

Nowe metody i narzędzia dla badania zjawiska nagłego wyrzutu węgla i gazu

BARBARA DUTKA, MATEUSZ KUDASIK, MIROSLAW WIERZBICKI

Instytut Mechaniki Górotworu PAN, ul Reymonta 27; 30-059 Kraków

Streszczenie

Dotychczasowe doświadczenia uzyskane w kopalniach górnośląskich pokazują, że zagrożenie wyrzutami węgla i gazu w tym rejonie ma charakter lokalny, związany z istniejącymi zaburzeniami geologicznymi. Obowiązujące wskaźniki stanu zagrożenia wydają się być niewystarczające dla jego rzetelnej oceny. W pracy przedstawiono metody i narzędzia powstałe w laboratorium Pracowni Mikromerytyki IMG PAN do badania natury wyrzutów. Przedstawiono również nowe kierunki badań tych zjawisk oraz narzędzia do ich realizacji.

Słowa kluczowe: wyrzut węgla i metanu, wskaźnik desorpcji, sorpcja, metan

1. Wstęp

Zagrożenie wyrzutami węgla i gazu jest tematyką bardzo aktualną i wymagającą nakładu sił i środków dla jego rozpoznania zarówno od strony fizycznej natury zjawiska jak i metod oceny poziomu zagrożenia w kopalniach.

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Spraw Wewnętrznych [1] przez zagrożenie wyrzutami gazów i skał rozumie się naturalną skłonność do występowania zjawisk gazogeodynamicznych w postaci wyrzutu gazów i skał lub nagłego wypływu gazów z górotworu do wyrobiska. Zaliczenia pokładów lub ich części do kategorii skłonnych bądź zagrożonych wyrzutami metanu i skał odbywa się na podstawie badań metanonośności węgla, pomiarów intensywności desorpcji oraz zwięzłości węgla bądź na podstawie wcześniejszych zdarzeń i występowania objawów zagrożenia.

Do kategorii skłonnych do występowania wyrzutów metanu i skał zalicza się pokłady węgla kamiennego lub ich części, w których:

- metanonośność wynosi powyżej $8 \text{ m}^3/\text{Mg}$, w przeliczeniu na czystą substancję węglową, a zwięzłość węgla jest mniejsza niż 0,3 lub
- metanonośność wynosi powyżej $8 \text{ m}^3/\text{Mg}$, w przeliczeniu na czystą substancję węglową, a zwięzłość węgla wynosi co najmniej 0,3, ale intensywność desorpcji metanu jest większa niż 1,2 kPa.

Do kategorii zagrożonych wyrzutami metanu i skał zalicza się pokłady węgla kamiennego lub ich części, w których:

- wystąpił wyrzut metanu i skał lub
- wystąpił nagły wypływ metanu lub
- stwierdzono występowanie innych, wymienionych w § 2 pkt 15 Rozporządzenia, objawów wskazujących na wzrost zagrożenia wyrzutami metanu i skał.

Objawami wskazującymi na zwiększenie zagrożenia wyrzutami gazów i skał (zgodnie z obowiązującym Rozporządzeniem) są:

- zwiększone ilości zwiercin, wydmuchy zwiercin i gazów, zakleszczanie lub wypychanie wiertła w czasie wiercenia otworów,

- odpryskiwanie węgla z ociosów i czoła przodka oraz trzaski w głębi calizny,
- zwiększone wydzielanie gazów po robotach strzałowych,
- zwiększenie ilości urobku i jego rozrzucenie na większą odległość od przodka przy tej samej technologii wykonywania robót strzałowych,
- zmniejszenie zwężłości i zmiany struktury węgla w czasie prowadzenia wyrobiska.

Dwa wyrzuty, które wystąpiły w ostatnich latach w kopalniach górnośląskich [2, 3] miały miejsce w rejonach uznanych za niezagrożone i nieskłonne do występowania zjawisk gazogeodynamicznych w tym wyrzutów. Brak zaliczenia oznacza, że w omawianych rejonach nie wystąpiły przekroczenia obowiązujących wskaźników wyrzutowych (matanonośności oraz desorpcji lub zwężłości). Podczas prowadzenia robót przygotowawczych nie zaobserwowano również objawów zagrożenia, co zdaje się wskazywać na słabość rozpoznania zagrożenia wyrzutami w warunkach GZW. Ten niepokojący wniosek skłonił Zespół Pracowni Mikromerytyki, zajmujący się zagadnieniem wyrzutów, do ponownej analizy dotychczasowych dokonań w zakresie badań fizycznej natury zjawiska wyrzutu oraz poszukiwania nowych metod i narzędzi dla oceny stanu zagrożenia wyrzutami w kopalniach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Zadanie to nabiera szczególnej wagi w sytuacji schodzenia z eksploatacją do coraz niżej zalegających pokładów węgla o większej zawartości metanu. W opinii [4] zjawiska gazogeodynamiczne, w tym wyrzuty, występować mogą nie tylko w kopalniach „Pniówek” i „Zofiówka”. W specyficznych warunkach wystąpić mogą również w innych kopalniach jak np.: „Halemba”, „Sośnica”, „Bielszowice”, „Szczygłowice”.

2. Analiza stanu zagrożenia wyrzutami w partii D pokł. 409/4 KWK „Zofiówka” zgodnie z aktualnie obowiązującymi wskaźnikami

Dla rozpoznania i oceny stanu zagrożenia wyrzutami metanu i skał stosowane są aktualnie następujące wskaźniki:

- wskaźnik intensywności desorpcji 2-minutowej dp ,
- wskaźnik zwężłości węgla wg Protodiakonowa f .

