

Monitoring metanowości wentylacyjnej przy użyciu metanoanemometru stacjonarnego

JANUSZ KRUCZKOWSKI, PIOTR OSTROGÓRSKI

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

Streszczenie

Artykuł przedstawia wyniki eksperymentalnych pomiarów metanowości wentylacyjnej w chodniku nadścianowym. Wykorzystano nowo opracowane w IMG PAN stacjonarne urządzenie pomiarowe o nazwie metanoanemometr. Metanoanemometr jest układem hybrydowym umożliwiającym jednoczesne pomiary prędkości przepływu powietrza i stężenia metanu. Na ich podstawie wyliczany jest strumień objętości metanu. Weryfikację działania urządzenia przeprowadzono przy wykorzystaniu metanoanemometru ręcznego typu SOM 2303 stosując technikę trawersu. Wyniki poddano analizie, uwzględniając dane pomiarowe uzyskane z systemu telemetrii kopalnianej.

Słowa kluczowe: wentylacja kopalń, metanowość wentylacyjna, stężenie metanu, anemometr, metanoanemometr

1. Wprowadzenie

Profilaktyka zagrożenia metanowego stanowi jedno z podstawowych działań mających na celu zapewnienie bezpieczeństwa podczas prowadzenia robót górniczych. Jednym z jej elementów jest ocena zagrożenia w oparciu o wiedzę, o ilości metanu znajdującego się w strumieniu powietrza przewietrzającego wyrobiska kopalni. Wskaźniki określające stopień zagrożenia, takie jak metanowość kryterialna czy całkowita metanowość wentylacyjna wymagają znajomości wielkości strumienia objętości metanu w przestrzeni wyrobiska oraz rurociągach odmetanowania [6]. Na fotografii 1 pokazano opracowany w IMG PAN nowy stacjonarny przyrząd pomiarowy (metanoanemometr) służący do wyznaczania strumienia objętości metanu w wyrobisku kopalni, co jednocześnie oznacza możliwość wykonywania przy jego pomocy ciągłego pomiaru i obserwacji metanowości wentylacyjnej np. rejonu ściany [3-5]. Pomiar realizowany jest w oparciu o synchronicznie uzyskiwane dane z czujników stężenia metanu i czujnika anemometrycznego. Obliczenia wykonywane są dla zmierzonego w miejscu zabudowy przekroju wyrobiska, którego pole powierzchni wprowadza się do pamięci przyrządu. Istotną cechą metanoanemometru MPM jest wyposażenie go w dodatkowy, zewnętrzny czujnik stężenia metanu. Poddawane wspólnej analizie dane z obu czujników umożliwiają zwiększenie dokładności pomiaru w przypadku występowania niejednorodnego pola stężeń metanu w przekroju zabudowy metanoanemometru. Bardzo ważna jest również, dzięki takiemu rozwiązaniu, możliwość szybkiego wykrycia stanu awaryjnego jednego z czujników. Na fotografii nie jest widoczny trzeci element zestawu pomiarowego – monitor danych i optycznej sygnalizacji stanów alarmowych. Metanoanemometr MPM wymaga współpracy z cyfrowymi centralami telemetrycznymi wyposażonymi w specjalistyczne oprogramowanie dedykowane do jego obsługi. Obecnie trwają prace mające na celu wdrożenie rozwiązania do stosowania z centralą jednego z polskich producentów.

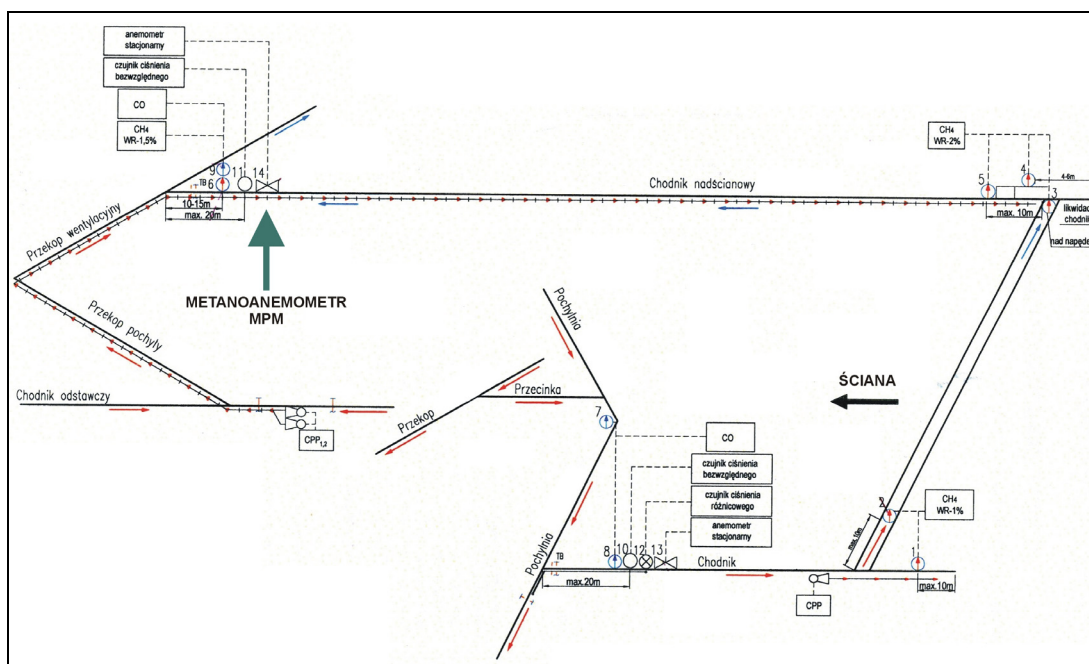
2. Pomiary metanowości wentylacyjnej

Rejon ściany w którym wykonano eksperymenty pomiarowe wraz ze schematem zabezpieczeń telemetrycznych pokazano na rysunku 1. Ściana była przewietrzana systemem na U z doświeżaniem górnego naroża. W ramach profilaktyki zastosowano odmetanowanie. W chodniku nadścianowym zabudowane były:



Fot. 1. Metanoanemometr stacyjny MPM.
Główny zespół pomiarowy i moduł dodatkowego czujnika stężenia metanu

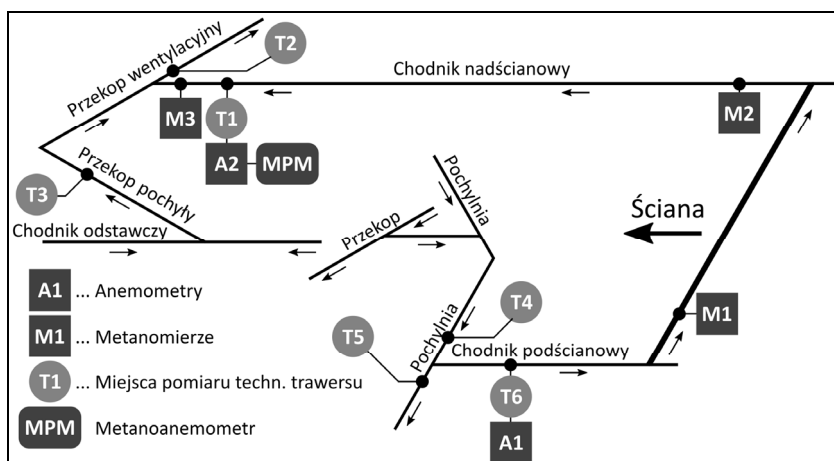
lutniociąg o średnicy 1000 mm, rurociąg odmetanowania o średnicy 300 mm i szyna transportu podwieszanego. Chodniki nadścianowy i podścianowy miały 500 m długości. Pomiarzy wykonano w trakcie trwania jednej zmiany roboczej, w czasie której prowadzone było wydobywanie.



Rys. 1. Schemat zabezpieczeń telemetrycznych rejonu ściany i miejsce zabudowy metanoanemometru stacyjnego MPM

Na rysunku 2 pokazano rozmieszczenie w rejonie wybranych czujników systemu telemetrii kopalnianej oraz punkty w których wykonano pomiary ręczne przy pomocy metanoanemometru SOM 2303 [1] i miejsce zabudowy metanoanemometru stacyjnego MPM.

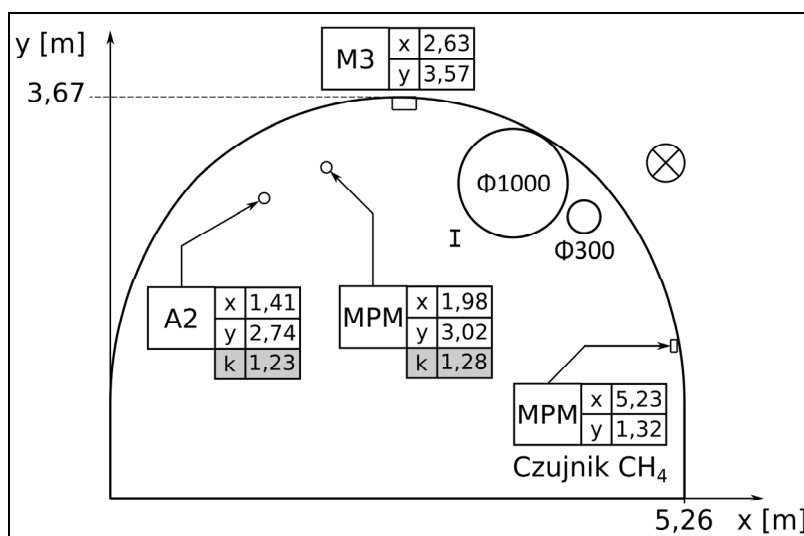
Bezpośrednio przed eksperymentem zostały poddane wzorcowaniu czujniki metanu i anemometryczne w metanoanemometrach MPM i SOM 2303. Zastosowano mieszanki o podwyższonej dokładności wykonania i wzorcowanie anemometrów w laboratorium akredytowanym. W przeprowadzonych pomiarach wykorzystano wchodzące w skład kopalnianej systemu telemetrycznego anemometry stacyjne oznaczone symbolami A1 i A2 oraz metanomierze stacyjne M1, M2, M3. Kopalnia dostarczyła własne dane pomiarowe, które posłużyły do porównań z wynikami uzyskanymi przez pracowników IMG PAN.



