ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1966
Seria: GÓRNICTWO z. 18 Nr kol. 163

BOLESŁAW KOZŁOWSKI

BADANIA NAD ROZMIESZCZENIEM METANU W PRZEKROJU CHODNIKÓW DOŁOWYCH PRZY WOLNYM PRZEPŁYWIE POWIETRZA

Streszczenie. Przeprowadzono badania nad wzrostem koncentracji metanu z wysokością wyrobiska chodnikowego poziomego, przy małych prędkościach przepływu powietrza (poniżej 0,3 m/sek.).

Uzyskano następujące rezultaty: koncentracja metanu zwiększa się ze wzrostem wysokości punktu pomiarowego w wyrobisku. Zjawisko to zachodzi stopniowo i daje się określić zależnością liniową $y = ax + b$. Wyniki badań opracowano przy pomocy matematyki statystycznej.

1. Wstęp

Badania przeprowadzono w 1964 r. w polach III kat. gazowości kopalń 1 Maja i Jastrzębie.

Rozkład metanu w wyrobisku uwarunkowany jest:

a) intensywnością wydzielania metanu,
b) miejscem wypływu metanu do wyrobiska,
c) intensywnością wentylacji przez którą należy rozumieć średnią prędkość przepływu powietrza.

Przedmiotem opisanych badań było zachowanie się metanu w dołowych wyrobiskach chodnikowych, przewietrzanych prądem powietrza o szybkości przepływu od 0,1 m/sek do 0,26 m/sek. Prędkości przepływu powietrza były więc wolniejsze od dopuszczalnych minimalnych prędkości powietrza wynoszących zgodnie z obowiązującą w przemyśle węglowym instrukcją:

- w polach niegazowych i I kat gaz - 0,15 m/sek,
- w polach gazowych II i III kat gaz - 0,3 m/sek.

Chodziło o wyjaśnienie czy w chodnikach przewietrzanych małymi ilościami powietrza, w których prędkość powietrza jest mała i niższa od minimalnej dopuszczalnej przepisami, zachodzi wyraźne zwiększenie ilości metanu w górnych partiach wyrobiska? - a jeśli tak, to jakie to zwiększenie będzie miało charakter?

W badanych wyrobiskach nie stwierdzono istniejących fukaczy, ani lontów metanowych. Tak więc można przyjąć, że badano wyrobiska, w których wydzielanie metanu miało charakter spokojny i mniej więcej równomierny. Badania przeprowadzono dla zachowania wysokiej dokładności prawie wyłącznie w oparciu o analizę chemiczną (pipety wodne). Metanomierzami interferencyjnymi o dokładności odczytu 0,1% CH_4 posługiwano się wyjątkowo.

Przyjęty schemat rozmieszczenia pobrania prób pozwolił na uzyskanie pełnego obrazu zmian koncentracji metanu z wysokością wyrobisk.

Badania podzielono na 3 grupy:

1) badania przodków i chodników z małym % CH_4 - przez co rozumiano przedział 0-0,5% CH_4,
2) badania przodków i chodników z średnim % CH_4 - przez co rozumiano przedział do 1% CH_4,
3) badania przodków i chodników z dużym % CH_4 - przez co rozumiano przedział powyżej 1% CH_4.

Ilość punktów pomiarowych, z których łącznie pobrano próby dla dużych nagromadzeń wynosiła 224. Dla nagromadzeń średnich pobrano 90 prób, dla małych - 172.

Wyniki badań opracowano metodą matematyki statystycznej dla określenia zależności między wysokością wyrobiska i wzrostem zagrożenia metanem. Na rysunkach 2, 3, 4 przedstawiono wykreślnie lokalizację wszystkich pobranych punktów pomiarowych w układzie osi - wysokość wyrobiska i koncentracja metanu. Uzyskane dane zostały, jak wspomniano, opracowane analitycznie.

2. Wyniki badań

2.1. Wyniki badań dla dużych nagromadzeń metanu

W tablicy 1 (tablica korelacji dla nagromadzeń powyżej 1% CH_4) zawarto dane stanowiące podstawę do obliczenia:

a) równania regresji,

b) współczynnika korelacji,

c) sprawdzenia wielkości testowej i występowania korelacji,

d) sprawdzenia dokładności obliczenia.

Zestawienia danych do tablicy 1 dokonano w oparciu o wyniki badań.