Graniczne wartości tych wskaźników wynoszą odpowiednio $dp > 1.2$ kPa, $f < 0.3$, a na podstawie pomiarów wskaźników zagrożenia podejmowane są decyzje dotyczące zaliczenia pokładów do odpowiednich kategorii zagrożenia oraz prowadzenia robót przygotowawczych jak i stosowania profilaktyki wyrzutowej. Przed wyrzutem w chodniku transportowym KWK „Zofiówka”, drążonym w partii D pokładu 409/4 nie zanotowano przekroczeń obowiązujących wskaźników zagrożenia. Po ponownym uruchomieniu robót przygotowawczych w partii D prowadzono systematyczną analizę zmian obowiązujących wskaźników wyrzutowych. Fragment mapy pokładu 409/4 z naniesionymi wyrobiskami pokazano na rys. 1.

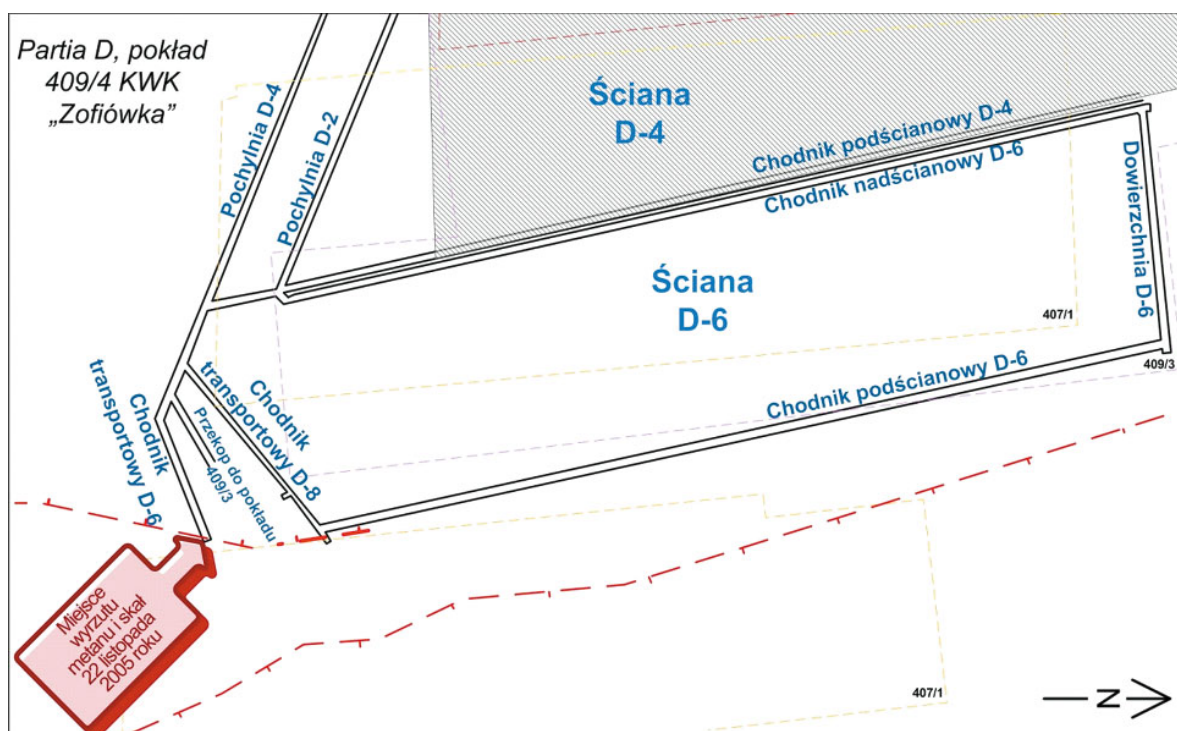
Analizie poddano trzy wydrążone ostatnio wyrobiska chodnikowe w pokładzie 409/4:

- chodnik transportowy D-8,
- chodnik nadścianowy D-6,
- chodnik podścianowy D-6.

W tab. 1 zestawiono wyniki zbiorcze pomiarów wykonanych w tych wyrobiskach.

Tab. 1. Zestawienie wyników pomiarów wskaźników wyrzutowych wykonanych w partii D pokł. 409/4 KWK „Zofiówka”

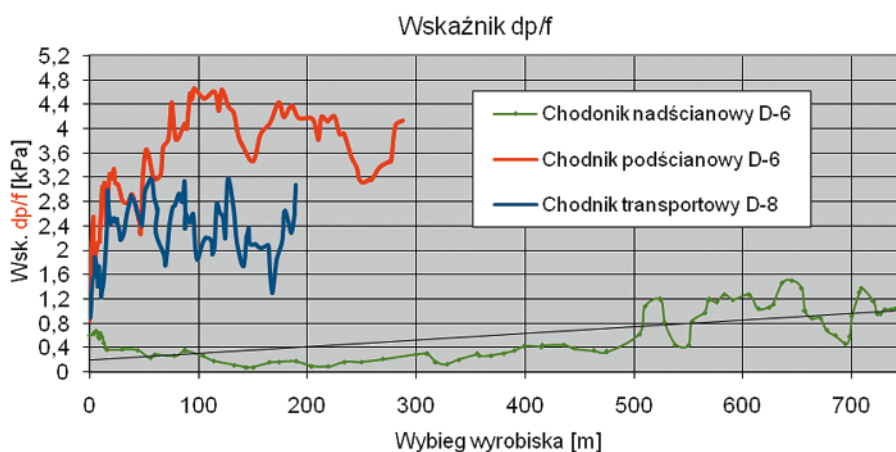
WYROBISKO	dp [kPa]				f [-]				dp/f		
	Liczba pom.	Max.	Śr.	Liczba przekr.	Liczba pom.	Min.	Śr.	Ilość przekr.	Max.	Śr.	Liczba przekr.
Ch. transportowy D-8	618	1,42	0,89	10	103	0,34	0,40	0	3,22	2,23	0
Ch. podścianowy D-6	522	1,32	1,12	32	87	0,30	0,35	0	5,30	3,28	5
Ch. nadścianowy D-6	498	0,70	0,23	0	83	0,32	0,39	0	1,50	0,62	0
PARTIA D	1638	1,42	0,76	42	273	0,30	0,38	0	5,30	2,07	5



