha = \Phi\sqrt{2}(P_H \cdot 10^{-5})^2 = 2{,}34, \qquad (7)$$

где Φ – число, равное 1,6180399; P_H – атмосферное давление, Па; – аналогично для верхнего предела взрываемости (ВПВ) метановоздушной среды

$$X_{мВПВ\gamma} = 16 - 0{,}357\gamma_{вл}, \qquad (8)$$

где $X_{мВПВ(}$ – ВПВ метана во влагонасыщенном воздухе, %; 16 – ВПВ метана в сухом воздухе, %; 0,357 – согласующий коэффициент, %/(г/м^3); $\gamma_{вл}$ – влагонасыщенность воздуха, г/м^3;

2) для пылевоздушной среды

$$C_{пНПВ\gamma} = C_{пНПВ} + 0{,}357\gamma_{вл}^{\beta}, \qquad (9)$$

где $C_{пНПВ(}$ – НПВ пылевоздушной смеси во влагонасыщенном воздухе, г/м^3; $C_{пНПВ}$ – НПВ пылевоздушной смеси в сухом воздухе, г/м^3; 0,357 – минимальное значение коэффициента повышения НПВ (в зависимости от свойств угля меняется в пределах 0,357-0,755); $\gamma_{вл}$ – влагонасыщенность воздуха, г/м^3; β – показатель степени численно равный

$$\beta = \Phi(P_H \cdot 10^{-5})^2 = 1{,}65, \qquad (10)$$

где Φ – число, равное 1,6180399; P_H – атмосферное давление, Па.

При этом учитываются свойства сухой угольной пыли, влияние на НПВ угольной пыли в сухом воздухе следующих характеристик угля: выход летучих веществ и зольность [3, 6]. Зависимость описывается уравнением

Таблица 2

Нижние пределы взрываемости сред при различной влагонасыщенности воздуха

Среда	Единица концентрации	НПВ при влагонасыщенности (г/м^3)					
		0	3	6	9	12	15
метановоздушная	%	4,9	5,0	5,6	6,4	8,4	10,0
пылевоздушная	(г/м^3)	32,5	34,6	39,3	45,9	54,0	63,6

$$C_{пНПВ} = (1 \pm 0,15)\left\{11,8 + 0,29(V^{Г} - 27,5)^2\right\} \times \times \left(\frac{65}{65 - A^{C}}\right), \quad (11)$$

где $C_{пНПВ}$ – НПВ пылевоздушной среды каменных углей конкретного месторождения, г/м^3; 11,8 – НПВ угольной пыли (для углей Кузбасса) при выходе летучих веществ, равном 27,5 % и нулевой зольности, г/м^3; 0,29 – коэффициент повышения НПВ, (г/м^3)/(%)^2; $V^{Г}$ – выход летучих веществ, %; A^{C} – зольность угольной пыли, %; 65 – зольность угольной пыли, выше которой пыль не взрывается, %.

Заметим, что НПВ угольной пыли самый низкий при выходе летучих, равном 27,5 % и имеет квадратичную зависимость от этого параметра [6], и зольность угля является флегматизатором сухой угольной пыли. При зольности 65 % и выше пыль не взрывается.

Учитывая вышеизложенные зависимости, фактический коэффициент взрывобезопасности горной выработки имеет следующую зависимость от влагонасыщенности воздуха

$$K_{вбСН_4} = \frac{4,9 + 0,009\gamma_{вл}^{2,34}}{X_м} \times \times \left\{1 - \left\{\frac{C_{п(м)}}{C_{пНПВ} + 0,357\gamma_{вл}^{1,65}}\right\}^{m}\right\}^{1/m}, \quad (12)$$

при $m = 0,53694 + 0,12818 \times (C_{п(м)}/C_{пНПВ})^{1/3}$; и $C_{пНПВ}$ по формуле (11).

Следовательно, в любой момент времени для конкретной шахтной выработ-

Таблица 3

Коэффициент взрывобезопасности метана в горных выработках с пылеметановоздушной средой при различной влагонасыщенности воздуха

Струя воздуха	Концентрация		Коэффициент взрывобезопасности метана при влагонасыщенности (г/м^3)			
	метана, %	Угольной пыли*, (г/м^3)	3	6	9	12
Исходящая из очистных или тупиковых выработок, камеры, выемочного участка, поддерживаемой выработки	1,0	8	2,17	2,63	3,27	4,63
Исходящая из крыла шахты	0,75	10	2,51	3,26	4,11	5,91
Поступающая на выемочный участок, в очистные выработки, к забоям тупиковых выработок	0,5	5	6,00	7,05	8,46	11,64
Местное скопление метана в очистных забоях, тупиковых и других выработок	2,0	14	0,62	0,82	1,08	1,63

* Для угля с $V^{Г}$=20,75 %, A^{C}=15 %.

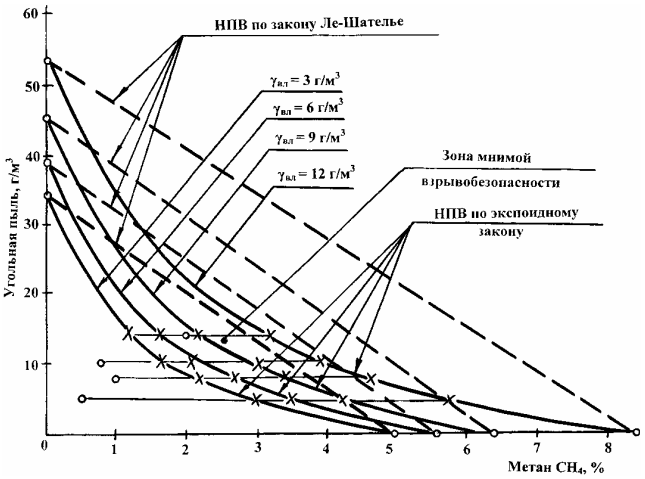


Рис. 2. Коэффициент взрывобезопасности (НПВ) выработки метано-воздушной среды при различной влагонасыщенности воздуха и различных концентрациях метана и угольной пыли

× – точки НПВ при соответствующей влагонасыщенности

ки, при известных параметрах угольного пласта и фактических параметрах воздушной среды по метану, угольной пыли и влагонасыщенности можно определить фактическое значение коэффициента взрывобезопасности. При его значении меньше единицы состояние воздушной среды катастрофически опасно; при значениях больше 1,0, но меньше 1,3 – состояние угрожающее, требующее принятия соответствующих мер предосторожности.

