

Nikodem Szlązak, Marek Borowski**

BADANIA WYDZIELANIA METANU DO WYROBISK CHODNIKOWYCH DRAŻONYCH KOMBAJNAMI W POKŁADACH WĘGLA**

1. Wstęp

Drażenie wyrobisk w pokładach węgla powoduje zmianę rozkładu ciśnienia w otaczającym górotworze, obniżenie ciśnienia metanu i zmianę przepuszczalności gazowej, jak również częściowe odgazowanie przylegającej do wyrobiska calizny węglowej. Do drażonych wyrobisk dopływa metan wolny zawarty w pustkach górotworu oraz metan zasorbowany w pokładach węgla.

W bezpośrednim sąsiedztwie przodka chodnika przed rozpoczęciem urabiania kombajnem wielkość strefy obniżonych naprężeń jest niewielka i wydzielanie się metanu z przylegającej do wyrobiska calizny węglowej następuje z niewielkiego obszaru. W momencie rozpoczęcia urabiania zasięg obniżonych naprężeń przesuwa się w głąb calizny węglowej z coraz mniejszą prędkością przy równoczesnym przesuwaniu się strefy odkształcenia pokładu. W strefie odkształceń plastycznych pokładu węgla porowatość i spękanie węgla zwiększają się w porównaniu z naturalnym stanem, dlatego zwiększa się gazowa przepuszczalność węgla i aktywizuje się proces desorpcji metanu z niego.

Przepuszczalność gazowa pokładu węgla w strefie deformującego wpływu wyrobiska zmniejsza się w głąb calizny od maksymalnej wartości na powierzchni odsłonięcia pokładu do naturalnej wartości na granicy wpływu wyrobiska. Znaczne zwiększenie się szczelino-watości i przepuszczalności gazowej przylegającej do chodnika strefy pokładu węgla występuje dla większości pokładów Górnośląskiego Zagłębia Węglowego zwykle do głębokości 15÷20 m od powierzchni odsłonięcia pokładu.

* Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

** Artykuł powstał w ramach pracy statutowej nr 11.11.100.950

Czas ustalenia nowej równowagi gazodynamicznej wokół wyrobiska uzależniony jest od takich parametrów, jak:

- przepuszczalność,
- porowatość,
- wytrzymałość skał,
- wielkość ciśnienia gazu w nienaruszonym górotworze.

Prowadzone dotychczas badania nad wydzielaniem metanu do wyrobisk chodnikowych dotyczyły określenia czasu ustalania się stężenia metanu po rozpoczęciu urabiania kombajnem [9], rozkładu stężenia wzdłuż wyrobiska bez stosowania instalacji odpylającej [4]. Natomiast w pracy [2] przedstawiono wstępne badania nad rozkładem strumienia metanu wydzielającego się metanu wzdłuż długości wyrobiska. W dalszej części artykułu przedstawiono wyniki rozkładu strumienia objętościowego wydzielającego się metanu z ociosów wyrobiska chodnikowego w warunkach dużego zagrożenia metanowego. Znajomość rozkładu wydzielającego się metanu wzdłuż długości wyrobiska jest bardzo istotna przy doborze instalacji odpylającej.

2. Źródła wydzielania metanu do wyrobisk chodnikowych

Do wyrobisk górniczych metan wydziela się z odkrytych płaszczyzn pokładów i skał otaczających, urobionego węgla oraz przestrzeni wybranych. Całkowity strumień objętościowy metanu wydzielającego się do wyrobiska chodnikowego Q_c jest sumą strumieni tego gazu pochodzących z urobionego węgla Q_u , z powierzchni ociosów węglowych Q_t oraz z odsłoniętej powierzchni przodka Q_p

$$Q_c = Q_u + Q_t + Q_p \quad (1)$$

gdzie: Q_c, Q_u, Q_t, Q_p — podane strumienie objętościowe metanu, m^3/min .

3. Wydzielanie metanu z urobionego węgla

Zawartość metanu w 1 Mg urobionego węgla zmienia się w czasie według zależności [5–7, 12]

$$\frac{dq_i}{dt} = -d \cdot (q_i - W_r) \quad (2)$$

gdzie:

- q_i — ilość metanu pozostająca w 1 Mg urobionego węgla po okresie czasu t (metanonośność chwilowa węgla), $\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{Mg}_{\text{CSW}}$,
- W_r — metanonośność reszkowa węgla, $\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{Mg}_{\text{CSW}}$,

d — stała zależna od własności układu fazowego węgiel — metan (wielkości powierzchni rozwiniętej, temperatury i ciśnienia gazu zasorbowanego), 1/min,
 t — czas liczony od chwili rozpoczęcia wydzielania się metanu z urobionego węgla, min.