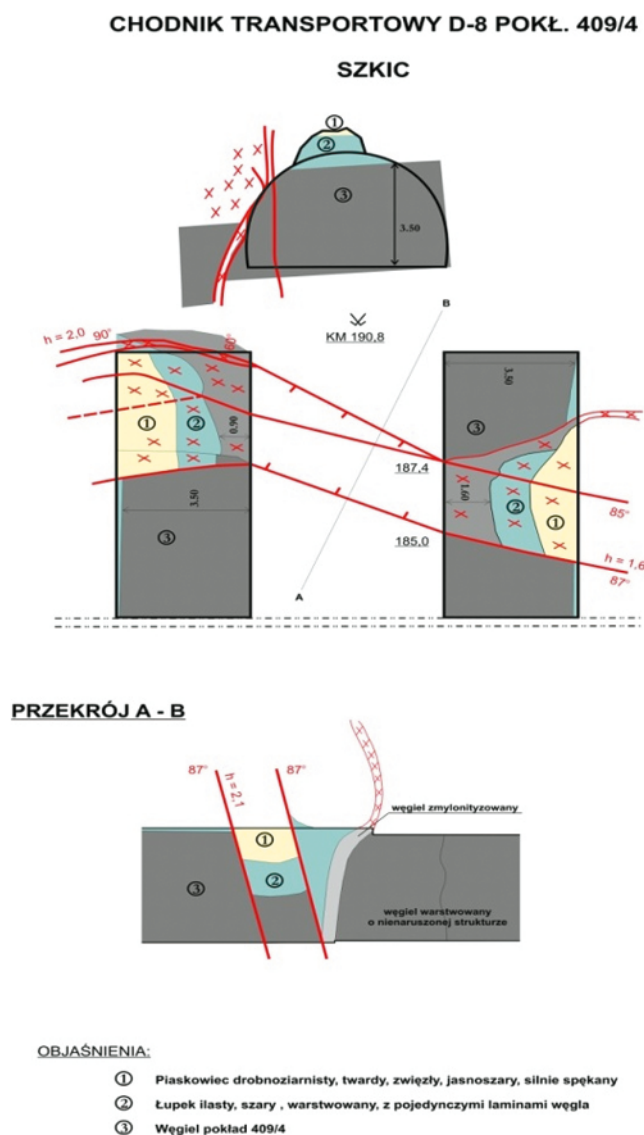
Rys. 1. Fragment mapy pokładu 409/4 KWK „Zofiówka” z naniesionym miejscem wyrzutu

Dodatkowym parametrem obserwowanym podczas drażenia wyrobisk w partii D był wskaźnik dp/f . Wskaźnik ten łączy dwa podstawowe parametry wpływające na możliwość zaistnienia wyrzutu. Są nimi wskaźnik desorpcji informujący pośrednio o zawartości gazów w węglu i kinetyce ich uwalniania oraz zwiększość węgla. Wskaźnik rośnie wraz z zagrożeniem, a jego wartość graniczna (dla $dp = 1.2$ kPa oraz $f = 0.3$) wynosi 4 kPa. Zmienności wskaźników dp/f dla poszczególnych wyrobisk pokazano na rys. 2. Analiza wskaźnika dp/f pokazana na rys. 2 wskazuje, że najwyższe zagrożenie wyrzutowe w partii D występowało w rejonie chodnika podścianowego D-6. Jedynie w tym wyrobisku wartość dp/f przekraczała 4 kPa. Miało to miejsce na odcinkach od $80 < KM < 132$ [m] oraz $147 < KM < 230$ [m]. Warto zwrócić uwagę, że średnia wartość wskaźnika dp/f dla chodnika transportowego D-8 wynosiła 2.24, co wskazuje na średni poziom zagrożenia wyrzutowego w tym wyrobisku.

Analiza wskaźnika desorpcji przedstawiona w pracy [5] pokazała, że możliwe jest bezpieczne prowadzenie robót przy średniej wartości wskaźnika dp wynoszącej ponad 1.2 kPa. Maksymalne wartości wskaźnika desorpcji w partii H w pokładzie 409/3 KWK „Zofiówka” wynosiły 2.9 kPa.