Rys. 2. Rozmieszczenie czujników pomiarowych i miejsc trawersowania

Metanomierz M3 typu CSM-1 był zabudowany w odległości około 12 m od skrzyżowania chodnika nadścianowego z przekopem wentylacyjnym. W odległości około 20 m zabudowany był anemometr stacjonarny A2 typu SAT-1. W tym samym przekroju umieszczono metanoanemometr MPM. W chodniku podścianowym około 15 m od skrzyżowania z pochylnią zamontowany był anemometr stacjonarny A1 typu SAT-1. W ścianie w odległości około 5 m od skrzyżowania z chodnikiem podścianowym był zamontowany metanomierz M1 typu CSM-1. W chodniku nadścianowym około 5 m od skrzyżowania ze ścianą był zamontowany metanomierz M2 typu CSM-1. Anemometry A1 i A2 były anemometrami skrzydełkowymi, a metanomierze M1-M3 posiadały pelistorowe czujniki stężenia metanu typu katalitycznego i konduktometrycznego. Pomiar porównawczy strumienia objętości metanu wykonano na wylocie z rejonu ściany w okolicy skrzyżowania chodnika nadścianowego z przekopami wentylacyjnym i pochyłym oraz na wlocie do rejonu w okolicy skrzyżowania chodnika podścianowego z pochylnią. Miejsca pomiarów oznaczone są symbolami T1-T6. W celu wykonania tych pomiarów użyto metanoanemometru ręcznego typu SOM 2303. W trakcie trwania pomiarów przepływ powietrza w rejonie ściany był ustalony i nie wykonywano żadnych regulacji w sieci wentylacyjnej.

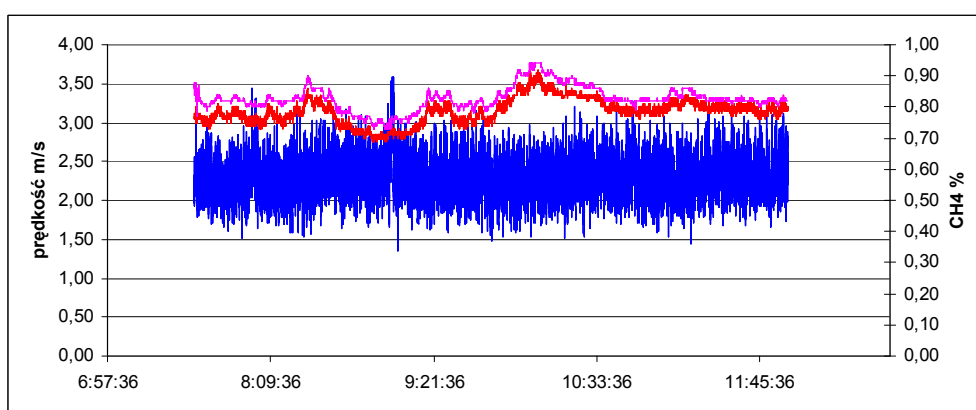
Na rysunku 3 widoczne są dane geometryczne wymiarów przekroju wyrobiska i położenia czujników pomiarowych w miejscu zamontowania metanoanemometru MPM. Zaznaczono również położenie metanomierza M3, który był przesunięty względem miejsca przekroju o około 8 m w kierunku skrzyżowania. Metanoanemometr i anemometr A2 zamontowane były na sztywnych wysięgnikach dystansujących je od ociosu. Na wysokości 1,32 m na prawym ociosie zainstalowano dodatkowy czujnik stężenia metanu metanoanemometru MPM. Chodnik nadścianowy prowadzony był w obudowie typu ŁP10/V32.



Rys. 3. Rozmieszczenie czujników pomiarowych i elementów wyposażenia technicznego w przekroju chodnika nadścianowego

Dla metanoanemometru MPM został wyznaczony współczynnik korekcji $k_1 = 1,28$. Należy zauważyć, że jest on bardzo zbliżony do współczynnika $k_2 = 1,23$ stosowanego dla anemometru stacjonarnego A2 znajdującego się w sąsiedztwie metanoanemometru. Można twierdzić, że zbieżność nie jest przypadkowa. Wynika to ze stosowania przez zespół pomiarowy działu wentylacji kopalni anemometrów ręcznych typu mAS4 posiadających świadectwa wzorcownia z laboratorium akredytowanego i (jak zaobserwowano w trakcie pomiarów) stosowania prawidłowej techniki trawersu.

Na rysunku 4 przedstawiono wyniki rejestracji uzyskane z metanoanemometru MPM. Czas rejestracji wynosił 4 h 22 min. W zarejestrowanym przebiegu zmian prędkości powietrza widoczne są duże fluktuacje lokalne charakterystyczne dla przepływów w wyrobiskach kopalnianych. Czujniki stężenia metanu oprócz lokalnych niewielkich zmian, pozwoliły zaobserwować zmiany długookresowe związane z prowadzoną przy pomocy kombajnu eksploatacją ściany. Amplituda tych zmian wynosiła 0,22% V/V CH₄. Należy zwrócić uwagę na widoczną różnicę zmierzonych wartości stężeń. Dodatkowy czujnik metanu umieszczony na ociosie zmierzył początkowo większe wartości niż czujnik wewnętrzny. W czasie trwania rejestracji różnica ta ulegała stopniowemu zmniejszaniu.



Rys. 4. Prędkość powietrza (wykres położony najniżej) i stężenia metanu zarejestrowane przez metanoanemometr MPM

Można postawić hipotezę, że zjawisko, polegające na różnicy stężeń pomiędzy czujnikami, może być spowodowane istnieniem niejednorodnego pola rozkładu stężenia metanu pomimo odległości od naroża ściany wynoszącej 500 m. Świadczyłoby to o niecałkowitym wymieszaniu się metanu na tak długim odcinku chodnika. Można również rozważać występowanie emisji metanu z ociosu wyrobiska do jego przestrzeni wewnętrznej. Ze względu na staranne przygotowanie eksperymentu od strony metrologicznej, na obecnym etapie badań należy wykluczyć wpływ niestabilności parametrów metrologicznych czujników stężenia metanu na dokładność pomiarów.