Przyjmując warunek początkowy w postaci: dla $t = 0$, $q_i = W_c$, otrzymano rozwiązanie równania (2)

$$q_i = W_r + (W_c - W_r)e^{-d \cdot t} \quad (3)$$

gdzie W_c — metanonośność całkowita (istotna) węgla, $\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{Mg}_{\text{CSW}}$.

Ilość metanu q_j , która wydzielila się z 1 Mg urobionego węgla przez czas t wynosi

$$q_j = W_c - q_i \quad (4)$$

Po podstawieniu zależności (3) do równania (4) otrzymuje się

$$q_j = (W_c - W_r)(1 - e^{-d \cdot t}) \quad (5)$$

Zakładając ciągłą pracę kombajnu oraz przyjmując, że odstawa urobku przenośnikiem odbywa się również w sposób ciągły, czas t można przedstawić następująco

$$t = \frac{x}{v_t} \quad (6)$$

gdzie:

v_t — prędkość odstawy urobku, m/min,
 x — współrzędne mierzone od końca lutniociągu wzdłuż osi wyrobiska, m.

Uwzględniając powyższą zależność w równaniu (5), otrzymuje się

$$q_j = (W_c - W_r) \left[1 - \exp\left(-\frac{d}{v_t} x\right) \right] \quad (7)$$

Strumień objętościowy metanu wydzielającego się z urobionego węgla na długości wyrobiska x wyznacza się więc ze wzoru

$$Q_u(x) = A(W_c - W_r) \left[1 - \exp\left(-\frac{d}{v_t} x\right) \right] \quad (8)$$

gdzie A — natężenie wydobywania (wydajność kombajnu), Mg/min.

Czas t określany zależnością (6) liczony jest od początku pracy kombajnu, dlatego wzór (8) jest słuszny dla $x \leq v_t t$.

4. Wydzielanie metanu z ociosów węglowych wyrobiska chodnikowego

Intensywność wydzielania się metanu z odsłoniętej powierzchni calizny węglowej może być określona równaniem [10, 12, 13]:

$$q_{i_1}(t) = q_o e^{-bt} \quad (9)$$

lub

$$q_{i_2}(t) = g \frac{q_o}{\sqrt{t}} \quad (10)$$

gdzie:

q_o — intensywność wydzielania metanu z odsłoniętej powierzchni calizny węglowej w chwili odsłonięcia, $\text{m}^3/(\text{m}^2 \text{ min})$,

b — współczynnik charakteryzujący szybkość oddawania metanu przez węgiel z ociosu, $1/\text{min}$,

g — współczynnik wymiarowy, $\text{min}^{-0,5}$,

t — czas odsłonięcia calizny węglowej, min .

Do dalszych rozważań wykorzystano zależność (9). Przy założeniu, że wyrobisko drażone jest kombajnem ze stałą prędkością, czas t we wzorze (9) można przedstawić następująco

$$t = \frac{x}{v_d} \quad (11)$$

gdzie v_d — prędkość drażenia wyrobiska, m/min .

Uwzględniając wzór (11) w równaniu (9), wyznacza się strumień objętościowy metanu z ociosów na długości wyrobiska x

$$Q_t(x) = \int_0^x 2mq_o \exp\left(-\frac{b}{v_d}x\right) dx \quad (12)$$

gdzie m — grubość odsłoniętego pokładu węgla w ociosie wyrobiska, m .

Po obliczeniu całki (12) otrzymuje się wzór w postaci

$$Q_t(x) = \frac{2mq_o v_d}{b} \left[1 - \exp\left(-\frac{b}{v_d}x\right) \right] \quad (13)$$

5. Wydzielanie metanu z powierzchni przodka wyrobiska chodnikowego

Strumień objętościowy metanu wydzielającego się z odsłoniętej powierzchni przodka wyrobiska Q_p można obliczyć wg wzoru

$$Q_p = q_o \cdot m \cdot b_1 \quad (14)$$

gdzie b_1 — szerokość wyrobiska chodnikowego, m.