Rys. 2. Przebiegi zmienności wskaźnika dp/f podczas drażenia wyrobisk w partii D pokł. 409/4 KWK „Zofiówka”

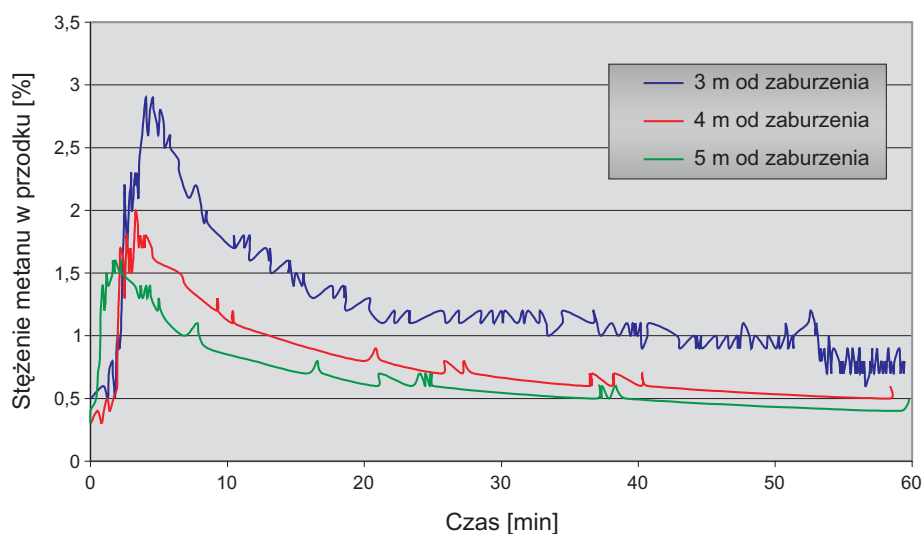
Wysoki, zdaniem autorów, stan zagrożenia w chodniku transportowym D-8 pojawił się jednak w sytuacji, gdy czoło wyrobiska zbliżyło się na odległość kilku metrów od uskoku przesuwczego, pokazanego na rys. 3. Wniosek taki można wysunąć na podstawie analizy zmian stężeń metanu w rejonie czoła chodnika, metanowości wyrobiska po robotach strzałowych oraz zwiększonej ilości urobku stwierdzonej po robotach strzałowych. Na rys. 4 pokazano zapisy zmian stężenia metanu w rejonie czoła chodnika po trzech kolejnych strzelaniach urabiających wykonanych, gdy czoło przodku znajdowało się w odległościach 5, 4 i 3 m od zaburzenia górotworu w końcowej części biegu chodnika. Do każdego ze strzelań zastosowano taką samą metrykę strzałową. Maksymalne stężenia CH_4 w rejonie przodku chodnika wynosiły odpowiednio 1.6, 2.0 oraz 2.9 [%].



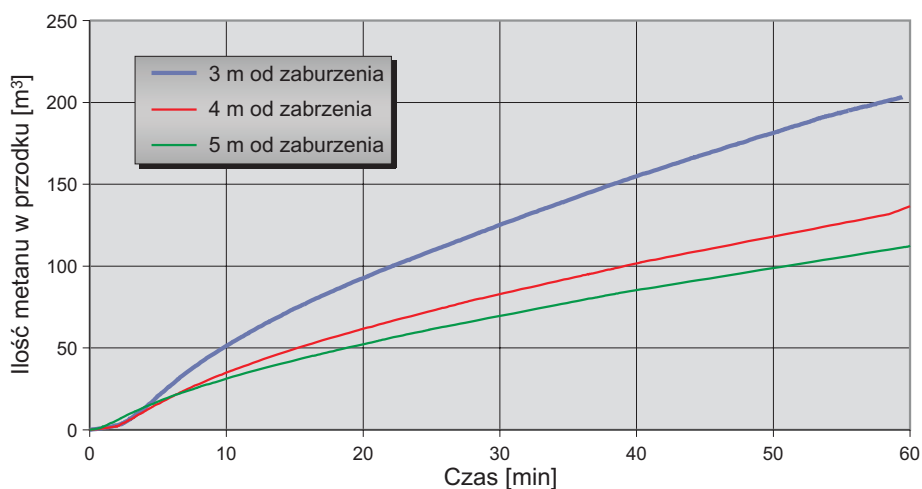
Rys. 3. Szkic strefy uskoku przesuwczego w chodniku transportowym D-8, pokład 409/4

Na podstawie wskazań metanometrii automatycznej wyznaczono również łączną ilość metanu uwolnioną do wyrobiska w czasie 60 minut po strzeleniach urabiających. Czasowe przebiegi uwalniania metanu do chodnika transportowego D-8 przedstawiono na rys. 5. Największe wydzielanie metanu do chodnika miało niewątpliwie związek z pasmem węgla odmienionego strukturalnie, zalegającego za drugim z uskóków, pokazanym na rys. 3. Odgazowanie węgla odmienionego strukturalnie nastąpiło więc w sytuacji, gdy odległość czoła przodku chodnika transportowego D-8 wynosiła ok. 5-6 [m] od uskoku. Topolnicki i inni [6] wykonali pomiary zmian ciśnienia złożowego metanu przed czołem chodników drążonych kombajnami.

Stwierdzili oni, że przyprzodkowa strefa spękana i odgazowana ma długość około 2-3 [m]. Większy zasięg przyprzodkowej strefy spękań w chodniku transportowym D-8 związany jest z prowadzeniem urabiania za pomocą MW.



