

Wyznaczanie metanonośności pokładów na podstawie pomiarów wskaźnika intensywności desorpcji na przykładzie wyników z wybranej kopalni węgla kamiennego

Indication of methane volume of beds on the basis of measurements of desorption intensity index illustrated with an example of results from the selected hard coal mine



Mgr inż. Barbara Dutka^{*)}



Dr inż. Norbert Skoczylas^{*)}



Dr hab. inż. Mirosław Wierzbicki^{*)}

Treść: Oznaczenie metanonośności pokładów węgla kamiennego odbywa się na podstawie badań prowadzonych na próbkach kawałkowych oraz (najczęściej) zwiercinowych. W tym drugim przypadku istnieje Polska Norma określająca sposób oznaczania metanonośności w pokładach węgla kamiennego. Norma obejmuje również wyznaczanie metanonośności przybliżonej na podstawie pomiaru wartości wskaźnika intensywności desorpcji dwuminutowej. W pracy przeanalizowano zależności pomiędzy wartościami wskaźników intensywności desorpcji oraz metanonośnościami dla różnych pokładów kopalni „Zofiówka”. Podano wartości współczynników a i b , równań regresji prostych w układzie $Mn=a(\Delta p)+b$. Pokazano, jakie różnice występują pomiędzy poszczególnymi pokładami. Różnice te wynikają najprawdopodobniej z różnic w wartościach współczynników dyfuzji dla poszczególnych pokładów. Przedstawione relacje pomiędzy metanonośnością a wskaźnikiem desorpcji służyć mogą do szacowania zawartości metanu w poszczególnych pokładach z mniejszą niepewnością pomiarową w porównaniu z normą.

Abstract: Determination of methane volume of hard coal seams takes place on the basis of a research conducted on lump samples and (most often) drilling samples. The latter is determined by a Polish Standard which describes the method of designation of methane volume of hard coal beds. The Standard includes also the determination of methane volume approximated on the basis of measurements of the two-minute desorption intensity index value. This paper presents an analysis of relations between the values of desorption intensity indexes and methane volumes for different coal beds in “Zofiówka” coal mine. The values of a and b coefficients of simple regression equations in the system $Mn = a(\Delta p) + b$ were presented. This work presents the differences between particular coal beds. These differences most likely result from the differences in values of diffusion coefficients for particular coal beds. The presented relations between the methane volume and the desorption index may be used for the estimation of methane concentration in particular coal beds with less measurement uncertainty than it would be in the Standard.

Słowa kluczowe:

metan, metanonośność, zagrożenia naturalne, desorpcja

Key words:

methane, methane volume, natural hazards, desorption

1. Wprowadzenie

Metanonośność pokładów jest najważniejszym parametrem wpływającym na poziom zagrożenia metanowego oraz wyrzutami metanu i skał w kopalniach węgla kamiennego, a zdarzenia spowodowane zagrożeniem metanowym są, obok

tapań, najbardziej niebezpiecznymi w polskim górnictwie [9]. Według powołanego dokumentu w latach 2008–2013 wystąpiło 16 zdarzeń związanych z zapaleniem lub wybuchem metanu, a w ich wyniku zginęło 28 górników. W ostatnich latach wystąpił też jeden wyrzut metanu i skał w kopalni węgla kamiennego „Budryk” [15]. Zdarzenie to miało miejsce w roku 2012 w pochylni D odstawczej pokładu 358/1. W wyniku tego zdarzenia nie było osób uszkodzonych.