Na podstawie uzyskanych danych został wyznaczony uśredniony strumień objętości metanu. W tabeli 1 pokazano wyniki pomiarów i obliczony strumień metanu na podstawie danych z wewnętrznego czujnika stężenia. W tabeli 2 są analogiczne wyniki, strumień jest policzony jednak dla dodatkowego czujnika metanu. Różnica w wielkości strumieni wynika z różnicy zmierzonych wartości średnich stężeń metanu wynoszących odpowiednio 0,79% i 0,83% CH₄.

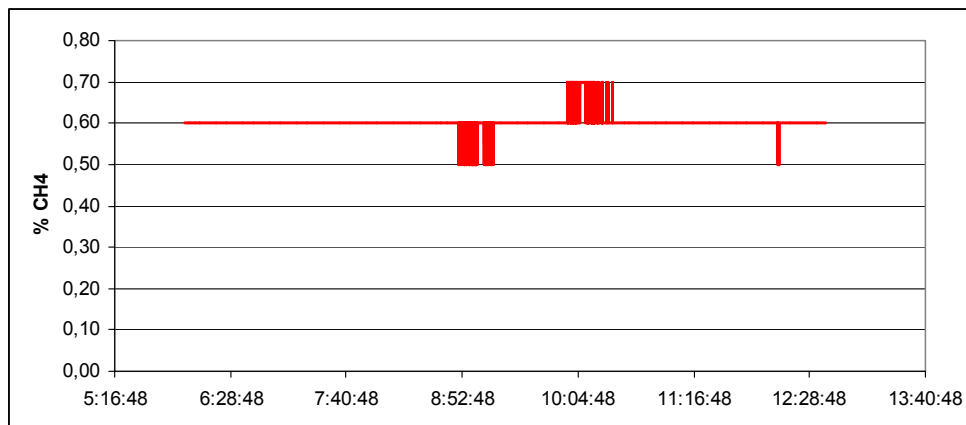
Tab. 1. Wyniki pomiaru metanoanemometrem MPM w chodniku nadścianowym.
Dane z wewnętrznego czujnika stężenia metanu

Średnia prędkość lokalna, m/s	Średnie lokalne stężenie CH ₄ , %	Pole przekroju m ²	Współczynnik korekcji k ₁	Uśredniony strumień objętości metanu, m ³ /min
2,28	0,79	15,40	1,28	21,30

Tab. 2. Wyniki pomiaru metanoanemometrem MPM w chodniku nadścianowym.
Dane z dodatkowego czujnika stężenia metanu

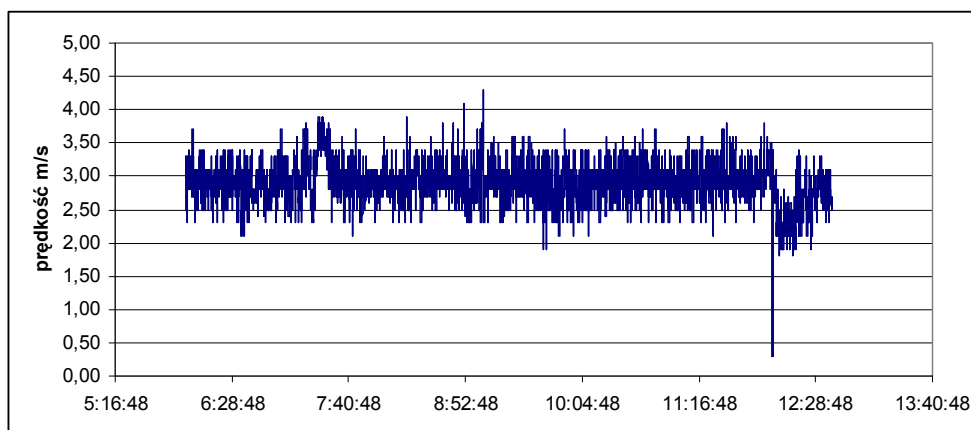
Średnia prędkość lokalna, m/s	Średnie lokalne stężenie CH ₄ , %	Pole przekroju m ²	Współczynnik korekcji k ₁	Uśredniony strumień objętości metanu, m ³ /min
2,28	0,83	15,40	1,28	22,38

Na rysunkach 5 i 6 przedstawiono rejestracje z metanomierza i anemometru kopalnianego systemu telemetrii. Rysunek 5 pokazuje rejestrację stężenia metanu przez metanomierz M3 od początku zmiany aż do czasu zakończenia eksperymentu. W stosunku do rejestracji metanoanemometrem MPM widoczna jest niższa rozdzielczość pomiarowa metanomierza. Wskazywane stężenie metanu jest stałe przez większość czasu pomiaru, co nie jest zgodne z prawdą jak pokazuje rejestracja wykonana metanoanemometrem (Rys. 4).



Rys. 5. Stężenie metanu zarejestrowane przez metanomierz M3.
Chodnik nadścianowy, 12 m od skrzyżowania z przekopem wentylacyjnym

Na rysunku 6 pokazano rejestrację prędkości przepływu wykonaną anemometrem A2 od początku zmiany aż do czasu zakończenia pomiarów. Również w tym przypadku widoczna jest niższa rozdzielczość pomiarowa w stosunku do metanoanemometru MPM. Gwałtowny, chwilowy spadek prędkości po koniec rejestracji związany był z zakłóceniem spowodowanym demontażem metanoanemometru MPM.