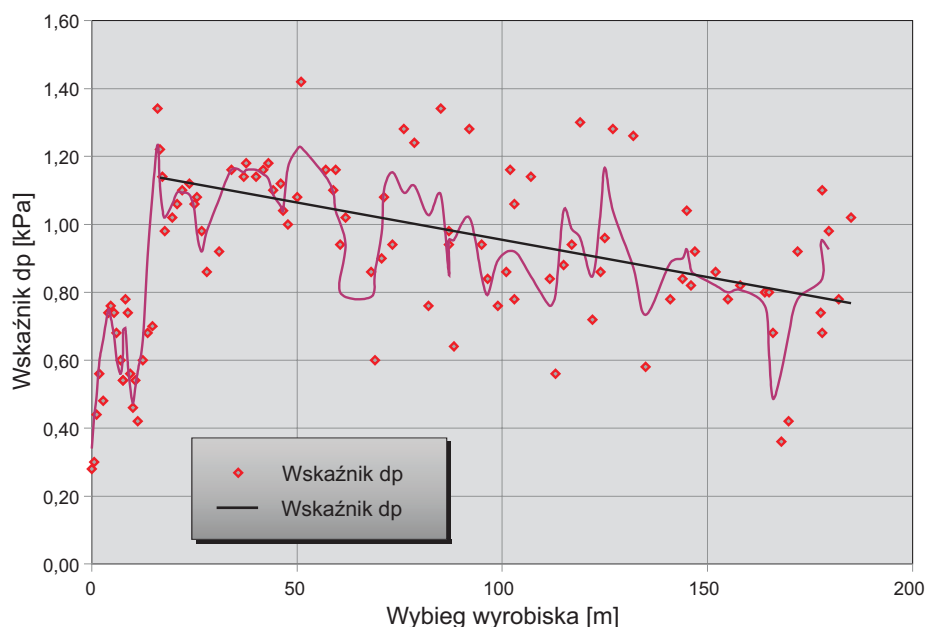
Rys. 4. Wskazania stężeń metanu w rejonie przodku chodnika transportowego D-8 po trzech kolejnych strzelaniach urabiających



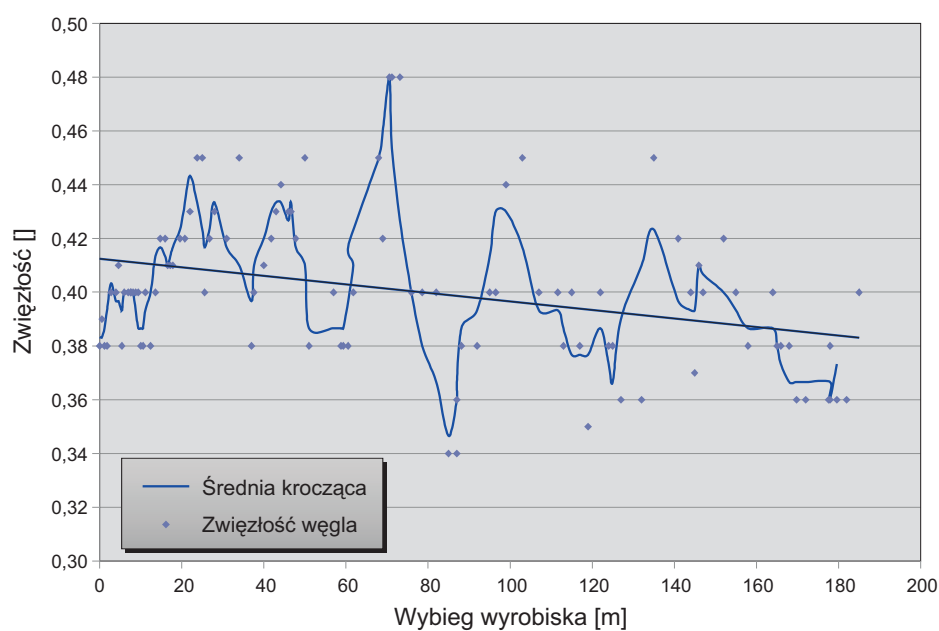
Rys. 5. Przebiegi uwalniania metanu do chodnika transportowego D-8 podczas zbliżania się czoła chodnika do zaburzenia geologicznego

Analiza wyników pomiarów obowiązujących wskaźników wskazuje na niewysoki poziom zagrożenia wyrzutami w rejonie analizowanej partii pokładu 409/4. Przedstawione na wykresach z rys. 6 i 7 przebiegi zmian wskaźnika zwięzłości i desorpcji nie wykazały również wzrostu stanu zagrożenia wyrzutami podczas zbliżania się chodnika transportowego D-8 do uskoku przesuwczego, czyli tego samego uskoku, w którym wystąpił wyrzut metanu i węgla w roku 2005.

Nie stwierdzono również żadnych objawów gazowych podczas wykonywania wierceń wyprzedzających w tym rejonie. Wnioski te zdają się wskazywać, na pewną niedoskonałość aktualnie obowiązujących metod oceny zagrożenia wyrzutowego w warunkach GZW.



Rys. 6. Przebieg wskaźnika desorpcji w chodniku transportowym D-8



Rys. 7. Przebieg zwięźłości węgla w chodniku transportowym D-8

3. Nowe narzędzia badawcze wykonane w Pracowni Mikromerytyki IMG PAN

3.1. Oprogramowanie APM

Obserwacje z chodnika transportowego D-8 skłoniły autorów do analizy zmienności metanowości innych wyrobisk zagrożonych wyrzutami. Do celów analizy zmian metanowości wyrobisk przygotowano oprogramowanie „APM”.

Program „APM – Analiza pomiarów metanowości” powstał w środowisku programistycznym Borland C++ Builder 6.0 Personal Edition. Stworzony system służy do automatyzacji odczytu pomiarów metanowości z plików tekstowych generowanych przez metanometrię automatyczną kopalń. Metanomierze rejestrujące

czasowe zmiany zawartości metanu w powietrzu w kopalniach generują pliki tekstowe ogromnych rozmiarów, toteż odczyt, edycja czy też odpowiednia interpretacja wyników jest bardzo czasochłonna i niemalże niemożliwa.

Stworzony system „APM – Analiza pomiarów metanowości” umożliwia prostą i bardzo przejrzystą analizę wyników pomiarowych w dowolnych przedziałach czasowych. Ponadto program w automatyczny sposób interpretuje generowane wyniki, dzięki czemu ich edycja nie jest już konieczna.

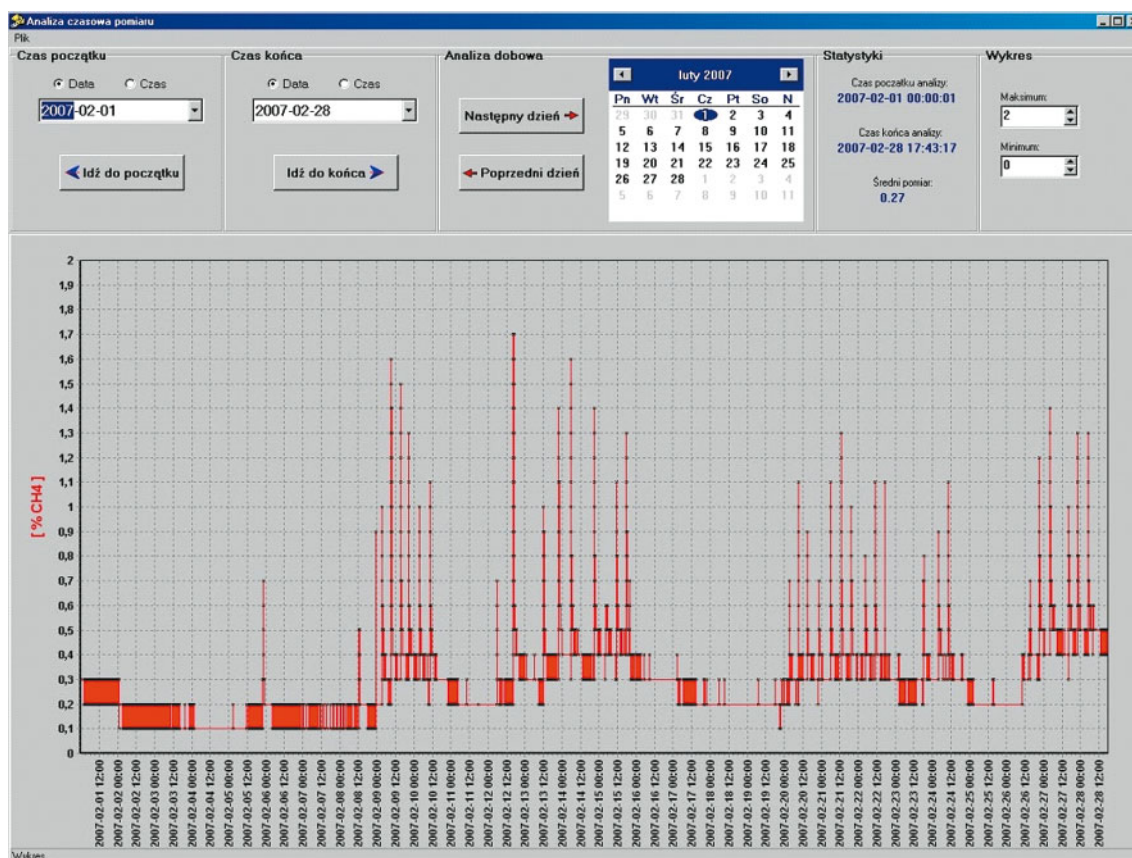
Główne możliwości, jakie daje stworzony system „APM” to przede wszystkim:

- analizy czasowe pomiarów w dowolnych przedziałach,
- analizy dobowe pomiarów,
- edycja i usuwanie wyników pomiaru,
- generowanie wyników pomiaru do plików tekstowych „łatwo” interpretowalnych przez inne systemy (np. MS Excel),
- zapis przebiegów czasowych pomiarów do plików graficznych.

Okno główne programu „APM” oraz przykładowy raport w postaci wykresu wygenerowany przez system prezentują rys. 8 i rys. 9.

Lp.	Czas Początku	Pomiar [%CH4]	Czas pomiaru	Status
1	01.02.2007 0:00:01	0.3	02:15:10	
2	01.02.2007 2:15:11	0.2	00:00:06	
3	01.02.2007 2:15:17	0.3	00:18:08	
4	01.02.2007 2:33:25	0.2	00:00:02	
5	01.02.2007 2:33:27	0.3	00:14:48	
6	01.02.2007 2:48:15	0.2	00:00:06	
7	01.02.2007 2:48:21	0.3	00:03:34	
8	01.02.2007 2:51:55	0.2	00:00:30	
9	01.02.2007 2:52:25	0.3	00:12:40	
10	01.02.2007 3:05:05	0.2	00:00:08	
11	01.02.2007 3:05:13	0.3	00:00:32	
12	01.02.2007 3:05:45	0.2	00:00:12	
13	01.02.2007 3:05:57	0.3	00:00:15	
14	01.02.2007 3:06:12	0.2	00:00:05	
15	01.02.2007 3:06:17	0.3	00:00:14	
16	01.02.2007 3:06:31	0.2	00:00:11	
17	01.02.2007 3:06:42	0.3	00:12:55	
18	01.02.2007 3:19:37	0.2	00:00:05	
19	01.02.2007 3:19:42	0.3	00:00:15	
20	01.02.2007 3:19:57	0.2	00:00:34	
21	01.02.2007 3:20:31	0.3	00:01:17	
22	01.02.2007 3:21:48	0.2	00:00:13	
23	01.02.2007 3:22:01	0.3	00:00:34	
24	01.02.2007 3:22:35	0.2	00:00:36	
25	01.02.2007 3:23:11	0.3	00:01:47	
26	01.02.2007 3:24:58	0.2	00:00:13	
27	01.02.2007 3:25:11	0.3	00:02:40	
28	01.02.2007 3:27:51	0.2	00:00:21	
29	01.02.2007 3:28:12	0.3	00:00:19	
30	01.02.2007 3:28:31	0.2	00:00:06	
31	01.02.2007 3:28:37	0.3	00:00:18	
32	01.02.2007 3:28:55	0.2	00:00:06	
33	01.02.2007 3:29:01	0.3	00:01:24	
34	01.02.2007 3:30:25	0.2	00:00:06	