^{*)} Instytut Mechaniki Górotworu Polskiej Akademii Nauk

2. Metody oznaczania metanonośności

Metanonośność pokładu (Mn) zdefiniowana jest jako objętościowa ilość metanu pochodzenia naturalnego, zawarta w jednostce wagowej w głębi calizny węglowej. Metoda zwiercinowa, metoda desorbometryczna, metoda wskaźnikowa, metoda pośrednia ciśnieniowa oraz metoda bilansu metanowego w przodku, to grupa metod umożliwiających określenie metanonośności pokładów węgla [10]. W Polsce dla dokładnych oznaczeń metanonośności pokładu stosuje się metodę zwiercinową, opisaną w normie PN-G-44200:2013-10 [8]. Do oznaczenia zawartości metanu wykorzystuje się próbkę zwiercin pobraną z otworu małośrednicowego wierconego w czole wyrobiska. Po dwóch minutach od rozpoczęcia wiercenia, odsiany węgiel klasy ziarnowej 1÷2 mm zostaje zamknięty w hermetycznym pojemniku. Pojemnik z próbką trafia na powierzchnię, a następnie do laboratorium, gdzie próbka zostaje poddana mieleniu oraz odgazowaniu. Gaz uzyskany w procesie odgazowania pompą próżniową zostaje poddany analizie chromatograficznej, co pozwala na określenie udziału węglowodorów w całości gazu ujętego z pojemnika. Znając objętość metanu zamkniętego w pojemniku, masę węgla oraz jego parametry techniczne obliczany jest końcowy wynik oznaczenia. Metanonośność pokładu węgla, z uwzględnieniem straty metanu wynikającej ze sposobu pobierania próbek, podawana jest w przeliczeniu na czystą substancję węglową (Mn^{daf}) według wzoru

$$Mn^{daf} = \frac{Mn}{1 - W_c - A^c}, \quad \text{m}^3\text{CH}_4/\text{Mg}_{\text{GCSW}} \quad (2.1)$$

gdzie:

W_c – wilgoć całkowita, g/g,
 A^c – zawartość popiołu, g/g.

Z Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. Dziennik Ustaw nr 139 Załącznik nr 5, punkt 1.1. pt. Metody oznaczania zawartości metanu pochodzenia naturalnego w węglu i zakres ich stosowania, wynika, iż: *W partiach pokładów metanowych, w których zawartość metanu pochodzenia naturalnego w węglu została oznaczona podczas prowadzenia robót przygotowawczych, można stosować metodę desorbometryczną i oznaczać przybliżoną zawartość metanu w węglu.* W metodzie desorbometrycznej, przybliżoną wartość metanonośności uzyskuje się na podstawie pomiarów wskaźnika intensywności desorpcji metanu Δp . Powołana niedawno norma PN-G-44200:2013-10 również daje możliwość wyznaczania metanonośności przybliżonej (M_d) na podstawie wskaźnika desorpcji.

Wskaźnik desorpcji metanu jest wielkością charakteryzującą ilość metanu uwalnianego z próbki węglowej o określonej masie w dwuminutowym przedziale czasowym. Pomiar wskaźnika desorpcji w warunkach polskiego górnictwa węglowego prowadzony jest najczęściej desorbometrem manometrycznym cieczowym DMC-2, opisanym są m. in. w pracach [6, 11]. Pomiar za pomocą desorbometru DMC-2 wykonywany jest w czasie pomiędzy 120 a 240 sekundą od momentu rozpoczęcia wiercenia odpowiedniego fragmentu otworu małośrednicowego. Zwierciny opuszczające otwór, przed umieszczeniem w pojemniku desorbometru, zostają przesiane w celu wydzielenia klasy ziarnowej 0,5÷1 mm [7]. Masa nawązki wyznaczana jest na drodze doboru ustalonej objętości ziaren węgla i wynosi około 3 g. Bezpośrednim wynikiem pomiaru jest ciśnienie wygenerowane przez uwalniany z próbki gaz, a ciśnienie to uważa się za miarę ilości uwolnionego gazu. Wynik pomiaru wyrażany jest w kPa lub mmH₂O.

Wyznaczanie i wykorzystywanie wskaźnika intensywności desorpcji posiada wiele zalet:

- pomiar wykonywany jest w warunkach dołowych, a wynik uzyskiwany jest w bardzo krótkim czasie (kilka minut),
- przyrząd wykorzystywany do wyznaczania wskaźnika intensywności desorpcji charakteryzuje się dużą prostotą konstrukcji, co w konsekwencji przekłada się na jego niezawodność,
- liczne badania wskazują na istnienie korelacji pomiędzy wskaźnikiem intensywności desorpcji, a metanonośnością [1, 2, 12, 13].

Prawidłowo wykonany pomiar intensywności desorpcji daje szybki i użyteczny wynik. Należy jednak podkreślić, iż na jakość wyznaczenia wskaźnika krytyczny wpływ mają dokładne odsianie odpowiedniej klasy ziarnowej oraz rygorystyczne przestrzeganie reżimu czasowego.