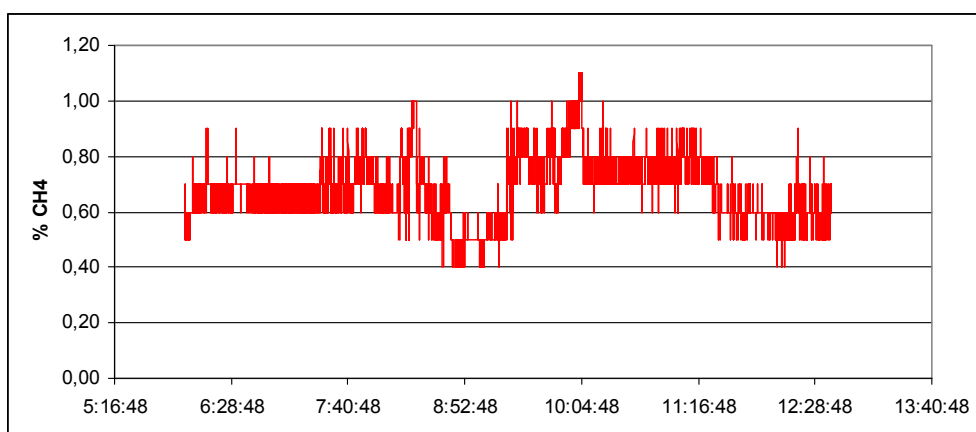
Rys. 6. Prędkość powietrza zarejestrowana przez anemometr A2.
Chodnik nadścianowy

Na podstawie danych z kopalnianych czujników stacjonarnych i po przyjęciu danych kopalni dotyczących współczynnika korekcyjnego $k_2 = 1,23$ i pola przekroju $A = 14,8 \text{ m}^2$, wyznaczono strumień objętości metanu wynoszący $19,20 \text{ m}^3/\text{min}$ (Tab. 3). Dane zostały wzięte za okres czasu odpowiadający czasowi rejestracji metanoanemometrem MPM pokazanej na rysunku 4.

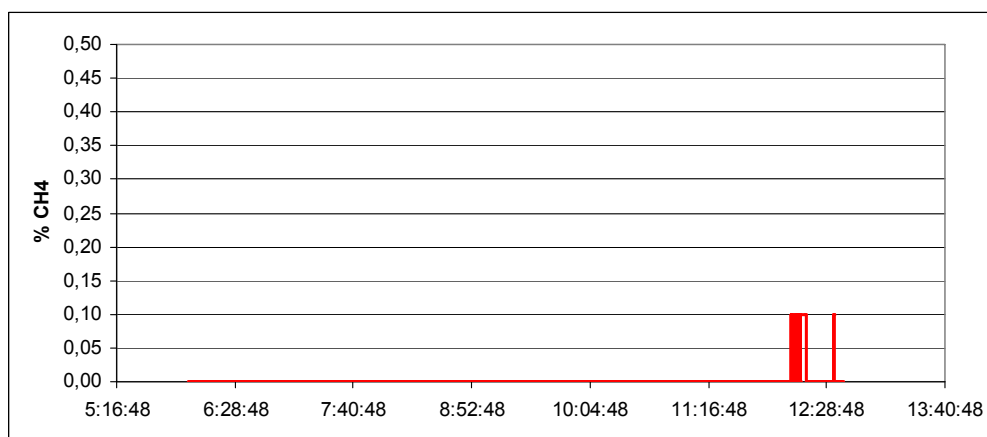
Tab. 3. Wyniki pomiaru czujnikami systemu telemetrii w chodniku nadścianowym

Średnia prędkość lokalna. Anemometr A2, m/s	Średnie lokalne stężenie CH_4 . Metanomierz M3,%	Pole przekroju, m^2	Współczynnik korekcyjnego k_2	Uśredniony strumień objętości metanu, m^3/min
2,93	0,60	14,80	1,23	19,20

Rysunki 7-9 przedstawiają rejestracje pozostałych przyrządów stacjonarnych telemetrii kopalnianej. Obejmują czas od początku zmiany do końca pomiarów. Metanomierz M2 pokazuje duże wahania stężenia metanu związane z prowadzeniem urabiania ściany kombajnem. Proces mieszania się metanu na długości chodnika nadścianowego z powietrzem tłoczonym lutniociągami powoduje, że metanomierz M3 i metanoanemometr MPM na wylocie chodnika nie rejestrują już tego zjawiska (Rys. 4 i 5). Dotyczy to szczególnie metanomierza M3 ze względu na jego niską rozdzielczość. Z rejestracji pokazanej na rysunku 8 wynika, że do wlotu ściany nie jest dostarczane powietrze zawierające metan. Z tego powodu służby wentylacyjne mogą przyjmować metanowość wentylacyjną całkowitą rejonu ściany za równą metanowości wentylacyjnej mierzonej na wylocie chodnika nadścianowego.