Rys. 8. Okno główne programu „APM – Analiza pomiarów metanowości”



Rys. 9. Przykładowy plik raportu wygenerowany przez system „APM – Analiza pomiarów metanowości”

3.2. Nowe stanowisko do badań nad wyrzutami węgla i gazu w warunkach laboratoryjnych

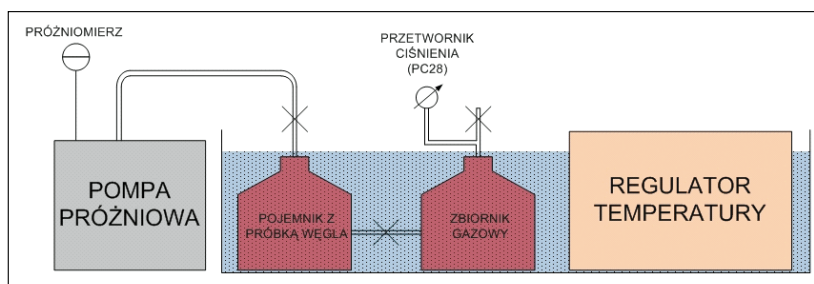
W związku z intensyfikacją prac badawczych związanych z wyrzutami skalno-gazowymi, w 2007 roku w pracowni Mikromerytyki IMG PAN wykonane zostało drugie stanowisko do badań tego zjawiska w skali laboratoryjnej. Jednym z głównych zadań podczas jego tworzenia było napisanie programu komputerowego służącego do wszechstronnej analizy danych pomiarowych. Oprogramowanie umożliwia obliczanie parametrów filtracyjnych brykietów węglowych, czasowo-przestrzennych rozkładów ciśnień wewnątrz brykietu węglowego oraz rozkładów naprężeń we wnętrzu brykietu węglowego wywołanych nierównomiernym rozkładem ciśnienia porowego w trakcie prowokowania wyrzutów laboratoryjnych. Planuje się rozszerzenie gamy generowanych wyników o nowe, takie jak gęstość energii gazu zgromadzonego w brykiecie. Stanowisko to zostało opisane szczegółowo w osobnej publikacji pt.: „Program do kompleksowego przetwarzania i analizy danych z eksperymentów filtracyjnych i wyrzutowych prowadzanych na stanowisku rury wyrzutowej”.

3.3. Stanowisko pomiarowe do badania sorpcji gazów na węglach kamiennych

W roku bieżącym przygotowano stanowisko do pomiarów pojemności sorpcyjnej oraz kinetyk sorpcji metanu na węglu. Stanowisko to przedstawiono na rys. 10.

Stanowisko do badań sorpcyjnych składa się z następujących elementów:

- pojemniki sorpcyjne o znanych objętościach,
- przetwornik ciśnienia,
- łaźnia termostatyczna,
- pompa próżniowa,
- głowica próżniowa wraz z próżniomierzem,
- karta przetworników A/C,
- komputer PC.



Rys. 10. Schemat oraz widok ogólny stanowiska do badań sorpcyjnych

Stanowisko to pozwala na badanie przebiegu sorpcji w temperaturach od 293 K do 313 K metodą objętościową.

4. Kierunki badań zjawiska wyrzutów węgla i gazów podjęte w Pracowni Mikromerytyki

Badania nad wyrzutami węgla i gazu prowadzone w IMG PAN można podzielić na dwa kierunki:

- kontynuacja badań natury zjawiska wyrzutu w warunkach laboratoryjnych na stanowisku rury wyrzutowej,
- badania układu węgiel-metan w aspekcie możliwości wystąpienia zjawisk gazogeodynamicznych.

Badania na stanowisku „rury wyrzutowej” mają na celu poznanie fizycznej natury zjawiska wyrzutu. W tym aspekcie analizowane są nie tylko właściwości filtracyjne i wytrzymałościowe wybranych węgli kamiennych, ale również udział sorpcji w inicjacji wyrzutu i transporcie mas powyrzutowych.

Badania te pozwolą na kontrolę procesów prowadzących do zaistnienia zjawiska oraz procesów zachodzących podczas jego przebiegu. Badania te mają na celu postawienie hipotezy wyężeniowej dla zjawiska wyrzutu węgla i gazu.