Strumień objętościowy metanu wydzielający się z powierzchni przodka jest relatywnie niewielki.

6. Metodyka pomiarów ilości wydzielającego się metanu do wyrobisk chodnikowych

W wyrobiskach przewietrzanych wentylacją odrębną występuje największe zagrożenie powstania mieszaniny wybuchowej metanu i powietrza. Wynika to wykonywania tych wyrobisk często w nierozpoznanych częściach złóż, z mniejszych ilości dostarczanego powietrza w porównaniu do wentylacji opływowej oraz z większej zawodności urządzeń wentylacji odrębnej. Dlatego najważniejszym zadaniem wentylacji lutniowej stosowanej do przewietrzania wyrobisk chodnikowych drażonych w warunkach zagrożenia metanowego jest dostarczenie do przodka takich ilości powietrza, aby nie występowało przekroczenie dopuszczalnego stężenia metanu na całej długości wyrobiska. Ilość dostarczanego powietrza do strefy przodka powinna zapewniać w wyrobiskach objętych polem II, III lub IV kategorii zagrożenia metanowego prędkość powietrza nie mniejszą niż 0,3 m/s, z wyjątkiem tej części wyrobiska, w której jest zabudowany równolegle lutniociąg pomocniczy. Z uwagi na mniejszą intensywność przewietrzania w strefie zazębiana często dochodzi do wzrostu stężenia metanu.

W celu określenia zmian wydzielania metanu do wyrobisk ślepych w zależności od ich długości wykonano pomiary stężenia metanu w 13 ślepych wyrobiskach drażonych kombajnami przewietrzonym z wykorzystaniem wentylacji kombinowanej. Dla określenia zmian strumienia wydzielającego się metanu z ociosów wyrobiska wykonano pomiary rozkładu stężenia i prędkości przepływu powietrza w wybranych przekrojach wyrobiska chodnikowego. Pomiary były wykonywane każdorazowo przed rozpoczęciem pracy kombajnu, a więc określano wydzielający się metan jedynie z ociosów wyrobisk.

7. Wyniki pomiarów wydzielania metanu do wyrobisk chodnikowych

W tabeli 1 przedstawiono charakterystykę drażonych wyrobisk, gdzie podano zakres postępu drażenia, długości wyrobiska oraz wydzielanego strumienia objętościowego metanu i średnią metanonośność określaną na wybiegu wyrobiska.

W tabeli 2 przedstawiono strumień objętościowy metanu otrzymany z pomiarów oraz obliczony zależnością (13).

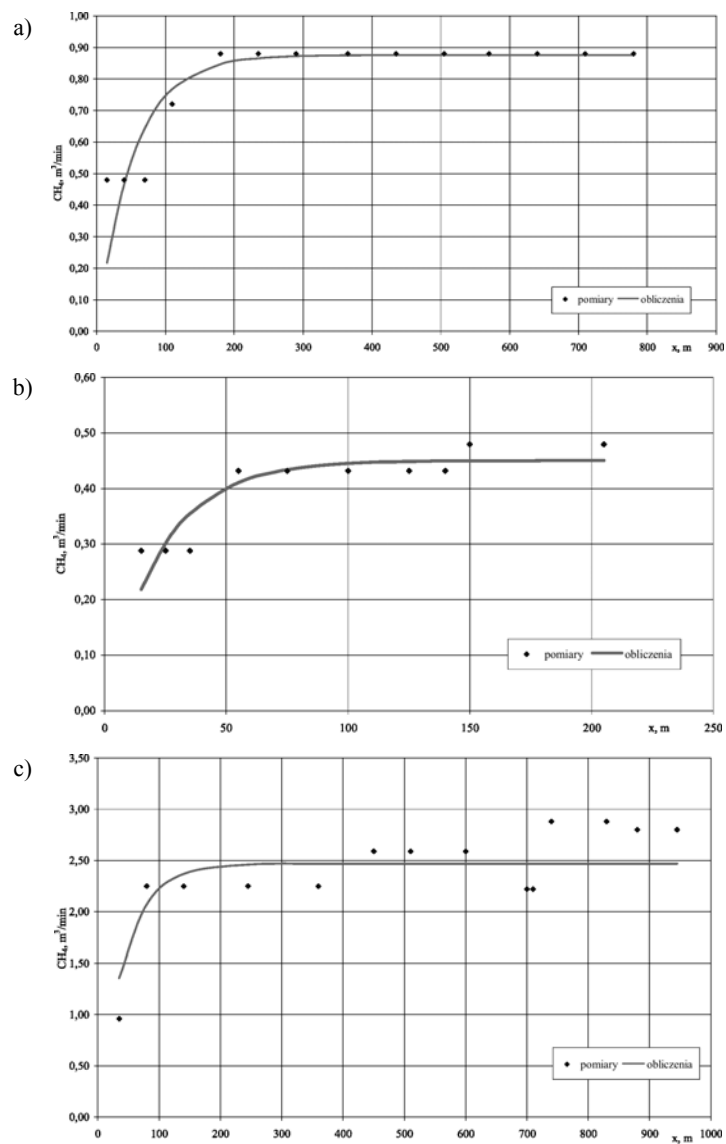
TABELA 1

Charakterystyka wyrobisk w których wykonywano pomiary wydzielania metanu

Kopalnia	Nazwa wyrobiska	Pokład	Średnia metanonośność, m^3/Mg_{esw}	Postęp drążenia, m/dobę		Długość wyrobiska, m		Strumień objętościowy metanu, m^3/min	
				od	do	od	do	od	do
A	N-7	327/3	4,64	3,2	7,2	15	780	0,29	0,53
A	upadowa	328/1	5,28	2,5	10,0	20	805	0,00	0,52
A	N-5	328/1	4,76	3,0	10,0	50	970	0,04	0,69
A	A-3	340	3,62	1,6	2,6	15	205	0,24	0,48
A	B-4	348	4,20	2,8	10,4	30	880	0,29	0,97
A	B-4a	348	5,30	1,8	5,6	15	380	0,00	0,59
B	B-7	362/3	4,18	5,5	7,2	100	660	0,77	1,28
B	N-14	362/3	4,68	2,4	6,0	40	670	0,36	1,54
B	N-13	363	8,94	1,8	3,3	10	155	1,20	1,80
B	B-5	403/1	7,65	1,8	7,7	35	945	0,96	2,59
B	N-8	401/1	7,28	2,5	10,2	20	730	0,92	2,28
B	N-2	403/1	8,03	5,1	9,1	50	320	1,84	2,00
C	Z-2	510/1	2,80	3,9	6,0	49	418	0,28	0,45

Aby wykorzystać zależność (13) do określenia strumienia wypływającego metanu z ociosów wyrobiska niezbędna jest znajomość współczynników b i q_o , które są uzależnione od metanonośności. Współczynniki te zostały wyznaczone w oparciu o dane pomiarowe zestawione w tabeli 2 (na wklejce). Aproksymacja została wykonana dla wyników pomiarów wykonanych w wybranych przekrojach w wyrobisku dla ostatniej serii pomiarowej.

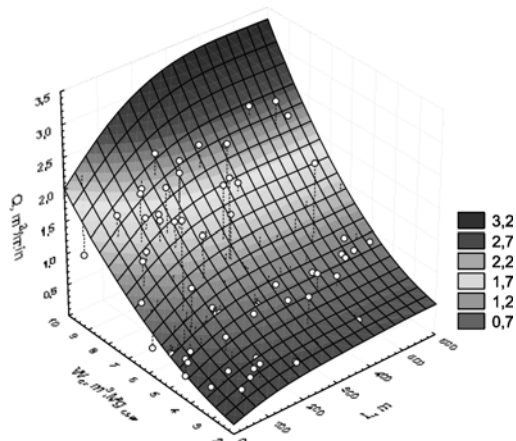
Do wyznaczenia współczynników b i q_o wykorzystano metodę najmniejszych kwadratów. Ocenę dopasowania zależności (13) do wyników pomiarów wykonano na podstawie proporcji wyjaśnionej wariancji. Stosunek regresyjnej sumy kwadratów do całkowitej sumy kwadratów (RSK/CSK) wyjaśnia proporcję wariancji zmiennej zależnej (y), która jest tłumaczona przez równanie (13). Stosunek ten jest równoważny R^2 , który jest nazywany współczynnikiem determinacji ($0: R^2: 1$). Im wartość R^2 bliższa jest jedności, tym lepiej są oszacowane współczynniki równania.



Rys. 1. Zmiana strumienia objętościowego wydzielającego się metanu i aproksymacja zależnością (13) w wyrobisku: a) N-7; b) A-3; c) B-5

Na rysunkach 1a–c przedstawiono wybrane wyniki zmian strumienia objętościowego metanu w zależności od długości wyrobiska otrzymane z pomiarów oraz obliczeń zależnością (13).

Natomiast na rysunku 2 zamieszczono zestawienie wielkości strumienia objętościowego metanu wydzielającego się do wyrobiska w funkcji długości wyrobiska i metanonośności.



Rys. 2. Zestawienie wyników wydzielania metanu od długości wyrobiska i metnoności dla badanych wyrobisk

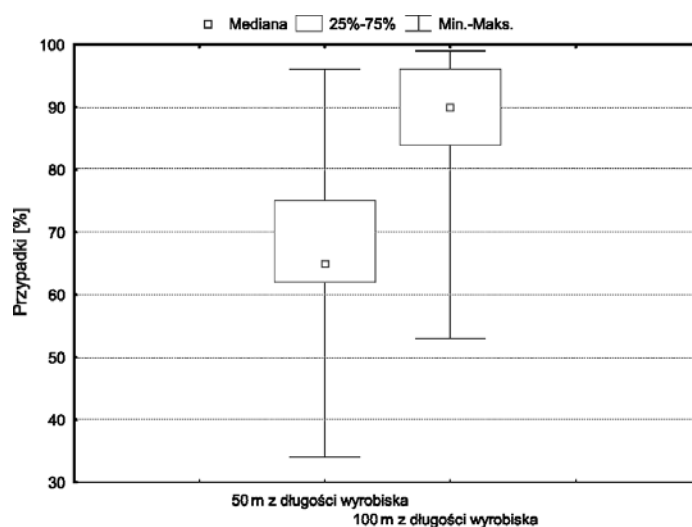
W tabeli 3 zamieszczono wyniki obliczeń współczynników b i q_0 dla poszczególnych wyrobisk oraz wyniki dokładności ich oszacowania i udział wielkości strumienia objętości wydzielanego metanu z długości wyrobiska.

TABELA 3

Wyniki obliczeń współczynników b i q_0 oraz dokładność ich określenia

Nazwa wyrobiska	Współczynnik charakteryzujący szybkość oddawania metanu przez węgiel z ociosu, b l/min	Intensywność wydzielania metanu z odsłoniętej powierzchni, q_0 m ³ /(m ² · min)	Udział wyjaśnionej wariancji, %	Współczynnik determinacji R^2	Udział wydzielania metanu z długości wyrobiska, %	
					50 m	100 m
N-7	0,0000417	0,00415	73,24	0,8558	65	90
Upadowa	0,0000347	0,00428	73,93	0,8598	63	86
N-5	0,0000582	0,00440	62,53	0,7907	62	84
A-3	0,0000660	0,00498	77,57	0,8807	87	98
B-4	0,0000410	0,00166	91,84	0,9583	34	53
B-4a	0,0000301	0,00432	54,57	0,7387	64	87
B-7	0,0000402	0,00247	52,42	0,7240	38	60
N-14	0,0000262	0,00317	90,95	0,9537	66	85
N-13	0,000189	0,01782	67,77	0,8232	92	99
B-5	0,000109	0,01403	67,26	0,8201	65	90
N-8	0,000127	0,01161	85,98	0,9272	96	99
N-2	0,000119	0,00169	99,47	0,9973	75	96
Z-2	0,000052	0,00165	76,96	0,8773	52	75

Analizując zamieszczone wyniki w ostatniej kolumnie tabeli 3, można stwierdzić, że strefa przodkowa wyrobiska, obejmująca długość około 50 m od czoła przodka, charakteryzuje się największą intensywnością wydzielania metanu. Na wykresie ramkowym przedstawionym na rysunku 3 zamieszczono procentowy udział wydzielania metanu z długości 50 i 100 m wyrobiska. Z wykresu wynika, że na długości 50 m wydzielają się około 65% całkowitego strumienia objętościowego metanu wydzielającego się w wyrobisku. Natomiast na długości 100 m wyrobiska wydzielają się około 90% całkowitego strumienia metanu.



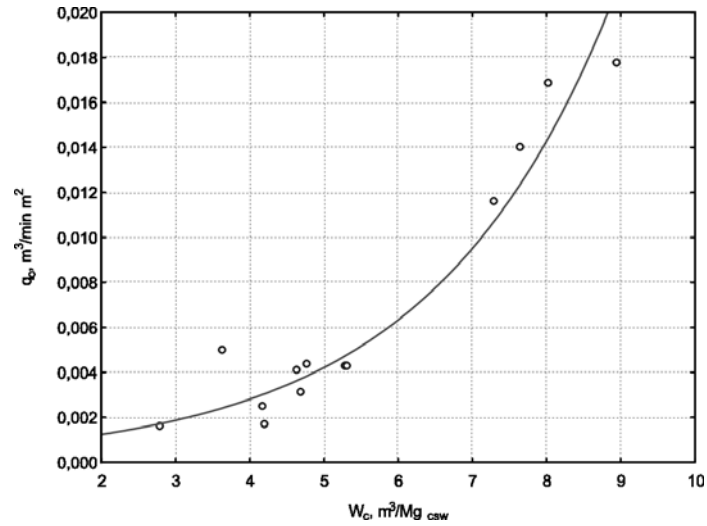
Rys. 3. Procentowy udział wydzielania metanu z długości 50 i 100 m badanych wyrobisk

Udział strefy przodkowej w całkowitym wydzielaniu metanu jest uzależniony od długości wyrobiska. Im wyrobisko jest dłuższe, tym udział metanu wydzielającego się w strefie przodkowej jest mniejszy. Wniosek ten wynika również z badań przedstawionych w pracy [2].

W trakcie drążenia wyrobiska ślepego należy zapewnić odpowiednią intensywność przewietrzania w strefie przodkowej. W przypadku wentylacji kombinowanej przy niewłaściwym doborze urządzeń odpylających występują trudności w zapewnieniu dopuszczalnych stężeń metanu w strefie przodkowej. Ma to znaczenie dla bezpieczeństwa i ciągłości drążenia wyrobisk chodnikowych.

Na rysunku 4 przedstawiono zależność intensywności wydzielania metanu q_o z odsłoniętej powierzchni od średniej metanonośności pokładu węgla. Zależność między intensywnością q_o a metanonośnością jest opisana równaniem w postaci

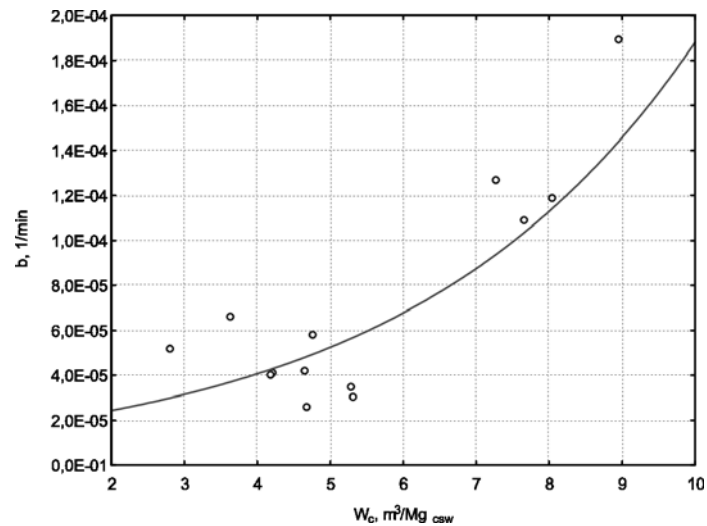
$$q_o = 0,0006 \cdot \exp(0,407 \cdot W_c) \quad (15)$$



Rys. 4. Zależność pomiędzy intensywnością wydzielania metanu z odsłoniętej calizny węglowej q_0 a metanonością pokładu

Natomiast na rysunku 5 przedstawiono zależność współczynnika b charakteryzującego szybkość oddawania metanu przez ociosy węglowe od średniej metanoności pokładu. Zależność współczynnika b od metanoności opisano równaniem

$$b = 1,4655 \cdot 10^{-5} \cdot \exp(0,2552 \cdot W_c) \quad (16)$$



Rys. 5. Zależność pomiędzy współczynnikiem b charakteryzującym szybkość oddawania metanu przez węgiel z ociosu a metanonością pokładu

8. Podsumowanie

W wyrobiskach przewietrzanych wentylacją odrębną występuje duże zagrożenie wynikające z wykonywania wyrobisk w nierozpoznanych częściach złóż i mniejszych strumieni objętościowych powietrza w porównaniu do wentylacji opływowej.

W celu określenia zmian wydzielania metanu do wyrobisk ślepych dokonano pomiarów stężenia w wybranych przekrojach wyrobisk oraz prędkości przepływającego powietrza. Wyznaczono średnie stężenie metanu dla wybranego przekroju wyrobiska i na tej podstawie określono strumień objętościowy wydzielającego się metanu z ociosów wyrobiska w funkcji jego długości.

W oparciu o wykonane pomiary wyznaczono: współczynnik charakteryzujący szybkość oddawania metanu przez węgiel z ociosu b i intensywność wydzielania metanu q_0 z odsłoniętej powierzchni.

Z przedstawionych obliczeń wynika, że strefa przodkowa wyrobiska, obejmująca długość około 50 m od czoła przodka charakteryzuje się największą intensywnością wydzielania metanu. W tej strefie wydziela się około 65% całkowitego strumienia objętościowego metanu wydzielającego się w wyrobisku. Natomiast na długości 100 m wyrobiska wydziela około się 90% całkowitego strumienia metanu. Udział strefy przodkowej w całkowitym wydzielaniu metanu uzależniony jest od długości wyrobiska.

LITERATURA

- [1] *Ajruni A.T.*: Metoda określania skuteczności odgazowania przy drażeniu wyrobisk w pokładach metanowych. Przegląd Górniczy, z. 3, 1975
- [2] Główny Instytut Górnictwa: Kryteria bezpiecznego drażenia wyrobisk korytarzowych w polach metanowych przy użyciu kombajnów z zastosowaniem wentylacji lutniowej kombinowanej z ssącym lutniociągami pomocniczym wyposażonym w odpylacz. Seria Instrukcje, nr 10, 1999
- [3] *Kozłowski B., Grębski Z.*: Odmetanowanie górotworu w kopalniach. Katowice, Wyd. „Śląsk” 1982
- [4] *Nowak B., Pawiński J., Roszkowski J.*: Zmiany średniego stężenia metanu w wyrobiskach przygotowawczych urabianych kombajnami. Archiwum Górnictwa, t. 40, z. 1, 1995
- [5] *Pawiński J., Roszkowski J.*: Wydzielanie się metanu do wyrobisk chodnikowych drażonych w węglu przy zastosowaniu kombajnów. Archiwum Górnictwa, t. 30, z. 2, 1985
- [6] *Pawiński J., Roszkowski J.*: Rozkład stężenia metanu w chodnikach węglowych urabianych kombajnami w zależności od postępu i prędkości odstawy urobku. ZN AGH Górnictwo i Geoinżynieria, z. 126, 1986
- [7] *Pawiński J., Roszkowski J., Szlązak N.*: Zmiany koncentracji metanu w wyrobiskach korytarzowych. Archiwum Górnictwa, t. 42, z. 3, 1995
- [8] *Pawiński J.*: Przepływy z wymianą masy i pędu w niektórych zagadnieniach przewietrzania kopalń. ZN AGH, Górnictwo z. 34, 1971
- [9] *Roszkowski J., Pawiński J., Nowak B.*: Stężenie metanu wydzielającego się w przodku wyrobiska chodnikowego z urabianego węgla kombajnem. Archiwum Górnictwa, t. 39, z. 4, 1994
- [10] *Roszkowski J., Szlązak N.*: Wybrane problemy odmetanowania kopalń węgla kamiennego. UWND AGH 1999
- [11] *Roszkowski J., Szlązak N., Szlązak J.*: Zagrożenie metanowe w kopalniach węgla i jego zwalczanie. Materiały konferencyjne I Szkoły Aerologii Górniczej, Zakopane, 1999
- [12] *Szlązak N., Tor A.*: Distribution of methane in mining galleries excavated with continuous miners with regard to air leakages. Archives of Mining Science, vol. 42, issue 4, 1997
- [13] *Uszakow K.Z.*: Gazowaja dinamika szacht. Moskwa, Izdatielstwo „Niedra” 1984

TABELA 2

Zestawienie wyników pomiarów i obliczeń wydzielania metanu w wyrobiskach, w których wykonywano pomiary

Wyrobisko	Długość wyrobiska m	Wydzielanie metanu m ³ /min		Postęp drażenia m/dobę	Wyrobisko	Długość wyrobiska m	Wydzielanie metanu m ³ /min		Postęp drażenia m/dobę		
		pomiary	obliczenia				pomiary	obliczenia			
N-7	15	0,48	0,22	5,5	B-7	100	0,79	0,66	6,5		
	40	0,48	0,47			150	0,79	0,82			
	70	0,48	0,64			230	0,79	0,97			
	110	0,72	0,77			260	1,06	1			
	180	0,88	0,85			300	1,06	1,04			
	235	0,88	0,87			380	1,06	1,08			
	290	0,88	0,87			450	1,01	1,09			
	365	0,88	0,87			530	1,01	1,1			
	435	0,88	0,88			590	0,99	1,11			
	505	0,88	0,88			630	1,28	1,11			
	570	0,88	0,88			660	1,28	1,11			
	640	0,88	0,88			N-14	40	0,36		0,43	4,4
	710	0,88	0,88				100	0,66		0,86	
780	0,88	0,88	130	0,96	1,01						
Upadowa	20	0,48	0,28	140	1,15		1,05				
	30	0,48	0,39	190	1,15		1,21				
	55	0,48	0,57	250	1,54		1,33				
	75	0,48	0,66	290	1,54		1,38				
	100	0,8	0,74	355	1,5		1,44				
	140	0,8	0,8	420	1,47		1,47				
	205	0,8	0,83	470	1,47		1,49				
	235	0,8	0,84	540	1,44		1,5				
	260	0,8	0,84	600	1,44		1,51				
	330	0,8	0,85	670	1,41		1,51				
	410	0,88	0,85	N-13	10	1,2	1,16	2,6			
	480	0,88	0,85		35	1,5	1,63				
	555	0,88	0,85		65	1,5	1,71				
	635	0,88	0,85		100	1,8	1,72				
	725	0,88	0,85		120	1,8	1,72				
805	0,88	0,85	130		1,8	1,72					
875	0,88	0,85	140		1,8	1,72					
N-5	50	0,48	0,59	155	1,8	1,72	6,9				
	70	0,48	0,71	35	0,96	1,36					
	135	0,88	0,88	80	2,25	2,07					
	215	0,88	0,93	140	2,25	2,37					
	305	0,88	0,95	245	2,25	2,46					
	400	0,88	0,95	360	2,25	2,47					
	500	0,88	0,95	450	2,59	2,47					
	605	0,88	0,95	510	2,59	2,47					
	710	0,88	0,95	600	2,59	2,47					
	800	1,12	0,95	700	2,22	2,47					
	875	1,12	0,95	710	2,22	2,47					
A-3	15	0,29	0,22	740	2,88	2,47	8,2				
	25	0,29	0,3	830	2,88	2,47					
	35	0,29	0,35	880	2,8	2,47					
	55	0,43	0,41	945	2,8	2,47					
	75	0,43	0,43	20	0,92	0,76					
	100	0,43	0,45	70	1,38	1,67					
	125	0,43	0,45	145	1,95	2,04					
	140	0,43	0,45	230	1,95	2,11					
	150	0,48	0,45	330	1,95	2,13					
	205	0,48	0,45	460	2,28	2,13					
B-4a	15	0,48	0,22	550	2,28	2,13	3,8				
	25	0,48	0,34	650	2,24	2,13					
	40	0,48	0,47	730	2,24	2,13					
	80	0,72	0,68	50	1,84	1,86					
	135	0,72	0,79	80	2,25	2,35					
	240	0,72	0,84	160	2,5	2,48					
	285	0,88	0,84	170	2,5	2,49					
	330	0,88	0,84	190	2,5	2,5					
	380	0,88	0,84	230	2,5	2,51					
B-4	30	0,29	0,18	270	2,5	2,51	5,2				
	60	0,4	0,36	320	2,5	2,51					
	120	0,6	0,57	49	0,28	0,23					
	190	0,75	0,71	107	0,37	0,36					
	255	0,75	0,8	150	0,37	0,41					
	350	0,75	0,88	172	0,37	0,42					
	440	0,97	0,92	212	0,45	0,44					
	520	0,97	0,94	287	0,45	0,45					
	570	0,97	0,95	352	0,45	0,46					
	620	0,97	0,96	413	0,45	0,46					
	670	0,97	0,96	418	0,51	0,46					
	720	0,97	0,96								
	770	0,97	0,96								
	880	0,97	0,97								