В качестве примера в табл. 2 представлены НПВ метана и угольной пыли ($V^Г$ = 20,75 %, A^C = 15 %) в зависимости от влагонасыщенности воздуха.

В табл. 3 приведены фактические коэффициенты взрывобезопасности пылеметановоздушной среды в выработках шахты при нормативно пре-дельной загазованности и различной концентрации пыли и влагонасы-щенности воздуха. Анализ данных табл. 1 и 3 показывает, что коэффициент взрывобезопасности при низкой влагонасыщенности не соответствует нормативному.

На рис. 1 приведены графики экспоидного закона НПВ по сравнению с законом Ле-Шателье при различной влагонасыщенности воздуха.

Следует обратить внимание, что зона мнимой взрывобезопасности, в которой коэффициент взрывобезопасности по закону Ле-Шателье больше 1, а фактически по экспоидному закону меньше 1.

Согласно закону Ле-Шателье создается неоправданная безопасность проведения работ, хотя при 2 % CH_4 угроза взрыва стала реальной.

При увеличении влагонасыщенности воздуха более 9 г/м^3 опасность взрыва нейтрализуется, характеризует небольшой коэффициент взрывобезопасности.

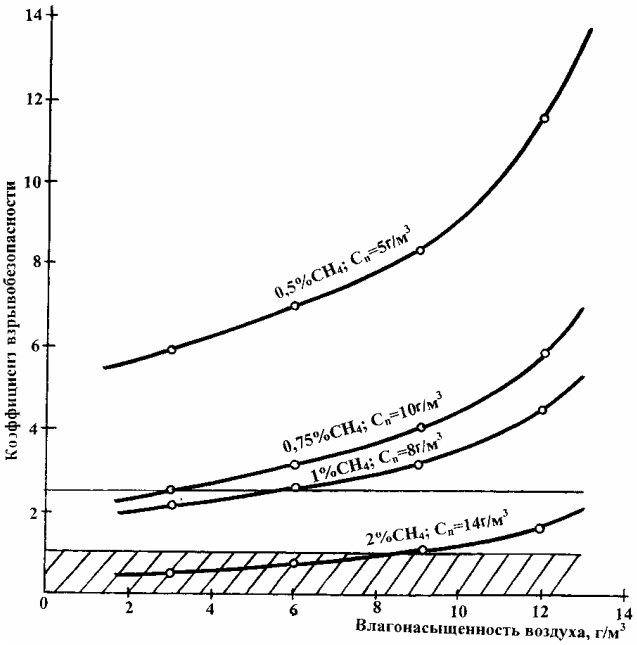
На рис. 2 показано изменение коэффициента взрывобезопасности выработки при различной запыленности и нормированном современными Правилами [1] содержанием метана.

Из примера следует, что при существенной запыленности (14 г/м^3) и концентрации метана 2 % ситуация выходит из-под контроля, если влагонасыщенность воздуха менее 8 г/м^3.

По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

1. Экспоида с зависимым показателем степени, меньшим единицы, адекватно описывает нижний предел взрываемости (НПВ) пылеметано-воздушной смеси.

2. Влагонасыщенность воздуха, как экологически чистый флегматизатор взрываемости, существенно поднимает НПВ пылеметановоздушной смеси.



3. Коэффициент взрывобезопасности горной выработки существенно зависит от трех факторов: концентрации метана, угольной пыли и влаги воздуха, по которым можно контролировать взрывобезопасность горных выработок отдельно и по шахте в целом.

4. Представленные аналитические зависимости для нижних пределов взрываемости и коэффициента взрывобезопасности позволяют автоматизировать контроль безопасности шахты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Правила* безопасности в угольных шахтах РД 05-94-95. – Самара: Самарский дом печати, 1995, - 242 с.

2. *Клебанов Ф.С., Лагутин В.И., Шаталов В.С.* Определение взрывчатости горючих газов в аварийных зонах угольных шахт. – Кемерово: Горный вестник, 1994, № 2. - С. 38-41.

3. *Мясников А.А., Старков С.П., Чикунов В.И.* Предупреждение взрывов газа и пыли в угольных шахтах. – М.: Недра. 1985, - 180 с.

4. *Гороховский И.Т., Назаренко Ю.П., Некряч Е.Ф.* Краткий справочник по химии. – Киев: Наукова думка, 1987, - 830 с.

5. *Осипов С.Н.* Борьба со взрывами газа в горных выработках. – М.: Недра. 1972. - 159 с.

6. *Стефанюк Б.М.* О взрываемости пылеметановоздушной среды. Деп. в научной библиотеке ЛНУ № 3595-58. 2001.– Новокузнецк. 2001.- 9 с.

7. *Стефанюк Б.М., Кайдо И.П.. Фомичев С.Г.* Профилактика взрывов метана и угольной пыли на шахтах. – М.:Уголь, 2000, № 3, - С 47-48. ГИАБ

Коротко об авторах

Стефанюк Б.М., Сенкус В.В., Лукин К.Д. – Новокузнецкий филиал-институт Кемеровского государственного университета, г. Новокузнецк.

Статья представлена Новокузнецким филиалом - институтом ГОУВПО «Кемеровский государственный университет.

Рецензенты: *Мельник В.В.,* доктор технических наук, профессор, *Атрушкевич В.А.,* доктор технических наук, профессор, Московский государственный горный университет.

© Б.М. Стефанюк, В.В. Сенкус, К.Д. Лукин, 2008

УДК 622.51

Б.М. Стефанюк, В.В. Сенкус, К.Д. Лукин

ВЗРЫВАЕМОСТЬ ПЫЛЕМЕТАНОВОЗДУШНОЙ

Приведены результаты исследований влияния взрываемости пылеметановоздушной смеси в забоях от различных факторов.

Причинный взрывов угольных шахт, которые наносят значительный экономический ущерб и сопровождаются человеческими жер-твами, является взрываемость пылеметановоздушной смеси в забоях.

Известно, что на нижний предел взрываемости (НПВ) угольной пыли влияют свойства угля и другие технико-технологические факторы.

1. Связь между краевым углом смачивания угля и минимальной энергией воспламенения угольной пыли. Зависимость минимальной энергии $Э_{min}$ воспламенения угольной пыли от выхода летучих $V^Г$ (т.е. фактически от метаморфизма угля) можно представить по экспериментальным данным, полученным в МакНИИ [1] в виде квадратичной зависимости (рис. 1), описываемой формулой

$$Э_{min} = (1 \pm 0{,}12)(1{,}7 + 0{,}1(V^Г - 27{,}5)^2),$$

где $V^Г$ – выход летучих веществ определенной марки угля, %.