Aktualnie metodę desorbometryczną stosuje się do przybliżonego rozpoznania metanonośności pokładów węgla, gdy istnieje potrzeba zagęszczenia liczby pomiarów, a także do zbadania trendu zmian metanonośności pokładów w czasie prowadzenia robót górniczych. Doświadczenia ruchowe pokazują również, że metoda desorbometryczna nie nadaje się do stosowania w pokładach, w których występuje duża wilgotność węgla, gdyż określenie wskaźnika intensywności desorpcji jest niemożliwe.

Według Polskiej Normy PN-G-44200:2013-10 [8] metanonośność przybliżona (M_d) wyznaczana jest na podstawie tablicy lub rysunku pokazującego zależność metanonośności przybliżonej od wskaźnika intensywności desorpcji Δp . Zależność tą można opisać równaniem liniowym

$$M_d = 4,5428\Delta p + 0,893 \quad [\text{m}^3/\text{Mg}] \quad (2.2)$$

Celem pracy jest analiza zależności pomiędzy wartościami wskaźników intensywności desorpcji oraz metanonośnościami dla różnych pokładów kopalni „Zofiówka” wraz z odniesieniem wyników tej analizy do ujętej przez obecnie obowiązującą normę PN-G-44200:2013-10 zależności $M_d=f(\Delta p)$ (2.2). Założeniem autorów nie jest ocena normy lecz próba doprecyzowania istniejącej pomiędzy metanonośnością oraz wskaźnikiem intensywności desorpcji zależności. Zależność ta powinna być specyficzna w obrębie poszczególnych pokładów, charakteryzujących się pewnymi cechami właściwymi tylko im. Cechy te (głębokość zalegania, stopień uwęglenia, wartość współczynnika dyfuzji, stopień zawilgocenia) będą miały istotny wpływ na zawartość metanu w węglu i kinetykę jego desorpcji.

3. Analizy

Wyniki badań opisane w pracy [17] pokazują, że podstawowy wpływ na wynik pomiaru desorbometrycznego mają dwa czynniki: początkowa zawartość metanu w próbce oraz wartość efektywnego współczynnika dyfuzji D_e [4, 14]. Wartość efektywnego współczynnika dyfuzji zmienia się w zakresie przekraczającym rząd wielkości [5]. Biorąc pod uwagę, że wartość efektywnego współczynnika dyfuzji zależy od ciśnienia równowagowego metanu i temperatury układu węgiel-metan (głębokości) [3, 16], relacja pomiędzy wskaźnikiem desorpcji oraz metanonośnością nie będzie stała w całym obszarze GZW. W związku z powyższym podjęto próbę oszacowania zmienności wartości współczynników występujących w równaniu (2.2), dla różnych pokładów jednej z wysokometanowych kopalni w południowej części GZW.

Równanie (2.2) zapisać możemy w postaci ogólnej

$$M_d = a\Delta p + b, \tag{2.3}$$

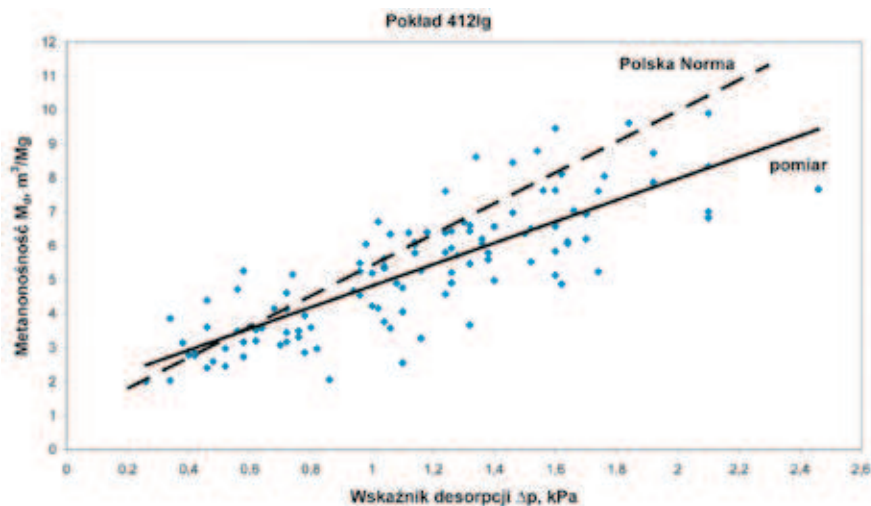
gdzie:

a – współczynnik, $m^3/(Mg \cdot kPa)$,

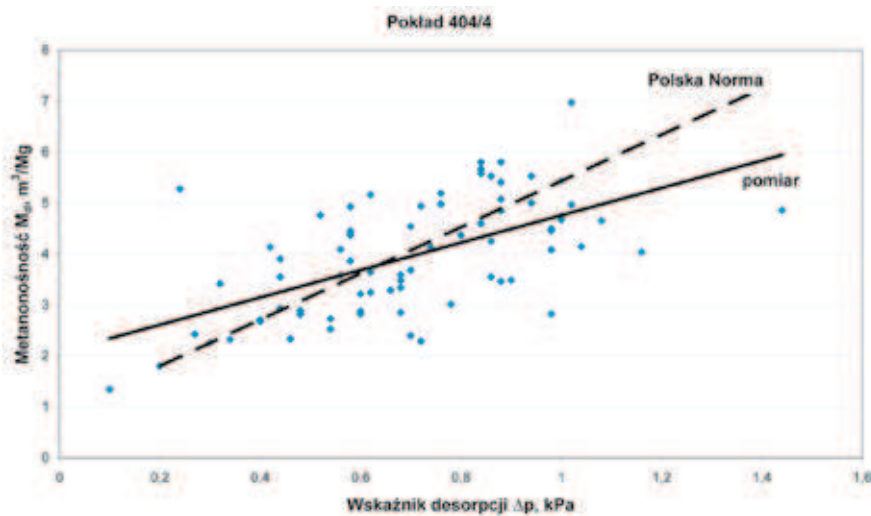
b – współczynnik, m^3/Mg .

Przeanalizowano wyniki pomiarów metanonośności wykonanych w latach 2008–2013 w KWK „Zofiówka”. Analizą objęto wyniki uzyskane dla 13 pokładów węglowych. Do

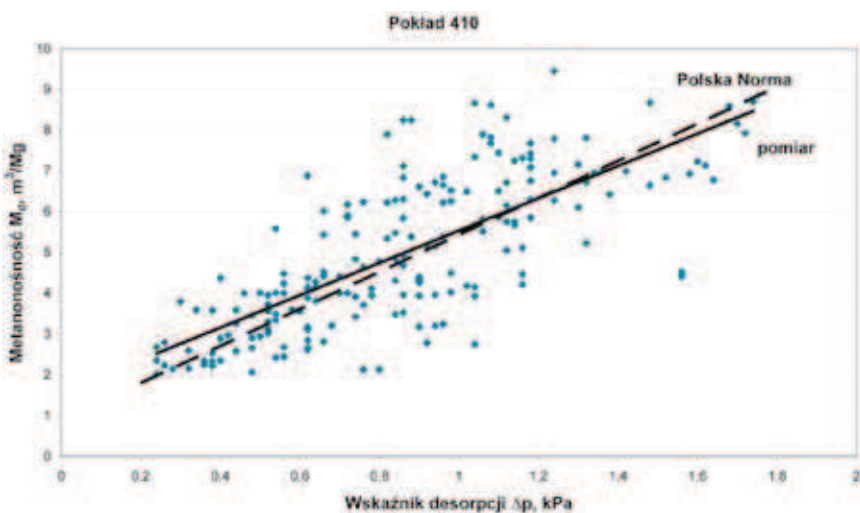
analizy przyjęto wszystkie wyniki pomiarów metanonośności, w których wartość wskaźnika desorpcji przekraczała 0,2 kPa. Na rysunkach 1–4 pokazano przykładowe wykresy zależności $M_d=f(\Delta p)$ oraz proste przedstawiające regresje liniowe dopasowane do wyników pomiarowych metodą najmniejszych kwadratów różnic – linie ciągłe. Na wykresach pokazano również prostą „normatywną” z równania (2.2).



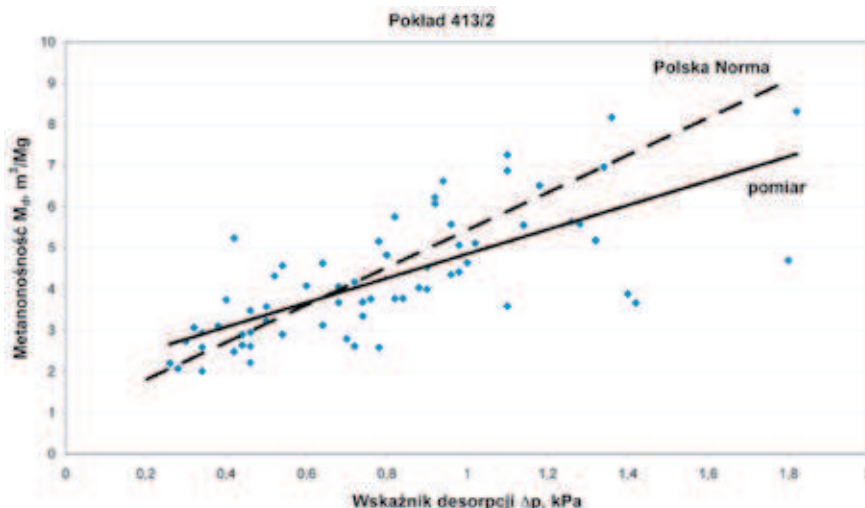
Rys. 1. Zależność $M_d = f(\Delta p)$ dla pokładu 412lg
 Fig. 1. Relation $M_d = f(\Delta p)$ for coal seam no. 412lg



Rys. 2. Zależność $M_d = f(\Delta p)$ dla pokładu 404/4
 Fig. 2. Relation $M_d = f(\Delta p)$ for coal seam no. 404/4



Rys. 3. Zależność $M_d = f(\Delta p)$ dla pokładu 410
 Fig. 3. Relation $M_d = f(\Delta p)$ for coal seam no. 410



Rys. 4. Zależność $M_d = f(\Delta p)$ dla pokładu 413/2

Fig. 4. Relation $M_d = f(\Delta p)$ for coal seam no. 413/2

Aproksymacja danych pomiarowych prostymi pozwala na wyznaczenie współczynników a i b relacji pomiędzy M_d i Δp . W tabelicy 1 zestawiono kolejno wyniki dla poszczególnych pokładów: liczba punktów n poddanych analizie, wartość współczynnika a , wartość współczynnika b , średnie odchylenie standardowe punktów pomiarowych od prostej wyznaczonej metodą regresji liniowej $\sigma^{(pokl)}$, średnie odchylenie standardowe punktów pomiarowych od prostej „normatywnej” $\sigma^{(PN)}$. Wartości współczynników kierunkowych a , reprezentujących nachylenie zależności $M_d = f(\Delta p)$, zmieniają się w zakresie od 1,34 do 3,96 $\text{m}^3/(\text{Mg}\cdot\text{kPa})$. W każdym przypadku analizowanych pokładów wartości te są mniejsze od wartości „normatywnej” określonej równaniem (2.2). Przeglądając się wartościom odchylen standardowych σ w dwóch ostatnich kolumnach tabelicy 1 wnioskować można o jakości wyznaczania metanoności przybliżonej M_d . Średnia wartość odchylenia standardowego punktów pomiarowych od prostej „normatywnej” wynosi $\sigma^{(PN)}=1,3070$ m^3/Mg , natomiast w przypadku dopasowania wykonanego dla poszczególnych pokładów średnia wartość odchylenia standardowego obniża się do wartości $\sigma^{(pokl)}=0,9601$ m^3/Mg . Dysponując odpowiednio licznym zbiorem danych celowym wydaje się wyznaczanie metanoności przybliżonej na podstawie wartości współczynników prostych dopasowanych dla poszczególnych pokładów.

W tabelicy 2 porównano metanoności obliczone na podstawie liniowych zależności $M_d = f(\Delta p)$, reprezentowanych przez współczynniki a i b zestawione w tabl. 1, z wartością M_d określoną na podstawie normy. W tabelicy tej zestawiono procentowe rozbieżności pomiędzy metanonością oznaczoną według normy a wartością metanoności uzyskaną z analizy zależności $M_d = f(\Delta p)$, wykonanej indywidualnie dla danego pokładu.

Wartości metanoności wyznaczone na podstawie Polskiej Normy dla wskaźników desorpcji 1,2 kPa oraz 2,0 kPa wynoszą odpowiednio $M_{d,1,2}^{PN}=6,34$ m^3/Mg i $M_{d,2,0}^{PN}=9,98$ m^3/Mg . Z analizy danych dla poszczególnych pokładów wynika zmienność M_d przy desorpcji $\Delta p=1,2$ kPa w zakresie od 4,46 m^3/Mg do 6,33 m^3/Mg oraz zmienność M_d przy desorpcji $\Delta p=2,0$ kPa w zakresie od 5,58 m^3/Mg do 9,50 m^3/Mg . Wartości M_d oznaczane według normy są wyższe od wartości wynikających z indywidualnej analizy zależności $M_d = f(\Delta p)$ dla poszczególnych pokładów. Zależność $M_d = f(\Delta p)$ wymieniona w normie silnie uśrednia zróżnicowane wyniki uzyskiwane w pokładach. Różnice w ocenie M_d wahają się w granicach od 0,2% do 42,2 % przy $\Delta p=1,2$ kPa oraz od 5 % do 78,7% przy $\Delta p=2,0$ kPa.

Tablica 1. Zmienność współczynników a i b , średnie odchylenie standardowe punktów pomiarowych od prostej wyznaczonej metodą regresji liniowej $\sigma^{(pokl)}$ oraz średnie odchylenie standardowe punktów pomiarowych od prostej „normatywnej” $\sigma^{(PN)}$

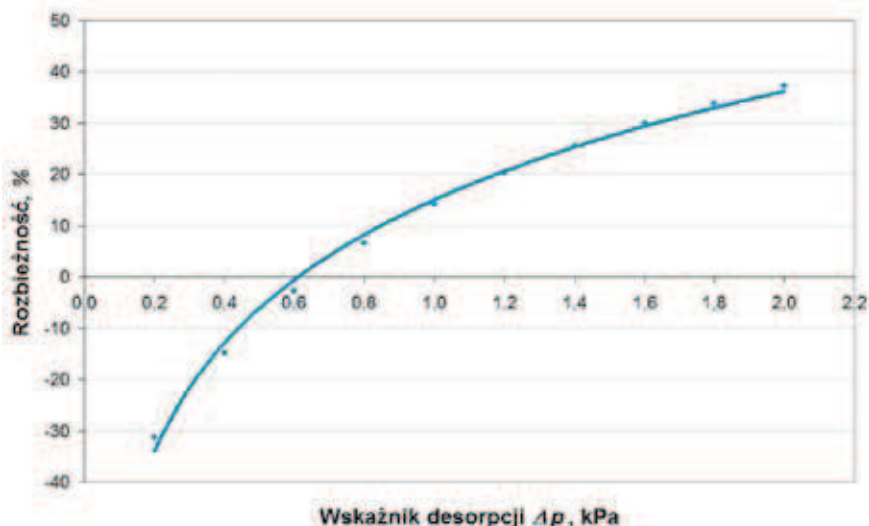
Table 1. Variability of a and b coefficients, mean standard deviation of measurement points of the straight line determined by linear regression method $\sigma^{(seam)}$ and mean standard deviation of measurement points of the “normative” straight line $\sigma^{(PN)}$

Pokład	n	a , $\text{m}^3/(\text{Mg}\cdot\text{kPa})$	b , m^3/Mg	$\sigma^{(pokl)}$, m^3/Mg	$\sigma^{(PN)}$, m^3/Mg
404/4	69	2,2351	2,4330	0,9301	1,0812
405lg	41	2,2715	2,6755	1,1997	1,6301
406/1	152	3,8455	1,3647	1,0953	1,1381
409/3	32	2,8562	1,5127	1,0874	1,9953
409/4	16	2,8531	1,6820	1,1183	1,7242
410	192	3,9641	1,5735	1,2165	1,2477
412ld	16	1,9065	3,1089	0,9701	1,4223
412lg	117	3,1581	1,6695	1,0664	1,5022
413/2	66	2,9561	1,9002	1,0430	1,2187
416/3	20	2,1307	3,0657	1,0068	1,4968
417/1	32	2,5127	2,2670	0,6957	0,8952
418/1-2	13	1,9537	2,1171	0,1932	0,3719
502/1	33	1,3494	2,8830	0,8595	1,2666

Tablica 2. Różnice pomiędzy wartościami M_d określonymi na podstawie indywidualnych zależności $M_d = f(\Delta p)$ w odniesieniu do wartości „normatywnej”

Table 2. Differences between values M_d determined on the basis of individual relations $M_d = f(\Delta p)$ referring to the “normative” value

Pokład	$\Delta p=1,2\text{kPa}$			$\Delta p=2,0\text{kPa}$		
	M_d , m^3/Mg	M_d^{PN} , m^3/Mg	Rozbieżność, %	M_d , m^3/Mg	M_d^{PN} , m^3/Mg	Rozbieżność, %
404/4	5,11	6,34	24,0	6,90	9,98	44,5
405lg	5,40	6,34	17,4	7,21	9,98	38,2
406/1	5,97	6,34	6,1	9,05	9,98	10,2
409/3	4,94	6,34	28,4	7,23	9,98	38,1
409/4	5,10	6,34	24,2	7,39	9,98	35,0
410	6,33	6,34	0,2	9,50	9,98	5,0
412ld	5,39	6,34	17,5	6,92	9,98	44,1
412lg	5,45	6,34	16,2	7,99	9,98	24,9
413/2	5,44	6,34	16,4	7,81	9,98	27,7
416/3	5,62	6,34	12,8	7,33	9,98	36,2
417/1	5,28	6,34	20,1	7,29	9,98	36,8
418/1-2	4,46	6,34	42,2	6,02	9,98	65,6
502/1	4,50	6,34	40,9	5,58	9,98	78,7
Średnio	5,31	6,34	20,5	7,40	9,98	37,3



Rys. 5. Rozbieżność M_d „normatywnej” względem pomiarów rzeczywistych w funkcji wskaźnika desorpcji Δp

Fig. 5. Divergence of the “normative” M_d regarding the real measurements in relation to the desorption index Δp

Na rysunku 5 przedstawiono różnice procentowe pomiędzy metanonością obliczoną opierając się na Polskiej Normie oraz na podstawie średnich wartościach współczynników (wyznaczonych ze wszystkich pomiarów wykonanych przez Rzeczoznawców) w omawianej kopalni, z równania

$$R = 100 \frac{Mn^{(PN)} - Mn^{(pokr)}}{Mn^{(PN)}}$$

Wynik przedstawiono w funkcji wskaźnika desorpcji Δp . W przypadku wskaźnika desorpcji $< 0,6$ kPa metanoność przybliżona M_p , określana na podstawie normy, jest zaniżona względem wartości uzyskiwanej z pomiarów. Dla wartości $0,2$ kPa różnica wynosi około -32% . Dla wskaźnika desorpcji $> 0,6$ kPa metanoność określana na podstawie normy jest wyższa niż ta uzyskiwana z pomiarów. Tendencja zawyżania M_d jest systematyczna i przy $\Delta p = 2,0$ kPa wynosi około 37% .

4. Podsumowanie i wnioski

Istnieje relacja pomiędzy metanonością oraz wskaźnikiem intensywności desorpcji dwuminutowej. Polska Norma nakazuje obliczanie metanoności przybliżonej na podstawie relacji liniowej między tymi parametrami układu węgiel-metan. Obowiązuje ona dla wszystkich polskich kopalń. Z tego powodu wyniki oznaczenia metanoności przybliżonej metodą desorbometryczną są wynikami uśrednionymi. Analizy przeprowadzone dla wybranej silnie metanowej kopalni, oparte na pomiarach prowadzonych w 13 pokładach pokazały że istnieje duża zmienność w relacjach między wskaźnikiem desorpcji oraz metanonością dla różnych pokładów. Pokazano również różnice w metanonościach uzyskanych z pomiarów a wartościami „normowymi”. Dla wskaźników desorpcji w zakresie od $0,2$ kPa do $2,0$ kPa różnice wynoszą od -32% do 38% . Praca prowadzi do wniosku, że warto gromadzić dane pochodzące z pomiarów desorbometrycznych oraz metanoności w postaci elektronicznej. Pozwala to bowiem na „kalibrację” relacji desorpcja-metanoność oraz wyznaczanie metanoności przybliżonej z mniejszą, w stosunku do Polskiej Normy niepewnością pomiarową.

Badania zostały wykonane w ramach Projektu LIDER/31/103/L-3/11/NCBR/2012 finansowanego ze środków NCBiR.

Literatura

1. Borowski J.: Badanie gazonośności pokładów węglowych z zastosowaniem nowych metod. Katowice Prace Głównego Instytutu Górniczego 1975 komunikat nr 645.
2. Borowski J.: Określenie ciśnienia gazu w pokładach węgla. Przegląd Górniczy 1976 nr 9.
3. Busch A., Gensterblum Y., Krooss B.M., Littke R.: Methane and carbon dioxide adsorption-diffusion experiments on coal: upscaling and modeling. International Journal of Coal Geology 2004 60, s.151÷168.
4. Crank, J.: Mathematics of Diffusion. London Oxford University Press, 1975.
5. Dziurzyński W.: Nowoczesne metody zwiększenia bezpieczeństwa załóg w aspekcie zagrożenia wyrzutami węgla i metanu w kopalniach eksploatujących węgiel kamienny. Sprawozdanie z wykonania projektu badawczego rozwojowego Nr R09 027 02, 2010.
6. Lama, R.D., Bodziony, J.: Outbursts of Gas, Coal and Rock in Underground Coal Mines. Australia R.D. Lama & Associates, Wollongong, NSW 1996.
7. PN-G-04567:1996: Węgiel kamienny – Oznaczanie wskaźnika intensywności desorpcji gazów. Warszawa Polski Komitet Normalizacyjny 1996.
8. PN-G-44200:2013-10: Górnictwo – Oznaczanie metanoności w pokładach węgla kamiennego – Metoda zwiercinowa. Warszawa Polski Komitet Normalizacyjny 2013.
9. Raport WUG: Ocena stanu bezpieczeństwa pracy, ratownictwa górniczego oraz bezpieczeństwa powszechnego w związku z działalnością górniczo-geologiczną w 2013 roku. Katowice Wyższy Urząd Górniczy 2013.
10. Ryszka M., Sporysz G.: Weryfikacja bezpośredniej metody oznaczania metanoności pokładów węgla stosowana w polskim górnictwie węgla kamiennego. Cz. I: Przegląd metod oznaczania metanoności węgla. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie 2008, nr 8 (168). s. 3÷8.
11. Stączek A., Simka A.: Graniczny wskaźnik intensywności desorpcji gazu z węgla charakteryzujący stan zagrożenia metanowego oraz

- wyrzutami metanu i skał. Prace Naukowe Głównego Instytutu Górnictwa. Górnictwo i Środowisko Główny Instytut Górnictwa 2004 nr 3 s.123÷142.
12. *Szlązak N., Borowski M., Korzec M.*: Określenie metanonośności pokładów węgla na podstawie pomiarów wskaźnika desorpcji dla południowej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Materiały konferencyjne XX Szkoły Eksploatacji Podziemnej 21–22 lutego. 2011.
 13. *Tarnowski J.*: Stosowane w kraju metody oznaczeń gazonośności złożowej. Przegląd Górniczy 1992 nr 9 s. 17÷-26.
 14. *Timofiejew D.P.*: Adsorptionskinetik. Lipsk VEB, 1967.
 15. *Wierzbicki M., Jakubów A., Tor A.*: Wyrzut metanu i skał w pochylni D odstawczej w pokładzie 358/1 na poziomie 1050 m w JSW S.A. KWK „Budryk” – przyczyny, okoliczności, skutki. Praca zbiorowa pod red. Józefa Kabiesza. Zagrożenia i Technologie. Katowice Główny Instytut Górnictwa 2012.
 16. *Wierzbicki M.*: Changes in the sorption/diffusion kinetics of a coal-methane system caused by different temperatures and pressures. Gospodarka Surowcami Mineralnymi 2013 t. 29 nr 4.
 17. *Wierzbicki M.*: Effect of selected simplifications of the unipore model upon the result of the study of the diffusion coefficient in coal. Archives of Mining Sciences 56 Issue 4.

NACZELNY REDAKTOR

w zeszycie 1-2/2010 Przeglądu Górniczego, zwrócił się do kadr górniczych z zachętą do publikowania artykułów ukierunkowanych na wywołanie

POLEMIKI – DYSKUSJI.

Trudnych problemów, które czekają na rzetelną, merytoryczną wymianę poglądów – jest wiele! Od niej – w znaczącej mierze – zależy skuteczność praktyki i nauki górniczej w działaniach na rzecz bezpieczeństwa górniczego oraz postępu technicznego i ekonomicznej efektywności eksploatacji złóż.

**Od naszego wysiłku w poszukiwaniu najlepszych rozwiązań
– zależy przyszłość polskiego górnictwa!!!**