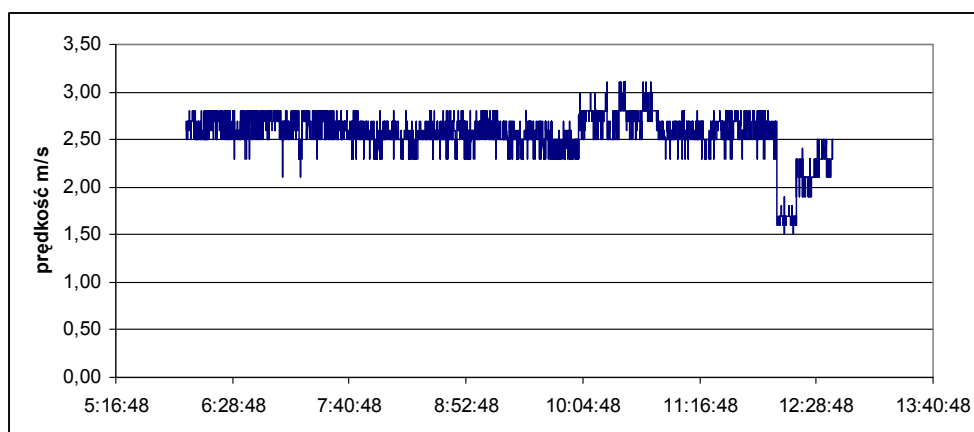


Rys. 7. Stężenie metanu zarejestrowane przez metanomierz M2.
Ściana wylot 5 m przed ścianą



Rys. 8. Stężenie metanu zarejestrowane przez metanomierz M1.
Ściana, wlot 5 m w ścianie

Rysunek 9 przedstawia rejestrację prędkości na wlocie chodnika podścianowego. Widoczne pod koniec rejestracji nagłe obniżenie prędkości spowodowane było chwilowym otwarciem tamy poza rejonem ściany. Wystąpiło ono jednak już po zakończeniu pomiarów i nie zostało zarejestrowane przez metanoanemometr MPM. Ciekawym jest fakt braku zmian stężenia metanu rejestrowanego przez metanomierz M2 (Rys. 5), będącego reakcją na zmianę warunków przewietrzania ściany.



Rys. 9. Prędkość powietrza zarejestrowana przez anemometr A1.
Chodnik podścianowy 20 m od skrzyżowania

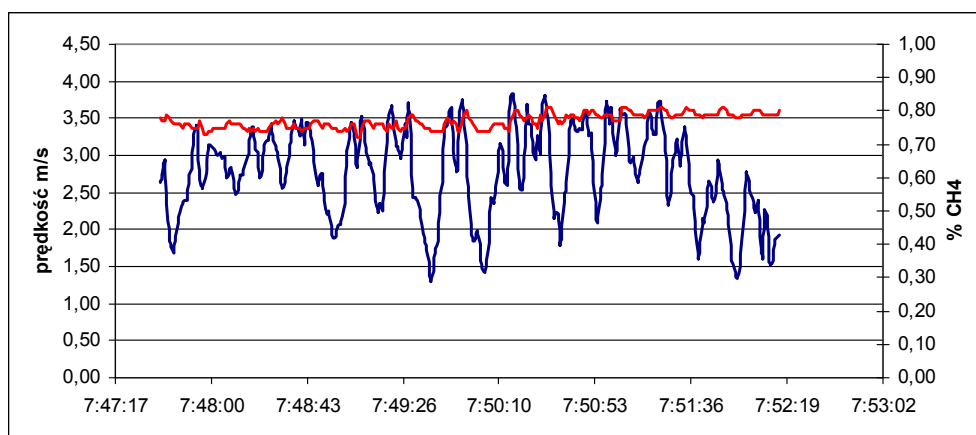
3. Pomiary porównawcze metanowości wentylacyjnej

W trakcie eksperymentów zastosowano alternatywną metodę pomiarową przy wykorzystaniu opracowanych w IMG PAN nowych przyrządów pomiarowych. Na fotografii 2 pokazano metanoanemometr SOM 2303. Jest to ręczny przyrząd służący do wyznaczania strumienia objętości metanu metodą trawersu ciągłego. Urządzenie charakteryzuje się bardzo dobrymi i wiarygodnymi parametrami metrologicznymi. Jest dopuszczone do stosowania w polach metanowych kopalń głębinowych. Prawidłowo wykonywana procedura pomiarowa wymaga użycia specjalnego wysięgnika będącego na wyposażeniu przyrządu (Fot. 2). Metanoanemometr SOM 2303 wykonuje jednocześnie pomiar i rejestrację stężenia metanu i prędkości powietrza. Dodatkowo wprowadzana jest informacja o polu powierzchni dla mierzonego strumienia umożliwiając wyświetlanie w czasie rzeczywistym wyniku pomiaru strumienia objętości metanu.



Fot. 2. Metanoanemometr ręczny SOM 2303

Na rysunku 10 przedstawiono zarejestrowane rozkłady pól stężenia metanu i prędkości powietrza w przekroju poprzecznym chodnika nadścianowego. Rejestrację przeprowadzono w miejscu zamontowania czujników stacjonarnych oznaczonym symbolem T1 (Rys. 2). Wykonano precyzyjny trawers pionowy w całym przekroju trwający 4 min. 39 s.



Rys. 10. Rejestracja T1 trawersu metanoanemometrem ręcznym. Chodnik nadścianowy. Kolorem czerwonym (jaśniejszym) oznaczono stężenie metanu

Widoczne na rejestracji zmiany stężeń metanu i prędkości są wynikiem istnienia ustalonych pól rozkładu tych wielkości. Takie stwierdzenie jest zasadne w odniesieniu do prędkości w przypadku stacjonarności przepływu. Dla metanu zmiany stężenia mogą być dodatkowo spowodowane lokalnymi zmianami jego koncentracji.