Зависимость краевого угла смачиваемости угля от выхода летучих $V^Г$ [2], представляется следующей формулой (рис. 2)

$$\Theta_0 = (1 \pm 0{,}14)(90 - 0{,}14(V^Г - 27{,}5)^2).$$

Оси обеих квадратичных функций совпадают, что дает возможность записать отношение

$$\frac{\dfrac{Э_{min}}{(1 \pm 0{,}12)} - 1{,}7}{\dfrac{\Theta_0}{1 \pm 0{,}14} - 90} = \frac{0{,}10}{-0{,}14} = -\frac{5}{7}.$$

При рассмотрении средних зна-чений получается следующий результат

$$\frac{Э_{min} - 1{,}7}{90 - \Theta_0} = 0{,}714,$$

где 0,714 – размерный коэффициент, мДж/градус краевого угла смачивания; Q – краевой угол смачивания, градус; 66,0 - энергия-гарант взрыва угольной пыли, мДж.

Из этого следует, что для углов смачиваемости больше 90° (т.е. не смачиваемых углей) минимальная энергия воспламенения может быть меньше признанной 0,28 мДж, поэтому угольная пыль приобретает свойство детонировать (предположение).

2. Зависимости пределов взрываемости

Предположение, что нижний предел взрываемости (*НПВ*) угольной пыли зависит от метаморфизма углей, требует дополнительного изучения. Для разных бассейнов он может быть различным.

Проведенные исследования позволили установить, что нижний предел взрываемости для углей Карагандинского бассейна (пласты $К_7$, $К_{10}$, $К_{12}$, $К_{16}$, d_6 [3] описывается

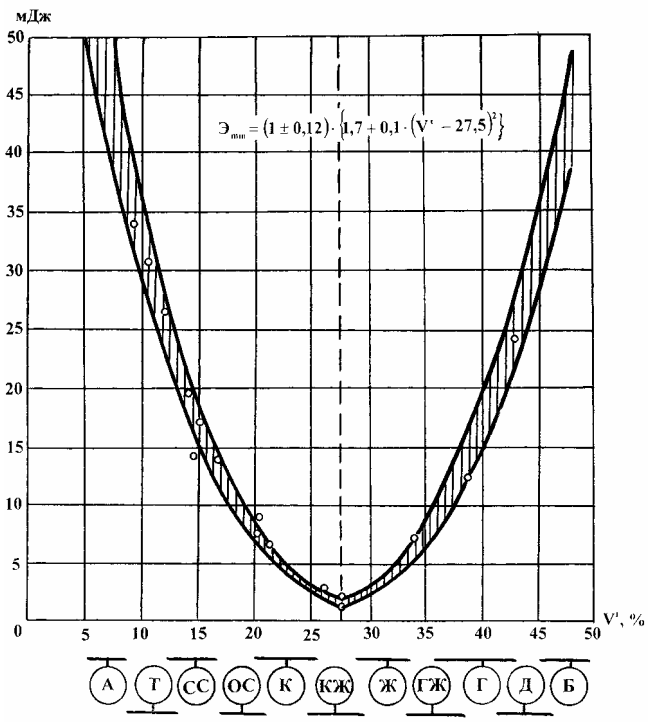


Рис. 1. Зависимость минимальной энергии воспламенения угольной пыли от выхода летучих (метаморфизма углей) ° – экспериментальные данные МакНИИ [1]

зависимостью (рис. 3, *а*), Кузнецкого бассейна интерполируются зависимостью (рис. 3, *б*).

$$C_{пНПВ} = (1 \pm 0,15) \times$$
$$\times (A_б + 0,29(V^Г - 27,5)^2), г/м^3$$

где $A_б$ – величина для углей различных бассейнов; $A_б$ – 38 г/м^3 – для Карагандинского бассейна, $A_б$ – 11.8 г/м^3 – для Кузнецкого бассейна; $V^Г$ – выход летучих веществ, %.

Верхний предел взрываемости (*ВПВ*) для пылеметановоздушной смеси Кузнецких углей [4] при $V^Г$. 27.5 описывается экспоидной зависимостью [5] (рис. 4)

$$\left(\frac{C_п}{C_{пВПВ}}\right)^m + \left(\frac{X_{CH_4}}{16}\right)^m = 1;$$

$$m = 0,6966.$$

Граница ВПВ расположена ниже границы определенной по закону Ле-Шетелье при $m = 1$.

Нижний предел взры-

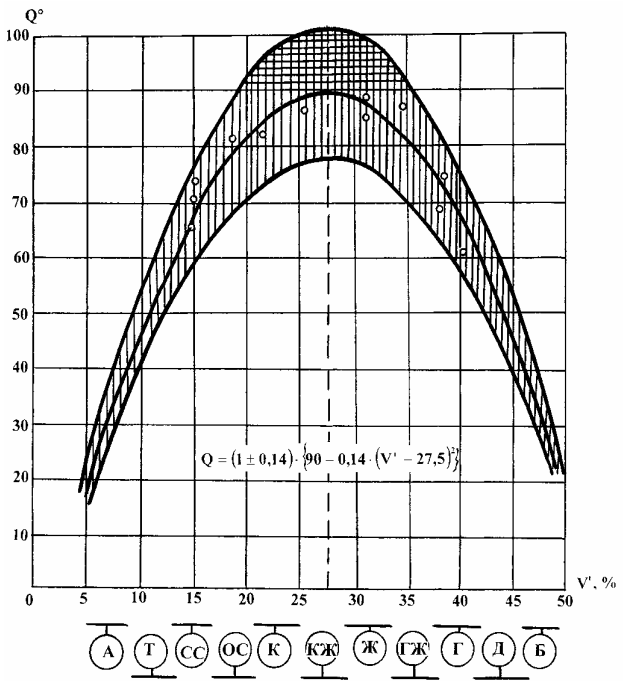


Рис. 2. Зависимость краевого угла смачивания угля от выхода летучих веществ (метаморфизма углей), ° – экспериментальные данные [2]

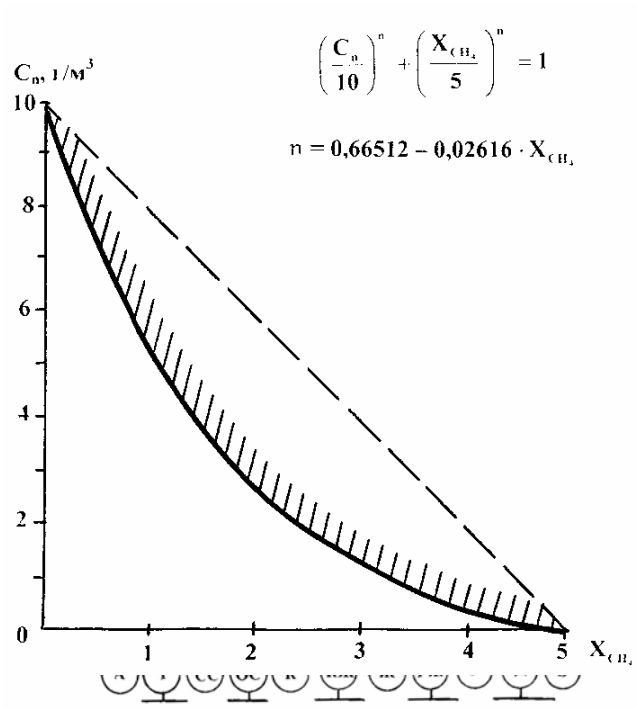


Рис. 3. Зависимость нижнего предела взрываемости (НПВ) углей различных месторождений в зависимости от выхода летучих веществ (метаморфозы углей): ° – экспериментальные данные, а — Карагандинского бассейна б - Кузнецкого бассейна (интерполяция)

ваемости Кузнецких углей, описывается экспоидой с зависимым показателем степени [6] (рис. 5)

$$\left(\frac{C_n}{10}\right)^h + \left(\frac{X_{CH_4}}{5}\right)^h = 1$$

при n = 0,66512-0,02616 X_{CH_4} .

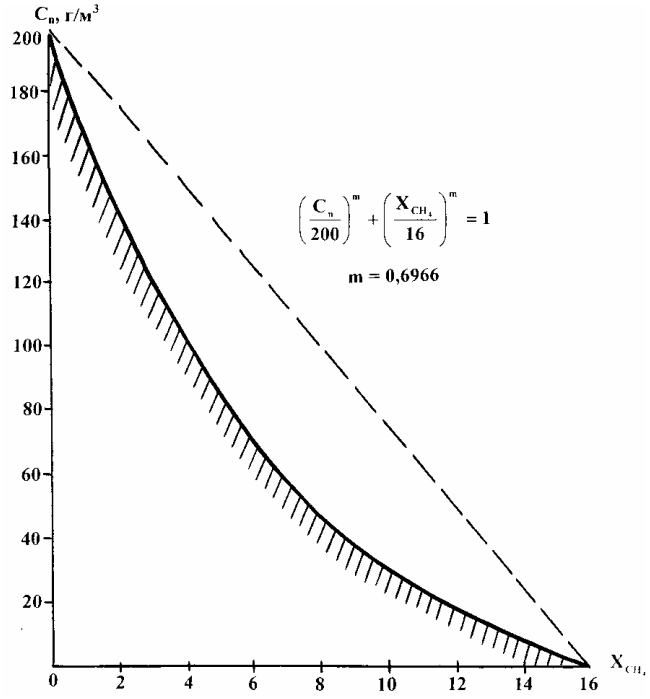
При сопоставлении зависимости *НПВ* и зависимости смачиваемости углей получаются следующие значение

$$\frac{\Theta - 90}{C_{nНПВ} - A_б} = \frac{0{,}14}{0{,}2}; \ \frac{градус}{г/м^3}.$$

Откуда при $A_б$ = 11.8 г/м^3

$$C_{nНПВ} = 140{,}3 - 1{,}428\Theta \ г/м^3,$$

где Q – краевой угол смачиваемости угля, градус; 1,428 - размерный коэффициент, (г/м^3) /градус; 140,3 – концентрация-гарант взрываемости пыли, г/м^3.



Из формулы следует, что при не смачиваемых углях (Q > 90°), т.е. сухая пыль любых концентраций при смеси с метаном способствует взрывае-

Рис. 4. Верхний предел взрываемости пылеметановоздушной среды шахт Кузбасса (по данным ВостНИИ)

мости смеси.

Эти факты подтверждает статистическими данными за 1944-1999 гг. рис. 6 [7].

Из этого следует, что вероятность взрыва в шахте возрастает при ее проветривании сухим воздухом, т.е. воздухом несущим низкое количество абсолютной влаги.

Эти условия возникают зимой в морозные дни, летом - в жаркие сухие дни, осенью - в дни сухой золотой осени.

3. Связь законов взрываемости пылеметановоздушной среды с законом золотого сечения.

Общеизвестно, что все законы природы связаны с законом гармонии мира, в частности, с законом золотого сечения, представляемого числом $\Phi^{-1} = 0{,}618033.....$

Уравнения, характеризующие зависимость смачиваемости углей и взрываемости метана и угольной пыли от выхода летучих веществ $V^{Г}$, имеют ось симметрии, которая представляется уравнением в относительных единицах

$$V_0^{Г} = 0{,}275 \quad (\text{или} \quad V^{Г} = 27{,}5\%),$$

т.е. ось параллельна оси у, что можно проверить

$$V_0^{Г} = \Phi^{-1}\left(\frac{2}{3}\right)^2 = 0{,}274681 \approx$$

$$0{,}275 = 27{,}5 \quad \%.$$

Экспоидный показатель *m* уравнения верхнего предела взрываемости (ВПВ) пылеметановоздушной смеси можно представить в виде

$$m = \Phi^{-1}\left(1 + \frac{1}{2^3} + \frac{1}{2^9} + \frac{1}{2^{12}}\right) =$$

$$\Phi^{-1} \cdot 1{,}127196 = 0{,}6966406 \approx 0{,}6966.$$

Рис. 5. Нижний предел взрываемости (НПВ) пылеметановоздушной среды шахт Кузбасса (по данным ВостНИИ)

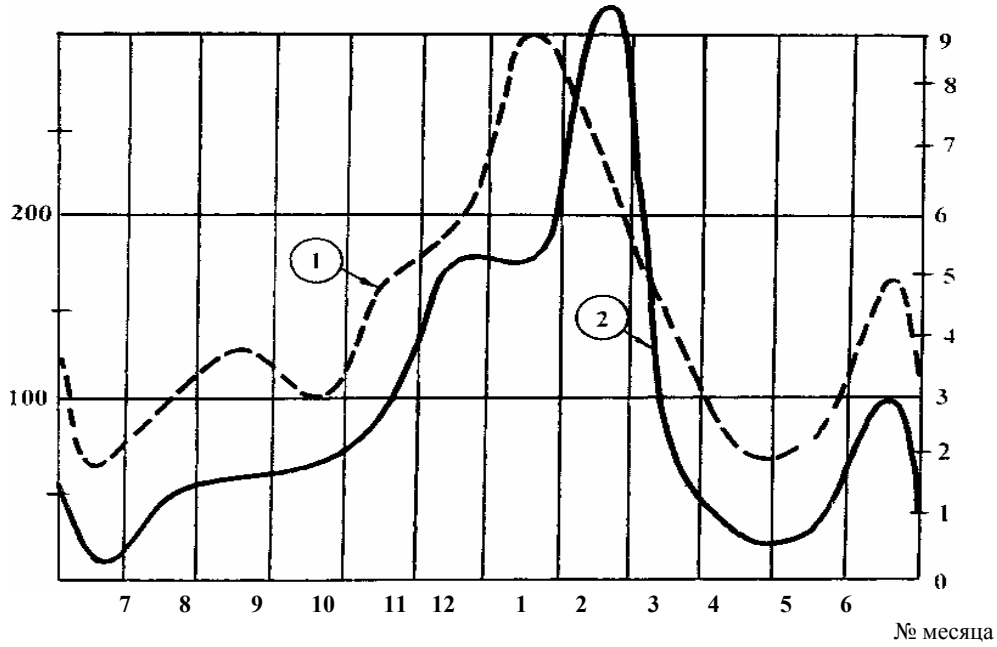


Рис. 6. Статистические данные с 1944 по 2000 год приведенные к условиям средней полосы: *1* – количество взрывов-катастроф пылеметановоздушной среды; *2* – количество пострадавших человек

${}^{13}_{6}C + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{14}_{6}C^{*} + \gamma$	$\left({}^{10}_{6}C^{*},\ {}^{11}_{6}C^{*},\ {}^{14}_{6}C^{*},\ {}^{15}_{6}C^{*}\right)$;
${}^{59}_{27}Co + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{60}_{27}Co + \gamma$	$\left({}^{60}_{27}Co^{*}\right)$;
${}^{64}_{28}Ni + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{65}_{28}Ni + \gamma$	$\left({}^{56}_{28}Ni^{*},\ {}^{57}_{28}Ni^{*},\ {}^{65}_{28}Ni^{*},\ {}^{66}_{28}Ni^{*}\right)$;
${}^{102}_{44}Ru + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{103}_{44}Ru^{*} + \gamma$	$\left({}^{103}_{44}Ru^{*},\ {}^{105}_{44}Ru^{*},\ {}^{106}_{44}Ru^{*},\ {}^{107}_{44}Ru^{*}\right)$.

Экспоидный показатель n уравнения нижнего предела взрываемости (НПВ) пылеметановоздушной смеси можно представить в виде

$$n = n_0 - \Delta n X_{CH_4},$$

где

$$n_0 = \Phi^{-1}\left(1 + \frac{1}{2^4} + \frac{1}{2^7} + \frac{1}{2^8} + \frac{1}{2^9} + \frac{1}{2^{14}}\right) = \Phi^{-1} \cdot 1{,}07618135 = 0{,}066511555 \approx 0{,}66512,$$

$$\Delta n = \Phi^{-1}\left(\frac{1}{2^5} + \frac{1}{2^7} + \frac{1}{2^9} + \frac{1}{2^{10}} + \frac{1}{2^{12}} + \frac{1}{2^{14}} + \frac{1}{2^{15}}\right) = \Phi^{-1} \cdot 0{,}0423288 = 0{,}02616004 \approx 0{,}02616.$$

Неэлементарная связь подсказывает, что на процесс возникновения взрыва пылеметановоздушной среды, кроме давления и температуры и соотношения компонентов, имеют влияние до 15 различных факторов, к которым следует отнести: влажность воздуха, «гранулированность» метана, дисперсность каменноугольной пыли, наличие в пыли атомов – веществ катализаторов и флегматизаторов, подвижность среды (скорость, турбулизация, диффузия); продолжительность, скорость и температура поджигающей искры; расположение искрового коридора относительно градиента скопления метана и пыли; структура гидратов метана, их плотность, вероятность образования.

Однако, можно утверждать, что влияние варьирования этих факторов остается для ВПВ в пределах 13 %, для НПВ в пределах 8 % рассчитанных границ.

Для отдельных случаев это может оказаться существенно важным, так как ситуация стоит на грани: быть или не быть взрыву.

Особое внимание следует уделить вопросу наличия в угольной пыли радиоактивных изотопов углерода ${}^{14}_{6}C^{*}$, а также таких присутствующих в угле элементов как кобальт ${}^{60}_{27}Co^{*}$, никель Ni^{*}, рутений Ru^{*}, которые своим гамма излучением могут создавать локальный подогрев среды в соответствии с реакциями:

Этот фактор особенно четко выделяется на свойстве склонности углей к самовозгоранию, в частности, угли одной и той же степени метаморфизма разных бассейнов и месторождений имеют различную склонность к самовозгоранию (рис. 7).

Шламы углей имеют больше склонности к самовозгоранию, чем сортовые угли, так как в них собирается больше минералов, которые образуются в результате разрушения молекул угля.

Угольная пыль более насыщена минералами, обладающими радиоактивностью, может создавать бифуркационные взрывоопасные скопления. Этот вопрос требует скрупулезного изучения, чтобы оценить фактическую угрозу безопасности угольных шахт.

4. Взрывчатость угольной пыли и физические свойства углей.

Отмечено, что зависимость нижнего предела взрывчатости угольной пыли от выхода летучих для разных углей различна. Она сходна с зависимостью их смачиваемости (перевернутая квадратичная функция).

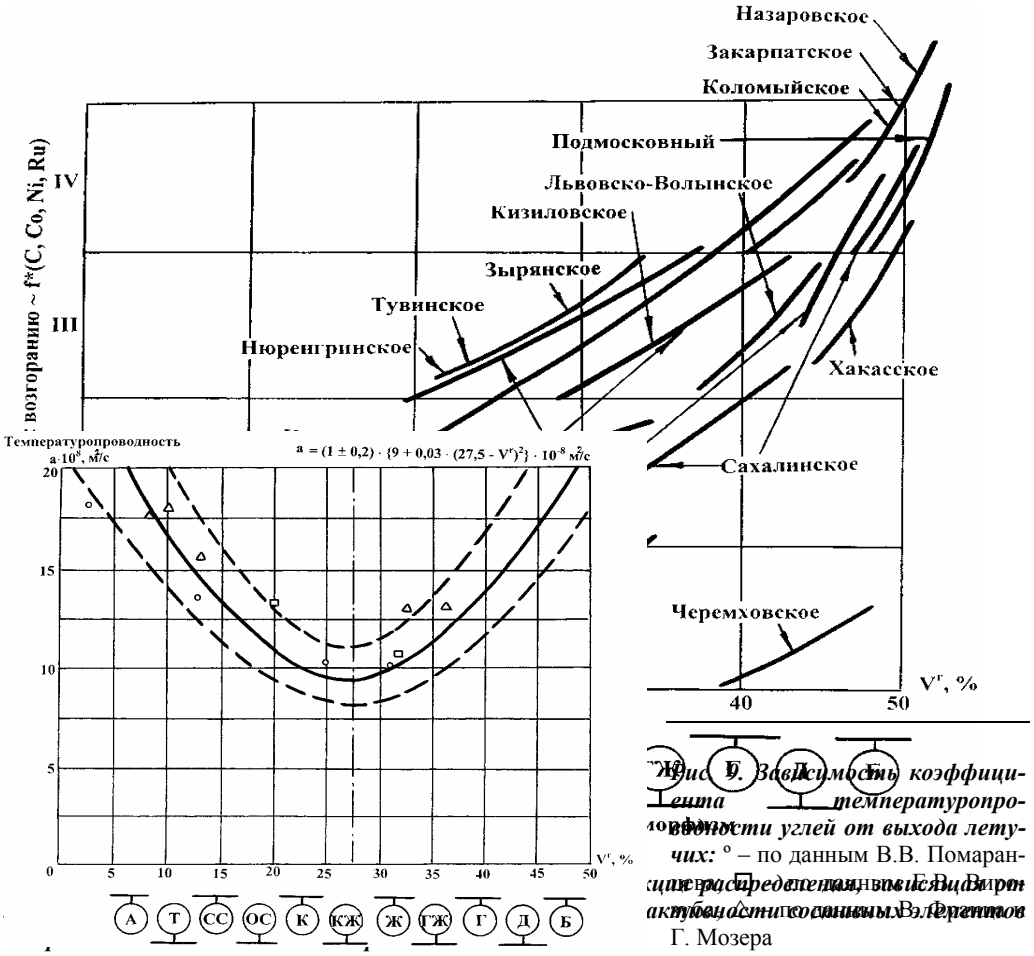
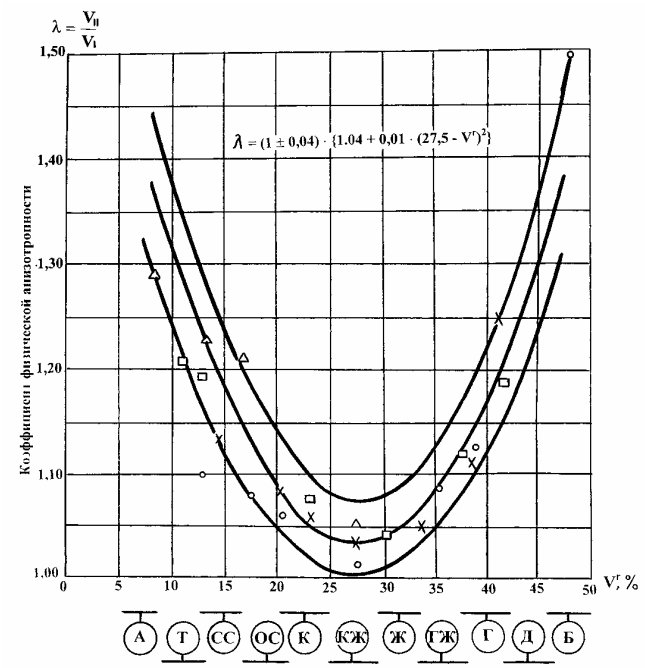


Рис. 8. Зависимость коэффициента физической анизотропии углей от выхода летучих веществ: ° – Донецкие угли (по данным Матвеева А.К. и Мартынова Е.Г.); △ – Донбасс (ГОСТ); × – Кузбасс; □ – Сучан;

Рис. 9. Зависимость коэффициента температуропроводности углей от выхода летучих: ° – по данным В.В. Помаранцева и Е.В. Вирт; □ – данные Е.В. Вирт; △ – по данным В. Фратцер и Г. Мозера



Следует отметить и другие физические свойства, в частности, коэффициент физической анизотропии углей, определяемый отношением скорости ультразвуковых волн, направленных параллельно напластованию, к скорости этих волн, направленных перпендикулярно напластованию [8]

$$\lambda' = \frac{\upsilon_{\parallel}}{\upsilon_{\perp}}.$$

Это объясняется тем, что молекулы угля, как показывает рентгеновский анализ, представляют собой двухмерно упорядоченную структуру атомов углерода.

Анализируя экспериментальные данные различных исследователей, удалось привести их к зависимости от выхода летучих $V^Г$. Формула зависи-мости имеет вид (рис. 8)

$$\lambda = (1 \pm 0,04) \times$$
$$\times \left\{1,04 + 0,01(V^Г - 27,5)^2\right\}.$$

Более влиятельным фактором на нижний предел взрываемости угольной пыли является температуропроводность угля [9].

Зависимость температуропроводности от летучих можно представить формулой (рис. 9)

$$a = (1 \pm 0,20)\left\{9 + 0,03(V^Г - 27,5)^2\right\} .$$

При сопоставлении зависимостей при средних значениях температуропроводности и нижнего предела взрываемости углей получена закономерность для углей Кузбасса

$$C_{nНПВ} = 11,8 + 9,7 \cdot (a \cdot 10^8 - 9) ,$$

где 11,8 – минимальный нижний предел взрываемости для углей Кузбасса при $V^Г$=27,5 %; 9,7 – согласующий коэффициент, г·с/м^5; 9 – минимальная температуропроводность для углей Кузбасса при $V^Г$=27,5 %, м^2/с·10^8; a – температуропроводность угля, м^2/с.

Следовательно, чем ниже температуропроводность угля, тем ниже нижний предел взрываемости (НПВ) угольной пыли, так как замедление передачи тепла сопровождается ускорением нагрева передающего тела, что содействует возникновению взрывоопасной обстановки.

Следовательно, влажность воздуха и увеличение влажности угольной пыли способствуют рассеиванию тепловой энергии, тем самым снижают вероятность возникновения взрыва.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Законы смачиваемости угля и его взрываемости связаны между собой постоянным соотношением.

2. Законы пределов взрываемости смесей имеют экспоидную зависимость.

3. Законы пределов взрываемости соответствуют законам гармонии мира.

4. Нижний предел взрываемости углей однозначно определяется их температуроводностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Справочник* по электроустановкам угольных предприятий, электроустановки угольных шахт. /Под общ. ред. В.В. Дегтярева, В.И. Серова, Г.Ю. Цепелинского – М.: Недра, 1988 – 727 с.

2. *Стефанюк Б.М., Казаков С.П., Целлермаер Б.Я., Атрушкевич В.А.* Классификация углей по смачиваемости. Горный информационно - аналитический бюллетень, вып. 6, -М. Инф. – аналит. Центр горных наук. 1994. - С 46-48.

3. *Предупреждение* взрывов пылеметановоздушных смесей / В.И. Мамаев, Ж.А. Ибраев, В.А. Лигай, Д.М. Шерадыкин, И.С. Яценко – М.: Недра, 1990. – 159 с.

4. *Мясников А.А., Старков С.П., Чикунов В.И.* Предупреждение взрывов газа в угольных шахтах. – М.: Недра, 1985. – 205 с.

5. *Стефанюк Б.М.* Эллиптическая экспоида. Деп. в ВИНИТИ 13.03.85 № 1892-85 Деп. – М., 1985. – 16 с.

6. *Стефанюк Б.М.* Эллиптическая экспоида с переменными сигнумными параметрами. Деп. в ВИНИТИ 26.04.89 № 2800-В89. – М., 1989. -24 с.

7. *Атрушкевич А.А., Субботин А.И. Стефанюк Б.М.* Новые концепции причинных связей шахтных катастроф и способы их устранения. – М. :Безопасность труда в промышленности, 2001 №3. – С. 23-30.

8. *Агроскин А.А.* Физика угля – М.: Недра. 1965 – 352с.

9. *Агроскин А.А.* Тепловые и электрические свойства углей – М. : Металлургиздат. 1959 – 266 с. ГИАБ

Коротко об авторах

Стефанюк Б.М., Сенкус В.В., Лукин К.Д. – Новокузнецкий филиал-институт Кемеровского государственного университета, г. Новокузнецк.

Статья представлена Новокузнецким филиалом - институтом ГОУВПО «Кемеровский государственный университет.

Рецензенты: *Мельник В.В.,* доктор технических наук, профессор, *Атрушкевич В.А.,* доктор технических наук, профессор, Московский государственный горный университет.

© Вал.В. Сенкус, Т.М. Кутцар, 2008

УДК 622.27

Вал.В. Сенкус, Т.М. Кутцар

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ШАХТЫ «ЕРУНАКОВСКАЯ VIII» ОАО «ОУК «ЮЖКУЗБАССУГОЛЬ»

Проведен анализ шахты «Ерунаковская VIII» по балансовым запасам, категории по метану, группам сложности, порядка отработки пластов шахтного поля.

В настоящее время повыше-ние доли угля в топливно-энергетическом балансе РФ, растущий дефицит марок углей пригодных для коксования на внутренних и внешних рынках, приводит к необходимости увеличения объемов добычи угля.

Для обеспечения роста производства угольной продукции в России предполагается построить и ввести в эксплуатацию за 15-16 лет новые шахты и угольные разрезы суммарной производственной мощностью около 200 млн т в год. Однако, при прогнозируемом уровне добычи угля промышленные запасы, благоприятные для отработки механизированными комплексами, могут быть исчерпаны в течение 19-22 лет [1]. Прирост промышленных запасов может быть получен за счет ввода в эксплуатацию новых горизонтов и резервных участков на действующих предприятиях, а также освоения новых месторождений и районов.

В 2007 году на шахтах Кемеровской области добыча угля составила более 181 млн.т. Условием поддержания достигнутых объемов добычи является реконструкция действующих шахт и строительство новых предприятий в Ерунаковском районе Кузбасса, который имеет благоприятные горно-гео-логические условия: залегание пластов с углом падения от 8 до 25^0, более 50 % пластов имеют мощность от 1,2 до 3,5 м [2].

Перспективной является строящаяся шахта «Ерунаковская VIII» ОАО «ОУК «Южкузбассуголь», поле которой расположено в юго-восточной части Ерунаковского геолого-угленос-ного района Кузбасса, в пределах Ерунаковского каменноугольного месторождения.

Пласты участка «Ерунаковский VIII» отнесены ко второй категории по метану. Пласты опасны по взрывам угольной пыли, угрожаемые по горным ударам с глубины 150 м, опасные по внезапным выбросам угля и газа с глубины 325 м. Угли пластов склонны к самовозгоранию. Балансовые запасы по пластам участка «Ерунаковский VIII» представлены в таблице.

Поле шахты относится ко 2 группе сложности, согласно требованиям «Инструкции по применению классификации запасов к месторождениям углей и горючих сланцев». Порядок отработки пластов шахтного поля предусматривается следующий: пласт 48, пласт 50, пласт 51 и пласт 45. Отработка пласта 53 не рентабельна. Вскрытие пластов 48 и 45 предусматривается наклонными стволами, проводимыми по углю и породе, пластов 50 и 51 – наклонными квершлагами.

Вертикальная схема вскрытия шахты представлена на рис. 1, пусковой комплекс первого очистного забоя на рис. 2.

Способ подготовки шахтного поля индивидуальный, пластовыми штреками,

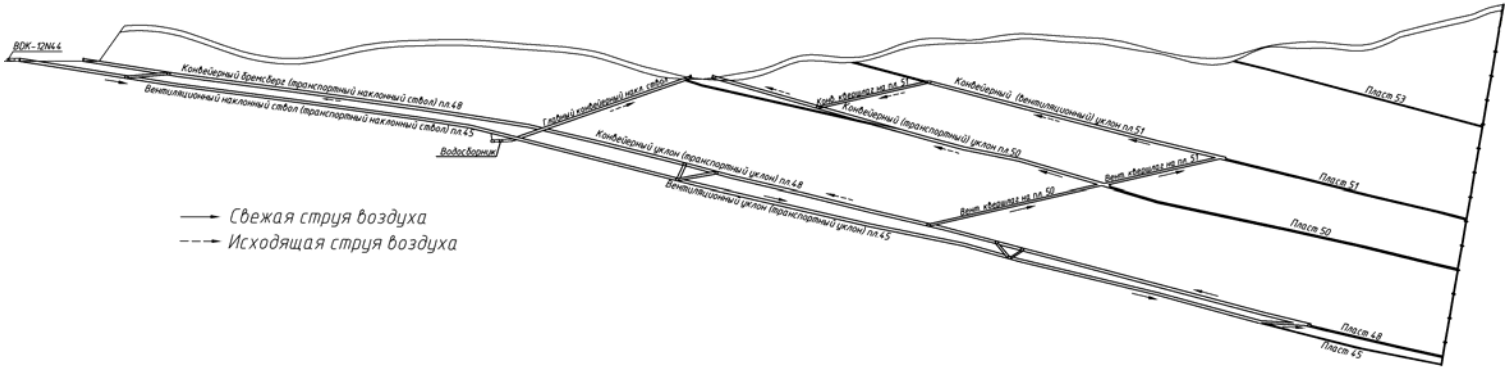


Рис. 1. Вертикальная схема вскрытия шахты «Ерунаковская VIII»