W ramach badań układu węgiel – metan planowane jest określenie własności węgla nieodmienionych, węgla odmienionego strukturalnie oraz mas powyrzutowych względem metanu, ze szczególnym uwzględnieniem porowatości oraz pojemności sorpcyjnych węgli. Innym, niezwykle ważnym parametrem jest kinetyka akumulacji/uwalniania gazu. Jej znajomość odgrywa bardzo ważną rolę w określeniu rozkładów ciśnienia gazu, generujących naprężenia „gazowe” [7, 8]. Znajomość kinetyki akumulacji/uwalniania jest również konieczna dla określenia strat gazu podczas pobierania węgla do badań metanonośności. Opracowanie nowej metody oznaczania metanonośności, uwzględniającej aktualne warunki złożowe występujące w kopalniach jest pierwszym z Wniosków Komisji [9] skierowanych do zaplecza naukowo-badawczego. Informacje o układzie węgiel-gaz w połączeniu z własnościami mechanicznymi węgla pozwolą na podjęcie próby weryfikacji hipotezy wyężeniowej postawionej dla warunków laboratoryjnych. Prace te pozwolą również na bilansowanie gazu w rejonie kawerny wyrzutowej.

Autorzy uważają, że największą rolę w procesach prowadzących do zaistnienia wyrzutu węgla i gazu odgrywa gaz wolny (zawarty w porach i szczelinach węgla). Ważnym parametrem, mającym wpływ

na zagrożenie wyrzutami węgla i metanu może być więc porowatość węgla. Wzrost porowatości oznacza bowiem, że w tych samych warunkach termodynamicznych wzrasta ilość wolnego metanu, a tym samym wzrasta energia potencjalna gazu zgromadzonego w węglu.

W laboratorium Pracowni Mikromerytyki w roku bieżącym zakupiono dwa piknometry. Pierwszy z nich jest piknometrem helowym przeznaczonym do wyznaczania gęstości rzeczywistej materiałów porowatych. Drugi z piknometrów jest piknometrem *quasi*-cieczowym. W aparacie tym przeprowadza się precyzyjny pomiar objętości próbki w środowisku *quasi*-cieczowej substancji DryFlo na zasadzie objętościowego podstawienia substancji DryFlo przez analizowaną próbkę, umieszczoną w cylindrze pomiarowym. Wprowadzając do pamięci urządzenia masę próbki można wyznaczyć jej gęstość objętościową. Pomiar gęstości



Rys. 11. Piknometr helowy AccuPyc oraz *quasi*-cieczowy GeoPyc w „Laboratorium układu węgiel-gaz” IMG-PAN

rzeczywistej w piknometrze helowym a następnie gęstości pozornej w piknometrze *quasi*-cieczowym pozwala na określenie porowatości próbek. Zdjęcia piknometrów pokazano na rys. 11.

Pracę wykonano w ramach pracy statutowej realizowanej w IMG PAN Kraków w roku 2007, finansowanej przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 14 czerwca 2002 r. w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych (Dz. U. Nr 94, poz. 841, z 2003 r. Nr 181, poz. 1777 oraz z 2004 r. Nr 219, poz. 2227.
- [2] Jakubów A., Tor A., Tobiczak S., *Wyrzut metanu i skał w drążonej lunecie rurowej II na poziomie 1000 m w KWK „Pniówek” okoliczności, przyczyny i skutki*, Szkoła Eksploatacji Podziemnej, Szczyrk, 2003.
- [3] Młynarczyk M., Wierzbicki M., *Węgiel odmieniony strukturalnie w rejonie wyrzutu w chodniku transportowym D-6 w pokładzie 409/4 KWK „Zofiówka” – pomiary stereologiczne*, Archives of Mining Sciences, vol. 51, 2006.
- [4] Krause E., *Analiza potencjalnego zagrożenia wyrzutami gazów i skał w kopalniach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*, Wiadomości Górnicze, 6/2005.
- [5] Wierzbicki M., *Analiza zmienności wskaźnika desorpcji z zastosowaniem metody średnich ruchomych – WUG*, Bezpieczeństwo pracy i ochrona środowiska w górnictwie, Nr 3 (139)/2006, s. 22-27.
- [6] Topolnicki J., Wierzbicki M., Skoczylas N., *Wyrzuty skalno-gazowe w świetle badań laboratoryjnych i pomiarów kopalnianych*, Archives of Mining Sciences, Vol. 49, s. 99-116, 2004.
- [7] Topolnicki J., *Wyrzuty skalno-gazowe w świetle badań laboratoryjnych i modelowych*, Rozprawa habilitacyjna, Inst. Gospod. Surowcami Mineralnymi PAN, Kraków, s. 63, Kraków, 1999.

- [8] Wierzbiński M., *Zmiany stanu naprężenia i wyężenia materiału w trakcie prowokowania i inicjacji laboratoryjnego wyrzutu skalno-gazowego*, IMG PAN, Rozprawy, monografie, Nr. 4, s. 134, 2003.
- [9] Sprawozdanie Komisji powołanej dla zbadania przyczyn i okoliczności wyrzutu metanu i skał oraz wypadku zbiorowego, zaistniałego w dniu 22 listopada 2005 r. w Jastrzębskiej Spółce Węglowej S.A. w Kopalni Węgla Kamiennego „Zofiówka” w Jastrzębiu Zdroju. Katowice, luty 2006, (materiały niepublikowane).

New methods and instruments for sudden gas and coal outburst research

Abstract

Experiences obtained up to now in mines of Upper Silesian Coal Basin indicated that outburst potential in this region has a local character, connected with geological disturbances. Obligatory use outbursts prediction indexes seems to be not enough suffice for the complete estimation of outburst danger. This article presents new methods and instruments prepared in the Laboratory of Micromeritics IMG PAN, helpful for investigation of nature of outbursts. There were presented also new research directions of gas and coal outbursts and instruments for their realization.

Keywords: gas and coal outburst, desorption index, sorption, methane

Recenzent: Prof. dr hab. inż. *Wacław Dziurzyński*, Instytut Mechaniki Górotworu PAN