2.1.1. Obliczenie równania regresji

Równania regresji mają postać:

$$\begin{aligned} \Sigma m_x \cdot b' + a'\Sigma m_x \cdot x' &= \Sigma m_x \cdot \bar{y}'_x \\ b\Sigma m_x \cdot x' + a'\Sigma m_x \cdot x'^2 &= \Sigma m_x \cdot x' \cdot \bar{y}'_x \end{aligned} \qquad (1)$$

Podstawiając do równań (1) wartości z tablicy 1 otrzymujemy

$$\begin{aligned} 224\, b' + 90\, a' &= 712 \\ 90\, b' + 3718\, a' &= 371 \end{aligned}$$

Obliczając wyznacznikami a' oraz b' otrzymujemy

$$W_{a'b'} = \begin{vmatrix} 224 & 90 \\ 30 & 3718 \end{vmatrix}$$

Tablica 1

Tablica korelacji dla nagromadzeń metanu powyżej 1%

Y	X'	-6 0,00-0,25 0,125	-5 0,25-0,50 0,375	-4 0,50-0,75 0,625	-3 0,75-1,00 0,875	-2 1,00-1,25 1,125	-1 1,25-1,50 1,375	0 1,50-1,75 x_0 = 1,625	1 1,75-2,00 1,875
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7	3,50-3,75 3,625								
6	3,25-3,50 3,375								
5	3,00-3,25 3,125								
4	2,75-3,00 2,875								
3	2,50-2,75 2,625								
2	2,25-2,50 2,375								
1	2,00-2,25 2,125							1	
0	1,75-2,00 y_0 = 1,875								
-1	1,50-1,75 1,625	1			8				
-2	1,25-1,50 1,375	1		1					
-3	1,00-1,25 1,125	3		14	4		4	1	
-4	0,75-1,00 0,875	5		20	1		5	2	
-5	0,50-0,75 0,625	7		5	7		1	4	
-6	0,25-0,50 0,325	3		3	4			3	
-7	0,00-0,25 0,125								
n_x		20	-	43	24	-	10	11	-
$n_{xy} \cdot Y'$		-85	-	-167	-83	-	-37	-49	-
$\bar{Y}_x = \frac{\Sigma n_{xy} \cdot Y}{n_x}$		-4,25	-	-3,88	-3,46	-	-3,70	-4,45	-
$\bar{Y}_x = Y_0 + \frac{\Sigma n_{xy} \cdot Y'}{n_x} \cdot k_y$		0,813	-	0,905	1,010	-	0,950	0,763	-

2	3	4	5	6	n_y	$\Sigma n_{xy} \cdot Y'$	$Y_y = \frac{\Sigma n_{xy} \cdot Y'}{n_y}$	$Y_y = Y_0 + \frac{\Sigma n_{xy} \cdot Y'}{n_y} k_y$
2,00-2,25 2,125	2,25-2,50 2,375	2,50-2,75 2,625	2,75-3,00 2,875	3,00-3,25 3,125				
11	12	13	14	15	16	17	18	19
		1			1	4	4,00	2,625
		1	1		2	11	5,00	2,875
					-	-	-	-
					-	-	-	-
1		1	1		3	11	3,66	2,530
	2	1		2	5	22	4,40	2,725
1		1	1	1	5	17	3,40	1,475
				1	1	6	6,00	3,125
1	2		1	5	18	13	0,72	1,805
1	1	4	4	5	19	61	3,58	2,520
6	7	10	9		58	28	0,48	1,745
9	2	7	1	6	58	-25	-0,43	1,518
3	4	5		4	40	-1	-0,02	1,620
2		1			16	-34	-2,12	1,100
					-	-	-	-
24	18	32	18	24	Σ 224			
-80	-49	-78	-30	-54				
-3,33	-2,72	-2,44	-1,66	-2,25				
1,042	1,195	1,265	1,460	1,313				

$$W'_b = \begin{vmatrix} -712 & 90 \\ 371 & 3718 \end{vmatrix}$$

$$W'_a = \begin{vmatrix} 224 & -712 \\ 90 & 371 \end{vmatrix}$$

skąd - $a' = 0,1781$ oraz $b' = 3,25$

Prosta regresji ma postać:

$$y' = a' \cdot x' + b' \tag{2}$$

gdzie:

$$y' = \frac{y' - y_o}{h_y} \tag{3}$$

$$x' = \frac{x - x_o}{h_x} \tag{4}$$

Podstawiając (3) i (4) do równania prostej regresji (2) otrzymujemy

$$\frac{y - 1,87}{0,25} = 0,1781 \frac{x - 1,625}{0,25} - 3,25$$

y_o oraz x_o przyjęto z tablicy 1.

skąd: $y = 0,1781x + 0,773$

2.1.2. Obliczenie współczynnika korelacji

Współczynnik korelacji r oblicza się wzorem (5)

$$r = a \frac{\sigma_x}{\sigma_y} \tag{5}$$

gdzie σ_x i σ_y należy obliczyć według wzoru (6) i (7)

$$\sigma_x = h_x \sqrt{\frac{\Sigma m_x \cdot x'^2}{\Sigma m_x} - \left(\frac{\Sigma m_x \cdot x'}{\Sigma m_x}\right)^2} \qquad (6)$$

$$\sigma_y = h_y \sqrt{\frac{\Sigma m_y \cdot y'^2}{m_y} - \left(\frac{m_y \cdot y'}{m_y}\right)^2} \qquad (7)$$

skąd współczynnik korelacji równa się:

$$\sigma_x = 0{,}25\sqrt{\frac{3718}{224} - \left(\frac{90}{224}\right)^2} = 0{,}937$$

$$\sigma_y = 0{,}25\sqrt{\frac{3285}{224} - \left(\frac{-711}{224}\right)^2} = 0{,}471$$

Podstawiając do wzoru (5) wyniki wzorów (6), (7) i wielkość a z równania regresji otrzymujemy:

$$r = 0{,}1781\ \frac{0{,}937}{0{,}471} = 0{,}354$$

2.1.3. Sprawdzenie wielkości testowej i sprawdzenie występowania korelacji

Wielkość testową określa wzór 8. Korelacja występuje, jeżeli obliczona wzorem (8) wielkość testowa jest większa od dopuszczalnej minimalnej określonej w tablicy VI str. 422 poz. literatury 1. Dla $\alpha = 0{,}95$ wymagane t wynosi 1,96.

$$t = r\sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}} \qquad (8)$$

Obliczając otrzymujemy t:

$$t = 0{,}354 \sqrt{\frac{224 - 2}{1 - 0{,}354^2}} = 5{,}65$$

$t = 5{,}65 > 1{,}96$ (z tablicy) - występuje więc korelacja.

2.1.4. Sprawdzenie dokładności obliczenia

Dokładność lepszą od 10% uważa się za wystarczającą. Obliczenia dokładności (d) przeprowadza się przy pomocy wzorów (9), (10), (11), (12)

$$d = \frac{3\, s_{r\bar{x}}}{\bar{y}} \cdot 100 \qquad (9)$$

gdzie:

$$s_{r\bar{x}} = \frac{s_r}{\sqrt{n}} \qquad (10)$$

$$s_r = \sigma_y \sqrt{1 - r^2} \qquad (11)$$

$$\bar{y} = \frac{\Sigma m_x \cdot y_{x'}}{m_x}\, p + y_o \qquad (12)$$

Podstawiając odpowiednio do wzorów (9), (10), (11) i (12) otrzymujemy:

$$s_r = 0{,}471 \sqrt{1 - 0{,}354^2} = 0{,}441$$

$$s_{r\bar{x}} = \frac{0{,}441}{\sqrt{224}} = 0{,}0296$$

$$\bar{y} = \frac{-712 \cdot 0,25}{224} + 1,875 = 1,082$$

$$d = \frac{3 \cdot 0,0296}{1,082} \cdot 100 = 8,15\%$$

Tak więc obliczona dokładność wynosi 8,15% jest lepsza od dokładności dopuszczalnej 10%. Tym samym wynik można uznać za poprawny.
Wielkość p we wzorze 12 przyjęto 0,25 zgodnie z przedziałem dokładności tablicy 1. Pomocniczo posługiwano się tablicami 2 i 3.

2.2. Wyniki badań dla średnich nagromadzeń metanu

Postępując w analogiczny sposób jak opisano w punkcie 2.1. obliczono prostą regresji, współczynnik korelacji i wykonano sprawdzenie dokładności obliczenia. Obliczenia - jako powtarzające się-pomijam.
Znaleziona prosta regresji ma postać:
$y = 0,0456\ x + 0,506$. Dokładność jest niestety niewielka i korelacja nie występuje.

2.3. Wyniki badań dla małych nagromadzeń metanu

Znaleziona prosta regresji ma postać:

$$y = 0,0109\ x + 0,213$$

Dokładność jest niestety niewielka i korelacja nie występuje.

3. Wnioski

Wyniki badań opracowano analitycznie i przedstawiono w postaci prostych uwzględniających wzrost metanu z wysokością wyrobiska. Wyniki te wskazują na regularne, wolne narastanie metanu z wysokością wyrobiska w chodnikach o niższych

Tablica 2

Tablica pomocnicza dla większych nagromadzeń CH_4

X	m_x	$m_x \cdot X'$	$m_x \cdot \bar{Y}'_x$	$M_x \cdot X'^2$	$m_x \cdot X' \cdot \bar{Y}'_x$
-6	20	-120	-85	720	+510
-5	-	-	-	-	-
-4	43	-172	-167	688	+668
-3	24	-72	-83	216	+249
-2	-	-	-	-	-
-1	10	-10	-37	10	+37
0	11	0	-49	0	0
1	-	-	-	-	-
2	24	48	-80	96	-160
3	18	54	-49	162	-147
4	32	128	-78	512	-312
5	18	90	-30	450	-150
6	24	144	-54	864	-324
$\sum$	224	90	-712	3718	+371

Tablica 3

Tablica pomocnicza dla większych nagromadzeń CH_4

Y'	m_y	$m_y \cdot Y'$	$m_y \cdot Y'^2$
7	1	7	49
6	2	12	72
5	-	-	-
4	-	-	-
3	3	9	27
2	5	10	20
1	5	5	5
0	1	0	0
-1	18	-18	18
-2	17	-34	68
-3	58	-174	522
-4	58	-232	928
-5	40	-200	1000
-6	16	-96	576
$\sum$	243	-711	3285

od dopuszczalnych prędkościach powietrza. Narastanie % metanu odbywa się według prostej zależności funkcyjnej typu $y = ax + b$ stanowiącej równanie linii prostej. Przy większych prędkościach powietrza warunkujących szybsze i pełniejsze rozmieszanie się metanu z powietrzem, zjawisko to będzie się zacierało. Niemniej także przy wolnych przepływach nie stwierdzono zjawiska gwałtownego powstania dużych koncentracji metanu pod stropem wyrobiska. Tak więc wyklu-

cza się pośrednio powstawanie tzw. lontów metanowych[x)], w wyniku przemieszczania się metanu pod strop wyrobiska, przy wolnych i bardzo wolnych przepływach. Lonty metanowe mogą więc powstać jedynie w wyniku istnienia punktowych (najczęściej przystopowych) miejsc wydzielania metanu. Przeprowadzone badania potwierdziły jednocześnie konieczność stosowania w dalszym ciągu pomiarów kontrolnych metanu bezpośrednio pod stropem wyrobiska. Ponieważ tylko taki pomiar może wykryć największe zagrożenie w wyrobisku.

LITERATURA

[1] Dlin A.S.: "Matiematiczeskaja statistyka w tiechnikie. G.J. Sow. Nauka (1958).

x) Przez "lonty metanowe" należy rozumieć cienkie przystopowe warstwy metanu o koncentracji powyżej 5%. Jeżeli grubość przystropowej warstwy metanu przekroczy 10 cm - należy wyrobisko uznać za zagazowane.

НАБЛЮДЕНИЯ НАД КОНЦЕНТРАЦЕЙ МЕТАНА В ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ШТРЕКАХ ДЛЯ МАЛЫХ СКОРОСТИ ВОЗДУХА

Р е з ю м е

Были проведены наблюдения процесса роста концентраци метана для малых скорости воздуха (< 0,3 м/сек). Результаты исследования можно представить следующим образом: концентрация метана увеличается по мере роста высоты пункта наблюденя в штреке. Этот процесс поступает постепенно и можно ево определить по формуле $y = ax + b$. Результаты исследования обработано методом статистической математикии.

THE DEVELOPMENT OF PROCESS METHANE CONTRATION IN HORIZONTAL ROFF WITH SMALL AIR VELOCITY

S u m m a r y

The development of process to the change methane concentration with higness in horizontal roof with small air velocity (<0,3 m/sec) were carried out. The results of experiments can be briefly described as follows: methane concentration was increeas with decreeas of distance from roof. This process execute slowly end may be define bay linear equation $y = ax + b$. The results of experiments are laborate with statistic method.