Tab. 4. Wyniki pomiaru metanoanemometrem ręcznym w chodniku nadścianowym

Średnia prędkość w przekroju chodnika, m/s	Średnie stężenie CH ₄ w przekroju chodnika, %	Pole przekroju m ²	Strumień objętości metanu m ³ /min
2,76	0,77	15,40	19,64

W tabeli 2 dla porównania pokazano odpowiadające dane – uzyskane i przyjmowane przez służby wentylacyjne kopalni – które zostały otrzymane w oparciu o procedurę pomiarową, standardowo stosowaną w polskim górnictwie. Polega ona na uzyskaniu danych o średniej prędkości powietrza w przekroju wyrobiska przez pomiar anemometrem ręcznym metodą trawersu. Dane o wielkości stężenia pochodzą z lokalnego pomiaru metanomierzem stacjonarnym i są uśrednione w określonym przedziale czasowym, od czasu trwania jednej zmiany do okresu tygodniowego lub miesięcznego. Dane prezentowane w tabeli 2 są uzyskane dla czasu trwania jednej zmiany.

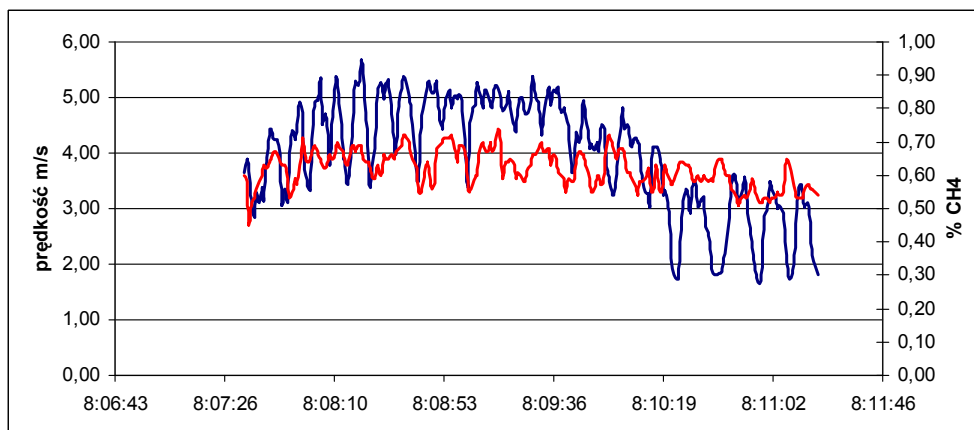
Tab. 5. Strumień objętości metanu w chodniku nadścianowym obliczony przez służby wentylacyjne kopalni

Średnia prędkość w przekroju chodnika, m/s	Średnie lokalne stężenie CH ₄ , %	Pole przekroju m ²	Strumień objętości metanu m ³ /min
2,70	0,60	14,80	14,39

Zauważalne są różnice w pomiarach stężenia metanu i pola przekroju przedstawionych w obu tabelach. Ponieważ obydwie czujniki metanoanemometru MPM pokazywały wartości średnie stężenia metanu za czas trwania eksperymentu wynoszące 0,8% CH₄, a także wartość stężenia metanu zmierzona metanoanemometrem SOM 2303 wyniosła 0,77% CH₄ należy właściwie te wyniki uznać za prawidłowe. Wydaje się za zbyt mało prawdopodobne, aby metanomierz M3 umieszczony najwyżej w przekroju wyrobiska wskazywał wartości stężenia, aż o 0,2% CH₄ mniejsze od pozostałych czujników. W przypadku określenia wielkości przekroju Tab. 2, zastosowano metodę polegającą na wykonaniu szeregu pomiarów geometrii obudowy, a następnie dopasowaniu przy pomocy programu komputerowego rzeczywistej geometrii do modelu obudowy ŁP10/V32, wykonanego w oparciu o dane techniczne. Odjęte zostały również pola przekrojów poprzecznych istniejących w przekroju urządzeń. Powyższe fakty stanowią przesłankę aby twierdzić, że pomiar wykonany

metanoanemometrem SOM 2303 jest pomiarem bardziej wiarygodnym. Ponieważ stężenia metanu rejestrowane na wlocie ściany przez metanomierz M1 są bardzo bliskie 0% CH₄ wynik obliczeń wielkości strumienia objętości metanu podany w tabeli 5 przyjmowany jest jako wartość metanowości wentylacyjnej ściany.

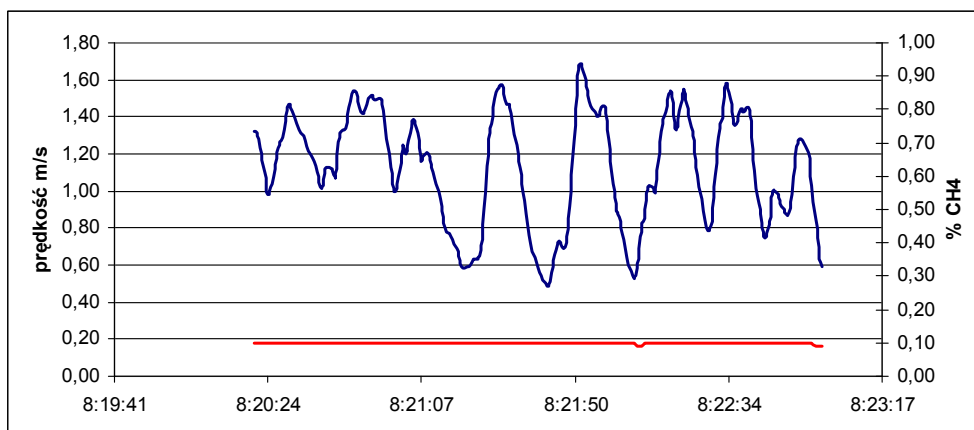
Podjęto również próbę oszacowania bilansu strumieni objętości metanu w węźle na wlocie chodnika nadścianowego (punkty pomiarowe T1, T2, T3) i w węźle na wlocie chodnika podścianowego (punkty pomiarowe T4, T5, T6). Wyniki rejestracji pomiarów w węźle chodnika nadścianowego są pokazane na rysunkach 10-12. Wyniki obliczeń zamieszczono w tabelach 4, 6 i 7.



Rys. 11. Rejestracja T2 trawersu metanoanemometrem ręcznym. Przekop wentylacyjny. Kolorem czerwonym (jaśniejszym) oznaczono stężenie metanu

Tab. 6. Wyniki pomiaru metanoanemometrem ręcznym w przekopie wentylacyjnym

Średnia prędkość w przekroju chodnika, m/s,	Średnie stężenie CH ₄ w przekroju chodnika, %	Pole przekroju m ²	Strumień objętości metanu m ³ /min
3,97	0,62	16,40	24,22



Rys. 12. Rejestracja T3 trawersu metanoanemometrem ręcznym. Przekop pochyły. Kolorem czerwonym (jaśniejszym) oznaczono stężenie metanu

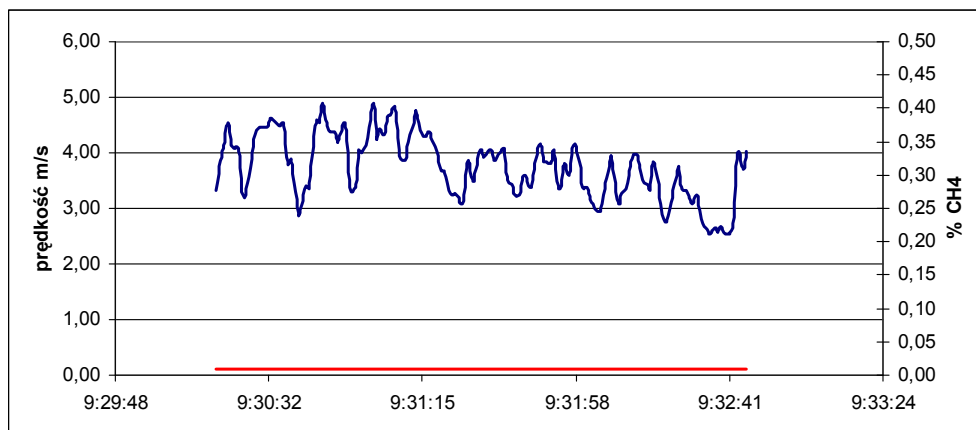
Tab. 7. Wyniki pomiaru metanoanemometrem ręcznym w przekopie pochyłym

Średnia prędkość w przekroju chodnika, m/s	Średnie stężenie CH ₄ w przekroju chodnika, %	Pole przekroju m ²	Strumień objętości metanu m ³ /min
1,12	0,10	15,34	1,03

Uzyskane wyniki, pomimo dotrzymania należytej staranności przy wykonywaniu pomiarów nie dają możliwości prawidłowego zbilansowania strumieni objętości metanu w węźle. Suma strumieni z przekopu pochyłego i chodnika nadścianowego nie jest równa strumieniowi zmierzonemu w przekopie wentylacyj-

nym. Rozbieżność będzie jeszcze większa jeżeli posłużymy się do bilansowania wielkością metanowości wentylacyjnej przyjmowanej przez kopalnię.

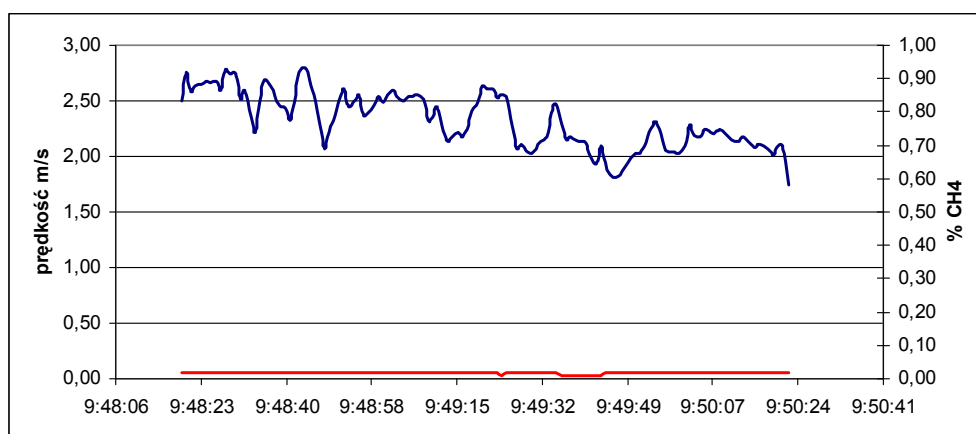
Na rysunkach 13-15 przedstawiono wyniki rejestracji w węźle wlotowym chodnika podścianowego. Pomiary były utrudnione przez obecność dodatkowych urządzeń w przekroju, przede wszystkim przenośnika taśmowego. Nie można było również precyzyjnie wyznaczyć przekroju wyrobisk. Analizując wyniki wyznaczenia strumieni metanu zamieszczone w tabelach 8-10 można dojść do przekonania, że są one prawidłowe. Warunki w jakich był wykonany pomiar nie pozwalają jednak na takie stwierdzenie. Tylko ze względu na śladową ilość metanu można przyjąć, że strumień objętości metanu jest bliski zeru.



Rys. 13. