GÓRNICTWO z. 40

BOLESŁAW KOZŁOWSKI

P.3351/69

NOWA METODA PROGNOZOWANIA ZAGROŻENIA GAZOWEGO

25-LECIE
POLITECHNIKI
ŚLĄSKIEJ

POLITECHNIKA ŚLĄSKA
ZESZYT NAUKOWY Nr 251 – GLIWICE 1969

SPIS TREŚCI

Str.

1. Wstęp 3
2. Cel pracy 5
3. Obecnie stosowane w PW metody prognozowania zagrożenia gazowego w wyrobiskach eksploatacyjnych 7
   3. 1. Metody wykreślne 7
   3. 2. Wyniki stosowania metod wykreślnych w PW . . . 13
   3. 3. Inne metody prognozowania zagrożenia gazowego . . 15
   3. 4. Wyniki stosowania innych metod w PW 19
   3. 5. Wnioski 21
4. Wzory stosowane w PW do prognozowania zagrożenia gazowego w wyrobiskach chodnikowych 22
   4. 1. Wzory do obliczania wydzielania metanu w wyrobiskach chodnikowych 22
   4. 2. Stosowanie wzorów do obliczania wydzielania metanu 22
   4. 3. Wnioski 23
5. Ustalenie gazonośności pokładów węgla 29
6. Prognozowanie zagrożenia gazowego w robotach chodnikowych 33
   6. 1. Próba ustalenia wzoru służącego do obliczenia wydzielania metanu w robotach chodnikowych 33
   6. 2. Badania przeprowadzone 42
   6. 3. Opracowanie wyników badań dla ustalenia wydzielania metanu z powierzchni odsłoniętych chodnika . . . 44
7. Prognozowanie zagrożenia gazowego w wyrobiskach eksploatacyjnych 51
   7. 1. Próba ustalenia wzoru służącego do obliczenia wydzielania metanu do wyrobisk eksploatacyjnych ścianowych 54
   7. 2. Badania przeprowadzone dla ustalenia wielkości metanu wydzielającej się z pokładów towarzyszących — stropowych i spągowych 62
   7. 3. Opracowanie wyników badań dla ustalenia % odgazowania pokładów nadebranych i podebranych . . . 73
   7. 4. Obliczenie wydzielania metanu (gE4) do wyrobisk eksploatacyjnych z pokładów nad- i podbudowanych . . 79
8. Wytyczne stosowania nowej metody prognozowania zagrożenia gazowego 80
   8. 1. Wytyczne dla obliczenia prognozy zagrożenia gazowego w robotach chodnikowych 82
   8. 2. Wytyczne dla obliczenia prognozy zagrożenia gazowego w robotach wybierkowych 83
9. Przykłady zastosowania metody prognozawania zagrożenia gazowego wyrobisk dla pokładu 412/2 Kop. Bielszowice . . 84
   9. 1. Zastosowanie metody prognozowania zagrożenia gazowego w chodnikach 84
   9. 2. Zastosowanie metody prognozowania zagrożenia gazowego w wyrobiskach eksploatacyjnych 88
10. Wnioski końcowe 94

Literatura 99

POLITECHNIKA ŚLĄSKA

ZESZYTY NAUKOWE

Nr 251

BOLESŁAW KOZŁOWSKI

P.3351/69

NOWA METODA PROGNOZOWANIA ZAGROŻENIA GAZOWEGO

PRACA HABILITACYJNA Nr 89

Data otwarcia przewodu habilitacyjnego 21. IV. 1969 r.

GLIWICE 1969

Ocena ilości metanu, który będzie się w określonych warunkach eksploatacyjnych wydzielał do wyrobisk jest jednym ze skutecznych sposobów walki z zagrożeniem gazowym. Im bardziej będzie ona poprawna i zbliżona do rzeczywistości, tym skuteczniejszy będzie dobór środków, które zostaną zastosowane we właściwej formie i we właściwym czasie. Brak właściwej oceny wielkości tego zagrożenia będzie w najwyższym stopniu ujemnie rzutował na poziom bezpieczeństwa prowadzonych robót, w przypadku zaś podejmowania decyzji inwestycyjnych może powodować i powoduje błędy niemożliwe do naprawienia.

Liczni autorzy (5, 9, 10, 12, 17, 23, 28, 30, 37, 44, 55, 71) zwracają na to uwagę i podkreślają konieczność opierania się w projektowaniu górniczym na możliwie dokładnym rozeznaniu zagrożenia gazowego. Także syntetyczne opracowania obejmujące perspektywy rozwojowe nauki polskiej (16, 33) podkreślają konieczność prowadzenia prac nad prognozowaniem zagrożenia gazowego, jako nieodzownych dla górnictwa.

Prognozowanie zagrożenia gazowego sprowadza się do:

1) ustalenia gazonośności złoża czyli ilości metanu zawartego w węglu nienaruszonym eksploatacją,
2) znalezienia zależności pomiędzy gazonośnością a wydzielaniem metanu do wyrobisk (gazowością) podczas prowadzonej eksploatacji w określonych sytuacjach i w warunkach przyjętej kolejności odbudowy,
3) określenia zagrożenia gazowego robót przygotowawczych i rozcinkowych.

Od metody prognozowania zagrożenia gazowego należy wymagać poza jej możliwie wysoką dokładnością także przejrzystości, prostoty i łatwości w stosowaniu. Prawidłowe lub zbliżone do

prawidłowego obliczenia ilości metanu, z którą w danej sytuacji należy się liczyć pozwoli na:

1) poprawne obliczenie ilości świeżego powietrza, które należy doprowadzać do rejonów wentylacyjnych i miejsc pracy górników,
2) projektowanie właściwych systemów eksploatacji,
3) podjęcie zasadniczych decyzji inwestycyjnych co do samej struktury kopalni, poziomu, skrzydła,
4) korygowanie założonego harmonogramu wydobycia pod kątem nieprzekraczania dopuszczalnych, określonych przepisami koncentracji metanu i możliwości wentylacyjnych,
5) dobór długości ściany i wydobycia z niej oraz określenie optymalnych postępów robót chodnikowych i ich gabarytów,
6) dokonanie wstępnej klasyfikacji pomieszczeń, a co za tym idzie doboru urządzeń elektrycznych,
7) podjęcie racjonalnej decyzji o stosowaniu, ewentualnie niestosowaniu odmetanowania.

Prognozowanie zagrożenia gazowego jest więc jak wynika z powyższego podstawą projektowania górniczego, rozcinki i eksploatacji w polach gazowych kopalń węgla kamiennego.

2. CEL PRACY

Metody prognozowania zagrożenia gazowego stosowane dotychczas w górnictwie polskim (patrz rozdział III) nie dają zadowalających wyników. Błędy, które uzyskuje się przy ich stosowaniu są tak wysokie, że praktycznie biorąc przydatność tych metod jest co najwyżej - orientacyjna. Niewątpliwie nie bez znaczenia jest fakt, że dotychczas w PW stosujemy metody za-

graniczne, opracowane dla innych warunków, opierające się siłą rzeczy m.in. na empirycznie stwierdzanych zależnościach, które w naszych kopalniach nie zachodzą lub zachodzą w innych wymiarach. Np. metoda radziecka (31) opracowana w Instytucie Makiejewskim jest określana zupełnie jednoznacznie przez jej autorów jako metoda empiryczna, związana ze specyfiką Zagłębia Donieckiego.

Inne z przedstawionych metod, mimo że można je w zasadzie traktować jako uniwersalne, dają w naszych warunkach wyniki tak dalece błędne, że należy przyjąć do wiadomości ich "regionalność" (wyrażającą się w licznych współczynnikach) i założyć poprawną stosowalność w określonych warunkach górniczo-geologicznych dla których zostały opracowane.

Niniejsza praca stawia więc sobie za cel, aby opierając się szeroko na wynikach badań i pomiarów prowadzonych w latach 1965-68 na kopalniach PW, opracować nową metodę prognozowania zagrożenia gazowego, którą z lepszym powodzeniem można by stosować w naszym przemyśle. Będzie to niewątpliwie dopiero "pierwsze przybliżenie", a prace nad prognozą będą prowadzone jeszcze przez wiele dziesiątek lat przez zespoły naukowo-badawcze.

Opierać się w tej pracy będę na:

1) wieloletnich pracach Kopalni Doświadczalnej Barbara prowadzonych przez prof. W. Cybulskiego osobiście lub przez kierowanego przez Niego zespoły. Ogromny materiał prowadzonych badań przedstawiony został w szeregu źródłowych opracowań (11, 12, 13, 14, 18, 19, 29, 35),
2) znajomości innych metod prognozowania, z których można i należy przyjąć te fragmenty, które wydają się być poprawne i uniwersalne,

3) obserwacjach i stwierdzeniach spotykanych w literaturze krajowej i zagranicznej, a potwierdzających się lub przynajmniej nie wykluczających się doświadczeniem praktyki z naszych kopalń,
4) specjalistycznych opracowaniach i ekspertyzach wykonanych przez Zespoły Kop. Dośw. Barbara obejmujących ocenę zagrożenia gazowego i prognozę wyrobisk dołowych na kopalniach (82 - 92).

3. OBECNIE STOSOWANE W PW METODY PROGNOZOWANIA ZAGROŻENIA GAZOWEGO W WYROBISKACH EKSPLOATACYJNYCH

Do roku 1966 stosowano w polskim PW prawie wyłącznie metody zachodnio-europejskie Schultza, Wintera, Stuffkena, Patteisky'ego (24, 52, 65, 67, 71) oraz sporadycznie metodę statystyczną radziecką (44, 47, 61, 66).

W roku 1967 utworzona na Kop. Dośw. Barbara Pracownia Prognoz Gazowości podjęła prace w tym zakresie i wprowadziła do praktyki metody analityczne opracowane ostatnio w ZSRR (31, 32, 73-79). Staje się koniecznym krótkie scharakteryzowanie tych metod oraz zajęcie wobec nich stanowiska.

Metody zachodnio-europejskie z uwagi na technikę posługiwania się nimi, przedstawione w rozdziale 3.1. nazwie się metodami wykreślnymi.

3.1. Metody wykreślne

Metoda Schultza, Wintera i Stuffkena opiera się na określeniu gazonośności złoża jako funkcji procentu części lotnych występujących w pokładzie. Procent ten musi być stwierdzony laboratoryjnie.

Na rys. 1 przedstawiono odpowiedni wykres. Odrzutowując z osi odciętych stwierdzony laboratoryjnie dla badanego pokładu % części lotnych na odpowiednią dla przyjętej metody linię 1, 2, 3 a następnie z linii na oś rzędnych - otrzymujemy na niej gazonośność złoża odpowiadającą % części lotnych.

Do wyrobiska ścianowego wypływać będzie metan nie tylko z węgla urabianego w nim, ale także z podbudowanych i nadbudowanych pokładów znajdujących się w zasięgu wpływów eksploatacyjnych ściany. Ilość metanu wydzielająca się z pokładów towarzyszących będzie więc funkcją gazonośności, odległości pokładów od siebie i stosunku ich grubości. Zasięg wpływów eksploatacyjnych (strefa odprężenia) jest według Schultza półkołem którego promień równy jest połowie długości ściany. Winter i Stuffken są zdania, że odprężenie przebiega odpowiednio według linii przedstawionych na rys. 2.

Sposób posługiwania się rysunkiem:
Na osi rzędnych znaleźć odległość pokładu stropowego lub spągowego od pokładu eksploatowanego. Odrzutować ten punkt na odpowiednią dla przyjętej metody linię, skąd odrzutować na oś odciętych. W ten sposób znajduje się % odgazowania pod- lub nadbudowanego pokładu.

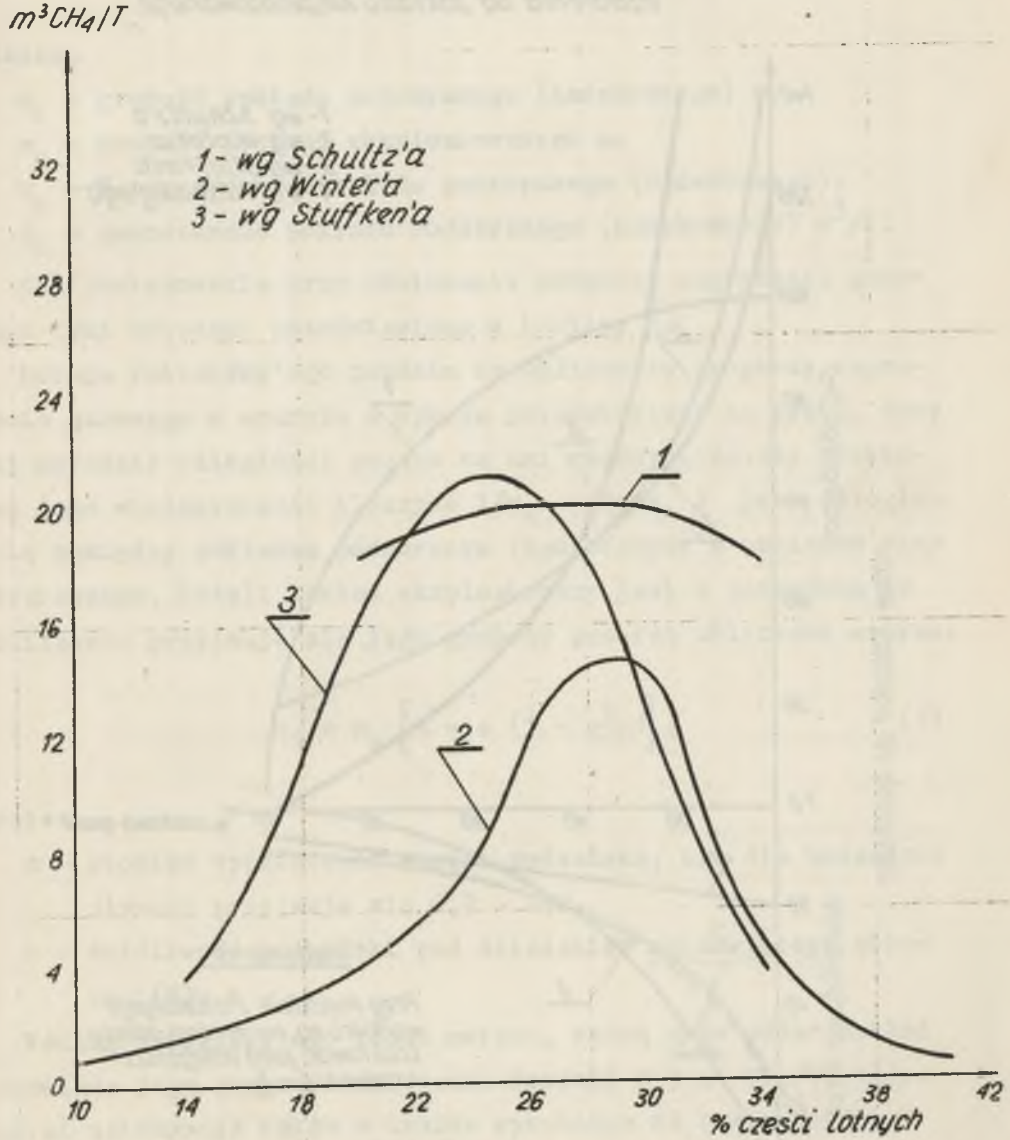
Prognozowane wydzielanie całkowite (m^3) oblicza się wzorem:

$$Q = (Q_1 + Q_2 + Q_3)\, W, \qquad (1)$$

gdzie:

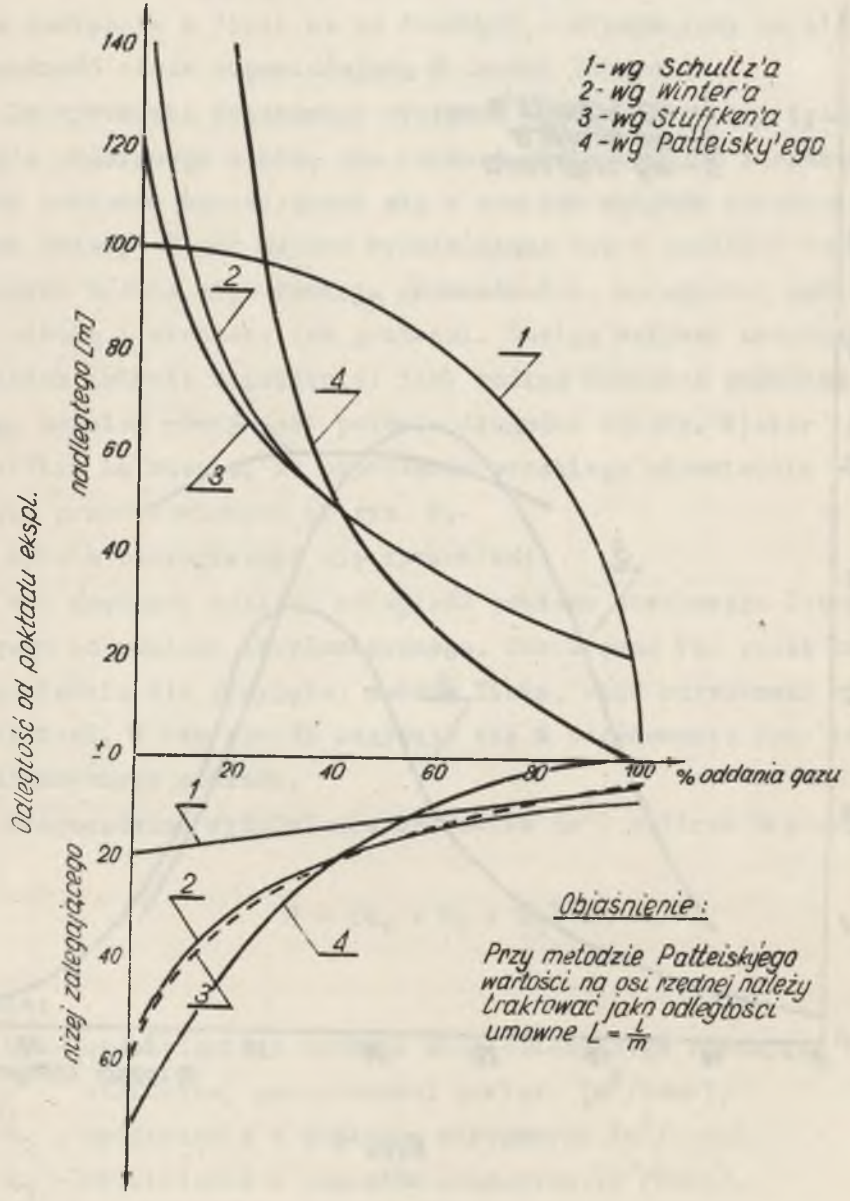
Q_1 - wydzielanie z pokładu eksploatacyjnego równające się całkowitej gazonośności pokładu (m^3/tonę),
Q_2 - wydzielanie z pokładów stropowych (m^3/tonę),
Q_3 - wydzielanie z pokładów spągowych (m^3/tonę),
W - wydobycie (t/d).

Zależność zawartości metanu w węglu
od % części lotnych.



Rys. 1

Wydzielanie gazu w pokładach pod i nad-budowanych w zależności od ich oddalenia od pokładu eksploatowanego



Rys. 2

$$Q_2(Q_3) = \frac{m_i \cdot \eta_i \cdot g_i}{100 \cdot m_e}, \qquad (2)$$

gdzie:

m_i - grubość pokładu podebranego (nadebranego) m,

m_e - grubość pokładu eksploatowanego m,

η_i - % odgazowania pokładu podebranego (nadebranego),

g_i - gazonośność pokładu podebranego (nadebranego) m^3/t.

Tok postępowania przy obliczaniu prognozy zagrożenia gazowego tymi metodami przedstawiono w tablicy 1.

Metoda Patteisky'ego pozwala na obliczenie prognozy zagrożenia gazowego w oparciu o wykres przedstawiony na rys.2. Przy tej metodzie odległości podane na osi rzędnych należy traktować jako wielokrotność iloczynu l/m_e - gdzie l jest odległością pomiędzy pokładem podebranym (nadebranym) a pokładem eksploatowanym. Jeżeli pokład eksploatowany jest z podsadzką do obliczenia przyjmuje się jego grubość pozorną obliczoną wzorem:

$$m_1 = m_e \left[1 - a \left(1 - \frac{b}{100}\right)\right], \qquad (3)$$

gdzie:

a - stopień wypełnienia pustki podsadzką, np. dla podsadzki płynnej przyjmuje się 0,7 - 0,9,

b - ściśliwość podsadzki pod działaniem osiadającego stropu, (%).

Według Patteisky'ego ilość metanu, którą może oddać pokład odpowiada jego gazonośności pomniejszonej o 3 m^3 CH_4/t, które węgiel zatrzymuje także w urobku wywożonym na powierzchnię. Całkowita ilość metanu (m^3/dobę) wydzielającego się do wyrobiska eksploatacyjnego wynosi według Patteisky'ego:

$$Q = 0{,}01 \left(\frac{l}{} + 80\right) p \sum_{1}^{n} p_i m_i (X - X_1) \cdot \text{?}, \qquad (4)$$

Tablica 1

Praktyczne posługiwanie się metodami wykreślnymi

Nazwa pokładów	Części lotne %	Gazonośność pokładu m^3CH_4/t	Grubość pokładów (m)	Odległ. od pokł. eksploatowanego (m)	Wpływ podbudowy względnie nadbudowy (%)	Współczynnik przeliczeniowy	Przewidywane wydzielanie metanu m^3CH_4/t	Pozostaje CH_4 (%)	Pozostaje CH_4 (m^3CH_4/t)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Podkłady nadległe do wysokości 1=1/2 długości ściany w pokładzie eksploatowanym, względnie do wysokości 120-140 m (wg Wintera i Stuffkena)	wg wyników analizy laboratoryjnej	wg rys. 1	z profilu geologicznego (m)	z profilu geologicznego	określić na podstawie rubr.5 i przy pomocy rys. 2	Grubość pokładu rozpatrywanego / grubość pokładu eksploatowanego	rubryki 3x6x7 / 100	100 − rubr. 6 / 100	rubryka 9x rubryka 3
Pokład eksploatowany	jw.	jw.	(m)	0	100	1,0	jw.	0	0
Pokłady niżej zalegające do 20 m, względnie do 60 m (wg Wintera i Stuffkena)	jw.	jw.	(m)	z profilu geologicznego (m)	% określić na podstawie rubr. 5 i przy pomocy rys. 2	jw. dla pokładów podległych	jw.	100 − rubr. 6 / 100	rubryka 9x rubryka 3

suma wydzielania metanu do wyrobiska eksploatacyjnego

Uwaga: Zaleca się w przypadku projektowania odmetanowania uwzględnienia tego dla warstw stropowych w obliczeniach.

gdzie:

p - postęp ściany (m/d),

l - długość ściany (m),

p_i - odgazowanie pokładów (%) - przyjmować wg rys. 2,

m_i - grubość pokładów (m),

X_1 - gazonośność pokładu węgla wydobytego na powierzchnię

X - gazonośność pokładu nienaruszonego (m^3/t),

γ - ciężar właściwy węgla, 1,3 m^3/t.

3.2. Wyniki stosowania metod wykreślnych w PW

Przedstawione metody zostały sprawdzone w warunkach silnej gazowości kopalń Jastrzębie i Moszczenica. Badania przeprowadzono w roku 1966. W kopalni Jastrzębie objęły one następujące wyrobiska ścianowe:

1) ściana III w p. 406/4 poz. 0,00
2) ściana V w p. 406/4 poz. 0,00
3) ściana V w p. 407/1 poz. 0,00
4) ściana I w p. 407/1 poz. 0,00
5) ściana II w p. 407/1 poz. 0,00.

Badania miały na celu porównanie wyników osiągniętych według metod wykreślnych z faktyczną gazowością wyrobisk.
W kopalni Moszczenica badania objęły następujące wyrobiska ścianowe:

1) ściana 1N w p. 415/1-2 poz. +70
2) ściana 2N w p. 415/1-2 poz. +70
3) ściana 3N w p. 415/1-2 poz. +70
4) ściana 4N w p. 415/1-2 poz. +70.

W tablicy 2 przedstawiono porównanie wyników prognozy z faktycznym wydzielaniem metanu stwierdzonym w tych wyrobiskach.

Gazowość faktyczna ustalona w oparciu o przeprowadzone badania różni się w zasadniczy sposób od gazowości prognozowanej

Tablica 2

Porównanie wydzielania faktycznego z prognozowanym
w wyrobiskach ścianowych kopalń Jastrzębie, Moszczenica

Lp.	Nazwa wyrobiska	Gazonośność (m^3CH_4/t) wg:				Gazowość prognozowana (m^3CH_4)t wydobycia wg:				Gazowość wg metody Instytutu im. A.Skoczyńskiego (m^3CH_4/t)	Gazowość stwierdzona $m^3/CH_4/t$ wyd.
		Schultza	Stuffke-na	Wintera	stwier-dzona badania-mi	Schultza	Stuffke-na	Wintera	Patteisky'ego		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Kopalnia Jastrzębie										
1	ściana III w p.406/4 poz. 0,00	20,1	15,8	15,2	8,0	33,65	28,57	27,33	27,81	18,8	4,58
2	ściana V w p.406/4 poz. 0,00	20,1	15,8	15,2	8,0	27,8	28,57	27,33	34,89	18,8	4,58
3	ściana V w po.407/1 poz. 0,00	17,15	9,87	9,87	4,2	19,85	25,03	24,02	16,33	9,61	11,8
4	ściana I w p.407/1 poz, 0,00	17,15	9,87	9,87	4,2	19,86	25,03	24,02	17,65	9,61	11,8
5	ściana II w p.407/1 poz. 0,00	20,0	15,0	15,0	11,0	55,2	59,95	57,51	66,41	35,68	11,8
	Kopalnia Moszczenica										
1	ściana 1N w p.415/1-2 poz.+70	20,0	21,1	12,6	17,0	16,34	27,03	13,96	72	31,4	13,5
2	ściana 2N w p.415/1-2 poz,+70	20,0	21,1	12,6	17,0	16,34	27,03	13,96	72	31,4	10,6
3	ściana 3N w p.415/1-2 poz.+70	20,0	21,1	12,6	17,0	18,67	27,03	13,96	56,7	31,4	11,9
4	ściana 4N w p.415/1-2 poz.+70	20,0	21,1	12,6	17,0	18,67	27,03	13,96	56,7	31,4	8,4

przy pomocy metod wykreślnych. Zwraca także uwagę bardzo duża (w przypadku ściany I i V w p. 407/1 kop. Jastrzębie nawet ponad czterokrotna) różnica pomiędzy gazonośnością ustaloną badaniami a gazonośnością znalezioną wg rys. 1.

Powyższe stwierdzenia prowadzą do wniosków:

1) stosowanie metod wykreślnych nie zapewnia wystarczającej dokładności prognozy,
2) stosowanie wykresu 1 dla ustalenia gazonośności pokładów nie zapewnia wystarczającej dokładności.

3.3. Inne metody prognozowania zagrożenia gazowego

Metoda Instytutu im. A. Skoczyńskiego, metoda statystyczna, empiryczna oraz metoda opracowana w Instytucie MakNII w Donbasie omówione zostały wyczerpująco w publikacjach zamieszczonych w Biuletynie Biur Projektowych (31, 32, 33). Metody te podane zostały także w instrukcjach resortowych wydanych w ZSRR (71 do 78).

W niniejszej pracy ograniczę się jedynie do krótkiego scharakteryzowania tych metod i oceny ich przydatności w warunkach górniczo-geologicznych Niecki Górnośląskiej.

3.3.1. Metoda statystyczna

Za punkt wyjściowy obliczeń przyjmuje "stopień wzrostu gazowości" a, zwiększający się w miarę schodzenia robotami eksploatacyjnymi w głąb kopalni. Przewidywaną gazowość g na głębokości H (m) określa się wzorami:

$$a = \frac{H_2 - H_1}{g_2 - g_1}, \qquad (5)$$

gdzie:

H_2 - głębokość najgłębszego czynnego poziomu (m)

H_1 - głębokość najpłytszego czynnego poziomu (m)

g_2, g_1 - gazowość najgłębszego i najpłytszego czynnego poziomu (m^3/t).

$$g = \frac{H - H_o}{a} + 2, \qquad (6)$$

gdzie:

H_o - głębokość strefy odgazowania powierzchniowego (m).

$$H_o = H_1 - a\,(g_1 - 2). \qquad (7)$$

Dla określenia g_1 i g_2 wykorzystuje się długofalowe wyniki kontroli wydzielania metanu.

Stosowanie tej metody może mieć miejsce przy określaniu gazowości także dla nowych kopalń, jeżeli sąsiadują one z istniejącymi. Przy stopniu gazowości niższym od 10 $m/m^3 CH_4/t$ można ją stosować dla poziomów nie przekraczających różnicy głębokości poziomów 100 m, dla $a > 10$ można ją stosować nawet dla różnicy głębokości dochodzącej do 200 m.

3.3.2. Metoda prognozy opracowana przez radziecki Instytut im. A. Skoczyńskiego

Wydzielanie metanu do wyrobisk eksploatacyjnych i ich gazowość ($m^3 CH_4/t$) jest sumą wydzielania metanu z eksploatowanego pokładu (g_1), pokładów sąsiadujących w partii stropowej lub spągowej i podlegających wpływom eksploatacji (g_2) oraz ze skał występujących pomiędzy pokładami partii górotworu naruszonej wpływami eksploatacji (g_3)

$$g_1 = \frac{m_p}{m_w}\,(k_p + k_w)\,(x - x_1), \qquad (8)$$

gdzie:

m_p - grubość całkowita ekspl. pokładu (m)

m_w - grubość wybieranej warstwy (m)

k_p-k_w - współczynniki

x - gazonośność pokładu (m^3/t)

x_1 - zawartość metanu w węglu wydobytym na powierzchnię (m^3/t)

$$g_2 = \sum \frac{m_i}{m_w} \left(1 - \frac{h_i}{h_p}\right) (x_i - x_{i1}), \qquad (9)$$

gdzie:

m_i - grubość pokładu sąsiadującego (m)

h_i - pionowa odległość między pokładem sąsiadującym a eksploatowanym (m)

h_p - zasięg wpływów pod- lub nadbudowy (m)

x_i, x_{i1} - odpowiednia gazonośność i zawartość metanu w węglu na powierzchni dla pokładów sąsiadujących (m^3/t).

Zasięg wpływów pod- lub nadbudowy oblicza się wzorami:

dla warunków pobudowanych pokładów:

$$h_p = N_u \, m_w \, (1{,}2 + \cos\alpha), \qquad (10)$$

gdzie:

N_u - współczynnik - przyjmować przy pełnym zawale dla pokładów cieńszych od 2,5 m - 60, przy częściowej podsadzce - 45, przy pełnej - 25

α - kąt zalegania pokładu w stopniach;

dla warunków nadbieranych pokładów:

$$h_p = N_u \, m_w \, (1{,}2 - \cos\alpha). \qquad (11)$$

Rosjanie zastrzegają jednocześnie, że N_u a co za tym idzie h_p winny być określane na drodze empirycznej i dla różnych zagłębi mogą przybierać różne wartości.

$$g_3 = k_p \, g_1 , \tag{12}$$

gdzie:

k_p - współczynnik zależny od kierowania stropem, przyjmować dla podsadzki pełnej - 0,1, dla podsadzki częściowej - 0,2, dla zawału - 0,25.

3.3.3. Metoda prognozy opracowana przez radziecki Instytut MAkNII

Posługuje się ona wzorami, (oznaczenia jak dla metody przedstawionej w 3.3.2)

$$g_1 = x \, k \, (1 + p_1) + k_c \, x , \tag{13}$$

gdzie:

k - współczynnik wydzielania przyjmować w zależności od sytuacji eksploatacyjnej 0,75 do 1,5,

k_c, p_1 - współczynniki

$$g_2 = \sum \frac{m_i}{m_w} \; x_i \, k_s \cdot W , \tag{14}$$

gdzie:

k_s - współczynnik, przyjmować dla zawału - 1,3, dla podsadzki - 1

W - współczynnik uwzględniający stopień odprężenia pokładu znajdywany wykreślnie.

$$g_3 = k_d \, g_1 , \qquad (15)$$

gdzie:

k_d - współczynnik, przyjmować dla podsadzki pełnej 0,1, dla zawału 0,25.

Metodę powyższą opracowano opierając się o empiryczne wyniki uzyskiwane na kopalniach Donbassu.

3.3.4. Metoda empiryczna zachodnio-europejska

Metoda ta opiera się na przeprowadzonych na dole obserwacjach. Autorzy jej utrzymują, że wydzielanie się metanu ze skał nad- i podległych utrzymuje się w granicach 4 do 8 razy większych od wydzielenia z urobionego w wyrobiskach eksploatacyjnych węgla.

3.4. Wyniki stosowania innych metod w PW

3.4.1. Stosowanie metody statystycznej

Stosowanie metody statystycznej w warunkach polskich napotyka na istotne trudności, na ogół brak jest wystarczających danych statystycznych potrzebnych dla przystąpienia do prognozy. Dokładność pobieranych prób i notowane ilości powietrza rzadko są ścisłe. Wyniki uzyskane na niektórych kopalniach (84) przeczą słuszności podstawowego założenia metody - tj. wzrostu gazowości z głębokością prowadzenia robót.

Prognoza kop. Nowy Wirek wykonana przez Zespół Kop. Doświ. Barbara wykazała co następuje:

Tablica 3

Zależność między gazowością i głębokością eksploatacji w kopalni Nowy Wirek

Partia między uskokiem IV i V		Partia między uskokiem V i VI	
Średnia głębokość zalegania piętra m	Średnia gazowość piętra m^3/t	Średnia głębokość zalegania piętra m	Średnia gazowość piętra m^3/t
-354	45,9	-350	12
-364	50,7	-367	10,2
-379	35,5	-380	9,4
-391	53,1	-395	8,6
-404	59,6	-408	7,1
		-425	10,1
		-435	7,3

Uzyskanie tak niezgodnych z metodą statystyczną wyników spowodowało zajęcie następującego stanowiska przez Zespół:

1) stwierdzono brak regularności w zmianie gazowości z głębokością eksploatacji,
2) po odrzuceniu skrajnych wyników stwierdzono co prawda dla partii między uskokiem IV i V wzrost gazowości z głębokością, niestety dla partii między uskokiem V i VI widoczna jest tendencja odwrotna,
3) tym samym: "nie jest się w stanie prognozować zagrożenia gazowego w oparciu o metodę statystyczną".

3.4.2. Stosowanie metody opracowanej przez radziecki Instytut im. A. Skoczyńskiego

W tablicy 2 przedstawiono wyniki obliczeń prognozowanego wydzielania metanu w ścianach kop. Jastrzębie i Moszczenica.

Porównanie tych wyników z faktycznie stwierdzonym wydzielaniem prowadzi do wniosków:

1. Różnice pomiędzy gazowością faktyczną i prognozowaną są niekiedy kilkakrotne.
2. Uzyskane wyniki są bardzo zróżnicowane, np. dla kop. Moszczenica są trzykrotnie wyższe od faktycznych, a dla ściany I i V w p. 407/1 kop. Jastrzębie są poważnie niższe od gazowości stwierdzonej badaniami.

3.4.3. Stosowanie metody opracowanej przez Instytut MakNII

Metoda ta oparta na empirycznie ustalonych w Donbassie zależnościach daje wyniki nie pokrywające się z faktycznie uzyskiwanymi w warunkach Niecki Górnośląskiej. Było to powodem wyeliminowania tej metody przez Pracownię Prognozy Zagrożenia Gazowego. Kop. Dośw. Barbara i nie stosowania jej w opracowaniach wykonywanych przez Pracownię w latach 1967, 1968.

3.4.4. Stosowanie empirycznej metody zachodnio-europejskiej

Dowolność i całkowita umowność tej metody zwalnia od jej analizowania. Sprawdzanie jej nie ma sensu, ponieważ nawet w przypadku otrzymania wyników poprawnych można byłoby je tłumaczyć wyłącznie przypadkowością.

3.5. Wnioski

Przedstawione metody nie zapewniają koniecznej dokładności.

4. WZORY STOSOWANE W PW DO PROGNOZOWANIA ZAGROŻENIA GAZOWEGO W WYROBISKACH CHODNIKOWYCH

Literatura radziecka podaje liczne wzory w oparciu o które można obliczać (prognozować) wydzielanie metanu do wyrobisk chodnikowych.

4.1. Wzory do obliczenia wydzielania metanu w wyrobiskach chodnikowych

W tablicy 4 zestawiono niektóre ważniejsze wzory stosowane do prognozy zagrożenia gazowego w wyrobiskach chodnikowych. Są to:

wzór V.L. Bożko (7,8)
V.L. Bożko i R.M. Kriczewski (41, 43)
E.J. Fomynych (21)
V.S. Orechow (48)
A.E. Petrosjan (64)
I.M. Pieczuk (53, 54)
J.W. Siergiejew (61)
V.N. Voronin (69)

a ponadto wzory opracowane przez Instytut - im. A. Skoczyńskiego i MakNII (31, 32, 74).

J. Roszkowski w swej pracy habilitacyjnej (56) podaje interesujące obserwacje z wypływu metanu do wyrobisk przekopowych. Niniejsza praca ogranicza się jednak do robób prowadzonych w węglu - rozcinkowych i eksploatacyjnych.

4.2. Stosowanie wzorów do obliczania wydzielania metanu

Stosowanie niektórych wzorów - 18, 19, 26, 28 napotyka w praktyce na poważne trudności. Określenie wymaganych współczyn-

ników nie zawsze jest możliwe i także w praktyce radzieckiej nie są one stosowane.

Przydatność stosowania pozostałych metod przytoczonych w tablicy 4 sprawdzono w wyrobiskach chodnikowych pokładu 412/2 (III kategoria gazowości) kop. Bielszowice. Wybrano ten pokład z uwagi na "dziewiczość badanej partii". Wyniki obliczeń i ich porównanie z wydzielaniem faktycznym podano w tablicy 5. Obliczone odchyłki kwadratowe błędów uzyskane metodami radzieckimi pozwoliły na obliczenie średnich odchyleń. Największe średnie odchylenie uzyskano dla wzorów Pieczuka (3,83), MakNII (2,145) oraz Bożko (0,525). Najmniejsze wykazała metoda Bożko-Kriczewski (0,161).

Do obliczeń przyjęto:

a) głębokość strefy odprężenia (h), w oparciu o przeprowadzone badania - 12,5 m,

b) gazonośność złoża (pokładu eksploatowanego i pokładów towarzyszących) ustalono w oparciu o pobrane próbki węgla do naczyń zamkniętych,

c) zgodnie z wynikami badań Kop.Dośw. Barbara (90) przeprowadzonych na kopalniach ROW założono, że węgiel wydobywany na powierzchnię zawiera jeszcze 20% wyjściowej gazonośności.

4.3. Wnioski

Przedstawione metody nie zapewniają wystarczającej dokładności prognozy. Stosunkowo najmniejszy błąd uzyskuje się przy stosowaniu metody Bożko-Kriczewski (wzór 17).

Tablica 4

Zestawienie wazniejszych wzorów dla obliczania prognozy zagrożenia gazowego w wyrobiskach chodnikowych

Lp.	Wzór	Oznaczenia	Jednostki	Według:	Uwagi
1	2	3	4	5	6
16	$g = \frac{\sigma \cdot m \cdot h \cdot W_o \cdot \gamma}{43\,200}$	g - wydzielanie metanu σ - współczynnik uwzględniający sposób prowadzenia wyrobisk. Dla wyrobisk pojedyńczych $\sigma = 2$	m^3/min. bezwymiarowe	V.L. Bożko	
16.1	$\sigma = 2 + \frac{z}{h}$	z - długość przecinki h - głębokość strefy szczelinowatości (odprężonej) v - średnia prędkość prowadzenia robót	m m m/mies.		h - ustalenie empiryczne na podstawie wyników z robót prowadzonych w podobnych warunkach
		m - grubość pokładu W_o - gazonośność pokładu γ - ciężar właściwy węgla	m m^3CH_4/t		
17	$g = 0{,}0225 \cdot m \cdot W_o \cdot \frac{v \cdot h}{1600}$	jw.	jw.	V.L. Bożko R.M. Kriczewski	
18	$g' = 2 \cdot m \cdot v' \cdot g_t + b \cdot m \cdot \gamma \cdot v' \cdot (W_o - W_k)$	g' - wydzielanie CH_4 v' - średnia prędkość prowadzenia robót g_t - ilość metanu wydzielająca się z pokładu (otwartej powierzchni) w okresie degazacji - t'	m^3/d m/d m^3CH_4/m^2	E.J. Fromynych	Dla wyrobisk chodnikowych pojedynczych
18.1	$g_t = A \cdot t'^{-n}$	A - ilość metanu wydzielającego się z m^2 powierzchni otwartej węgla po strzelaniu t' - czas degazacji n - wykładnik potęgowy. Przyjmować = 0,35 b - szerokość wyrobiska W_k - zawartość metanu w węglu wydobytym na powierzchnię, pozostałe oznaczenia jak wyżej	m^3/m^2 dob. doby bezwymiarowy m m^3/t		W naszych warunkach trudno zastosowalny z uwagi na występujący współczynnik g_t i trudność określenia czasu degazacji (t)
19	$g' = 4 \cdot m \cdot v' \cdot g_t \cdot k + m \cdot v' \cdot \gamma \cdot (b_1 + b_2) \cdot (W_o - W_k)$	k - współczynnik uwzględniający zmiany wydzielania do wyrobisk chodnikowych przyjmować 0,5 - 1,0 b_1, b_2 - szerokości wyrobisk pozostałe oznaczenia - jak wyżej	bezwymiarowy m	E.J.Fomynych	Dla wyrobisk chodnikowych podwójnych

cd. tabl. 4

1	2	3	4	5	6
20	$g = g_1 + g_2$	g_1 – metan wydzielający się do wyrobiska z obnażonych powierzchni,	m^3/min	Instytut im. A. Skoczyńskiego	Dla wyrobisk o szybkim nieprzerwanym postępie przodka
		g_2 – metan wydzielający się do wyrobiska z urobku,	m^3/min		
20.1	$g_1 = n \cdot z \cdot m \cdot v'' \cdot g_o \cdot (2\sqrt{\frac{L}{v''}} - 1)$	n – ilość odsłoniętych powierzchni,	bezwymiarowe		
		z = 1 min, współczynnik	1 min		
		v"– faktyczna prędkość prowadzenia kombajnu,	m/min		
		g_o – początkowa prędkość wydzielania CH_4	m^3/m^2 min		
20.2	$g_o = 0{,}026 \cdot [0{,}0004\,(V)^2 + 0{,}16]W_o$	V – części lotne	%		Dla wyrobisk prowadzonych przy użyciu MW lub maszyn nie zapewniających ciągłego postępu stosować wzory 20–20.4 przyjmując v" jako średni postęp wyrobiska (m/min).
		L – długość wyrobiska chodnikowego	m		
20.3	$g_2 = b \cdot v'' \cdot \varphi \cdot m(W_o - W_k)$				
20.4	$W_k = \frac{X(100 - W - A')}{100(1 + 0{,}31\,W)}$	X – zawartość metanu w węglu wydobytym na powierzchnię, w przeliczeniu na węgiel suchy i bezpopiołowy,	$m^3\ CH_4/t$ uz.s.w.		
		W – naturalna wilgoć węgla	%		
		A´– zapopielenie	%		
21	$g = \frac{W_o \cdot m \cdot \varphi \cdot v}{2700}\,\alpha$	α – współczynnik	bezwymiarowy	Instytutu im. A.Skoczyńskiego	Dla cienkich i średniej grubości pokładów
21.1	$\alpha = 1 - 0{,}5^{t}$; dla $t > 1$ mies.	t – czas prowadzenia robót	miesiąc		
21.2	$\alpha = 0{,}5\ t^{-0{,}46}$; dla $t \leq 1$ miesiąc	t´ – czas prowadzenia robót	doby		
22	$g' = k_{rp} \cdot W \cdot g_E$	k_{rp} – współczynnik przyjmować: dla pierwszego miesiąca prowadzenia robót – 2; dla drugiego – 3; dla trzeciego – 3,5; dla czwartego – 3,7; powyżej czwartego – 4	bezwymiarowy	Instytutu MakNII	
		W – wydobycie w przodku	t/d		
		g_E – prognozowane wydzielanie metanu w robotach eksploatacyjnych	$m^3\ CH_4/t$ wyd.		

cd. tabl. 4

1	2	3	4	5	6
23	$g = \alpha' m v g_d c k_w$	α' - współczynnik dla wyrobisk pojedynczych przyjmować $\alpha' = 2$ dla wyrobisk równoległych, podwójnych obliczać wg wzoru 23.1	bezwymiarowy	V.S.Orechowa	
23.1	$\alpha' = 2 + 0{,}05\ d$	d - odległość między wyrobiskami równoległymi,	m		
		g_d - wydzielanie metanu z m^2 otwartej powierzchni pokładu	$m^3 CH_4/m^2$ min		Ustalić empirycznie w podobnych warunkach prowadzenia robót
		c - współczynnik uwzględniający wydzielanie metanu z ociosów, obliczyć wg wzoru 23.2	bezwymiarowy		
23.2	$c = 0{,}724 \ln (1{,}52 \cdot t + 1) - 0{,}1\ t$ lub przyjąć:				
		t = 0 0,5 1 1,5 2 2,5 3 3,5 4 4,5 5 5,5 6 c = 0 0,36 0,57 0,71 0,81 0,88 0,94 0,98 1,01 1,04 1,06 1,065 1,07 dla t > 6 miesięcy c = 1,07			
23.3	$k_w = \frac{g + g_{max}}{g}$	k_w - współczynnik uwzględniający przyrost wydzielania metanu przy prowadzeniu robót strzałowych, obliczać wg wzoru 23,3			
		g_{max} - ilość metanu wydzielająca się bezpośrednio po strzałach. (przy braku danych przyjąć $k_w = 1{,}1$).	m^3/min.		
24	$g' = m\ b\ (c' + g_t\ v\sqrt{p} + \frac{c' d\ m\ v^{n}\ L^{n-1}}{1 - n}$	c' - ilość metanu wydzielająca się z 1 m^2 otwartej przestrzeni	m^3/m^2 dobę		Rzadko stosowany! Konieczność doświadczalnego ustalenia wielkości c', g_t, n
		g_t - ilość metanu wydzielająca się z 1 t wydobytego węgla	m^3(t)d		
		d - ilość odsłoniętych węglowych ścian wyrobiska	bezwymiarowe		
		n - składnik potęgowy zależny od fizykochemicznych własności węgla			
25	$g = \frac{\alpha n \sqrt{v} \cdot h' \cdot v_g}{1440}$	α - współczynnik przyjmować: dla wyrobisk pojedynczych - 2 dla wyrobisk podwójnych - 2,5	bezwymiarowy	J.M.Pieczuk	
25.1	$h' = 28 + V$	h' - zasięg strefy odgazowania pokładu obliczać wg wzoru 25.1	m		

1	2	3	4	5	6
26	$q_1 = \left[1 - (\frac{F - t}{F})^2\right] q$	q_1 – wydzielanie metanu w wyrobiskach prowadzonych w krótkim okresie czasu.	m^3/min	J.M.Pieczuk	
		F – okres drenowania pokładu. Obliczać wzorem 26.1.	miesiące		
26.1	$F = \frac{325 - 7,6\ V}{30}$	t – czas prowadzenia wyrobiska	miesiące		
		q – gazowość wyrobisk. Obliczać wzorem 25.			
27	$q = 4,8 \cdot q_o\ m\ v' \left[1 + 0,5\ (\ln t' - 3,6)\right]$	q_o – natężenie początkowego wypływu metanu	m^3/m^2 min	J.W.Siergiejew	Dla pokładów cienkich i średnich! q_o – określić empirycznie posługując się wzorem 27, dla wyrobisk prowadzonych w podobnych warunkach
28	$q' = q_1 + q_2$			V.N.Voronina	Z uwagi na konieczność określenia szeregu parametrów – wzór nie znalazł szerszego zastosowania
28.1	$q_1 = a\ P_o\ \gamma' \cdot \xi - a_{\gamma'} \cdot \delta$	a – gazonośność węgla przy ciśnieniu 1 at	m^3/t		
		P_o – ciśnienie gazu w nienaruszonym pokładzie	kG/cm^2		
		γ' – ciężar węgla w strefie odprężonej	t		
		ξ – współczynnik uwzględniający stopień degazacji węgla w strefie szczelin, przy ciśnieniu 1 at	bezwymiarowy		
28.2	$q_2 = a\ P_o\ \psi\ Q_w - a_{Q_w} \cdot \nu$	δ – współczynnik uwzględniający stopień oddawania gazu przez węgiel w strefie odprężonej przy ciśn. 1 at. Z braku danych przyjmować 1	bezwymiarowy		
		Q_w – wydobycie węgla w przodku	t/d		
		ψ – współczynnik uwzględniający wydzielanie metanu z węgla przy jego zruszeniu i ciśnieniu 1 at Z braku danych przyjmować 1.	bezwymiarowy		
28.3	$\varphi = \xi = \frac{W_o - W_k}{W_o}$	φ – współczynnik uwzględniający stopień degazacji wydobywanego węgla przy spadku ciśnienia do 1 at. Obliczać wg wzoru 28.3	bezwymiarowy		

Tablica 5

Tablica zestawcza wyników prognozowanego wydzielania CH_4 do chodników wg wzorów tablicy 4 i faktyczne wydzielanie

Lp.	Nazwa wyrobisk w pokładzie 412/2 kop. "Bielszowice"	Prognozowane wydzielanie CH_4 (m^3/min)wg:								Faktyczne wydz. CH_4 m^3/min
		Bożko	Bożko Kriczewski	Instytutu Skoczyńskiego wzór 20	Instytutu Skoczyńskiego wzór 21	Instytutu MakNII	Orechow	Pieczuk	Siergiejew	
1	chodn.gł.zach. p.516	0,6054	0,1415	0,554	0,3479	3,0705	0,0285	3,545	0,0288	0,002
2	chodn.gł.wsch. p.516	0,3966	0,0913	0,393	0,2341	2,1389	0,0193	2,287	0,020	0,002
3	objazd do szyb. W1	0,1758	0,0111	0,149	0,0973	0,8446	0,0078	1,029	0,0078	0,023
4	upadowa I wsch.	0,6445	0,1506	0,596	0,3630	3,2760	0,0298	3,774	0,00301	0,18
5	chodn.went.do sz.I	0,2539	0,0593	0,225	0,1435	1,2976	0,0118	1,487	0,0119	0,054
6	ch.went.z up.Iwsch.	0,4898	0,1145	0,696	0,3139	2,3611	0,0216	2,881	0,0282	0,202
7	pochylnia transp. I	0,6397	0,1495	1,482	0,4069	1,9305	0,0020	3,7461	0,0291	0,101
8	chodnik I zach.	0,4637	0,1083	0,518	0,2949	2,5694	0,0199	2,715	0,0257	0,087
9	poch.odst. I zach.	0,8529	0,1993	1,481	0,5040	2,6805	0,0220	5,200	0,0351	0,144
10	chodn.gł.zach. po. 640	1,0802	0,2524	1,444	0,5639	3,1667	0,0244	6,347	0,0355	0,101
11	poch.z chodn.gł.zach. do ch. 52	0,7716	0,1803	0,760	0,4628	2,0812	0,0203	4,519	0,0206	0,144
12	chodn. 5 zach.	1,7934	0,4190	2,457	0,9813	3,8889	0,0348	10,377	0,0344	1,01
13	przecinka ścianowa	0,6115	0,1429	0,600	0,3681	2,5278	0,0248	3,581	0,0234	0,118
14	chodnik 2 zach.	0,4433	0,1036	0,336	0,2229	1,2153	0,0104	2,599	0,0103	0,114
15	chodnik 3 zach.	0,4938	0,1154	0,523	0,3009	1,8194	0,0167	2,887	0,0175	0,092
16	chodnik 4 zach.	0,3394	0,0793	0,359	0,2409	0,9305	0,0084	1,988	0,0087	0,062

5. USTALENIE GAZONOŚNOŚCI POKŁADÓW WĘGLA

W polskim przemyśle węglowym badanie zagrożenia gazowego pokładów węgla kamiennego prowadzone są przez Kop. Dośw. Barbara (10, 12, 16, 17, 29, 60). Zaliczenie pokładów do poszczególnych kategorii gazowości dokonują Władze Górnicze opierając się na orzeczeniach Kop. Dośw. Barbara. Gazonośności ustala Kop. Dośw. Barbara w oparciu o próby węgla pobrane do naczyń zamkniętych i po ustaleniu ilości metanu występującej w pokładzie (m^3CH_4/t czystej substancji węglowej)[x]. Gazowość pokładów można ustalać także w przypadku prowadzenia robót eksploatacyjnych w zależności od ilości metanu wydzielającej się faktycznie do wyrobisk, przeliczonej na tony węgla uzyskane w wyrobisku eksploatacyjnym wg wzoru:

$$g = 14{,}4 \frac{k_{max} \cdot Q}{A}, \qquad (29)$$

gdzie:

g - średnie wydzielanie metanu (m^3/t wydobycia)

k_{max} - % maksymalna zawartość metanu stwierdzona w próbie pobranej do analizy

Q - ilość powietrza mierzona w czasie i miejscu pobrania próby o maksymalnej stwierdzonej ilości metanu (k_{max})

A - wydobycie (t/d).

Przepisy górnicze (81) przewidują jedynie klasyfikację pokładów ze względu na ich gazowość (Dział I § 11). Władze Górnicze honorują jednak orzeczenia Kop. Dośw. Barbara oparte na bada-

---

[x] Dla ustalenia gazonośności złoża stosuje się także metody desorbometryczne.

niu gazonośności złoża, można więc oba kryteria uważać za formalnie obowiązujące.

Opracowane przez J. Sobalę i T. Gotkowskiego "Mapy gazowości" (60) opierają się na pobieranych do analizy próbkach węgla w naczyniach zamkniętych i stanowią źródłowy materiał do określenia gazonośności pokładów oraz ustalenia tendencji zwiększania się lub zmniejszania gazonośności w rozpatrywanej partii w stosunku do partii sąsiednich.

Dlatego w prognozie zagrożenia gazowego należy opierać się przede wszystkim na pobranych próbkach węgla do naczyć zamkniętych i wynikach ich analiz chemicznych, w przypadku niemożliwości wzięcia prób do naczyń zamkniętych opierać się można dla orientacyjnego ustalenia gazonośności rozpatrywanej partii na w/w mapach zawartości metanu w pokładach.

W prognozie zagrożenia gazowego będziemy jednak często stykali się z sytuacją w której zajdzie konieczność obliczenia gazowości pokładów co do których nie dysponujemy wynikami z naczyń zamkniętych ani mapami. Jest tak np. prawie zawsze z cienkimi pokładami towarzyszącymi (zwanymi w literaturze radzieckiej "sputnikami"). W tej sytuacji zgodnie z zaleceniami literatury radzieckiej (74) należy przyjmować dla nich gazonośność najbliższego im pokładu co do której posiadamy rozeznanie. Niewątpliwie interesująca byłaby próba sporządzenia wykresu (na wzór rys. 1) uzależniającego gazonośność pokładu od % części lotnych. Jak podano w rozdziale 3.2 wykres sporządzony dla warunków zagłębi Zachodniej Europy nie zapewnia dostatecznej dokładności. Nieprzydatność tego wykresu nie przekreśla jednak samej zasady. Kop.Dośw. Barbara w latach do 1967 r (tylko w okresie powojennym) wykonała analizy 2779 pobranych prób do naczyń zamkniętych. Obejmują one wszystkie Zjednoczenia PW prowadzące eksploatację w Niecce Górnośląskiej.

Ilość prób pobranych w pokładach poszczególnych zjednoczeń przedstawia się jak następuje:

Zjednoczenie Bytomskie	- 717 prób
Zjednoczenie Dąbrowskie	- 140 "
Zjednoczenie Rybnickie	- 710 "
Zjednoczenie Jaworznicko-Mikołowskie	- 105 "
Zjednoczenie Katowickie	- 528 "
Zjednoczenie Zabrzańskie	- 579 "
Razem:	2779 prób

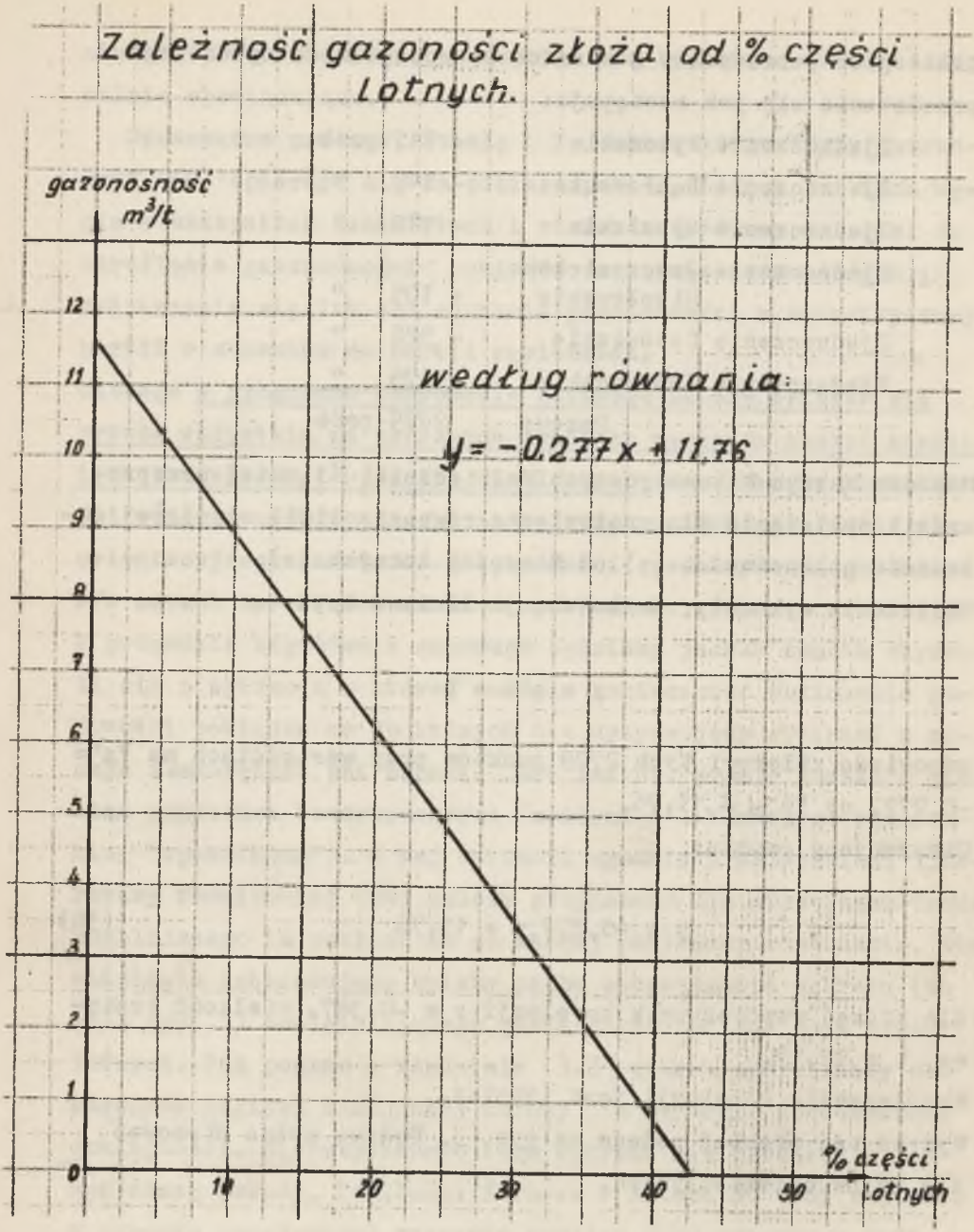
Ośrodek Maszyn Matematycznych Politechniki Śląskiej przeprowadził obliczenia dla znalezienia równania linii ujmującej zależność gazonośności (y) od % części lotnych (x).
Obliczenia wykazały, że korelacja liniowa typu

$$y = a\,x + b$$

odpowiada zbiorowi tych 2779 punktów przy wartościach na "a"= -0,277, na "b"= $\pm$ 11,76.
Otrzymujemy prostą:

$$y = -0{,}277\,x + 11{,}76 \qquad (30)$$

dla której współczynnik korelacji r = -0,387, wielkość testowa t = 22,17.
Współczynnik korelacji jest istotny.
Wykres tej prostej podano na rys. 3. Wykres można stosować dla celów orientacyjnych.


Zależność gazonośći złoża od % części lotnych.
gazonośność m³/t
według równania:
y = -0.277x + 11.76
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
10
20
30
40
50
% części lotnych

Rys. 3

6. PROGNOZOWANIE ZAGROŻENIA GAZOWEGO W ROBOTACH CHODNIKOWYCH

Zasadnicza różnica między wydzielaniem metanu do wyrobisk eksploatacyjnych i chodnikowych sprowadza się do zasięgu strefy wpływu tych robót na górotwór. Wyrobiska eksploatacyjne wywołują rozległe przebiegające zjawisko odprężenia skał stropowych i spągowych. Powodowane to jest ich rozmiarami oraz faktem "usuwania" z warstw skalnych jednej z nich, także na bardzo dużych powierzchniach.

Wyrobiska chodnikowe powodują odprężenia lokalne, nie przekraczające na ogół zasięgiem jednego pokładu, w którym są wykonane i skał płonnych w stropie i spągu. Chodniki są z reguły cbudowywane co zmniejsza wpływ i zasięg odprężenia. Można więc przyjąć, że wydzielanie do wyrobisk chodnikowych ograniczy się do wydzielania pochodzącego z urobionego węgla i odprężonych powierzchni bocznych wyrobiska. W robotach eksploatacyjnych natomiast będziemy mieli dodatkowo do czynienia z metanem wypływającym z pokładów sąsiednich naruszonych wpływami odbudowy.

6.1. Próba ustalenia wzoru służącego do obliczenia wydzielania metanu w robotach chodnikowych

Ilość metanu wydzielającego się do wyrobiska chodnikowego (m^3/min) pochodzi z urobionego w przodku węgla (g_1), obnażonej powierzchni przodku (g_2) oraz ociosów wyrobiska (g_3). Ogólna więc ilość metanu (g) wydzielającego się do wyrobiska chodnikowego określa się wzorem:

$$g = g_1 + g_2 + g_3 . \qquad (31)$$

Wydzielanie metanu z węgla urobionego w przodku wyrobiska (m^3/min) obliczyć można wzorem:

$$g_1 = \frac{p \cdot b\Sigma m_w \cdot \gamma (W - W_k)}{1440}, \qquad (32)$$

gdzie:

p - średni postęp wyrobiska (m/d)

b - szerokość wyrobiska (m)

Σm_w - łączna grubość warstw węgla obnażonych w przodku wyrobiska (m)

W - gazonośność pokładu (m^3 CH_4/t)

W_k - zawartość metanu w węglu wydobywanym na powierzchnię m^3CH_4/t.

γ - ciężar własny węgla, przyjmować 1,3.

Zgodnie z wynikami badań Kop. Dośw. Barbara (patrz rozdział 4.2) przyjmujemy

$$W_k = 0{,}2\ W. \qquad (33)$$

Wydzielanie metanu z powierzchni obnażonego przodka obliczyć można wzorem:

$$g_2 = b\Sigma m_w\ g_p, \qquad (34)$$

gdzie:

g_p - wydzielanie metanu z powierzchni obnażonej węgla w czole przodka chodnikowego (m^3CH_4/min/m^2).

Wydzielanie metanu z ociosów wyrobiska (odsłoniętego) pokładu węglowego obliczyć można wzorem:

$$g_3 = n\Sigma m_w\ p\ g_p\ T, \qquad (35)$$

gdzie:

n - ilość odsłoniętych powierzchni węglowych

T - wielkość uwzględniająca zmniejszania się wydzielania CH_4 z odsłoniętej powierzchni w czasie (doby).

Według prac radzieckich (80) wydzielanie metanu z obnażonej powierzchni pokładu węglowego zmniejsza się w ciągu 2 miesiąca do połowy, 3 do jednego czwartej, 4 jednej ósmej, 5 do jednej szesnastej, 6 do jednej trzydziestej drugiej, 7 jest tak nieznaczne, że można je pomijać. Zbliżone wyniki uzyskiwano w czasie badań na kop. Nowy Wirek i Bielszowice. Przyjęto to za podstawę do dalszych obliczeń.

Tak więc za wartość T podstawić możemy:

$$T = 30\,K + n' 0{,}5^{t-1}, \qquad (36)$$

gdzie:

K - współczynnik, przyjmować:

1 miesiąc - 0

2 " - 0,5

3 " - 1

4 " - 1,373

5 " - 1,625

6 " - 1,7811

n' - kolejny dzień prowadzenia wyrobiska

t - czas prowadzenia wyrobiska (miesiące).

Wydzielanie całkowite do wyrobiska chodnikowego będzie więc równało się:

$$g = \frac{p\, b \Sigma m_w \varphi (W - W_k)}{1440} + b \Sigma m_w g_p + n \Sigma m_w p g_p (30\,k + n' 0{,}5^{t-1}) =$$

$$= p \Sigma m_w \left\{ \frac{b \cdot \varphi}{1440} (W - W_k) + g_p \left[\frac{b}{p} + n (30\,k + n' 0{,}5^{t-1}) \right] \right\} \qquad (37)$$

dla $t>6$ miesięcy wzór przybiera postać:

$$g = \text{const} = \Sigma m_w \; p \left[\frac{\varphi b (W - W_k)}{1440} + g_p \frac{b}{p} + n \; 59{,}0625 \right]. \qquad (38)$$

Łączną ilość metanu Q_s która wydzieli się do wyrobiska w ciągu n' dni, obliczamy mnożąc wzór (37) przez 1440 i całkując go.

Otrzymujemy wówczas:

$$1440 \; p \Sigma m_w \int_0^{n'_1} \left\{ \frac{b \varphi}{1440} (W - W_k) + g_p \left[\frac{b}{p} + n(30 \; k + n' 0{,}5^{t-1}) \right] \right\} dn' =$$

$$= \Sigma m_w \; p \; n' \left[\varphi b (W - W_k) + 1440 \; g_p \left(\frac{b}{p} + 30 \; k \; n + \frac{n}{2} \cdot 0{,}5^{5-1} \; n' \right) \right] \Bigg|_0^{n'_1}$$

W tablicy 6 zestawiono wzory do obliczenia ilości metanu, która wydzieli się w ciągu n' dni w różnych okresach czasowych od 0 dni poczynając. Wzory podane w rubryce 3 tablicy umożliwiają obliczenie ilości metanu wydzielonego do wyrobiska w dowolnym dniu i miesiącu za okres jego prowadzenia, a także do obliczenia średniego wydzielania metanu według wzoru:

$$g_{\text{śred}} = \frac{Q_s}{1440 \; n'} . \qquad (46)$$

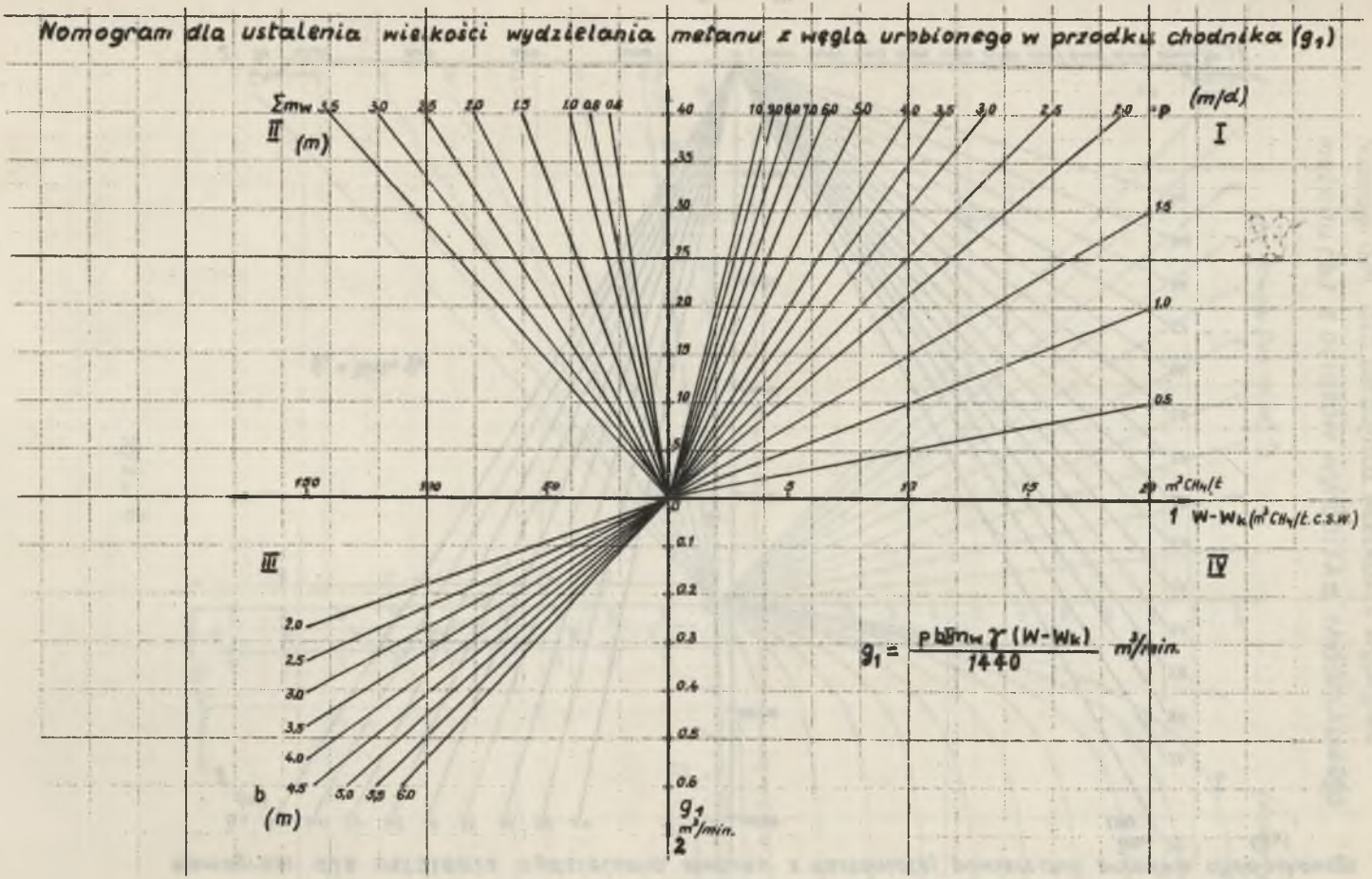
Do szybkiego znalezienia wydzielania metanu w dowolnym dniu prowadzenia wyrobiska służą nomogramy podane na rys. 4, 5 i 6. Nomogramy wykonano oddzielnie dla obliczenia $g_1(4)$, $g_2(5)$ i $g_3(6)$. Całkowite wydzielanie metanu w m^3/min w dniu n' równa się sumie wielkości obliczonych nomogramami.

Tablica do obliczania łącznej ilości CH_4, które wydzieli się do wyrobiska w czasie prowadzenia dla n´ dni od jego rozpoczęcia

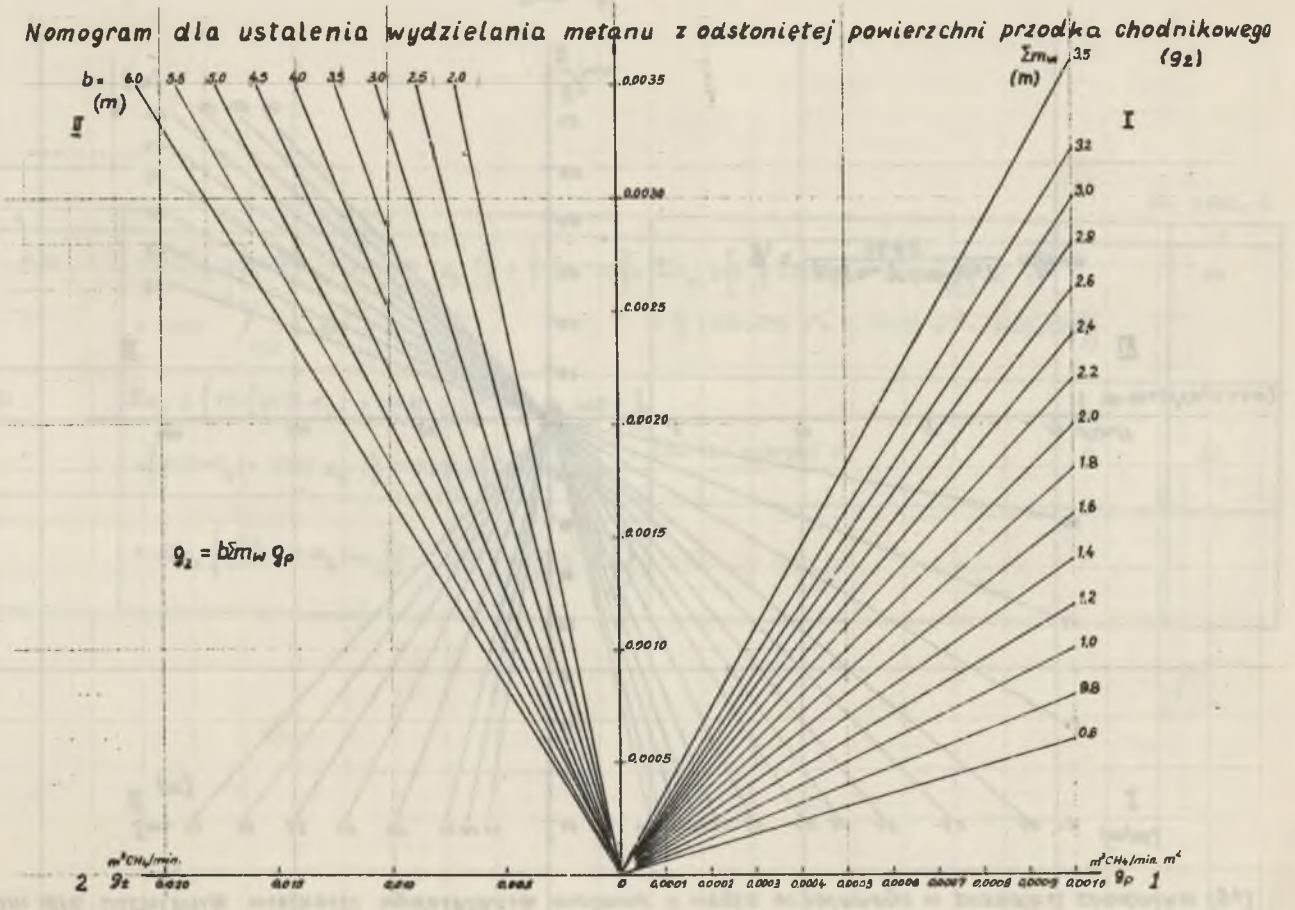
Miesięczne przedziały czasu prowadzenia robót (dni)	Wzór do obliczenia Q_s w odpowiednich miesięcznych przedziałach	Postać ostateczna wzoru (po scałkowaniu)	Wzór
1	2	3	4
0 - 30	$n\Sigma m_w\, p\left[\varphi b(W - W_k) + 1440\, g_p\, (\frac{b}{p} + \frac{n}{2} n´)\right]$	jak dla rubryki 2	39
30 - 60	$30\Sigma m_w\, p\left[\varphi b(W-W_k) + 1440\, g_p\, (\frac{b}{p} + \frac{n}{2} 30)\right] + 1440 \int_{30}^{n_1'} A\, dn´$	$\Sigma m_w\, p\left\{n´\varphi b(W-W_k) + 1440\, g_p \left[\frac{b}{p} n´ + \frac{n}{2} (30 n´ + 0{,}5\, n´^2 - 450)\right]\right\}$	40
60 - 90	$60\Sigma m_w\, p\left[\varphi b(W-W_k) + 1440\, g_p\, (\frac{b}{p} + \frac{n}{2} 52{,}5)\right] + 1440 \int_{60}^{n_1'} A\, dn´$	$\Sigma m_w\, p\left\{n´\varphi b(W-W_k) + 1440\, g_p \left[\frac{b}{p} n´ + \frac{n}{2} \cdot (60\, n´ + 0{,}25\, n´^2 - 1350)\right]\right\}$	41
90 - 120	$90\Sigma m_w\, p\left[\varphi b(W-W_k) + 1440\, g_p\, (\frac{b}{p} + \frac{n}{2} 67{,}5)\right] + 1440 \int_{90}^{n_1'} A\, dn´$	$\Sigma m_w\, p\left\{n´\varphi b(W-W_k) + 1440\, g_p \left[\frac{b}{p} n´ + \frac{n}{2} (82{,}5 n´ + 0{,}125\, n´^2 - 2362{,}5)\right]\right\}$	42
120 - 150	$120\Sigma m_w\, p\left[\varphi b(W-W_k) + 1440\, g_p (\frac{b}{p} + \frac{n}{2} 77{,}8125)\right] + 1440 \int_{120}^{n_1'} A\, dn´$	$\Sigma m_w\, p\left\{n´\varphi b(W-W_k) + 1440\, g_p \left[\frac{b}{p} n´ + \frac{n}{2} \cdot (97{,}5\, n´ + 0{,}0625\, n´^2 - 3262{,}5)\right]\right\}$	43

cd. tabl. 6

1	2	3	4
150 - 180	$150\Sigma m_w\, p\left[\varphi b(W-W_k) + 1440\ g_p\left(\frac{b}{p} + \frac{n}{2}\ 85{,}125\right)\right] + 1440 \int_{150}^{n_1} A\, dn'$	$\Sigma m_w\, p\left\{n'\varphi b(W-W_k) + 1440\ g_p\left[\frac{b}{p}\, n' + \frac{n}{2}\,(106{,}875\, n' + 0{,}03125\, n'^2 - 3965{,}625\right]\right\}$	44
> 180	$\Sigma m_w\, p\left\{180\left[\varphi b(W-W_k) + 1440\ g_p\left(\frac{b}{p} + \frac{n}{2}\ 90{,}46875\right)\right] + \left[\varphi b(W-W_k) + 1440\ g_p\left(\frac{b}{p}\ 118{,}125\right)\right](n' - 180)\right\}$	jak dla rubryki 2	45
	$A = p\Sigma m_w \left\{\frac{b\varphi}{1440}(W-W_k) + g_p\left[\frac{b}{p} + n(30K + n'0{,}5^{t-1}\right]\right\}$		

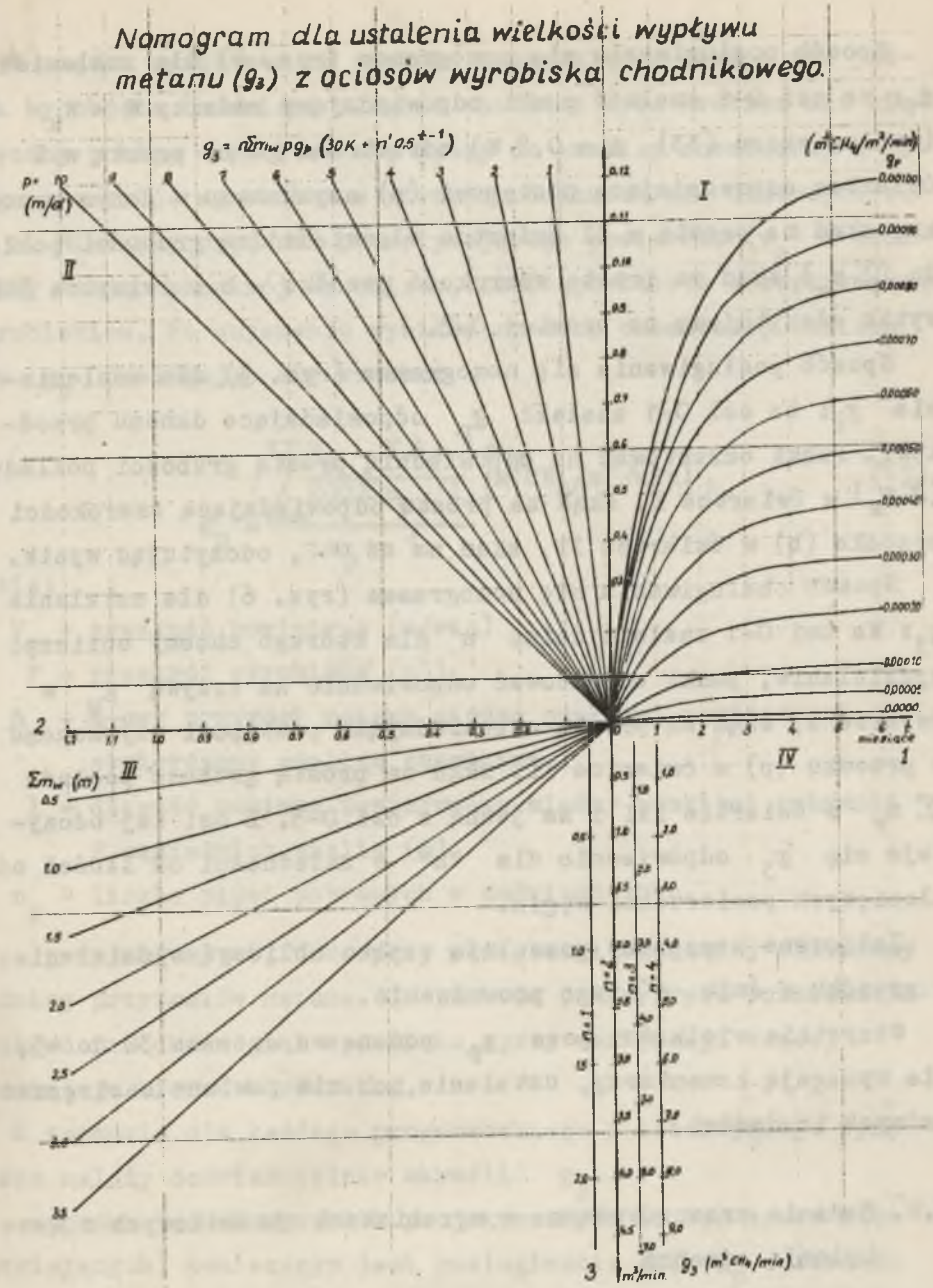

Nomogram dla ustalenia wielkości wydzielania metanu z węgla urobionego w przodku chodnika (g_1)
Σm_w
II
(m)
3,5 3,0 2,5 2,0 1,5 1,0 0,8 0,4
40 35 30 25 20 15 10 5 0
p (m/d)
I
10 9 8 7 6 5 4 3,5 3,0 2,5 2,0
1,5
1,0
0,5
100 50 0 5 10 15 20 m³CH₄/t
1 W-Wk(m³CH₄/t.c.s.w)
IV
III
2,0 2,5 3,0 3,5 4,0 4,5 5,0 5,5 6,0
b
(m)
0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6
g_1
m³/min.
2
$g_1 = \frac{p b \Sigma m_w \gamma (W-W_k)}{1440}$ m³/min.

Rys. 4


Nomogram dla ustalenia wydzielania metanu z odsłoniętej powierzchni przodka chodnikowego (q_z)
b = (m)
6.0 5.5 5.0 4.5 4.0 3.5 3.0 2.5 2.0
II
Σm_w (m)
3.5 3.2 3.0 2.9 2.6 2.4 2.2 2.0 1.8 1.6 1.4 1.2 1.0 0.8
I
0.0035 0.0030 0.0025 0.0020 0.0015 0.0010 0.0005
$q_z = b\Sigma m_w q_p$
m³CH₄/min.
2 q_z
0.020 0.015 0.010 0.005
0 0.0001 0.0002 0.0003 0.0004 0.0005 0.0006 0.0007 0.0008 0.0009 0.0010
m³CH₄/min. m²
q_p 1

Rys. 5

Nomogram dla ustalenia wielkości wypływu metanu (g_s) z ociosów wyrobiska chodnikowego.



Rys. 6

Sposób posługiwania się nomogramem (rys. 4) dla znalezienia g_1: na osi 0-1 znaleźć punkt odpowiadający różnicy W - W_k (według wzoru (33) $\Delta = 0{,}8$ W) odrzutować go na prostą w I ćwiartce odpowiadające postępowi (p) uzyskanemu w danym przodku, skąd na prostą w II ćwiartce odpowiadającą grubości pokładu (Σm_w) skąd na prostą szerokość przodku - b w ćwiartce III - wynik odczytujemy na prostej 0-2.

Sposób posługiwania się nomogramem (rys. 5) dla znalezienia g_2: na osi 0-1 znaleźć g_p odpowiadające danemu przodkowi. Punkt odrzutować na odpowiednią prostą grubości pokładu (Σm_w) w ćwiartce I, skąd na prostą odpowiadającą szerokości przodka (b) w ćwiartce II, skąd na oś 0-2, odczytując wynik.

Sposób obsługiwania się nomogramem (rys. 6) dla ustalenia g_3: Na osi 0-1 znaleźć dzień n' dla którego chcemy obliczyć wydzielanie, punkt odrzutować odpowiednio na krzywą g_p w ćwiarte I, skąd na prostą odpowiadającą postępowi uzyskanemu w przodku (p) w ćwiartce II, skąd na prostą grubość pokładu Σm_w w ćwiartce III i na jedną z osi 0-3. Z osi tej odczytuje się g_3 odpowiednio dla "n" w zależności od ilości odsłoniętych powierzchni węgla.

Załączone nomogramy pozwalają szybko obliczyć wydzielanie w przodku w dniu n' jego prowadzenia.

Wszystkie wielkości poza g_p podane we wzorach 30 do 45, nie wymagają komentarzy, ustalenie ich nie powinno nastręczać żadnych trudności.

6.2. Badania przeprowadzone w wyrobiskach chodnikowych z wentylacją odrębną

Wydzielanie metanu z obnażonej powierzchni węglowej (m^3 CH_4(m^2/min) g_p obliczyć można doświadczalnie w sposób przedstawiony poniżej:

W części wyrobiska od przodku poczynając w głąb - tak jednak by objęta badaniami długość chodnika była krótszą niż miesięczny postęp - pobiera się próby do analizy chemicznej z całego przekroju wyrobiska w równych odcinkach nie dłuższych od 10 m. Mierzymy prędkość przepływającego powietrza (v_p) i obliczamy znając przekrój wyrobiska, ilość powietrza przepływającą wyrobiskiem. Po uzyskaniu wyników analizy chemicznej oblicza się g_p posługując się wzorem:

$$g_p = \frac{\sum \frac{V_p \cdot F \Delta p}{200 \Sigma m_w \; l}}{n_p - 1} \left[m^3 CH_4/m^2/min\right], \qquad (47)$$

gdzie:

V_p - prędkość powietrza (m/min)

F - przekrój wyrobiska (m^2)

Δ_p - %-owy przyrost metanu między punktami pomiarowymi stwierdzony analizą chemiczną

l - długość odcinka pomiarowego między punktami pobrania 2 sąsiednich analiz (m)

n_p - liczba pipet pobranych w doświadczeniu.

Δp przyjmujemy $\geqslant 0$, tzn. przy wentylacji tłoczącej obliczamy różnicę przyrostów metanu dla punktów pomiarowych rozmieszczonych od przodka w głąb wyrobiska, przy wentylacji ssącej - obowiązuje kierunek odwrotny.

W zasadzie dla każdego prognozowanego i istniejącego wyrobiska należy doświadczalnie określić g_p.

W przypadku jednak wyrobisk projektowanych (a tym samym nieistniejących) koniecznym jest posługiwanie się g_p orientacyjnym dla warunków, które przypuszczalnie zaistnieją w wyrobisku. W okresie od 1965 r. prowadziłem badania szeregu wyrobisk chodnikowych z wentylacją odrębną (tłoczącą lub ssącą)

dla uchwycenia zależności pomiędzy gazonośnością pokładu węglowego w którym były wykonane a wielkością g_p.
W tablicy 7 zestawiono wyniki tych badań.

Z uwagi na ograniczoną przepustowość laboratoriów Kop.Dośw. Barbara nastawioną zresztą na potrzeby bieżące całego PW i bez reszty przeciążonych robotą, unikałem brania prób do naczyń zamkniętych, ograniczając się za radą prof. Cybulskiego do badania gazowości pokładu przez odwiercenie w przodku 4-6 m otworów badawczych, uszczelnienie ich i branie z nich prób do analizy chemicznej. Wykres uwzględniający współzależność (rys.7 wg pracy 89) pomiędzy % CH_4 w otworze i gazonośnością złoża pozwala na łatwe dokonanie przeliczenia pomiędzy % CH_4 w otworze i gazonośnością złoża.

Wyniki przeprowadzonych badań zawarte w tablicy 7 zostały poddane obliczeniu przez Ośrodek Maszyn Matematycznych Politechniki Śląskiej.

6.3. Opracowanie wyników badań dla ustalenia wydzielania metanu z powierzchni odsłoniętych chodnika (g_p)

Ośrodek Maszyn Matematycznych podał następujące równanie spełniające podany w tablicy zbiór punktów:

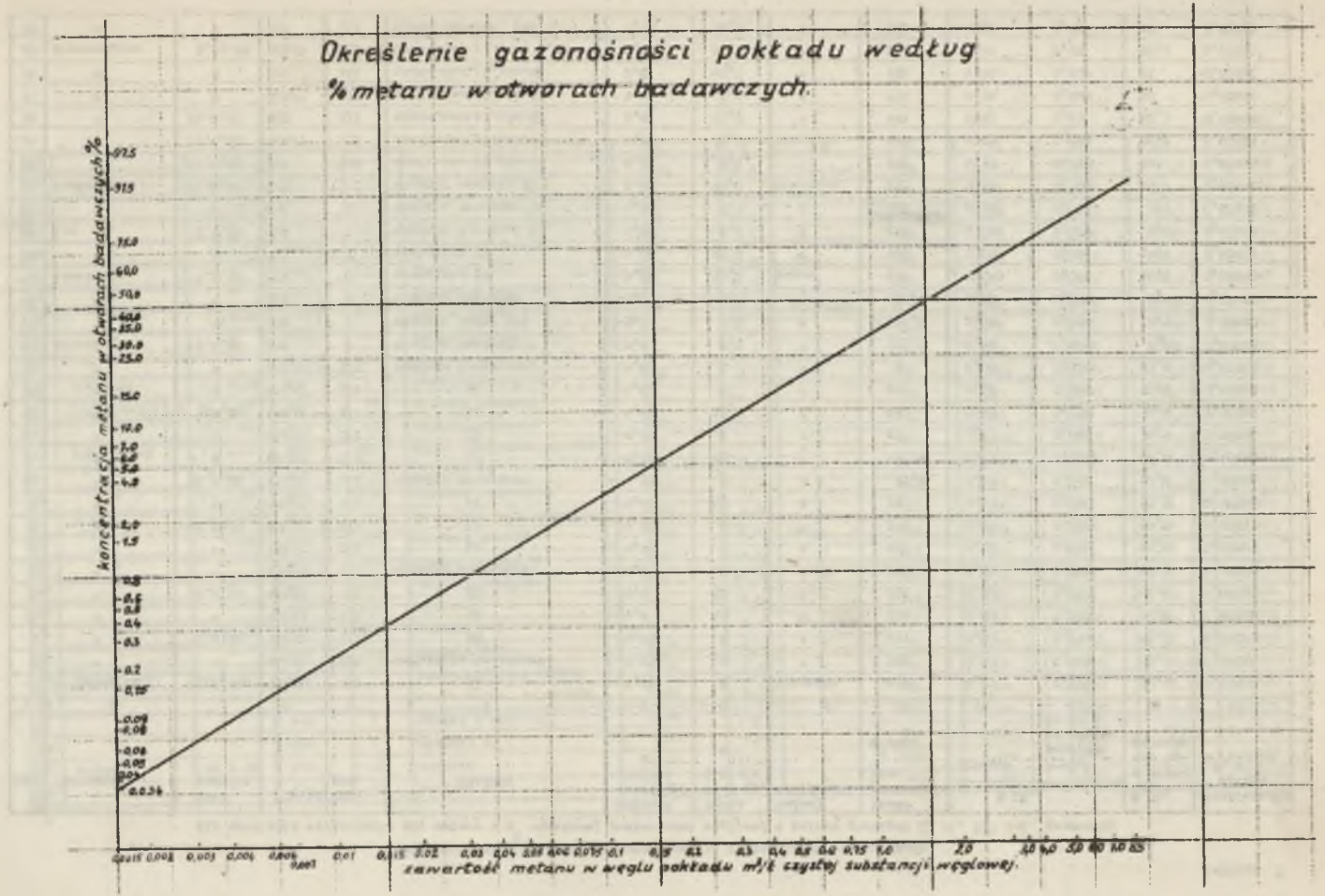
$$y = 4{,}30462 \cdot 10^{-4} - 9{,}53802 \cdot 10^{-5}\, x + 1{,}349799 \cdot 10^{-6}\, x^2, \tag{48}$$

gdzie:

y - wielkość g_p,

x - % CH_4 w otworze badawczym.

Dla obliczonych współczynników sprawdzono istotność regresji wielokrotnej porównując z odpowiednią wartością F stosunek sumy kwadratów zniesionych przez regresję do resztkowej


Określenie gazonośności pokładu według
% metanu w otworach badawczych
koncentracja metanu w otworach badawczych %
zawartość metanu w węglu pokładu m³/t czystej substancji węglowej

Rys. 7

Tablica 7

Zestawienie wyników badań przeprowadzonych w chodnikach kopalnianych,
dla ustalenia wydzielania się metanu z m^2 obnażonej powierzchni węglowej w polach gazowych I, II, III kat. gazowości

Lp.	Kopalnia	Data badania	Pokład	Kat. gaz.	Chodnik	Grubość (warstwy) pokładu m	Przekrój wyrobiska m^2	Rodzaj wentylacji	Ilość powietrza m^3/min	% CH_4		% CH_4 w otworze badawczym	Wydzielanie metanu m^3/m^2/min
										przodek	średni przyrost na odcinku 10 m		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Bielszowice	11.9.68	412/2	III	Z3	1,45	8	tłocząca	228	0,21	0,013	82,0	0,00102
2	"	"	412/2	III	pochylnia transport.	1,55	9	"	108	0,20	0,009	89,0	0,00031
3	"	4.9.68	412/2	III	Z3	1,45	8	"	171	0,22	0,010	89,0	0,00059
4	"	"	412/2	III	Z2	1,4	12	"	334	0,36	0,020	90,0	0,00238
5	"	28.8.68	412/2	III	Z2	1,4	12	"	352	0,32	0,010	90,0	0,00125
6	"	"	412/2	III	upadowa transport.	1,55	9	"	213	0,20	0,010	90,4	0,00069
7	"	"	412/2	III	Z3	1,45	8	"	122	0,08	0,100	89,0	0,00421
8	"	21.8.68	412/2	III	Z3	1,45	8	"	146	0,21	0,002	94,1	0,00010
9	"	"	412/2	III	Z2	1,40	12	"	393	0,37	0,050	97,9	0,00700
10	"	14.8.68	412/2	III	upadowa transport.	1,55	9	"	77,8	0,07	0,010	92,8	0,00025
11	"	"	412/2	III	Z2	1,60	12	"	62,2	0,36	0,020	96,0	0,00043
12	"	"	412/2	III	Z3	0,60	8	"	120	0,23	0,005	92,1	0,00050
13	"	7.8.68	412/2	III	Z2	1,40	12	"	180	0,28	0,050	96,0	0,00321
14	"	"	412/2	III	Z3	1,40	8	"	207	0,28	0,005	90,6	0,00037
15	"	"	412/2	III	upadowa transport.	1,55	9	"	71	0,04	0,080	63,0	0,00183
16	Bobrek	17.8.68	501	I	chodnik badawczy I	3,0	8,1	"	153,9	0,00	0,005	0,22	0,00013
17	"	"	501	I	chodnik wodny III	3,0	9,0	"	124,8	0,00	0,000	0,77	0,00000
18	"	"	501	I	chodnik badawczy	3,0	9,0	"	100,8	0,00	0,000	0,47	0,00000
19	Brzeszcze	4.5.67	IX	I	pochylnia 99	0,85	10,0	ssąca	126	0,019	0,002	12,0	0,00015
20	"	"	IX	I	pochylnia 91	1,40	12,6	"	140	0,009	0,001	14,0	0,00005
21	Jan	2.7.68	401	I	chodnik ścianowy I	1,60	8,0	"	214	0,002	0,000	0,04	0,00000
22	"	"	401	I	chodnik ścianowy II	1,60	8,0	"	208	0,007	0,002	2,7	0,00018
23	Jastrzębie	21.4.67	415	III	chodnik wentyl. 27	3,00	10,0	tłocząca	155	0,78	0,120	95	0,00310
24	"	21.4.67	501	III	chodn.wentyl.poz.62	2,2	8,4	"	105	0,53	0,095	80	0,00226
25	"	21.4.67	502/1	III	chodn.wentyl.poz.62	1,4	8,9	tłocząca	142	0,93	0,095	90,1	0,00483
26	"	24.4.67	503	III	chodn.wentyl.poz.62	2,0	10,5	"	141	0,82	0,03	82,5	0,00106
27	"	"	502/1	III	chodn.wentyl.poz.62	1,4	8,9	"	134	0,90	0,100	90	0,00480
28	"	"	501	III	chodn.wentyl.poz.62	2,2	10,5	"	138	1,00	0,160	91	0,00188
29	Moszczenica	9.10.68	505/2	III	chodn.wentyl.poz. 0,00	2,1	11,4	"	256	0,20	0,03	90,2	0,00183
30	"	"	501	III	chodn.podstaw. poz.0,0	1,75	12,2	"	162	0,30	0,15	98	0,00695

cd. tabl. 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
31	Moszczenica	9.10.68	505/2	III	chodn.podst.poz,0,0	1,80	12,2	tłocząca	255	0,35	0,009	89,0	0,00064
32	"	2.5.67	505/1	III	poch.8 w p.505/1 poz.0,0	3,5	12,5	ssąca	155	0,91	0,055	93,5	0,00122
33	"	"	505/1	III	chodn.równol. poz,0,0	3,5	13,8	"	92,6	1,30	0,055	91,5	0,00073
34	"	4.5.67	418/1	III	chodn.went.poz. 0,0	2,8	9,8	tłocząca	195	0,85	0,040	90,0	0,00139
35	"	"	505/1	III	pochylnia VIII	3,0	12,5	ssąca	270	0,50	0,050	89,0	0,00225
36	"	"	505/1	III	ch.równ.z poch.VIII	3,0	12,5	"	270	0,5	0,020	88,0	0,00090
37	"	13.6.68	416/2	III	poch.z przekopu II	3,0	10,3	tłocząca	236	0,40	0,090	89,0	0,00354
38	"	"	416/3	III	poch.z przekopu wsch.	3,0	10,3	"	330	0,65	0,100	91,5	0,00550
39	"	"	416/3	III	chodn.z przek.wsch.IIa	3,0	13,2	"	311	0,60	0,090	91,0	0,00466
40	Gottwald	20.12.66	510	I	chodn.badawczy II	2,6	9,0	"	140	0,026	0,003	0,074	0,00008
41	Niwka-Modrzejów	26.7.68	510	II	chodnik wschodni	1,5	10,3	"	10	0,25	0,007	80,45	0,00002
42	"	25.7.66	510	II	chodnik zachodni	2,7	12,6	"	12	0,48	0,24	37,26	0,00053
43	Nowy Wirek	11.3.66	504	III	ch.na półn.wsch.poz.600	2,5	9,0	"	125	0,012	0,001	42,00	0,00003
44	"	9.6.67	506	III	upadowa IV	1,5	6,0	"	145	0,024	0,004	5,6	0,00019
45	"	11.3.66	506	III	upadowa transport.	1,55	6,0	"	120	0,01	0,01	82,5	0,00039
46	1 Maja	6.6.67	628	III	przecinka przy ścianie	0,60	9,0	"	57	0,36	0,17	95	0,00805
47	"	5.64	615	III	upadowa poz.280	1,20	8,0	ssąca	60	1,10	0,30	92	0,00750
48	"	"	616	III	chodn. na zachód	1,0	12,0	"	122	1,40	0,15	98	0,00915
49	"	"	623	III	chodn.z pochyln.	1,3	10,0	"	120	0,10	0,05	88	0,00231
50	"	"	616	III	upadowa	1,1	8,0	"	145	0,85	0,15	98	0,00984
51	"	8.10.68	625	III	chodnik P-3	0,75	8,0	tłocząca	102	0,08	0,015	85	0,00102
52	"	"	625	III	chodnik P-1	0,75	8,0	"	83	0,09	0,050	97	0,00276
53	Wanda Lech	19.8.68	418	I	chodn.nadśc.na wschód	1,10	6,7	"	71	0,02	0,000	0,47	0,00000
54	"	"	418	I	chodn.nadśc. na zachód	1,40	6,7	"	84	0,00	0,000	0,66	0,00000
55	"	"	418	I	chodn. z dow. II	1,40	8,0	"	192	0,00	0,000	0,08	0,00000
56	"	"	418	I	upadowa II	1,40	9,0	"	254	0,009	0,002	54,8	0,00018
57	Wujek	26.8.68	510	II	osadnik	6,00	33,0	"	235	0,140	0,01	7,0	0,00002
58	"	"	510	II	upadowa 4	3,0	9,0	"	145	0,030	0,003	7,06	0,00007

sumy kwadratów. Każda z nich podzielona przez swoje stopnie swobody. Uzyskano na poziomie istotności 0,01 zadowalający wynik.

Równanie zilustrowano odpowiednim wykresem (rys. 8). Z wykresu wynika, że można go stosować tylko w przedziale 68-100% metanu w otworach. Dla wartości % metanu w otworach - mniejszych wykres przybiera dla g_p wielkości ujemne, co oczywiście przekreśla możliwość posługiwania się nim.

Dlatego przy stwierdzonym % CH_4 w otworze badanego przodku niższym od 68% należy przeprowadzić badanie dla empirycznego ustalenia wielkości g_p.

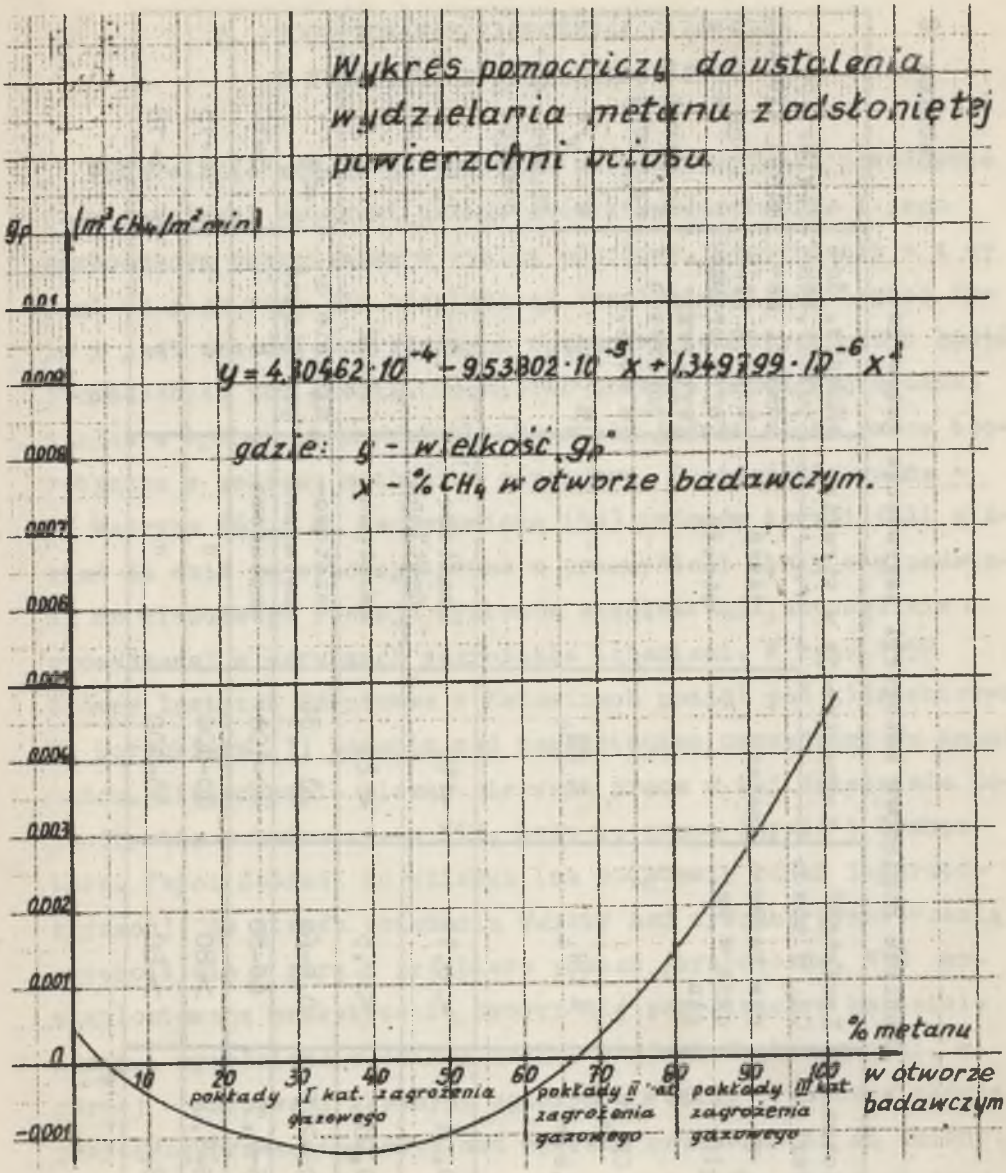
Największą trudność sprawia oczywiście wyrobisko chodnikowe projektowane w części kopalni co do której nie mamy żadnego rozeznania lub kopalni, która jest dopiero w fazie projektowania górniczego.

W takiej sytuacji można przyjmować następujące średnie orientacyjne g_p ustalone w oparciu o badania (tablica 7).

Kategoria I - wielkość maksymalna 0,00018 m^3 $CH_4/m^2/min$.
minimalna 0,00000 m^3 $CH_4/m^2/min$,
średnia 0,00009 m^3 $CH_4/m^2/min$.

Kategoria II - wielkość maksymalna do 0,00053 m^3 $CH_4/m^2/min$,
minimalna 0,00002 m^3 $CH_4/m^2/min$,
średnia 0,00027 m^3 $CH_4/m^2/min$.

Jak wynika z powyższego, opierając się na załączonej tablicy 8, posługiwanie się wykresem 8 jest możliwe dla III i (częściowo) II kat. zagrożenia gazowego. Przy czym w przypadku koncentracji metanu w otworze badawczym w granicach 68-69% otrzymujemy z wykresu wartości g_p niższe od średnich dla kat. II (np. dla 68% - g_p = 0). W takich przypadkach należy przyjąć średnie dla kat. II - g_p = 0,00027 m^3 $CH_4/m^2/min$.


Wykres pomocniczy do ustalenia wydzielania metanu z odsłoniętej powierzchni ociosu
g_p ($m^3 CH_4/m^2 min$)
$y = 4{,}30462 \cdot 10^{-4} - 9{,}53802 \cdot 10^{-5} x + 1{,}349799 \cdot 10^{-6} x^2$
gdzie: y - wielkość „g_p"
x - % CH_4 w otworze badawczym.
0,01
0,009
0,008
0,007
0,006
0,005
0,004
0,003
0,002
0,001
0
-0,001
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
% metanu w otworze badawczym
pokłady I kat. zagrożenia gazowego
pokłady II kat. zagrożenia gazowego
pokłady III kat. zagrożenia gazowego

Rys. 8

Tablica 8

Tablica poglądowa kategorii zagrożenia gazowego

Nazwa kategorii	Istotna zawartość CH_4 w węglu m^3 CH_4/t cz.s.w.	Zawartość CH_4 w otworze badawczym w węglu % CH_4	Koncentracja w strefie		Maksym. dopuszcz.koncentr. metanu w wolnych przekr. wyr.przy przerwach w went. % CH_4	Stwier. pomiar. wydziel. CH_4 do wyrob. wybierk. m^3CH_4/t śr.wyd. dobowego
			metanu % CH_4	nazwa strefy		
niewątpl. niegaz.	< 0,02	< 0,15	<10	azotowo dwutlenk.	0,02	-
podejrz. o gazow.	< 0,05	< 0,5	< 20	azotowa	0,02	-
I	0,05-2,5	0,5-60	20 - 80	azotowo-metanowa	zgodnie z przepisami	< 5
II	2,5-4,5	60-80	80-100	metanowa	"	5-10
III	4,5-8,0	> 80	80-100	"	"	10-15
IV	> 8,0	> 80	80-100	"	"	> 15

7. PROGNOZOWANIE ZAGROŻENIA GAZOWEGO W WYROBISKACH EKSPLOATACYJNYCH

Wydzielanie metanu do wyrobisk eksploatacyjnych powodowane jest poważnymi zmianami układu ciśnień w górotworze i jego zachodzącym odprężeniem w wyniku odbudowy. Zagadnienie - z uwagi na jego wagę dla bezpiecznej eksploatacji podziemnej było i jest przedmiotem licznych opracowań teoretycznych i badań prowadzonych pod ziemią. Górnictwo polskie przed wojną badań takich w ogóle nie prowadziło. Powstały jednak cenne prace teoretyczne z zakresu mechaniki górotworu. Szczególnie ważne - W. Budryka (6) i A. Saułstowicza (58) twórców teorii fali ciśnień do dziś są wykorzystywane w przemyśle i stały się podstawą do właściwego rozwoju systemów eksploatacji, szczególnie prowadzonej w warunkach zagrożenia tąpaniami. W roku 1952 Główny Instytut Górnictwa w Katowicach podjął pod kierownictwem M. Boreckiego (3) badania nad zagadnieniem prowadzone na kopalniach. Historycznie biorąc pierwsze prace w tej dziedzinie pojawiły się w końcu wieku XIX. Były to prace Fayola i Trompetera. Fayol doszedł do wniosku (na podstawie badań laboratoryjnych), że strefa osiadania warstw nad wybraną przestrzenią przenosi się w górę i przybiera postać paraboloidu. Nad wyeksploatowaną przestrzenią tworzy się przestrzeń w kształcie dzwonu, wypełniona w dolnej części skałami i skruszonymi, w górnej - warstwami skalnymi ugiętymi. Według Tromptera główną przyczyną przesunięć skał nad wybraną przestrzenią są zmiany układu ciśnień wynikających z głębokości zalegania i ciężaru górotworu, przejawiających się jako siły wewnętrzne rozprężające. Wytworzenie pustki poeksploatacyjnej w górotworze powoduje "wyzwolenie się" sił rozprężających i przesuwanie skał ze wszystkich stron dla zlikwidowania i wypełnienia powstałej luki.

Późniejsza teoria sklepienia ciśnień powstała w oparciu o poglądy Fayola, badania Eckardta oraz prace Heacka i Gillitzera.

Teoria sklepienia ciśnień przyjmuje, że w przypadku prowadzenia wyrobisk eksploatacyjnych, normalny nacisk skał nad wyrobiskiem przyjęty zostaje przez tworzące się nad nimi sklepienie ciśnień. Tworzy się przy tym tzw. jądro sklepienia - jest to część górotworu znacznie odciążona od ciśnienia skał nadległych. Wewnątrz tej strefy odprężonej (Trompetera) tworzą się wydłużone szczeliny (pustki Webera), skała zaś jest silnie rozkruszona i obciąża obudowę ściany. Natomiast główną część nacisku pochodzącego od skał nadległych przyjmuje ocios węglowy ściany i podsadzka za frontem ściany oraz calizna węglowa przy utrzymywanych chodnikach ścianowych. Znana jest także teoria płyt (Stöke, Hermann i Udluft) rozwinięta przez Kegla - oparta na zasadach statyki płyt i traktująca górotwór jako wszechstronnie naprężone płyty podlegające zginaniu nad wybraną przestrzenią eksploatacyjną oraz inne teorie mniej lub bardziej obrazowo tłumaczące zjawiska zachodzące w górotworze.

Interesujące badania nad zachowaniem się górotworu i przejawami ciśnień eksploatacyjnych na ścianach prowadzi A. Biliński (2). Autor w oparciu o uzyskane empirycznie wyniki badań formułuje uogólnienie empiryczne równania konwergencji osiadania stropu i wypiętrzania spągu występujących przed i za frontem ściany. Jak wynika z tego encyklopedycznego przeglądu literatury w zakresie badań ciśnień górotworu, nad wyrobiskiem eksploatacyjnym tworzy się strefa odprężona. Jeżeli w strefie tej znajdzie się sąsiedni (stropowy lub spągowy) pokład węgla - zostanie on odprężony podobnie jak skała płonna. A więc zostanie z niego odprowadzony metan, odprowadzony oczywiście do wytworzonej pustki skalnej, a więc do wyrobiska eksploatacyjnego.

Drogi odprowadzenia to - szczeliny, pustki Webera, spękania, odprężone skały i okruchy skalne.

Zasięg odprężenia skał, z których odprowadzany będzie metan do wyrobiska eksploatacyjnego i % ich odgazowania byłoby najlepiej - ustalić doświadczalnie.

Roboty eksploatacyjne w warunkach istniejących w Niecce Górnośląskiej (małe odległości między podkładami w poszczególnych wiązkach) stwarzają sytuację, w której największy % metanu będzie wydzielał się właśnie do nich. Zgadza się to ze stanowiskiem K.H. Kegla (25, 26).

W literaturze radzieckiej spotyka się jednak pogląd, że głównym "źródłem" wydzielania się metanu są roboty przygotowawcze w pokładach. Piszą o tym: G.D. Lidin (44, 45), V.V. Vladimorowskij (68), A.A. Skoczyński (62, 63), N.K. Antonenko (1).

Procent metanu wydzielanego według nich do robót przygotowawczych wynosi do 50% ogólnej liczby wydzielonego metanu, w niektórych nawet przypadkach dochodzi do 70%. Odmienność jednak struktury geologicznej zagłębi tłumaczy odmienność uzyskanych wyników. Według danych uzyskanych na niektórych silnie gazowych polskich kopalniach (Silesia, Brzeszcze, Jastrzębie, Jankowice) % metanu wydzielający się w robotach eksploatacyjnych wynosił w 1967 r. średnio 70%. Odchylenia stwierdzono na kop. 1 Maja, gdzie wydzielanie z robót przygotowawczych osiągało prawie 80%. Badania przeprowadzono w nienaruszonej dotąd eksploatacją partii pokładu 412/2 na kop. Bielszowice wykazały, że w takich warunkach należy liczyć się z wydzielaniem z robót eksploatacyjnych w granicach 80 - 90% całości.

Możemy więc przyjąć, że w warunkach eksploatacji w Niecce Górnośląskiej największy % metanu pochodzi z robót eksploatacyjnych.

7.1. Próba ustalenia wzoru służącego do obliczenia wydzielania metanu do wyrobisk eksploatacyjnych ścianowych

Oddzielnie rozpatrzy się ściany prowadzone mniej więcej równolegle z chodnikami ścianowymi, a więc ściany prowadzone do granic i ściany prowadzone pomiędzy chodnikami uprzednio wykonanymi - a więc ściany prowadzone od granic.

7.1.1. Prognozowanie wydzielania metanu dla ścian prowadzonych do granic

Ilość metanu wydzielającego się do wyrobiska ścianowego można obliczać według wzoru:

$$q_E = g_{E1} + g_{E2} + g_{E3} + g_{E4}\,, \tag{49}$$

gdzie:

g_E - wydzielanie całkowite (m^3 CH_4/min)
g_{E1} - wydzielanie z urobionego węgla (m^3 CH_4/min)
g_{E2} - wydzielanie z ociosu ścianowego (m^3 CH_4/min)
g_{E3} - wydzielanie z 2 chodników ścianowych (m^3 CH_4/min)
g_{E4} - wydzielanie metanu z pokładów nad- i podległych (m^3 CH_4/min).

Wielkości te - analogicznie do wzorów podanych dla wyrobisk chodnikowych (31 do 46) obliczamy następująco:

$$g_{E1} = \frac{p_E \; l \; m \; \gamma \; (W - W_k)}{1440}\,, \tag{50}$$

gdzie:

p_E - postęp ściany (md)
l - długość ściany (m)
m - grubość ściany (m). Dla pokładów eksploatowanych na całą grubość $m = \Sigma m_w$

$$g_{E2} = \Sigma m_w \, l \, g_p \tag{51}$$

g_{E3} - obliczać ze wzorów (35, 36)

g_{E4} - omówienie obliczenia tej wielkości zawarto w rozdziale 7.2 i 7.3.

Dla pokładów wybieranych na warstwy, warstwy przeznaczone do eksploatacji w okresie późniejszym traktować będziemy jako pokłady sąsiednie nad- lub podległe w stosunku do warstwy eksploatowanej.

Przy $m = \Sigma m_w$ można także przyjąć, że oba przodki chodnikowe są częścią ściany i wówczas otrzymujemy wzory:

$$g_{E1} = \frac{p_E \, (1 + 2\,b) \Sigma m_w \, \varphi (W - W_k)}{1440} \tag{52}$$

$$g_{E2} = \Sigma m_w \, (1 + 2\,b) \, g_p \tag{53}$$

podstawiając za g_{E3} wielkości według wzoru (35), (36) otrzymujemy:

$$g_E = \frac{p_E \, (1 + 2\,b) \Sigma m_w \, \varphi (W - W_k)}{1440} + \Sigma m_w \, (1 + 2\,b) \, g_p +$$

$$+ 2 \Sigma m_w \, p_E \, g_p \, T + g_{E4} . \tag{54}$$

Przekształcając otrzymujemy:

$$g_E = \frac{\Sigma m_w \left\{ (1 + 2b) \left[p_E \, \varphi (W - W_k) + 1440 \, g_p \right] + 2880 \, p_E \, g_p \, T \right\}}{1440} + g_{E4} . \tag{55}$$

7.1.2. Prognozowanie wydzielania metanu dla ścian prowadzonych od granic

Jeżeli czas rozcinki (t_r) i czas przygotowania (t_p) pochylni ścianowej są dłuższe od 6 miesięcy, wydzielanie z chodników ścianowych ustaje i g_E oblicza się wówczas jako:

$$g_E = g_{E1} + g_{E2} + g_{E4} \tag{56}$$

$$g_E = \frac{p_E \, l \Sigma m_w \varphi (W - W_k)}{1440} + \Sigma m_w \, l \, g_p + g_{E4} =$$

$$= \frac{\Sigma m_w \, l \left[p_E \varphi (W - W_k) + 1440 \, g_p \right]}{1440} + g_{E4} \cdot \tag{57}$$

Dla $t_p + t_r < 6$ miesięcy do wydzielania określonego wzorem (57) należy jeszcze doliczyć wydzielanie z chodników ścianowych tj. g_{E3}. Wydzielanie z obu chodników (podścianowego i nadścianowego) obliczamy jako

$$g_{E3'} = 2 \, n \Sigma m_w \, p \, T \, g_p \, 0{,}5^{t_r + t_p + t_E - 1}, \tag{58}$$

gdzie:

t_E - czas eksploatacji w miesiącach.

Człon wzoru (58) "2 $n\Sigma m_w$ p T g_p" przyjmujemy jako constans dla ostatniego dnia prowadzenia robót chodnikowych.

$$2 \, n \Sigma m_w \, p \, T \, g_p = \text{const.}$$

Wydzielanie z chodników nad i podścianowych będzie zmniejszać się nie tylko z upływem czasu ale także na skutek "zdejmowania" jednej płaszczyzny każdego z chodników przez prowa-

dzoną eksploatację ściany. Tym samym ilość metanu wydzielającego się z chodników w miarę eksploatacji będzie się zmniejszała i można ją obliczyć jako:

$$g_{E3} = 2\, n \Sigma m_w\, p\, T\, g_p\, 0{,}5^{t_r + t_p + t_E - 1} - 2\, p_E \Sigma n_w\, n'_E\, g'_p \alpha =$$

$$= 2\Sigma m_w\, (n\, p\, T\, 0{,}5^{t_r + t_p + t_E} - p_E\, n'_E\, g'_p\, a), \qquad (59)$$

gdzie:

n'_E - dzień prowadzenia eksploatacji dla którego chcemy obliczyć wydzielanie metanu (dni)

p_E - postęp eksploatacji ściany (m/d) (60)

$g'_p = g_p\, 0{,}5^{t_r + t_p - 1}$

a - współczynnik średniego wydzielania z powierzchni ociosów objętych eksploatacją - wielkość bezwymiarowa.

Przy obliczeniu "a" należy uwzględnić:

a) czas prowadzenia eksploatacji i zmniejszanie się wydzielania metanu o 50% w skali miesiąca z m^2 obnażonej powierzchni calizny węgla,

b) prędkość postępu prowadzenia robót eksploatacyjnych a więc prędkość z jaką będzie "zdejmowana" calizna z ociosu chodnika stykającego się ze ścianą,

c) konieczność uzyskania wielkości średnich charakteryzujących faktyczne zmniejszanie się wydzielania, a więc proporcjonalnych do czasu odgazowywania się ociosów, długości odcinków o równie intensywnym wydzielaniu i wielkości całej "zdjętej" w dniu n'_E powierzchni ociosów.

I tak np. dla $p_E = p$ (prędkości eksploatacji równej prędkości z którą prowadzono chodniki) otrzymujemy:

dla n'_E w granicach 0 do 30 dni ($t_E = 1$) otrzymujemy $a = 1$ ponieważ w tym czasie "zdejmowana" jest powierzchnia ociosu o wydzielaniu stałym, w granicach ostatniego odcinka chodnika wykonanego bezpośrednio przed dowierzchnią ścianową, jej uzbrojeniem i przygotowaniem do eksploatacji,

dla n'_E w granicach 30 do 60 dni ($t_E = 2$) otrzymujemy:

$$a = \frac{30 \cdot 0{,}5^{t_E - 1} + \left[n'_E - 30\,(t_E - 1)\right] 0{,}5^{t_E}}{n'_E}$$

dla n'_E w granicach 60 do 80 dni ($t_E = 3$) otrzymujemy:

$$a = \frac{30(0{,}5^{t_E - 1} + 0{,}5^{t_E}) + \left[n'_E - 30(t_E - 1)\right] 0{,}5^{t_E + 1}}{n'_E} \quad \text{itd.}$$

Zależności te dadzą się przedstawić w formie wzoru:

$$a = \frac{\left(30 \sum_{n_1 = t_E - 1}^{n_2 = 2t_E - 3} 0{,}5^n\right) + \left[n'_E - 30\,(t_E - 1)\right] 0{,}5^{2\,(t_E - 1)}}{n'_E} \tag{61}$$

Przy $p_E \neq p$ otrzymujemy:

$$a = \frac{\left(30p \sum_{n_1 = x - t'}^{n_2 = x - 1} 0{,}5^n\right) + 0{,}5^x\,(p_E\, n_E - 30\, p\, t')}{p_E\, n_E}, \tag{62}$$

gdzie:

$$t' = \frac{n'_E \, \frac{p_E}{p}}{30}. \tag{63}$$

Po obliczeniu przyjmować za t' wartość całkowitą dolną. Np. dla $t' = 3{,}8$ przyjąć $t' = 3$.

Wielkość "x" przyjmować z załączonej tablicy uwzględniającej zmniejszanie się (wielokrotność zmniejszania się) wydzielania metanu z obnażonej powierzchni w miesięcznych okresach czasu.

Tablica 9

Określenie wielkości "x"

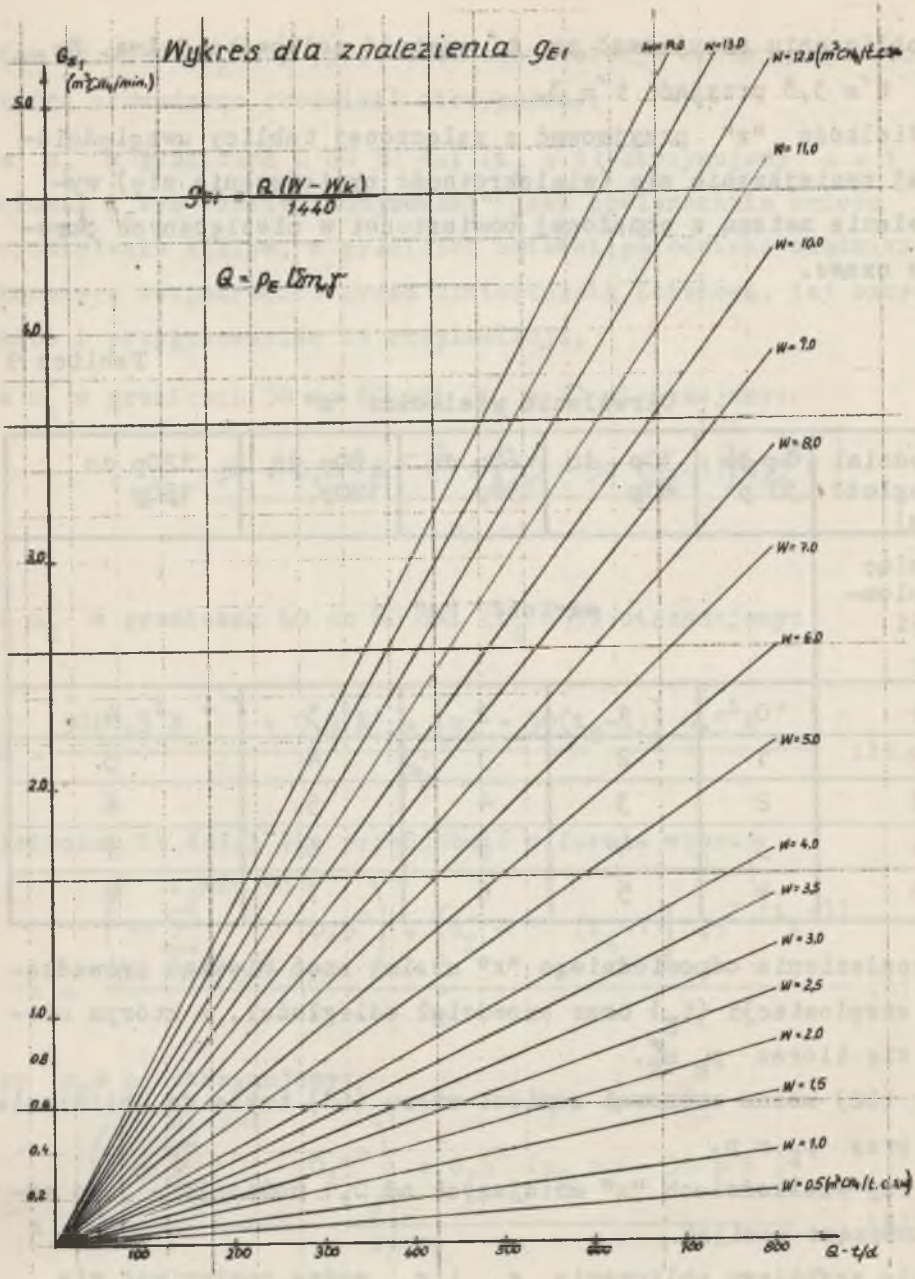
Przedział odległość (m)	0 p do 30 p	30p do 60p	60p do 90p	90p do 120p	120p do 150p
Miesiąc eksploatacji t_E	wartość "x"				
1	0	1	2	3	4
2	1	2	3	4	5
3	2	3	4	5	6
4	3	4	5	6	7
5	4	5	6	7	8

Do znalezienia odpowiedniego "x" musimy znać miesiąc prowadzenia eksploatacji (t_E) oraz przedział odległości, w którym mieści się iloraz $p_E\, n_E'$.

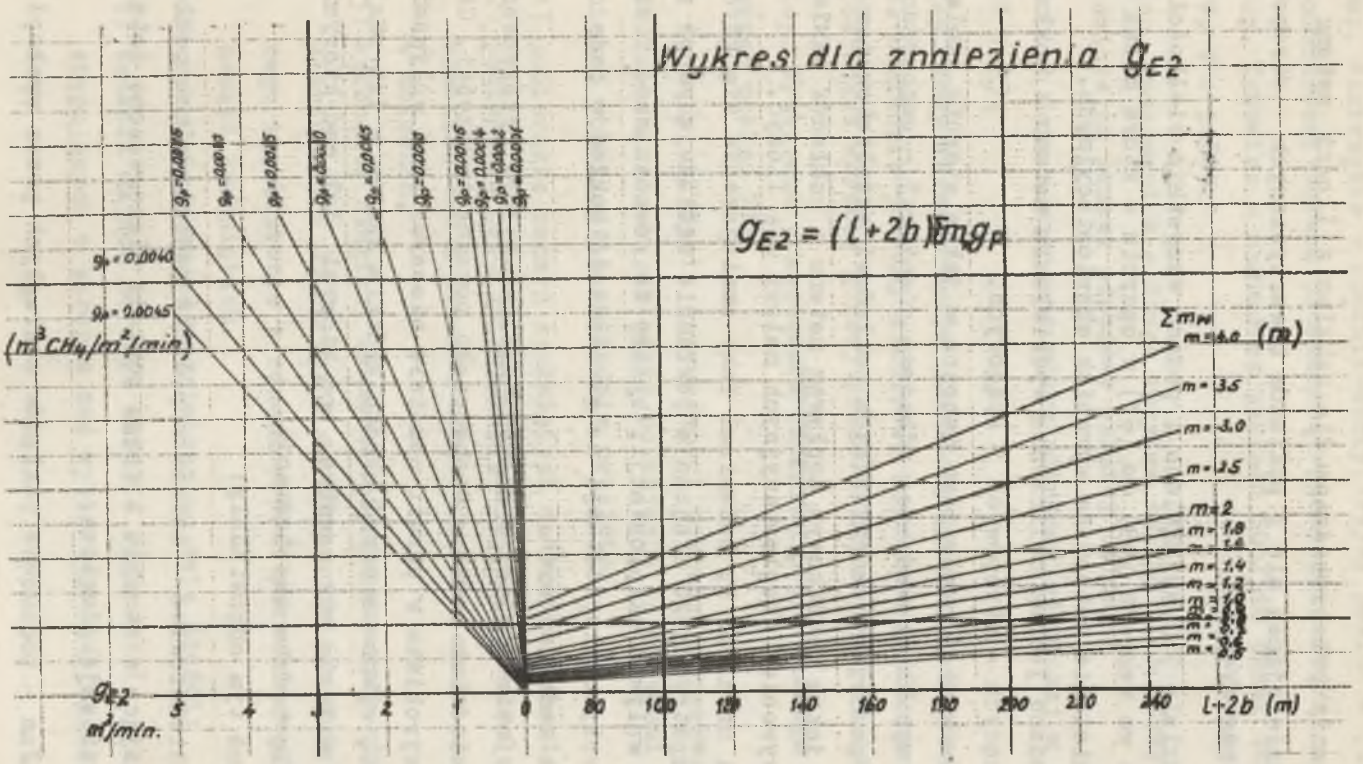
Wzór (62) można stosować zamiast wzoru (61) także do obliczenia "a" przy $p_E = p$.

Przy wielkościach "a" mniejszych od 0,1 można je - jako mało znaczące pomijać.

Dla szybkiego obliczenia g_{E1} i g_{E2} można posługiwać się - analogicznie jak dla robót chodnikowych - nomogramami przedstawionymi na rys. 9 i 10.


Wykres dla znalezienia g_{E1}
G_{E1} (m^3CH_4/min.)
$g_{E1} = \frac{Q(W - W_k)}{1440}$
$Q = p_E \lambda \delta m_w \gamma$
W = 13.0
W = 12.0 (m^3CH_4/t.c.s.w.)
W = 11.0
W = 10.0
W = 9.0
W = 8.0
W = 7.0
W = 6.0
W = 5.0
W = 4.0
W = 3.5
W = 3.0
W = 2.5
W = 2.0
W = 1.5
W = 1.0
W = 0.5 (m^3CH_4/t.c.s.w.)
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
100
200
300
400
500
600
700
800
Q - t/d

Rys. 9


Wykres dla znalezienia q_{E2}
$q_{E2} = (l+2b)\sum m q_p$
$q_p = 0.0040$
$q_p = 0.0045$
$(m^3 CH_4/m^2/min)$
$\sum m_w$
$m = 4.0$ (m)
$m = 3.5$
$m = 3.0$
$m = 2.5$
$m = 2$
$m = 1.8$
$m = 1.4$
$m = 1.2$
q_{E2}
$m^3/min.$
5
4
3
2
1
0
80
100
120
140
160
180
200
220
240
$l+2b$ (m)

Rys. 10

7.2. Badania przeprowadzone dla ustalenia ilości metanu wydzielającej się z pokładów towarzyszących - stropowych i spągowych

W rozdziale 7.1 wyjaśniono i podano wszystkie wielkości występujące we wzorach (49) do (63) w oparciu o które można obliczyć wydzielanie metanu do wyrobisk eksploatacyjnych.

Nie podano jednak obliczenia wydzielania metanu z pokładów towarzyszących - stropowych i spągowych.

Dla niniejszej pracy jest istotne w jakim stopniu zmniejszyła się w wyniku prowadzonej odbudowy górniczej - gazonośność pokładów gazowych towarzyszących pokładowi eksploatowanemu, a więc z jakim dodatkowym dopływem metanu z pokładów sąsiednich do wyrobisk eksploatacyjnych należy się liczyć.

Jeżeli ustalono by badaniami fakt zmniejszenia się gazonośności rozpatrywanego miejsca w pokładzie sąsiadującym po poddaniu go wpływom eksploatacji, byłoby to równoznaczne z określeniem wpływu eksploatacji na gazonośność pokładów podwzględnie nadbudowanych.

Znalezienie miejsc, w których możliwe byłoby przeprowadzenie odpowiednich badań - nastręczało poważne trudności. Chodziło o wyrobiska w partii możliwie nienaruszonej wpływami eksploatacji, wykonane przed bardzo krótkim czasem - lub znajdujące się w fazie wykonawstwa, pod którymi lub nad którymi prowadzić się będzie eksploatację.

Wymaganiom tym odpowiadały:

1. Kop. Bielszowice - ściana w p.412/2 podbudowująca pokłady zalegające w stropie i spągu pokładu nienaruszone dotąd eksploatacją górniczą.
2. Kop. Jan - podbudowa pokładów nadległych przez wyeksploatowany na zawał p.405.

3. Kop. Jastrzębie - chodnik wentylacyjny poz.62 w p.406/1 podbudowany ścianą prowadzoną w pokładzie 507/1.

4. Kop. Katowice - nadbudowa pokładu 506/510 przez ściany III, IV, V w p.504.

5. Kop. Moszczenica - druga warstwa ściany 16 a odprężona całkowicie na skutek odbudowy warstwy dolnej.

6. Kop. 1 Maja - wzajemny wpływ odbudowy górniczej w ścianach Z1 i Z3.

7. Kop. Nowy Wirek - wpływ podbudowy górniczej pokładu 506 na sąsiednie pokłady siodłowe, nadbudowa p.506 przez p.502, podbudowa warstwy górnej przez dolną w p.502 (ściana 4a).

8. Kop. Brzeszcze - nadbudowa chodnika podścianowego w p.IX przez pokład VII.

Jako sposoby ustalenia gazonośności pokładu nienaruszonego i kształtującej się w pokładzie po objęciu go wpływami odbudowy górniczej w pokładzie sąsiednim przyjęto:

1) pobieranie naczyń zamkniętych do analizy chemicznej,
2) pobieranie prób do analizy powietrza sposobem mokrym z krótkich 4-6 m otworów odwierconych w czole przodku lub w ociosach,
3) wykonanie długich, kilkudziesięciometrowych otworów wiertniczych do stropu i do spągu pokładu eksploatowanego i pobieranie z rdzeni próbek pokładów węglowych do naczyń zamkniętych.

Całość wykonanych badań podzielono na dwie części:

1) badania mające na celu ustalić odgazowanie pokładów występujących w stropie nad wybieranym lub wybranym pokładem,

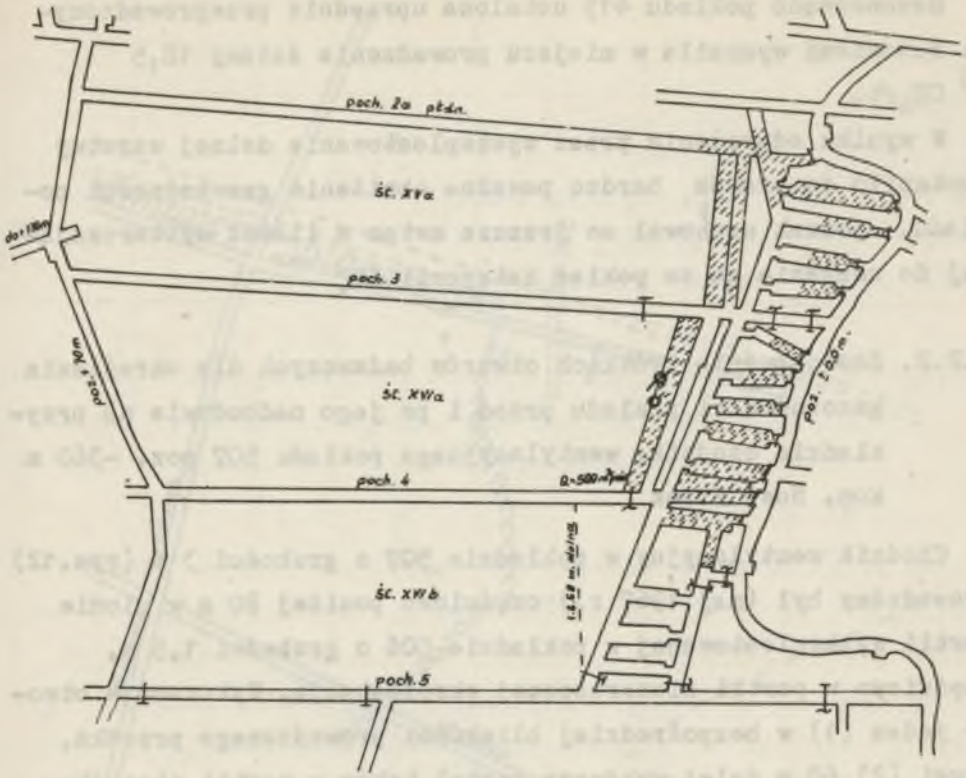
2) badania mające na celu ustalić odgazowanie pokładów występujących w spągu pod wybieranym lub wybranym pokładem.

Z uwagi na konieczną oszczędność miejsca ograniczę się do przedstawienia 3 przykładów przeprowadzonych badań, charakteryzujących podane powyżej sposoby ustalenia gazonośności pokładu przed i po jego podbudowie względnie nadbudowie.

7.2.1. Zastosowanie próbek węgla pobranych do naczyń zamkniętych dla okrenia gazonośności pokładu przed i po jego podbudowie na przykładzie pokładu 415/1-2S kop. Moszczenica

Pokład 415 o grubości 4,3 m eksploatowany jest na kop. Moszczenica na dwie warstwy - dolna 2,5 m, górna - 1,8 m. W czerwcu 1968 r. przeprowadzono na ścianie pięciokrotne badania mające na celu ustalenie gazonośności drugiej warstwy pokładu i wielkości wydzielania na ścianie. Jak wynikałoby z przedstawionych w rozdziale 3 metod - całkowicie odprężonej i pozbawionej możliwości wydzielania metanu. W badanej sytuacji - eliminuje się także ewentualny wpływ pokładów sąsiednich, zostały one bowiem już odprężone przez eksploatację warstwy dolnej.
W ścianie XVIa (rys. 11) pobrane naczynie zamknięte - które wykazały, że odprężona warstwa pokładu posiada jeszcze średnią gazonośność wynoszącą 4,33 m^3 CH_4/t. Na ścianie stwierdza się także wydzielanie CH_4 wynoszące:

% CH_4 w prądzie wlotowym - 0,08
" " wylotowym - 0,11
ilość powietrza przepływająca przez ścianę - 500 m^3/min
wydzielanie metanu = $\frac{500}{100}$ (0,11-0,08) = 0,15 m^3/min.



Legenda:

● – miejsca pobrania próby do naczyń zamkniętych

Ø – otwory badawcze

Badania przeprowadzone w ścianie XVIa w pokładzie 415/1-2 warstwa górna.

Kop. „MOSZCZENICA"

Skala 1:2000

Rys. 11.

(do rozdziału VII. 2. 4.)

Rys. 11

Gazonośność pokładu 415 ustalona uprzednio przeprowadzonymi badaniami wynosiła w miejscu prowadzenia ściany 18,5 m^3 CH_4/t.

W wyniku odprężenia przez wyeksploatowanie dolnej warstwy nastąpiło co prawda bardzo poważne obniżenie gazonośności pokładu, jednak zachował on jeszcze metan w ilości wystarczającej do uważania go za pokład kategorii II.

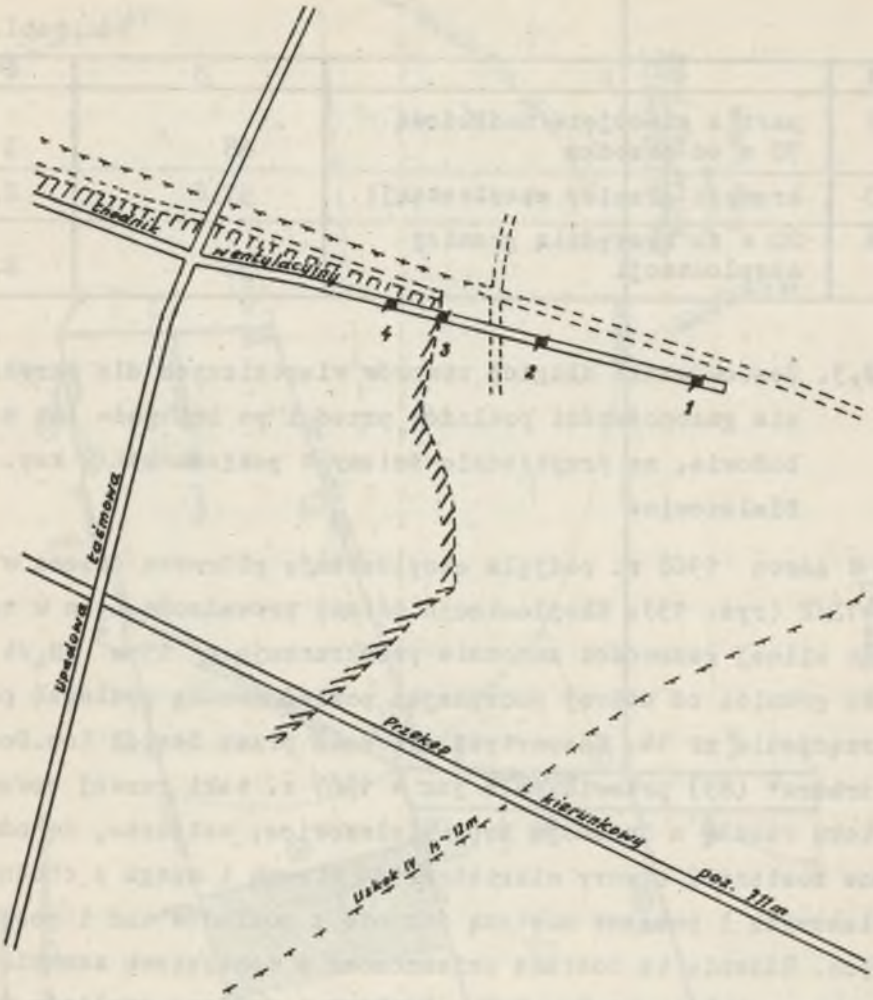
7.2.2. Zastosowanie krótkich otworów badawczych dla określenia gazonośności pokładu przed i po jego nadbudowie na przykładzie chodnika wentylacyjnego pokładu 507 poz. -360 m kop. Nowy Wirek

Chodnik wentylacyjny w pokładzie 507 o grubości 3 m (rys.12) prowadzony był (maj 1967 r.) częściowo poniżej 20 m w pionie partii wyeksploatowanej w pokładzie 506 o grubości 1,5 m, częściowo w partii nienaruszonej eksploatacją. Wykonano 4 otwory jeden (1) w bezpośredniej bliskości prowadzonego przodka, drugi (2) 60 m dalej wykonany został także w partii nienadbudowanej odległym o 20 m w pionie pokładem 506. Otwór następny (3) wykonany został na linii zatrzymania się eksploatacji w pokładzie 506. Otwór ostatni (4) 20 m za linią zatrzymania eksploatacji w partii nadbudowanej. Badanie powtórzono dwukrotnie. Wyniki uzyskane z otworów.

Tablica 10

Wyniki uzyskane z otworów

Otwór	Miejsce wykonania	% CH_4 w otworze badawczym	Gazonośność m^3/t
1	2	3	4
1	partia nieobjęta nadbudową, ocios w pobliżu czoła przodka	67,2	3



Legenda:

Ø — miejsca wykonania otworów badawczych w p. 507

parlia wyeksploatowana pokł. 506.

Chodnik wentyl. w pokł. 507

Kop. „NOWY WIREK"

Skala 1:2000

Rys. 12.

(do rozdziału VII. 2. 14.)

Rys. 12

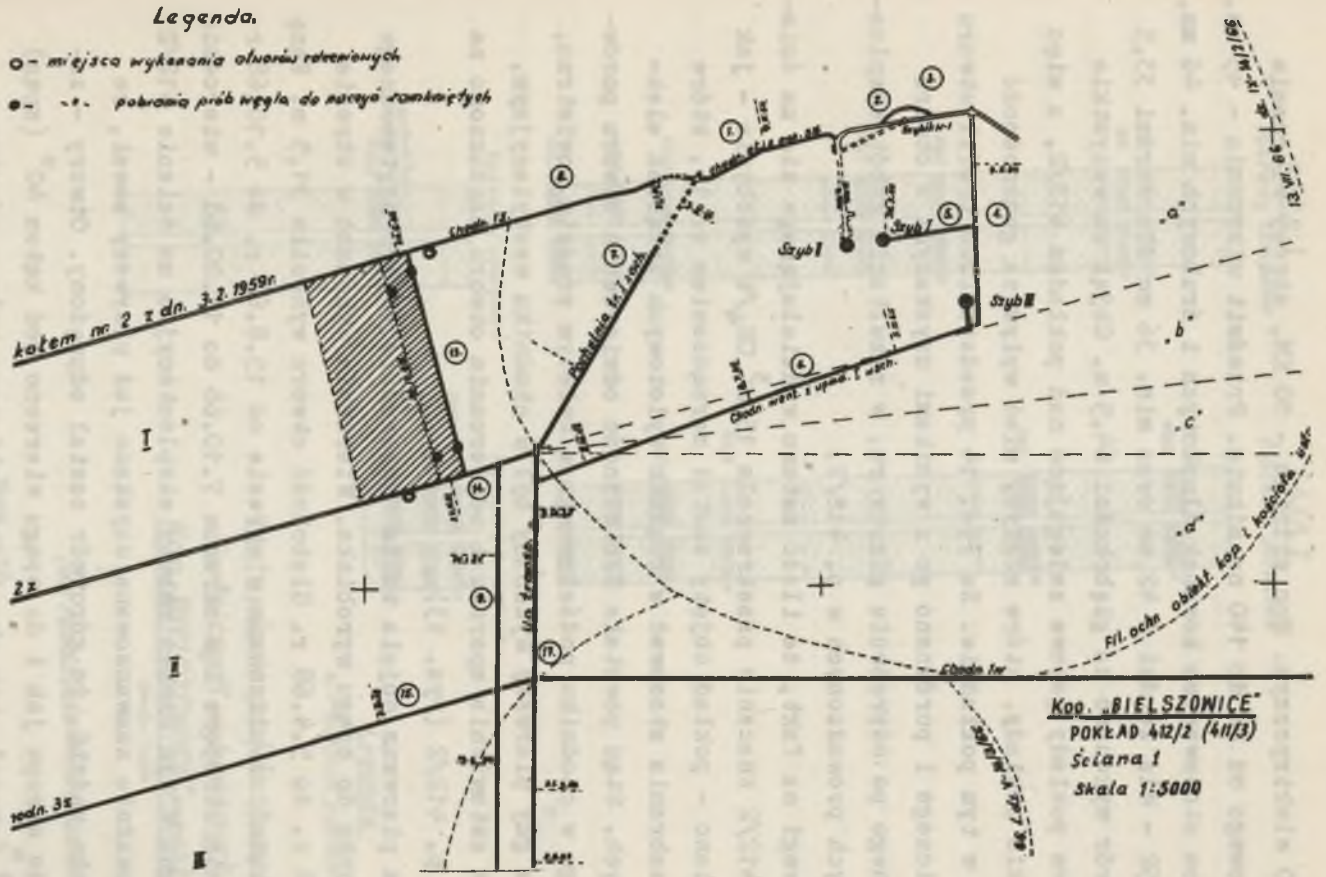
cd. tabl. 10

1	2	3	4
2	partia nieobjęta nadbudową 70 m od przodka	68	3
3	krawędź granicy eksploatacji	57,8	2,1
4	20 m za krawędzią granicy eksploatacji	55	2,0

7.2.3. Zastosowanie długich otworów wiertniczych dla określenia gazonośności pokładów przed i po ich pod- lub nadbudowie, na przykładzie ściany 1 pokładu 412/2 kop. Bielszowice

W marcu 1968 r. podjęła eksploatację pierwsza ściana w p.412/2 (rys. 13). Eksploatacja ściany prowadzona była w warunkach silnej gazowości znacznie przekraczającej 15 m^3 CH_4/t, jako granica od której poczynając pokład zaczną podlegać pod zarządzenie nr 14. Ekspertyza wykonana przez Zespół Kop.Dośw. "Barbara" (83) przewidywała już w 1967 r. taki rozwój sprawy. W toku rozmów z dyrekcją kop. Bielszowice, ustalono, że odwiercone zostaną 2 otwory wiertnicze do stropu i spągu z chodników ścianowych i pobrane zostaną rdzenie z pokładów nad i podległych. Rdzenie te zostaną umieszczone w naczyniach zamkniętych dostarczonych przez Kop.Dośw. Barbara i poddane analizie w laboratorium mającej na celu określenie gazonośności pokładów nawierconych. Pierwszy otwór wykonany został przed rozpoczęciem eksploatacji ściany a więc w warunkach górotworu nieodprężonego, drugi po uzyskaniu zawału a więc w warunkach górotworu odprężonego.

Pierwszą fazę badań przeprowadzono dla skał stropowych w okresie 10.2.68 - 12.3.68 r. Do wierceń posłużono się (podobnie jak i przy późniejszych badaniach) aparatem wiertniczym

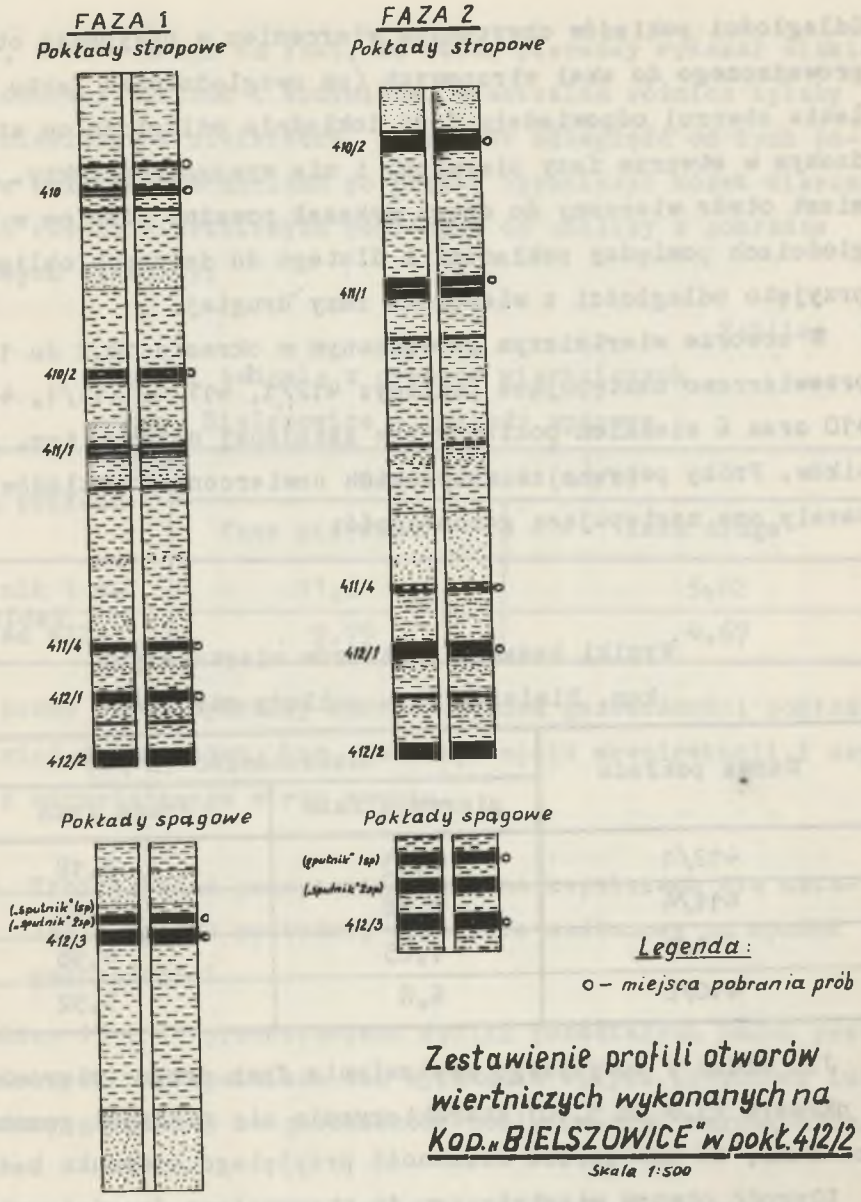

Legenda.
o - miejsca wykonania otworów rdzeniowych
• - " - pobrania prób węgla do naczyń zamkniętych
kołem nr 2 z dn. 3.2.1959r.
Szyb I
Szyb II
Szyb III
Chodn. 1w
Kop. „BIELSZOWICE"
POKŁAD 412/2 (411/3)
Ściana 1
Skala 1:5000

Rys. 13

GPO-300 elektrycznym. Moc silnika - 10 KM, obroty wiercenia rdzeniowego od 88 do 140 na minutę. Prześwit wiercenia - 45 mm. Średnice stosowanych koronek słupkowych i śrubowych min. 46 mm, max. 152 - dla żerdzi Ø 42 mm oraz min. 36 mm dla żerdzi 33,5 mm. Otwór wykonano na głębokości 64,5 m. Objął on wszystkie stropowe pokłady gazowe zalegające nad pokładem 412/2, a więc wszystkie pokłady, które mogłyby mieć wpływ na gazonośność ściany w tym pokładzie. Na rys. 14 przedstawiono profil otworu wiertniczego i porównano go z wynikami uzyskanymi z otworu wierconego po odprężeniu górotworu, w rezultacie robót eksploatacyjnych prowadzonych w p. 412/2.

Z uwagi na fakt, że ilość metanu wydzielającego się na ścianie p.412/2 znacznie przekraczała 15 m^3 CH_4/t wydobycia - jak wspomniano - pokład objęty został zarządzeniem nr 14, które m.in. zabrania stosować w prądach wylotowych urządzeń elektrycznych. Stąd powstała konieczność odwiercenia otworu porównawczego w chodniku podścianowym w świeżym prądzie powietrza, podczas gdy pierwszy wykonany był w chodniku wentylacyjnym. Miejsca ustawienia aparatu i odwiercania otworu zaznaczono na planie p. 412/2 (rys. 13).

Faza pierwsza objęła także odwiercenie otworu usytuowanego w kierunku do spągu wyrobiska. Wiercenie wykonano w okresie 13.3.68 r. do 5.4.68 r. Głębokość otworu wynosiła 31,5 m. Fazę drugą badań zrealizowano w okresie od 15.8.68 r. do 5.10.68 r. wiercenie stropowe i w okresie 7.10.68 do 11.10.68 - wiercenie do spągu. W tym czasie roboty eksploatacyjne na ścianie 412/2 były poważnie zaawansowane, uzyskano już pierwszy zawał, co pozwalało sądzić, że górotwór został odprężony. Otwory - zarówno do stropu jak i do spągu wiercono pod kątem 40° (spąg) lub 45° (strop), tak aby próby pobierane były z górotworu znajdującego się nad wybraną przestrzenią - a więc odprężoną.



Zestawienie profili otworów wiertniczych wykonanych na Kop. „BIELSZOWICE" w pokł. 412/2

Skala 1:500

(do rozdziału VII.2.1. oraz VII.2.10.)

Rys. 14

Odległości pokładów chwyconych wierceniem w przypadku otworu prowadzonego do skał stropowych (po uwzględnieniu faktu nachylenia otworu) odpowiadały dość dokładnie odległościom stwierdzonym w otworze fazy pierwszej i nie wymagały korekty. Natomiast otwór wiercony do spągu wykazał poważne różnice w odległościach pomiędzy pokładami i dlatego do dalszych obliczeń przyjęto odległości z wiercenia fazy drugiej.

W otworze wiertniczym prowadzonym w okresie 10.2 do 12.3 przewiercono następujące pokłady: 412/1, 411/4, 411/1, 410/2, 410 oraz 6 cienkich pokładów bez ustalonej nazwy - tzw. sputników. Próby pobrano ze wszystkich nawierconych pokładów. Wykazały one następującą gazonośność:

Tablica 11

Wyniki badania z otworów wiertniczych
kop. Bielszowice - pokłady stropowe

Nazwa pokładu	Gazonośność (m^3/t)	
	pierwsza faza	druga faza
412/1	8,23	3,18
411/4	4,88	1,68
411/1	7,25	4,98
410/2	6,8	5,92

Jak widać z powyższego zestawienia faza druga (wiercenia w okresie 15.8 do 5.10) charakteryzuje się niższymi gazonośnościami, co potwierdza słuszność przyjętego kierunku badań.

Długość otworu wiertniczego do stropu fazy drugiej wynosiła 61,3 m przy czym świadomie zrezygnowano z wiercenia otworu do p.410 i 3 sputników[x)] zalegających bezpośrednio nad pokładem

x) Gazonośności wyniosły odpowiednio - pokład 410 - 0,103 m^3 CH_4/t, dwie pozostałe próby pobrane ze sputników - 0,381 - dolny 0,091 najwyższy sputnik.

410/2, a to z uwagi na fakt, że otwór pierwszy wykazał niskie gazonośności pokładu i sputników. Ewentualna różnica byłaby więc niewielka i nieistotna, natomiast odległość od tych pokładów była duża i chciano po prostu ograniczyć koszt wierceń. Próbki rdzeni wiertniczych pobranych do analizy z pokładów spągowych wykazały:

Tablica 12

Wyniki badania z otworów wiertniczych
kop. Bielszowice - pokłady spągowe

Nazwa pokładu	Gazonośność (m^3/t)	
	faza pierwsza	faza druga
sputnik 1 sp	11,0	5,02
pokład 412/3	9,75	4,67

Pobrane próby wykazały wyraźny spadek gazonośności pokładu w drugiej fazie badań, tzn. po rozpoczęciu eksploatacji i uzyskaniu odprężającego strop zawału.

7.2.4. Wyniki badań przeprowadzonych na kopalniach dla ustalenia wpływu podbudowy względnie nadbudowy na spadek gazonośności

W tablicy 13 i 14 przedstawiono wyniki pozostałych badań przeprowadzonych na kopalniach dla wykazania wpływu podbudowy lub nadbudowy górniczej na gazonośność pokładów nimi naruszonych.

7.3. Opracowanie wyników badań dla ustalenia % odgazowania pokładów nadebranych i podebranych

Badania przedstawione w rozdziale 7.2, wykazały,że:

1) nadbudowa lub podbudowa pokładów prowadzi do ich odprężenia w wyniku którego metan z tych pokładów przedosta-

je się do wyrobiska eksploatowanego w pokładzie odprężającym,

2) gazowość pokładu eksploatowanego jest funkcją nie tylko gazonośności tego pokładu, ale także jest zależne od gazonośności pokładów pod i nadbudowywanych w czasie eksploatacji. Istnieje więc - bynajmniej nie teoretyczna - możliwość występowania niebezpiecznych nagromadzeń metanu w czasie prowadzenia robót eksploatacyjnych w ścianach pokładu, który zaliczony został do niegazowych,

3) w pełni potwierdziło się przypuszczenie, że można w badaniach opierać się dla celów porównawczych na braniu:
   a) prób węgla do naczyń zamkniętych,
   b) pobieraniu prób do analizy chemicznej z otworów badawczych,
   c) pobieraniu prób węgla z rdzeni otworów wiertniczych w fazie poprzedzającej eksploatację i w czasie - w wyniku prowadzonej wybierki - po uzyskaniu odprężenia skał stropowych i spągowych.

Wyniki badań zostały przedstawione dla większej przejrzystości w załączonych tablicach 13 i 14, w których podano także % odgazowania pokładu (liczony jako 1 - iloraz gazonośności pokładu pod- lub nadbudowanego do gazonośności pokładu nienaruszonego, całość mnożona przez 100). Procent ten zależy od odległości pokładów do pokładu eksploatowanego z jednej strony i grubości tego z drugiej. Przy czym zależność między % odgazowania a odległością jest odwrotnie proporcjonalna, między % odgazowania i grubością pokładu eksploatowanego - wprost proporcjonalna. Dlatego do tablicy wprowadziłem obok odległości między pokładami mierzonej w m, także odległość mierzoną (podobnie jak u Patteyskego) w jednostkach umownych równych

Tablica zestawcza dla ustalenia wpływów podbudowy na odgazowanie pokładów

Lp.	Kopalnia	Nazwa wyrobiska	Data badania	Pokład		Grubość pokładu m		Gazowość pokładu podbudowanego m3/t		Odległ. między pokładami m	% odgazowania pokładu podbudowanego	Odległość umowna (1)	Zastosowana metoda określania gazonośności
				podbudowywany	eksploatowany	podbudowanego	eksploatowanego	przed eksplo.	po odprężeniu				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Bielszowice	ściana w pokł. 412/2	luty-paźdz. 68	412/1	412/2	0,8	1,45	8,23	3,18	2,1	61,2	1,45	C
2	Bielszowice	"	"	411/4	412/2	0,7	1,45	4,88	1,62	6,9	66,79	4,75	C
3	Bielszowice	"	"	411/1	412/2	0,3	1,45	7,25	4,98	25,6	31,5	18,3	C
4	Bielszowice	"	"	410/2	412/2	1,15	1,45	6,8	5,92	32,8	13,5	22,6	C
5	Jan	otwory wiertn. do pokł. 404/5	czerwiec 68	405/5	405	0,4	3,40	1,35	0,594	15	56,5	4,4	C
6	Jastrzębie	chodn.went. poz.+62	czerwiec 68	406/4	407/1	2,5	2,55	0,481	0,27	26	44,0	10,4	B
7	Moszczenica	ściana XVIa	lipiec 68	415/1 2 warstwa	415/1 1 warstwa	1,8	2,5	18,5	4,33	0	76,5	0	AB
8	1 Maja	ściana Z1	czerwiec 67	628	630/1	0,6	1,6	7,91	4,85	39	28,5	24,4	B
9	Nowy Wirek	dowierzchnia III	styczeń-luty 67	502 2 warstwa	506 1 warstwa	5,8	1,26	4,23	3,82	70	9,8	55,5	A
10	Nowy Wirek	ściana 4a	luty 67	502	502	2,7	3,1	4,23	0,89	0	78,8	0	B
11	Nowy Wirek	dowierzchnia poz.636	maj 67	504	506	3,2	1,45	0,15	0,11	25	27	17,3	B
12	Nowy Wirek	ściana 8	sierpień 67	504	506	3,2	1,45	4,908	3,650	25	26,5	17,3	B

Legenda: A - próbki pobrane do naczyń zamkniętych z ociosu,

B - krótkie otwory badawcze,

C - próbki pobrane do naczyń zamkniętych z rdzeni otworów wiertniczych.

Tablica 14

Tablica zestawcza dla ustalenia wpływów nadbudowy na odgazowanie pokładów

Lp.	Kopalnia	Data badania	Nazwa wyrobiska	Pokład		Grubość pokładu m		Gazonośność m^3/t		Odległość między pokładami	% odgazowania pokładu nadbudowanego	Odległ. umowna (1) (L)	Zastosowana metoda określenia gazonośności
				nadbudowywany	eksploatowany	podbudowanego	eksploatowanego	przed eksploatacją	po odprężeniu				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Bielszowice	luty-paźdz. 68	ściana w pokł. 412/2	sputnik	412/2	0,3	1,45	11	5,02	1	54,5	0,69	C
2	Bielszowice	"	"	412/3	412/2	1,3	1,45	9,75	4,67	4,35	52,0	3,0	C
3	Brzeszcze	maj 67	chodn.podścian. w pokł.IX	IX	VII	1	1,4	0,6	0,456	28	24,0	20	B
4	Katowice	maj 68	otwór wiertn. z p.504 do p.506/510	506/510	504 x)	7,0	2,5	0,02	0,018	12	10	48	B
5	1 Maja	czerwiec 67	ściana Z3	630/1	628	1,6	0,6	11,01	10,52	39	5,0	65	C
6	Nowy Wirek	maj 67	chodn.wentyl.	507	506	3,0	1,5	3,0	2,0	20	33,0	13,3	B
7	Nowy Wirek	październik 67	ściana 16 w p.506	506	502	1,2	5,8	4,074	2,76	70	29,5	12,1	B

x) pokład eksploatowany na podsadzkę płynną przyjęto $m_e = 0,1\Sigma m_w$

Legenda: A – próbki pobrane do naczyń zamkniętych z ociosu,
B – krótkie otwory badawcze,
C – próbki pobrane do naczyń zamkniętych z rdzeni otworów wiertniczych

ilorazowi odległości między pokładami (l) w metrach i grubości pokładu eksploatowanego (m_e) także w m.

$$L_{umowne} = \frac{l}{m_e} . \tag{64}$$

Przy eksploatacji na podsadzkę płynną za m_e należy podstawić iloczyn grubości pokładu przez ściśliwość podsadzki w %. Wg W. Budryka (6) wynosi on około 5 - 10%.

Wiążąc funkcyjnie zjawisko odprężenia (% odgazowania pokładów sąsiednich) z odległością w jednostkach umownych, otrzymujemy zależność typu $y = be^{-ax}$, sprawdzającą zbiór punktów między osią odciętych (odległość) i rzędnych (% odgazowania).

Ośrodek Maszyn Matematycznych Politechniki Śląskiej w oparciu o przedstawione wyniki badań określił równanie zależności odgazowania od odległości pokładów i pośrednio - grubość pokładu eksploatowanego. Obliczenia wykonał oddzielnie dla pokładów zalegających w stropie i oddzielnie dla pokładów zalegających w spągu pokładu eksploatowanego. Sprawdzono aproksymację przebiegów zależności typu $y = be^{-ax}$ i uzyskano wyniki istotne na poziomie mniejszym jak 0,001.

Równania przedstawiają się następująco:

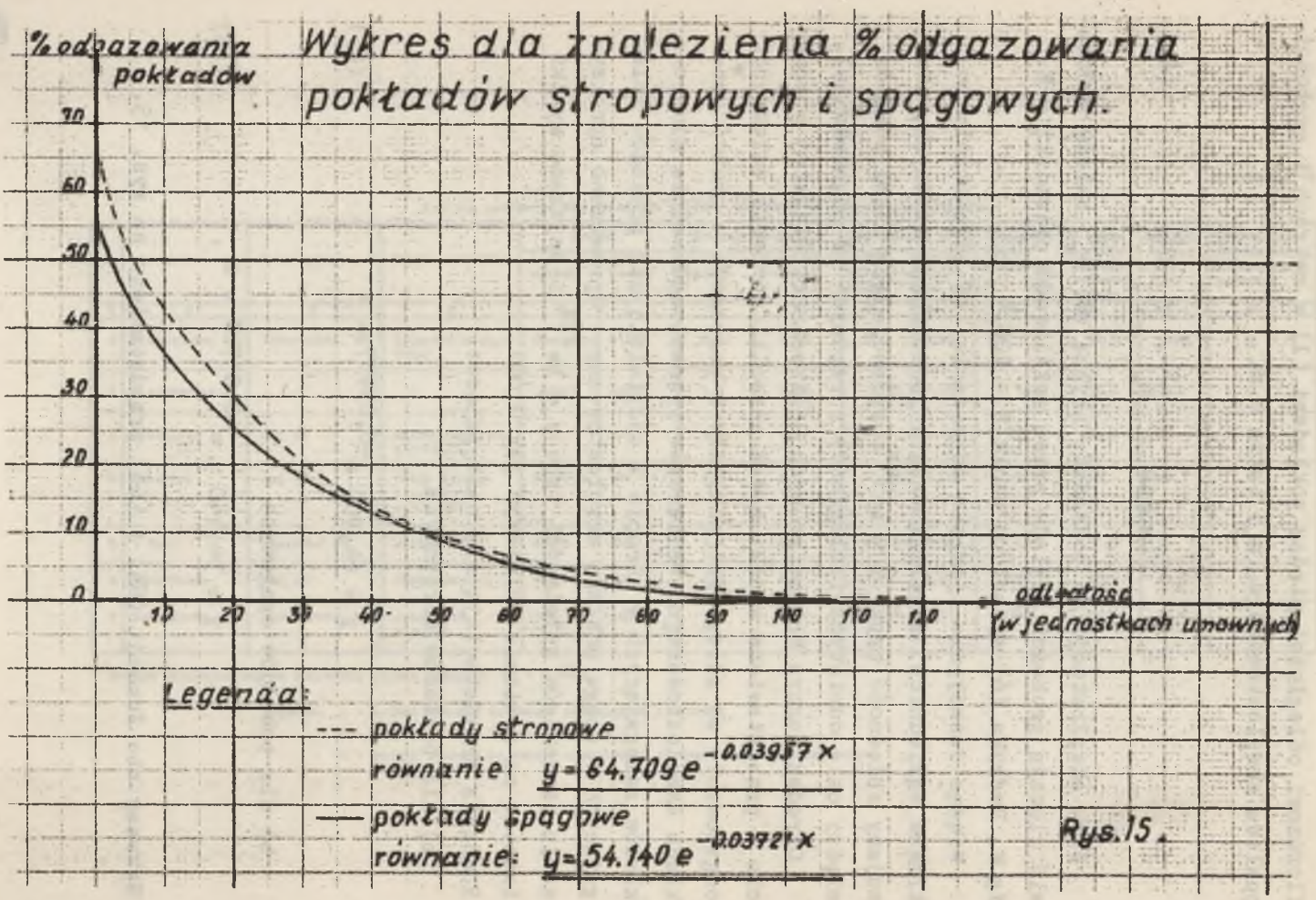
a) dla pokładów stropowych

$$y = 64{,}709\ e^{-0{,}03957 \cdot x} \tag{65}$$

b) dla pokładów spągowych

$$y = 54{,}140 \cdot e^{-0{,}03721 \cdot x} . \tag{66}$$

Wykresy obu funkcji (65) i (66) przedstawiono na rys. 15.


% odgazowania pokładów
Wykres dla znalezienia % odgazowania pokładów stropowych i spągowych.
70
60
50
40
30
20
10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
odległość (w jednostkach umownych)
Legenda:
--- pokłady stropowe
równanie y = 64.709 e^-0.03957 x
— pokłady spągowe
równanie: y = 54.140 e^-0.03721 x

Rys.15.

Rys. 15

7.4. Obliczenie wydzielania metanu (g_{E4}) do wyrobisk eksploatacyjnych z pokładów nad- i podbudowanych

Posługując się odpowiednio równaniem (65) lub (66) lub wykresem rys. 15 znając odległość pokładów nad- lub podebranych od pokładu eksploatowanego możemy ustalić % ich odgazowania. Procent ten nazwiemy "współczynnikiem odgazowania" i oznaczać go będziemy jako η .

B. Krupiński (39, 40) wprowadza pojęcie "wskaźnika gazonośności złoża" przez który rozumie wielkość otrzymaną z podzielenia ogólnej ilości CH_4 występującej w pokładzie przez zasoby tego pokładu liczone w m^3 lub t. Opierając się na tym wskaźniku (S) wprowadzam do pracy "wskaźnik przeliczonej poziomej gazonośności złoża" przez który będę rozumiał iloraz zasobów metanu (V_g) w m^3 przez powierzchnie pokładu (F) występującego w granicach nadania kopalni (m^2) lub jego części.

$$S' = \frac{V_g}{F} . \qquad (67)$$

Jest to ilość metanu w pokładzie[x)] która będzie podlegała - przy jego pod- lub nadbudowie - proporcjonalnie do wielkości "współczynnika odgazowania", odgazowaniu i odprowadzeniu z 1 m^2 danego pokładu.

Innymi słowy będzie to ilość metanu (proporcjonalna do η), która wydzieli się z danego pokładu stropowego lub spągowego przy wybraniu z pokładu eksploatowanego ilości węgla odpowiadającej 1 m^2 jego powierzchni.

---

x) S_i można obliczyć także dla pokładu jako: $\Sigma m_w \cdot 1{,}3 \cdot W$

Odsłoniętą powierzchnię w pokładzie eksploatowanym otrzymamy w sposób następujący:

$$Q = l\ h\ p_E\ \varphi\ , \tag{68}$$

gdzie:

Q - wydobycie (t/d)

h - wysokość ściany (m)

z tego

$$l\ p_E = \frac{Q}{h\ \varphi} \tag{69}$$

$l\ p_E$ jest powierzchnią pokładu eksploatowanego (m^2) odsłoniętą w czasie jednej doby.

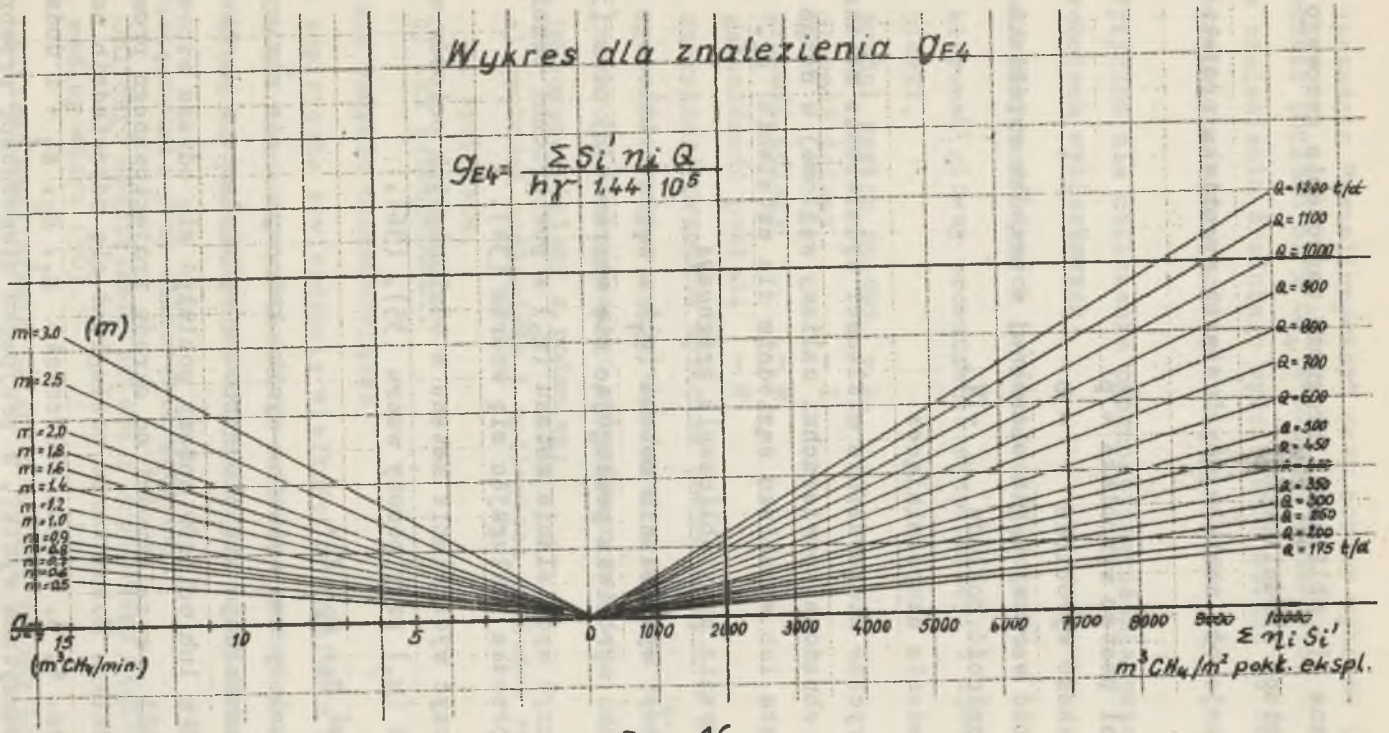
Tym samym możemy już obliczyć ostatni człon składowy wzoru (49) a mianowicie g_{E4}:

$$g_{E4} = \frac{l\ p_E \sum_1^i s_i' \eta_i}{1440 \cdot 100} = \frac{Q \sum_1^i s_i' \eta_i}{h\ \varphi\ 1{,}44 \cdot 10^5}\ . \tag{70}$$

Dla szybkiego obliczenia wielkości g_{E4} posługiwać się można nomogramem (rys. 16).

8. WYTYCZNE STOSOWANIA NOWEJ METODY PROGNOZOWANIA ZAGROŻENIA GAZOWEGO

W rozdziałach poprzednich przedstawiono badania i obliczenia w oparciu o które opracowano nową metodę prognozowania zagrożenia gazowego. Wydaje się celowym podanie krótkich wytycznych przedstawiających sposób posługiwania się metodą dla wykonywania obliczeń przewidywanej ilości metanu mogącego wypływać do wyrobisk chodnikowych lub eksploatacyjnych.


Wykres dla znalezienia q_{E4}
$q_{E4} = \frac{\Sigma S_i' n_i Q}{h\gamma \cdot 1{,}44 \cdot 10^5}$
m = 3.0 (m)
m = 2.5
m = 2.0
m = 1.8
m = 1.6
m = 1.4
m = 1.2
m = 1.0
m = 0.9
m = 0.8
m = 0.7
m = 0.6
m = 0.5
Q = 1200 t/dz
Q = 1100
Q = 1000
Q = 900
Q = 800
Q = 700
Q = 600
Q = 500
Q = 450
Q = 400
Q = 350
Q = 300
Q = 250
Q = 200
Q = 175 t/dz
15
10
5
0
1000
2000
3000
4000
5000
6000
7000
8000
$\Sigma n_i S_i'$
q_{E4} (m³CH₄/min.)
m³CH₄/m² pokł. eksp.

Rys. 16

8.1. Wytyczne dla obliczenia prognozy zagrożenia gazowego w robotach chodnikowych

Wymagana znajomość następujących danych wyrobiska projektowanego:

a) średni postęp wyrobiska - p
b) szerokość wyrobiska - b
c) grubość warstwy węgla obnażonej w przodku wyrobiska - Σm_w
d) gazonośność pokładu - W.

Zalecane badania uzupełniające:

a) empiryczne stwierdzenie wielkości wydzielania metanu z m^2 obnażonej powierzchni calizny węglowej w danym wyrobisku lub wyrobisku sąsiednim dla ustalenia g_p.

Tok postępowania przy obliczaniu prognozy:

1. Obliczyć wydzielania metanu (g_1) z węgla urobionego w przodku wyrobiska posługując się wzorem (32) oraz (33).
2. Obliczyć wydzielanie metanu (g_2) z powierzchni obnażonej przodka posługując się wzorem (34).
3. Obliczyć wydzielanie metanu z odsłoniętych ociosów wyrobiska (g_3) przy pomocy wzoru (35), (36).
4. Dodać g_1, g_2, g_3.

Jeżeli zależy nam tylko na wyniku końcowym i nie musimy wiedzieć jak kształtuje się prognozowane wydzielanie z urobku, czcła przodku lub ociosów możemy posłużyć się odrazu wzorem (37) lub (38) - w zależności od okresu projektowanego prowadzenia chodnika. Można także posługiwać się odpowiednio nomogramami (rys. 4, 5, 6) dla obliczenia g_1, g_2, g_3 - i dodać do siebie odczytane wyniki. W przypadku niemożności przeprowadzenia badania dla ustalenia g_p można posługiwać się wzorem

(47), uprzednio "przeliczywszy" przy pomocy wykresu (rys. 7) gazonośność pokładu na % CH_4 w otworze badawczym.

Dla znalezienia średniego wydzielania metanu za okres O-n' dni w wyrobisku można posługiwać się wzorem (46).

8.2. Wytyczne dla obliczenia prognozy zagrożenia gazowego w robotach wybierkowych

Wymagana znajomość danych projektowanej ściany:

a) kierunek główny prowadzenia eksploatacji i sposobu wybierki,
b) średni postęp ściany - p_E
c) długość ściany - l
d) grubość ściany - m
e) gazonośność pokładu - W
f) szerokości przodków wyrobisk podścianowych - b
g) grubości warstwy węgla obnażonej w przodku - Σm_w
h) przekroju geologicznego wykonanego możliwie blisko projektowanej ściany z podaniem:
   a) grubości nadległych i podległych pokładów węglowych i sputników,
   b) ich gazonośności.

Zalecane badanie uzupełniające:

a) empiryczne stwierdzenie wielkości wydzielania metanu z m^2 obnażonej powierzchni calizny - można przyjąć takie samo jak dla robót chodnikowych danej ściany.

Tok postępowania przy obliczeniu prognozy:

1. Obliczyć wydzielanie metanu z urobionego węgla (g_{E1}) według wzoru (50).
2. Obliczyć wydzielanie metanu z ociosu ściany (g_{E2}) według wzoru (51).

3. Obliczyć wydzielanie z chodników podścianowych (g_{E3}) posługując się:

   a) przy eksploatacji do granic wzorem (35), (36),

   b) przy eksploatacji od granic i czasie przygotowania ściany do eksploatacji dłuższym od 6 mies. $g_{E3} = 0$, przy czasie krótszym od 6 miesięcy obliczyć g_{E3} według wzoru (58).

4. Obliczyć wydzielanie metanu ze skał pod- i nadbudowanych posługując się danymi wymienionymi w punkcie h, wykresem odprężeń (rys. 15) i wzorem (65, 66). Dla szybkiego znalezienia g_{E1}, g_{E2}, g_{E4} - można posługiwać się nomogrami (rys. 9, 10, 16).

5. Dodać g_{E1}, g_{E2}, g_{E3} i g_{E4}.

Jeżeli zależy nam tylko na wyniku końcowym można posługiwać się wzorami:

a) dla eksploatacji prowadzonej do granic (55)

b) dla eksploatacji prowadzonej od granic (56), (57).

9. PRZYKŁADY ZASTOSOWANIA METODY PROGNOZOWANIA ZAGROŻENIA GAZOWEGO WYROBISK DLA POKŁADU 412/2 KOP. BIELSZOWICE

9.1. Zastosowanie metody prognozowania zagrożenia gazowego w chodnikach

Badaniami kontrolnymi przeprowadzonymi w dniach: 7,14, 21, 28 sierpnia 68 r. oraz 4, 9 września 68 r. objęto chodniki Z2, Z3 oraz upadową transportową w p.412/2 kop. Bielszowice.

Tablica 15

Dane przebadanych wyrobisk chodnikowych

Nazwa wyrobiska	Szerokość m	Grubość warstwy węgla m	Średni postęp m/d	Średnie wydobycie t/d	% CH_4 w otworze badawcz.	g_p wg. rys. 8 $m^3 CH_4(m^2)$ min
Z2	4,4	1,4	1,35	10,8	96	0,0037
Z3	4,4	1,4	1,2	9,6	90,6	0,00275
upadowa transp.	4,4	1,4	1,17	9,35	63	0,00183

W przypadku upadowej transportowej, w której % CH_4 w otworze uniemożliwiał posłużenie się rys. 8 przyjęto g_p według badań, przeprowadzonych w pierwszym dniu pomiarów.

Posługując się wzorami (31) do (37) obliczone przypuszczalne wydzielanie metanu do wyrobisk, przyjmując na podstawie badań W = 10,81 m^3 CH_4/t.

Uwzględniono czas rozpoczęcia wyrobisk (Z2 - 1 maj, Z3 i upadowa transportowa - 1 czerwiec).

W tablicy poniżej przedstawiono wielkości wydzielania prognozowania dla tych wyrobisk w okresie n' = 0 ÷ 180 dni od początku ich prowadzenia.

Tablica 16

Prognoza zagrożenia gazowego

dla wyrobisk chodnikowych Z2, Z3, upadowej transportowej

n' (dzień prowadzenia wyrobiska)	Z2	Z3	upadowa transportowa
	wydzielanie m^3 CH_4/min		
1	2	3	4
0	0,085	0,06	0,067
30	0,505	0,338	0,247

cd. tabl. 16

1	2	3	4
60	0,715	0,476	0,337
90	0,820	0,545	0,379
120	0,870	0,580	0,405
150	0,895	0,595	0,414
180	0,900	0,600	0,420

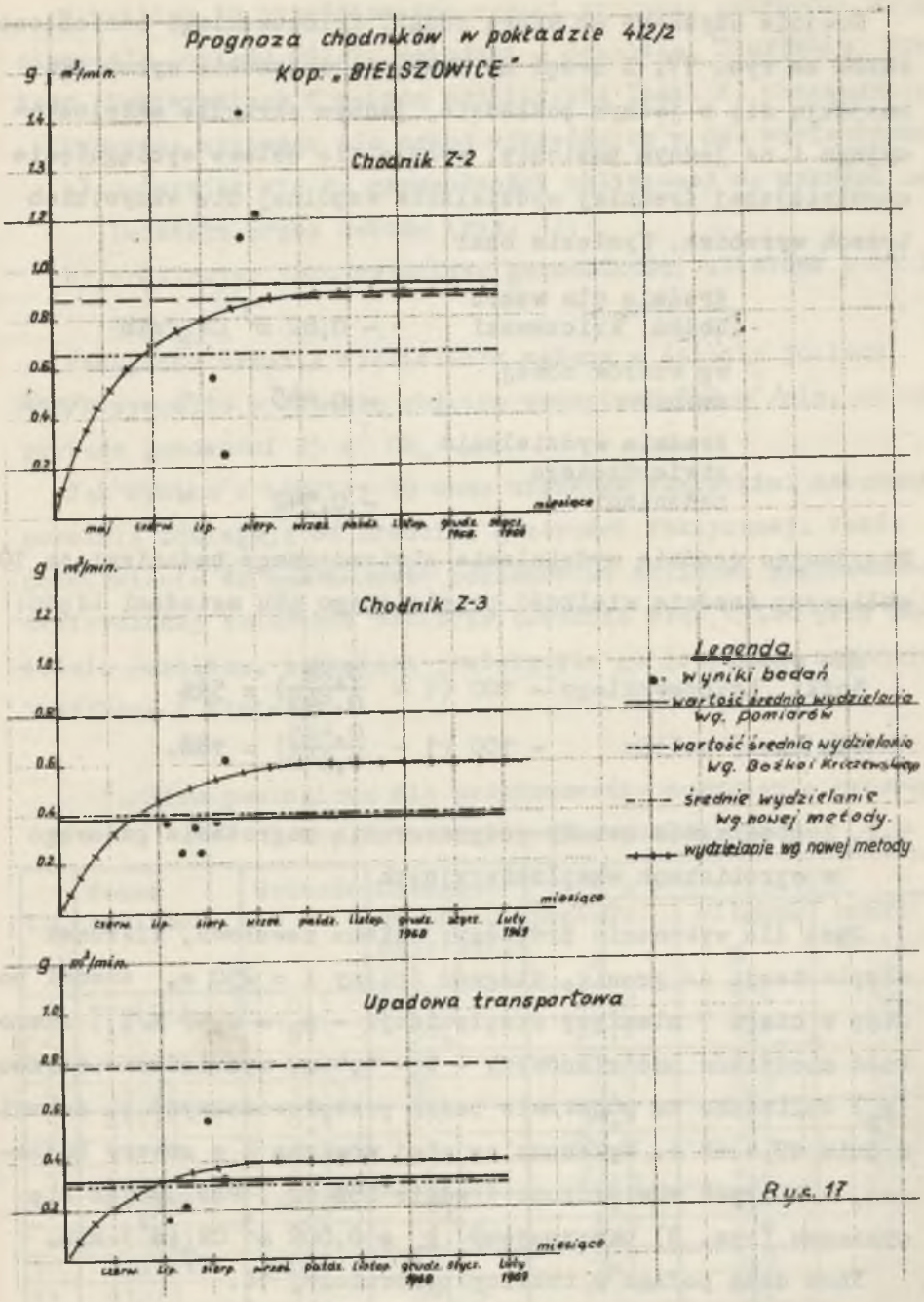
Wyniki prognozy przedstawiono w formie wykresu (rys. 17). Na rysunku zaznaczono także wyniki badań przeprowadzonych w sierpniu i wrześniu 68 r. Przyjęto wydzielanie maksymalne stwierdzone w danym badaniu, a także naniesiono w postaci linii prostej średnią ze stwierdzonych wydzielań metanu za okres badań. Posługując się wzorami (31 do 47) obliczono prognozowaną wartość średnią wydzielania za okres od początku prowadzenia wyrobiska do końca badań (n' = 100 dni dla Z3 i upadowej transportowej i 130 dni dla Z3). Wynosi ona odpowiednio: dla Z2 - 0,655 m^3CH_4/min, dla Z3 - 0,400 m^3/min, dla upadowej transportowej - 0,280 m^3/min. Wielkości te naniesiono na rys.17.

W rozdziale 4.2. przedstawiono wzory którymi dotąd posługiwano się do obliczenia wydzielania metanu w chodnikach w praktyce PW. Jak wynikało z przeprowadzonych obliczeń najprzydatniejszym okazał się wzór Bożki, Kriczewskiego. Poniżej zestawiono średnie wyniki wydzielania prognozowanego wg obu metod i porównano je z wydzielaniem faktycznym.

Tablica 17

Porównanie średnich wydzielania metanu
do wyrobisk chodnikowych p.412/2 kop. Bielszowice

Nazwa wyrobiska	Wydzielanie do wyrobiska (m^3CH_4/min)		
	wg Bożki Kriczewskiego	wg nowej metody	stwierdzone badaniami
Z2	0,89	0,655	0,94
Z3	0,80	0,400	0,37
upadowa transport.	0,78	0,280	0,32


Prognoza chodników w pokładzie 412/2
Kop. „BIELSZOWICE"
g m³/min.
Chodnik Z-2
miesiące
maj czerw. lip. sierp. wrzes. paźdz. listop. grudz. styczn.
1968 1969
Chodnik Z-3
miesiące
czerw. lip. sierp. wrzes. paźdz. listop. grudz. styczn. Luty
1968 1969
Upadowa transportowa
miesiące
czerw. lip. sierp. wrzes. paźdz. listop. grudz. styczn. Luty
1968 1969
Legenda
wyniki badań
wartość średnia wydzielania wg. pomiarów
wartość średnia wydzielania wg. Bożka i Krzczewskiego
średnie wydzielanie wg nowej metody
wydzielanie wg nowej metody

Rys. 17

Średnie uzyskane wg wzoru Bożki, Kriczewskiego naniesiono także na rys. 17. Z uwagi na fakt, że wszystkie wyrobiska znajdują się w jednym pokładzie, jednym skrzydle eksploatacyjnym i na jednym poziomie, wydaje się celowe wyciągnięcie uogólniającej średniej wydzielania wspólnej dla wszystkich trzech wyrobisk. Wyniesie ona:

średnia dla wzoru Bożka, Kriczewski	- 0,82 m^3 CH_4/min
wg wzorów nowej metody	- 0,445 "
średnia wydzielania stwierdzonego badaniami	- 0,542 "

Przyjmując średnią wydzielania stwierdzonego badaniami za 100, obliczymy średnią wielkość popełnionego obu metodami błędu:

dla wzoru Bożki, Kriczewskiego $- 100 \left(1 - \frac{0,82}{0,542}\right) = 51\%$

dla nowej metody $- 100 \left(1 - \frac{0,445}{0,542}\right) = 18\%$.

9.2. Zastosowanie metody prognozowania zagrożenia gazowego w wyrobiskach eksploatacyjnych

Dane dla wykonania prognozy: ściana zawałowa, kierunek eksploatacji do granic, długość ściany l = 250 m, średni postęp w ciągu 7 miesięcy eksploatacji - p_E = 0,57 m/d , szerokość chodników podścianowych - b - 4,4 m, wydzielanie matanu (g_p) obliczono na podstawie badań przeprowadzonych na ścianie w dniu 17.4.68 r. Wykonano na niej wówczas 4 m otwory badawcze, w których stwierdzono średnio 85% CH_4. Posługując się wykresem (rys. 8) otrzymujemy g_p = 0,002 m^3 $CH_4(m^2)$ min.

Inne dane podano w tablicy pomocniczej 18.

W tablicy 19 przedstawiono wyniki prognozy gazowości osiągnięte dla pokładu 412/2 metodami - Schultza, Stuffkena, Wintera, Patteyskiego i metodą analityczną Inst. A. Skoczyńskiego.

Prognozę wykonano dla metod wykreślnych w dwu wariantach:

a) opierając się na gazonośności obliczonej wg wykresu zalecanego przez metodę (rys. 1),

b) przyjmując jako wyjściowe gazonośności ustalone badaniami.

Faktyczne średnie wydzielanie metanu w ścianie pokładu 412/2 wynosiło w okresie objętym badaniami 5,2 m^3/min, co odpowiada gazowości 25 m^3 CH_4/t.

Jak wynika z tablicy 19 dane uzyskane wszystkimi metodami poważnie odbiegają od średniej gazowości faktycznej. Także podstawienie za gazonośność pokładów od obliczeń gazonośności stwierdzonej badaniami obniżyło poważnie błąd tylko przy metodzie Schultza, natomiast powiększyło go jeszcze w metodzie Stuffkena i Wintera.

Tablica 18

Tablica pomocnicza dla prognozowania zagrożenia gazowego - kopalnia Bielszowice pokład 412/2

Lp.	Nazwa pokładu	Grubość m	Odległość od pokł. eksploat.	Zawartość		
				popiołu %	wilgoci %	części lotnych %
1	sputnik	0,3	57	24,2	3,4	39,3
2	410	0,3	54,5	24,2	3,4	39,3
3	sputnik	0,2	52	24,2	3,4	39,3
4	410/2	1,15	35	8,9	3,2	36,3
5	411/1	0,6	28	34,8	4,7	36,7
6	411/4	0,7	9,5	28,6	2,9	35,5
7	412/1	0,8	5,0	25,6	4,2	32,5
8	412/2	1,6	0,0	9,7	3,8	32,6
9	sputnik	0,5	1,05	9,7	3,8	32,3
10	sputnik	0,7	2,3	9,7	3,8	32,3
11	412/3	1,0	4,35	11,14	2,5	32,1
12	412/4	0,55	16	6,7	3,3	32,5

cd. tabl. 18

Lp.	Nazwa pokładu	Grubość m	Odległość od pokł. eksploat.	Zawartość		
				popiołu %	wilgoci %	części lotnych %
13	sputnik	0,3	20	2,7	42,81	33
14	413/2	1,18	30	3,0	22,6	38,2
15	414/1	1,3	52	2,7	11,0	35,0
16	414/2	1,16	57	2,7	22,5	33,0

Obliczenia prognozy zagrożenia gazowego metodą przedstawioną w niniejszej pracy:

Obliczamy wydzielanie metanu z urobku (wg wzoru (50)):

$$g_{E1} = \frac{0,57.250.1,6.1,3.(10,81 - 0,2 \cdot 10,81)}{1440} = 1,77 \ m^3/min$$

Obliczamy wydzielanie metanu z odsłoniętej powierzchni przodków - ściany i 2 przodków chodnikowych (wg wzoru (51)):

$$g_{E2} = 1,6\ (250 + 2 \cdot 4,4)0,002 = 0,825 \ m^3/min$$

Obliczamy wydzielanie z 2 chodników podścianowych (wg wzoru 58):

$$g_{E3} = 2 \cdot 1,6 \cdot 0,570 \cdot 0,002\ T$$

W pierwszych 6 miesiącach eksploatacji T będzie się zmieniało zgodnie ze wzorem (36):

miesiąc eksploatacji	T	g_{E3} (m^3/min)
1	30	0,105
2	45	0,158
3	52,5	0,185
4	56,2	0,205
5	58,1	0,210
6	59,15	0,212
powyżej 6	59,15	0,212

(m^3CH_4/t)

Tablica 19

Prognoza zagrożenia dla pokładu 412/2 kop. Bielszowice wykonana metodami: Schultza, Wintera, Stuffkena, Patteisky'ego i metodą analityczną

Lp.	Pokład	Gazonośność wyznaczona w oparciu o części lotne według (m^3CH_4/t):			(m^3 CH_4/t c.s.w) gazonośność stwierdzona badaniami	Gazowość (m^3 CH_4/t wydobycia) wg:						Wg Patteisky'ego	Wg metody analit.	Faktyczne wydzielanie m^3CH_4/t
						Schultza		Wintera		Stuffkena		w oparciu o gazonośność stwierdzoną badaniami		
		Schultza	Wintera	Stuffkena		wg części lotnych	wg badań	wg części lotnych	wg badań	wg części lotnych	wg badań			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	sputnik	7,8	1,0	0,6	0,091	6,6	0,08	0,03	0,18	0,03	0,01	0,01	0,01	
2	410	7,8	1,0	0,6	0,103	7,0	0,09	0,27	0,03	0,16	0,03	0,01	0,01	
3	sputnik	7,8	1,0	0,6	0,381	7,15	0,350	0,38	0,15	0,23	0,15	0,02	0,29	
4	410/2	18,0	3,0	3,0	6,8	17,00	6,45	1,80	4,10	1,80	4,100	2,54	3,25	
5	411/1	14,0	2,0	1,5	7,25	13,5	7,00	1,45	5,3	1,10	5,30	1,55	1,90	
6	411/4	16,5	3,0	2,5	4,88	16,3	4,80	2,85	4,6	2,30	4,60	1,50	1,60	
7	412/1	19,0	8,0	6,8	8,23	18,8	8,10	7,90	8,1	6,70	8,10	3,12	3,28	
8	412/2	18,9	7,9	6,7	10,81	18,90	10,81	7,90	10,81	6,70	10,81	8,75	21,81	
9	sputnik	19,1	8,4	7,0	11	19,1	11	8,40	11,0	8,40	11,0	2,30	2,38	
10	sputnik	19,1	8,4	7,0	9,75	19,1	9,75	8,40	9,75	8,40	9,75	3,10	4,05	25
11	412/3	19,4	9,0	7,4	9,75	19,4	9,75	9,00	9,75	7,40	9,75	4,30	7,40	
12	412/4	19,0	8,0	6,8	6,57	1,62	0,56	1,41	1,16	1,22	1,18	1,11	0,67	
13	sputnik	18,8	6,8	5,8	6,00	0,00	0,00	0,52	0,46	0,46	0,48	0,50	0,32	
14	413/2	10,0	1,1	0,8	5,50	0,00	0,00	0,16	0,81	0,14	0,98	1,36	0,22	
15	414/1	17,1	3,7	3,0	5,00	0,00	0,00	0,09	0,11	0,12	0,20	0,97	0,00	
16	414/2	18,8	7,0	6,0	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,07	0,73	0,00	
					Σ	164,47	68,74	50,83	66,16	45,40	66,53	31,87	47,19	25
					%	655	275	205	265	180	268	126	190	100

Dla obliczenia g_{E4} zestawiono tablicę obliczeniową 20, w której uwzględniono wszystkie dane potrzebne do obliczenia wydzielania z pod- lub nadbudowywanych skał stropowych. Do obliczenia wartości η oraz S' posłużono się wykresem (rys.15).

W oparciu o wyniki tablicy obliczamy g_{E4} wzorem (70):

$$g_{E4} = \frac{298 \cdot 3020,1}{1,6 \cdot 1,3 \cdot 1,44 \cdot 10^5} = 3 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{min}.$$

Wydzielanie średnie całkowite (wg wzoru 49) będzie więc wynosiło:

$$g_E = 1,77 + 0,825 + 0,185 + 3 = 5,78 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{min}$$

(do równania podstawiono za g_{E3} wielkość średnią tego wydzielania wynoszącą 0,185 $\text{m}^3(\text{CH}_4/\text{min})$.

Średnia prognozowana gazowość ściany wyniesie więc (podstawiając za wydobycie średnie 298 t):

$$\frac{5,78 \cdot 1440}{298} = 27,8 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{t wydobycia}.$$

Porównując otrzymane przy pomocy przedstawionej metody wyniki z gazowością faktyczną (25 m^3 CH_4/t) należy stwierdzić, że daje ona błąd wynoszący 11%, a więc niewspółmiernie mniejszy od popełnianego przy pomocy starych metod.

Obliczenia pomocnicze dla znalezienia g_{E4} (pokład 412/2 kop. Bielszowice)

Lp.	Pokład	m m	L m	L_{umowne}	W gazonośność m^3/t	η %	S' m^3 CH_4/m^2 pokładu	S' η
1	sputnik	0,3	57	35,3	0,091	17	0,035	0,6
2	410	0,3	54,5	34	0,103	17,5	0,040	0,7
3	sputnik	0,2	52	32,2	0,381	18,5	0,099	1,8
4	410/2	1,15	35	21,8	6,8	27	10,04	230
5	411/1	0,6	28	17,5	7,25	32,5	5,55	180
6	411/4	0,7	9,5	6	4,88	48	4,42	212,0
7	412/1	0,8	5,0	3,1	8,23	55	8,50	465
8	412/2	1,6	0	10,81				
9	sputnik	0,45	1,05	0,23	11	52	6,45	335
10	sputnik	0,7	2,3	1,45	9,75	50	8,8	440
11	412/3	1,0	4,35	2,7	9,75	47	12,6	590
12	412/4	0,55	16	10	6,75	36	4,8	170
13	sputnik	0,3	20	12,5	6,00	32,5	2,32	76
14	413/2	1,18	30	18,7	5,5	25	8,45	21
15	414/1	1,3	52	32,5	5	16	8,45	135
16	414/2	1,16	57	35,5	5	15	7,55	113
								3020,1

Uwaga: poz. 1-11 gazonośność na podstawie otworu badawczego, 12-16 na podstawie ekspertyzy dla kop. Bielszowice(83).

10. WNIOSKI KOŃCOWE

W oparciu o przedstawioną pracę uważam za słuszne sformułowanie następujących wniosków końcowych:

1. Należy wprowadzić do praktyki Laboratorium Prognoz Gazowości Kop. Dośw. Barbara, Zjednoczeń PW i Działów Wentylacji kopalń przedstawioną metodę prognozowania zagrożenia gazowego.

2. Należy prowadzić dalsze prace badawcze nad prognozowaniem zagrożenia gazowego.

3. O kategorii zagrożenia gazowego pokładu węglowego w fazie podjęcia robót eksploatacyjnych decyduje nie tylko jego gazonośność ale i szereg innych czynników (np. gazonośność, odległość i grubość pokładów podbudowywanych lub nadbudowywanych). Dlatego należy zawsze liczyć się z możliwością podniesienia kategorii zagrożenia gazowego z chwilą rozpoczęcia eksploatacji.

4. Dla ścian pokładów silnie gazowych lub zalegających w wiązce pokładów silnie gazowych, należy wykonywać prognozę zagrożenia gazowego dla ustalenia czy pokład będzie podlegał ograniczeniom zarządzenia nr 14 i w przypadku gdyby taka możliwość zachodziła, odpowiednio zaprojektować wyposażenie maszynowe i układ wydobywczo-wentylacyjny.

5. Należy zmienić gruntownie praktykę projektowania górniczego. Jedynie logicznym rozwiązaniem chronologii projektu górniczego w dowolnej fazie (od projektu wstępnego poczynając do projektów technicznych włącznie) jest:
   a) sporządzenie prognozy zagrożenia gazowego kopalni (poziomu, pokładu, rejonu) w oparciu o założenia projektu górniczego,

b) ewentualna korekta projektu górniczego spowodowana wynikami podanymi w prognozie i ostateczne ustawienie projektu,

c) oparcie projektów branżowych niegórniczych o ostateczną wersję projektu górniczego, przewidywane wydzielanie metanu i specjalistyczne opracowanie prognozujące klasyfikację projektowanych pomieszczeń do odpowiednich stopni niebezpieczeństwa.

6. Przy badaniach geologicznych należy bezwzględnie zabezpieczać rdzenie pokładów w sposób pozwalający na późniejsze określenie ich orientacyjnej gazonośności, a następnie wykonać konieczną analizę.

STRESZCZENIE PRACY

Niedostateczna dokładność zagranicznych metod prognozowania zagrożenia gazowego w warunkach polskich stworzyła konieczność opracowania nowej metody prognozy zagrożenia gazowego.

Punktem wyjściowym każdej prognozy jest ustalenie sposobów określenia gazonośności złoża. Za najwłaściwszy należy przyjąć określenie gazonośności w oparciu o pobranie prób do naczyń zamkniętych i wykonanie ich analizy.
Opracowano wykres (rys. 3), który pozwala na orientacyjne określenie gazonośności pokładu w oparciu o % części lotnych.

Prognozę zagrożenia gazowego dla wyrobisk chodnikowych oparto o przeprowadzone obszerne badania 58 wyrobisk i opracowano wzór przy pomocy którego można wystarczająco dokładnie obliczyć wydzielanie metanu (g) w n´ - tym dniu prowadzenia wyrobiska.

$$g = p\Sigma m_w \left\{ \frac{\sqrt{b}}{1440} (W - W_k) + g_p \left[\frac{b}{p} + n(30\ K + n' 0{,}5^{t-1}) \right] \right\},$$

gdzie:

g - wydzielanie metanu do wyrobiska chodnikowego (m^3 CH_4/min)

p - średni postęp wyrobiska chodnikowego (m/d)

Σm_w - grubość warstwy węgla obnażonej w przodku wyrobiska (m)

b - szerokość wyrobiska (m)

γ - ciężar węgla (t/m^3)

W - gazonośność pokładu (m^3 CH_4/t)

W_k - zawartość metanu w węglu wydobywanym na powierzchnię (m^3 CH_4/t)

g_p - wydzielanie metanu z obnażonej powierzchni węgla (m^3 CH_4/min/m^2)

n - ilość odsłoniętych powierzchni węgla w chodniku

n' - dzień prowadzenia chodnika

t - czas prowadzenia chodnika w miesiącach

K - współczynnik

Przy określeniu wydzielania metanu do wyrobisk ścianowych oparto się o wyniki badań przeprowadzonych na 8 kopalniach (w tym 5 najsilniej gazowych) Jastrzębie, Jan, Katowice, Moszczenica, 1 Maja, Brzeszcze, Nowy Wirek i Bielszowice. Zastosowano następujące metody określenia gazonośności pokładów towarzyszących przed prowadzeniem eksploatacji i po uzyskaniu zawału:

1) pobieranie prób do naczyń zamkniętych,
2) wykonywanie kilkumetrowych otworów badawczych,i pobieranie z nich prób do analizy chemicznej,
3) wykonania otworów wiertniczych i pobranie z nich rdzeni pokładów do analizy.

Uzyskane wyniki pozwoliły stwierdzić stopień odgazowania złoża w pokładach stropowych i spągowych. W oparciu o badania

sporządzono wykres odgazowania pokładów znajdujących się ponad lub pod pokładem eksploatowanym (rys. 15).

Wielkość wydzielania metanu (g_E) dla wyrobisk ścianowych prowadzonych do granic obliczyć można wzorem:

$$g_E = \frac{\Sigma m_w \left\{(1+2b)\left[p_E \cdot (W-W_k) + 1440\, g_p\right] + 2880\, p_E\, g_p\, T\right\}}{1440} + g_{E4},$$

gdzie:

g_E - wydzielanie metanu do ściany (m^3/min)

l - długość ściany (m)

p_E - postęp ściany (m/d)

T - wielkość uwzględniająca zmniejszenie się wydzielania CH_4 z odsłoniętej powierzchni w czasie (doby)

g_{E4} - wydzielanie metanu z pokładów nad i podbudowanych (m^3 CH_4/min)

Σm_w, b, W, W_k, g_p - jak uprzednio.

Wielkość wydzielania metanu do wyrobisk ścianowych prowadzonych od granic określić można wzorem:

$$g_E = \frac{\Sigma m_w\, l\left[p_E \cdot (W-W_k)+1440\, g_p\right]}{1440} + 2\Sigma m_w (np\, T\, 0{,}5^{t_r+t_p+t_E-p_E n_E' g_p' a}) +$$

$$+ g_{E4},$$

gdzie:

t_r - czas potrzebny do rozcinki pochylni ścianowej (m)

t_p - czas przygotowania ściany (m)

t_E - czas prowadzenia eksploatacji ścianowej (m)

g_p' - jak w uprzednich wzorach z uwzględnieniem zmniejszenia wydzielania w czasie t_r oraz t_p (m^3 CH_4/m^2/min)

a - współczynnik

pozostałe - jak w uprzednich wzorach.

Podana powyżej w obu wzorach wielkość g_{E4} oznacza wydzielanie z pokładów sąsiednich i oblicza się ją wzorem:

$$g_{E4} = \frac{Q \Sigma s_i' \cdot \eta_i}{h \cdot 1{,}44 \cdot 10^5},$$

gdzie:

S_i' - wskaźnik gazonośności złoża (m^3 CH_4/m^2 powierzchni pokładu)

η_i - % odgazowania pokładu nad lub podbudowanego przez eksploatację

Q - wydobycie (t/d)

h - wysokość ściany (m)

inne oznaczenia - jak uprzednio.

Opracowaną metodę prognozowania zagrożenia gazowego sprawdzono na konkretnych przypadkach zarówno dla wyrobisk chodnikowych jak i dla eksploatacyjnych. Wyniki porównano z wynikami obliczonymi innymi metodami prognozowania oraz z faktycznym, stwierdzonym badaniami stanem zagrożenia gazowego. Przedstawiona metoda daje daleko bardziej dokładne rezultaty. Do opracowania załączono nomogramy (rys. 4, 5, 6, 9, 10, 16) umożliwiające szybkie, orientacyjne obliczenie prognozowanego wydzielania. Podano krótkie wytyczne stosowania metody, umożliwiające praktyczne jej stosowanie w praktyce.

W pracy wykorzystano opracowania Kopalni Doświadczalnej Barbara, w których Autor brał czynny, w wielu przypadkach - kierowniczy udział oraz posłużono się literaturą obejmującą 92 pozycje.

Szeregu obliczeń statystycznych dokonał Ośrodek Maszyn Matematycznych Politechniki Śląskiej, opracowując wyniki badań i podając równania według których - jak wykazał przedstawiony materiał - zachodziły i kształtowały się zależności.

LITERATURA

[1] ANTOSZENKO N.K. - Issledowanie gazobilnosti szacht karagandijskogo basseina za 1948/49 i 50 gody. IGDAN SSSR.

[2] BILIŃSKI A. - Przyczyny ciśnienia górotworu w polach eksploatacji ścianowej w pokładach węgla. Zeszyt Naukowy 221/68 Politechniki Śląskiej.

[3] BORECKI M. - Współpraca z górotworem i obliczenia obudowy ścianowej. Drogi postępu w górnictwie, PWN Warszawa 1965.

[4] BOROWSKI J. - Gazowość ścian w zależności od kierunku wybierania. Komunikat GIG nr 483.

[5] BUDRYK W. - Wentylacja kopalń. PWT, Katowice 1951.

[6] BUDRYK W. - Eksploatacja złóż. PWT, Katowice 1952.

[7] BOŻKO V.L. - O gazowydielaniu w podgotowitielnyje wyrabotki. Biulljetyn MakNII, 1956.

[8] BOŻKO V.L. - Upraszczjenyj raszczet ożidanego metanowydjelanija w podgotawitielnyje wyrabotki. Biulljetyn MakNII 5/57.

[9] BOŻKO V.L. - Woprosy bezopasnostii w uoglnych szachtach. GNTJLPGO, Moskwa 62.

[10] CYBULSKI W. - Klasyfikacja wszystkich kopalń i pokładów pod względem niebezpieczeństwa wybuchów. Praca dla MGiE 1949 r.

[11] CYBULSKI W. - Wybuchy w kopalniach węgla kamiennego w Polsce. Referat na konferencję naukowo-dydaktyczną na temat "Wybuchy metanu i pyłu węglowego w kopalniach", Katowice 1961, Nakładem NOT.

[12] CYBULSKI W. - Stan badań naukowych w zakresie problemu zwalczania niebezpieczeństwa wybuchu pyłu węglowego i metanu w kopalniach. Perspektywy rozwoju badań oraz ich znaczenie w gospodarce narodowej. Referat dla Komitetu Naukowego w październiku 1961 r.

[13] CYBULSKI W., MYSZOR H., GOROL C. - Badania nad wpływem wielkości wydobycia na zagrożenia gazowe w wyciągających prądach z rejonów ścian w pokładach kategorii III zagrożenia gazowego. Praca przesłana do Archiwum Górnictwa.

[14] CYBULSKI W. - Zagadnienie klasyfikacji nagromadzeń metanu. Przegląd Górniczy 6/67.

[15] CYBULSKI W. - Badania nad przebiegiem wybuchu metanu w zależności od warunków zapoczątkowania wybuchu. Komunikat GIG nr 139, 1953 r.

[16] CYBULSKI W. - Postęp nauki polskiej w dziedzinie walki z niebezpieczeństwem wybuchów gazów i pyłu węglowego. Drogi postępu w górnictwie. Zjazd Naukowo-Techniczny, Stalinogród 20 - 22 maja 1954 r. Warszawa 1956, PWN.

[17] CYBULSKI W., SOBALA J., GOTKOWSKI T. - Analiza gazowości pokładów węgla w polskich kopalniach węgla kamiennego. Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Górnictwa 1966 r. Materiały na konferencję.

[18] CYBULSKI W. - Projekt podziału nagromadzeń metanu. Materiały na konferencję. Stow. Inż. i Techn. Górnictwa 1966 r.

[19] CYBULSKI W., KRZYSTOLIK P., WROŃSKI J. - Metanometria. Materiały na konferencję Stow. Inż. i Techn. Górnictwa 1966 r.

[20] JEGOROW P.W., SLETŁAKOW J.W - Issledowanije faktorow wlijajuszczich na effektiwnost degazacji w razlicznych gorńogeologiczeskich usłowijach Kubassa. Praca WostNII,1967r.

[21] FOMYNYCH E.J. - Issledowanie i prognoz gazowydjelanija w podgotawitjelnyje wyrabotki szacht Kuragandijnskego basseina.

[22] GRĘBSKI Z., MICHALIK H., ŻAK E. - Wpływ ciśnień górotworu na gazowość wyrobisk korytarzowych. Sekretariat Naukowy 1962 r.

[23] JANAS J. - Prognoza plynodajnosti dolu UKR. Uhelny Ustav 1968.

[24] JANAS J. - Dulni degazace. Krajska nakładatelstvi v Ostravie.

[25] KEGEL K.H. - Probleme der Ausgassung. Glückauf 10/63.

[26] KEGEL K.H. - Die Einwirkung des Abbaudruckes auf die Schlagwetternentwicklung. Bergbau und Energiewirtschaft (1/1948), s. 44/49.

[27] KEGEL K.H. - Gasausbrüche und Gasgewinnung in Bergbau. Prace Niemieckiej Akademii Umiejętności, Berlin 53, nr 3.

[28] KOZŁOWSKI B. - Zagadnienie pomieszczeń - wyrobisk górniczych w polach gazowych. Materiały na konferencję. Stow. Inż. i Techn. Górnictwa 1966 r.

[29] KOZŁOWSKI B., SOBALA J. - Zwalczanie zagrożenia gazowego w kopalniach węgla kamiennego. Wydawnictwo Śląsk, 1967 r.

[30] KOZŁOWSKI B. - Prognozy rozwojowe w dziedzinie zagrożenia gazowego i pyłowego kopalń lata 1965-80, Wydawnictwo geologiczne, zeszyt 53, 1968.

[31] KOZŁOWSKI B. - Prognoza gazowości nowo budowanej kopalni. Biuletyn Biur Projektów PW, 9/65.

[32] KOZŁOWSKI B., STANKIEWICZ J. - Nowa instrukcja prognozy gazowości kopalń czynnych i projektowanych. Biuletyn Biur Projektów 8/65.

[33] KOZŁOWSKI B. - Prognoza zagrożenia gazowego w projektowanych wyrobiskach rejonu wentylacyjnego. Biuletyn Biur Projektów PW 10/65.

[34] KOZŁOWSKI B. - Czynnik zagrożenia gazowego i pyłowego w projektowaniu górniczym. Biuletyn Biur Projektów PW 5/66.

[35] KOZŁOWSKI B., SOBALA J. - Badania w zakresie pyłowości i gazowości w kopalniach węgla kamiennego. Referat na IV Zjazd Górnictwa, Wyd. Stow. Inż. i Techn. Górnictwa 1965r.

[36] KRUPIŃSKI B., KOLBE J. - Metoda analizy inwestycji w przemyśle węglowym. Komunikat GIG 180, 1956 r.

[37] KRUPIŃSKI B., BROMOWICZ R., KRZANOWSKI ST. - Wpływ wentylacji na model kopalni. Luty 1961, publikacja specjalna (powielana).

[38] KRUPIŃSKI B. - Technika bezpieczeństwa w górnictwie - praca zbiorowa, PWT, Katowice 1953 r.

[39] KRUPIŃSKI B. - Zasady projektowania kopalń. Poradnik Górnika tom III.

[40] KRUPIŃSKI B. - Zasady projektowania kopalń. Cz. I. Śląsk 1957 r.

[41] KRICZEWSKIJ R.M. - K prognozie wydjelanija metana na ugolnych szachtach Donbassa. Biuletyn MakNII, 14/57.

[42] KRICZEWSKIJ R.M. - O wydjelanij metana iz ugolnego massiwa w podotovitjelnyje wyrabotki. Biuletyn MakNII 16/47.

[43] KRICZEWSKIJ R.M. - Mietod prognoza gazowydjelanija w podgotowitjelnyje wyrabotki ugolnych szacht Donbassa. MakNII, 1950.

[44] G.D. Lidin - Gazobilnost kamiennougolnych szacht. Wyd. Akademii Nauk ZSRR, 1949.

[45] LIDIN G.D. - Walka z wydzielaniem się gazów w kopalniach węgla. Stalinogród 1954, Wyd. Górniczo-Hutnicze.

[46] LIDIN G.D., PETROSJAN A.J. - Wydieljenie mietana i mietody jego rozczieta pri bolszich skorostiach podwigania ugolnych zabojew. 1963, referat.

[47] LIDIN G.D. - Gornostaticziskij metod prognoza gazoobilnosti ugolnych szacht. Trudy Inst. Gornowo Djeła AN SSSR, 1954, tom I.

[48] ORECHOW V.E. - Metanobilnost podgotowitjelnych wyrabotek bolszego protjażenija w ugolnych szachtach i mjetod prjedroszczeta w wentylacji takich wyrabotok po gazowom faktom pri ich prechodkie. Autoreferat, Moskwa 1959 r.

[49] PATTEISKY K. - Die Art des Verhandenseines des Grubengases im Gebirge und sein Auftrétens. Bergbau Archiv, Bd. 15/51.

[50] PATTEISKY K. - Erläuterung zur Grubengas und Inkohlungskarte. Zeszyt 2, Wydawnictwo Kartenberg, 1957.

[51] PATTEISKY K. - Die Entstehung des Grubengases. Bergbau-Archiv 11/2, 1950.

[52] PATTEISKY E. - Die Art des Verhandenseines des Grubengases im Gebirge und seines Antretens. Bergbau-Archiv, 15/1951.

[53] PIECZUK J.M. - Degazacja sputnikow ugolnych płastow skważinami. Ugol, 12/56.

[54] PIECZUK J.M. - Wentilacja i borba z gazom na szachtach Kuzbassa. Ugletiechizdat, 1946 r.

[55] PIECZUK J.M. - Opredjelenje raszczjetnego wydjelanija metana na ugolnych szachtach Donbassa. Bjulletyn MakNII 15/47.

[56] ROSZKOWSKI J. - Wydzielanie metanu do podziemnych wyrobisk korytarzowych jako podstawa do projektowania przewietrzania. Maszynopis pracy habilitacyjnej.

[57] SAUŁSTOWICZ A. - Zarys mechaniki górotworu. Śląsk, Katowice, 1967.

[58] SAUŁSTOWICZ A. - Mechanika górotworu, WGH, 1955 r.

[59] SKOCZYŃSKI A.A., CHODOT V.V. - Metan w ugolnych płastach. Ugletechizdat.1958.

[60] SOBALA J., GOTKOWSKI T. - Mapy zawartości metanu w węglach pokładów grupy 400, 500, 600 i 700 w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. Komunikat GIG nr 382.

[61] SERGIEJEW I.W. - Intensywnost gazowydzielania w podgotowitielnyje wyrabotki w usłowiach rozrabotki tonkich i średniej możności ugolnych płastow. Dissertacja, Moskwa 1960.

[62] SKOCZYŃSKI A.A., KOMAROW N.B. - Rudnicznaja wentilacja. Ugletiechnizdat 1951.

[63] SKOCZYŃSKI A.A. - Borba z rudnicznymi gazami w usłowiach głubokich szacht Donbassa. Materiały na odczyt, 1955 r.

[64] SKOCZYŃSKI A.A. - Ustanowlenie kaofficientow zapasa wozducha i rozrabotka metoda rasczota wentilacji szacht karagandiskogo ugolnego bassejna. Technotat UGP, 1958.

[65] STUFFKEN J. - Ein Berechnungsverfahren zur Bestimmung der Ausgassung von Steinkohlenflözen. Materiały Steinkohlenbergverein.

[66] TARNOWSKI J. - Statystyczna metoda wyznaczenia wydzielania metanu. Komunikat GIG nr 287.

[67] TARNOWSKI J. - Metan i pył. Poradnik Górnika Dział IV, t.II.

[68] TADIMIROWSKIJ V.V. - Sostavlenie gazowego bilansa ugolnej szachty. Ugol 3/51.

[69] VORONIN V.N - Osnowy rudicznej aero-gazodinamiki. Ugletiechizdat, 1951.

[70] USAKOV K.Z., KSENOFONTORA A.N., SKOCZYŃSKI A.A. - Metody ustanowlenija kooficinetow zapasa wozducha dlja gazowych szacht połego-padjenja Stalino-Makiejewskogo rejona. Technotat, 1955.

[71] WINTER K. - Derzeitiger Stand der Verausberechnung der Ausgassung beim Abbau von Steinkohlenflozen. Bergfreiheit 12/58.

[72] WIKINS, KING - The internal structur of coal. In. Proc. of Conference on the Ultra-Fine Structure of Coals and Coks. London 1943.

[73] Instytut Gornego Dzieła im. A.A. Skoczyńskiego - Mietody opiedjeljenia gazonosnosti plastow i prognoza gazobilnostii szacht. 1962 r.

[74] Instytut Gornogo Dzieła im. A. Skoczyńskiego: Instrukcija po prognozu metanoobilnosti ugolnych szacht. SSSR. 1968 Moskwa.

[75] Instytut Gornogo Dzieła im. A. Skoczyńskiego: Mietodiczeskije ukazanija po prowjedjenija insljedowanij w obłosti izuczenija gazowydjełanii. Moskwa 1966.

[76] Instytut National de l'Industrie Charnouniere. Ujęcie metanu. (tłumaczenie).

[77] Gosudarstwiennyj Komitet po Topliwnej Promyszlijennosti pri Gosplanije SSSR: Instrukcja po prognoza mjetanobilnosti ugolnych szacht. Moskwa 1964.

[78] Gosudarstwiennyj Komitet po Topliwnej Promyszljennosti pri Gosplanie SSSR: Wrjemjesznaja instrukcja po prognozu mjetanobilnosti ugolnych szacht SSSR. Moskwa 1965.

[79] Gosudarstwiennyj Geologiczeskij Komitet SSSR: Wrjemjennaja instrukcja po oprjedjeleniju k prognozu gazonosnosti (mjetannosnosti) ugolnych płastow pri prowjedjeni-geologorazwjedocznych rabot. Moskwa 1965.

[80] Gosudarstwiennyj Makiejewskii Nauczno-Isledowatjelskij Instytut: Woprosy bjezopasnosti w ugolnych szachtach.

[81] Ministerstwo Górnictwa i Energetyki: Zbiór Górniczych Przepisów BHP. Katowice 1962 r.

[82] Kop. Dośw. Barbara - Prognoza gazowości i klasyfikacja pomieszczeń istniejących i projektowanych ściany I i II w p.401 kop. Jan. Kierujący W. Cybulski.

[83] Kop. Dośw, Barbara - Ekspertyza w sprawie klasyfikacji pomieszczeń kopalni Bielszowice na poziomach 642 i 516. Kierujący: W. Niesobski.

[84] Kop. Dośw. Barbara - Prognoza zagrożenia gazowego i klasyfikacja pomieszczeń w p. 410, 414/1, 414/2 dla kop. Makoszowy. Kierujący: B. Kozłowski.

[85] Kop. Dośw. Barbara - Klasyfikacja pomieszczeń w polu gazowym p.501/504 poz. 500 i uregulowanie sprawy trakcji elektrycznej w oparciu o rozeznanie i prognozę zagrożenia gazowego kop. Katowice. Kierujący: B. Kozłowski.

[86] Kop. Dośw. Barbara - Opracowanie prognozy gazowości dla kop. Nowy Wirek. Praca Kop. Dośw. Barbara XX 3.1.-29.1 Kierujący: J. Kalisz.

[87] Kop. Dośw. Barbara - Opracowanie metody prognozy gazowości kopalń. Praca Dośw. Kop. Barbara NXX.4.21.1. Kierujący: B. Kozłowski.

[88] Kop. Dośw. Barbara - Prognoza zagrożenia gazowego kopalni Wanda-Lech opracowana w celu określenia stopnia niebezpieczeństwa pomieszczenia wieży szybowej dla pokładów przewietrzanych na szyb centralny Lech II. Kierujący: B. Kozłowski.

[89] Kop.Dośw. Barbara - Opracowanie metody klasyfikacji pokładów gazowych w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym z uwzględnieniem kopalń ROW, ujmującej aktualny stan wiedzy z dziedziny występowania metanu w kopalniach. Praca VI/2/5/64. Kierujący: J. Sobala.

[90] Kop.Dośw. Barbara - Określenie zmian zawartości metanu w węglu kopalń 1 Maja, Jastrzębie i Moszczenica w czasie transportu i składowania węgla. Dokumentacja pracy naukowo-badawczej XX.3.1.26/67/68. Kierujący: J. Sobala.

[91] Kop.Dośw. Barbara - Klasyfikacja pomieszczeń w polu gazowym pokładu 501/504 poz. 500 i uregulowanie sprawy trakcji elektrycznej w oparciu o rozeznanie i prognozę zagrożenia gazowego kop. Katowice. Kierujący: B. Kozłowski.

[92] Kop. Dośw. Barbara - Prognozowanie gazowości pokładu 507 kop. Walenty Wawel. Nr pracy BG/T/XX.51. Kierujący: J. Kalisz.

НОВЫЙ МЕТОД ПРОГНОЗА ГАЗОВОГО УГРОЖЕНИЯ

С о д е р ж а н и е

В работе представлен новый метод прогноза газового угрожения для штрековых и эксплуатационных выработок в каменноугольных шахтах. Работа основана на результатах исследований, проведённых на шахтах угольной промышленности. Результаты исследований разработаны при помощи статистических методов. При расчёте предвиденного выделения метала в выработках учитываются следующие факторы: содержимость газа в эксплуатационных и соседних пластах, их расстояние толщина, система разработки, процентная содержимость летучих веществ и т.п. Полученные результаты имеют отклонение в пределах 25% следовательно значительно лучше получаемых другими методами.

A NEW METHOD OF METHANE-DANGER FORECASTING IN HARD COAL MINES

S u m m a r y

A new methane forecasting method is described to determine the methane hazard in preparatory and coal getting workings in hard coal collieries. Results of investigations corried out in Polish collieries are basic material for analysis. The statistical methods were applied.

Calculating the forecasted methane emission in undergroung workings, the following factors are given: gassiness of the worked out coal seams as well as neighbouring coal seams, distances between them, their thickness, various coal getting methods, volatile matter content in coal and so on.

The obatined results are much better than those obtained when applying other methods, because the range of mistakes is 0-25%.

ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ
ukazują się w następujących seriach:

A AUTOMATYKA
B. BUDOWNICTWO
Ch. CHEMIA
E. ELEKTRYKA
En. ENERGETYKA
G. GÓRNICTWO
IS. INŻYNIERIA SANITARNA
MF. MATEMATYKA-FIZYKA
M. MECHANIKA
NS. NAUKI SPOŁECZNE

Dotychczas ukazały się następujące zeszyty serii G:

Górnictwo z. 1, 1956 r., s. 134, zł 20,—
Górnictwo z. 2, 1959 r., s. 96, zł 17,10
Górnictwo z. 3, 1961 r., s. 130, zł 21,—
Górnictwo z. 4, 1962 r., s. 134, zł 10,95
Górnictwo z. 5, 1963 r., s. 158, zł 11,90
Górnictwo z. 6, 1963 r., s. 154, zł 8,50
Górnictwo z. 7, 1963 r , s. 129, zł 6,80
Górnictwo z. 8, 1964 r., s. 175, zł 10,20
Górnictwo z. 9, 1964 r., s. 133, zł 10,50
Górnictwo z. 10, 1964 r., s. 157, zł 8,75
Górnictwo z. 11, 1964 r., s. 221, zł 13,10
Górnictwo z. 12, 1964 r., s. 304, zł 15,20
Górnictwo z. 13, 1965 r., s. 145, zł 8,40
Górnictwo z. 14, 1965 r., s. 78, zł 5,—
Górnictwo z. 15, 1966 r., s. 79, zł 5,—
Górnictwo z. 16, 1966 r., s. 91, zł 7,—
Górnictwo z. 17, 1966 r., s 113, zł 8,—
Górnictwo z. 18, 1966 r., s. 291, zł 16,—
Górnictwo z. 19, 1966 r., s. 150, zł 11,—
Górnictwo z. 20, 1966 r., s. 84, zł 5.—
Górnictwo z. 21, 1967 r., s. 270, zł 17,—
Górnictwo z. 22, 1967 r., s. 196, zł 12,—
Górnictwo z. 23, 1967 r., s. 69, zł 4,—
Górnictwo z. 25, 1967 r.. s. 96, zł 5,—
Górnictwo z. 26, 1968 r., s. 137, zł 10,—
Górnictwo z. 27, 1967 r., s. 378, zł 24,—
Górnictwo z. 28, 1968 r., s. 185, zł 11,—
Górnictwo z. 29, 1968 r., s. 161, zł 9,—
Górnictwo z. 30, 1968 r., s. 237. zł 14,—
Górnictwo z. 31, 1968 r., s. 119, zł 8,—
Górnictwo z. 32, 1968 r., s. 97, zł 6,—
Górnictwo z. 33, 1968 r., s. 113, zł 6,—
Górnictwo z. 34, 1968 r., s. 111, zł 7,—

BIBLIOTEKA GŁÓWNA
Politechniki Śląskiej
3351/69