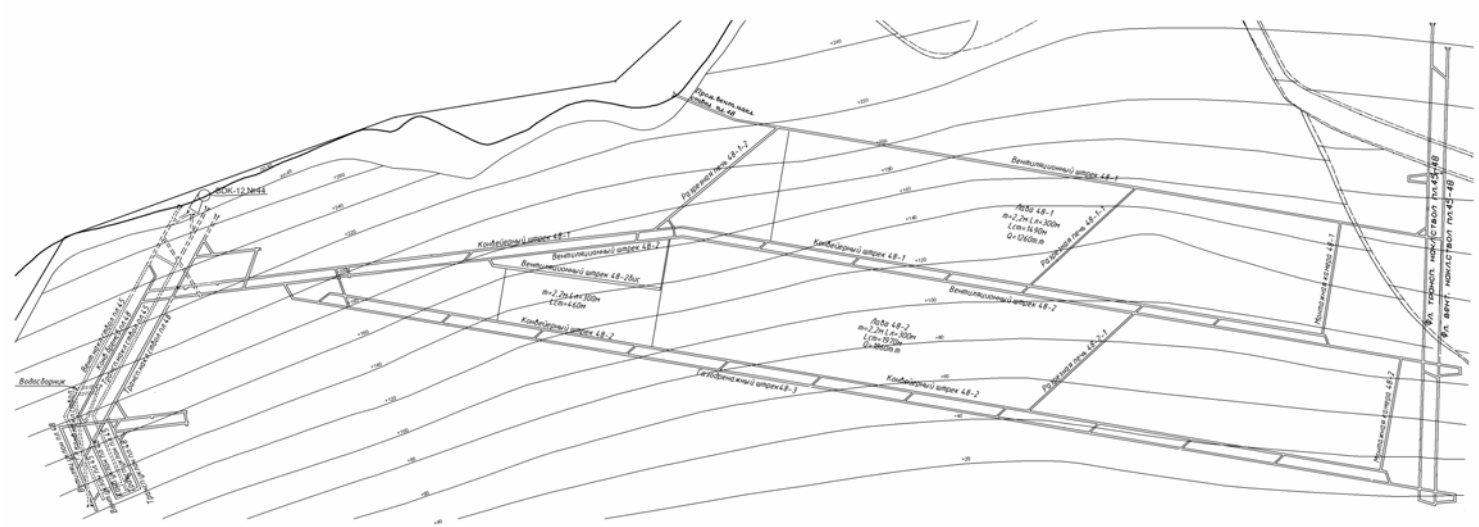


Рис. 2. Пусковой комплекс первого очистного забоя

Балансовые запасы по пластам участка Ерунаковский VIII

Индекс пластов угля	Марка	Мощность пласта, м	Балансовые запасы A+B+C[1], тыс.т.
Пласт 53	ГЖО	1,24	3524
Пласт 51	ГЖО	1,6	8469
Пласт 50	ГЖО	2,08	12284
Пласт 48	ГЖО	2,25	19054
Пласт 45	ГЖО	1,97	14309
Всего запасов			58255

схема подготовки - панельная. Проведение горных выработок осуществляется комбайнами типа ГПКС и КСП-32. Отработка выемочных столбов осуществляется обратным ходом длинным комплексно-механизированным забоем с управлением кровли полным обрушением. Проектом предусмотрена полная конвейеризация транспортирования угля со всех пластов на угольный склад центральной промплощадки.

Доставка людей, материалов и оборудования производится дизелевозами по подвесной монорельсовой дороге.

Проветривание горных выработок осуществляется нагнетательным способом главной вентиляторной установкой BDK-12-44, установленной на устье центральных стволов. Производительность установки 600 $м^3$/с. Запуск первого очистного забоя намечен на 2011 год.

Анализ принятых технических решений показал, что шахта имеет следующие преимущества:

1. Обеспеченность горных работ необходимым количеством воздуха.

2. Полная конвейеризация транспортирования горной массы.

3. Монорельсовый вспомогательный транспорт с помощью дизелевозов.

Недостатки:

1. Вскрытие и подготовка шахтного поля с углями склонными к самовозгоранию предусмотрена пластовыми выработками;

2. Срок службы шахты менее 15 лет;

3. Не предусмотрена отработка запасов не пригодных для КМЗ периферийными технологиями до ввода первого очистного забоя.

Наиболее перспективным в Ерунаковском районе Кузбасса является участок «Ерунаковский - Восточный» с запасами каменного угля 263099 т.т, в том числе 142024 т.т марки ГЖ. Таким образом, при объединении участков «Ерунаковский VIII» и «Еру-наковский - Восточный» значительно увеличится срок службы угледобывающего предприятия и эффективность инвестиций вложенных в капитальное строительство.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Таразанов И.Г.* Итоги работы угольной промышленности России за январь- сентябрь 2007г. // Уголь. - 2007. - №12. - С. 23-31.

2. *Ногих С.Р.* Воспроизводство шахтного фонда действующих, строящихся и восстанавливаемых шахт / С.Р. Ногих - Томск: Изд-во Томского университета, 2002. - 240 с. ГИАБ

Коротко об авторах

Сенкус Вал.В, Кутцар Т.М. – Новокузнецкий филиал-институт Кемеровского государственного университета, г. Новокузнецк.

Статья представлена Новокузнецким филиалом - институтом ГОУВПО «Кемеровский государственный университет.

Рецензенты: *Мельник В.В.,* доктор технических наук, профессор, *Атрушкевич В.А.,* доктор технических наук, профессор, Московский государственный горный университет.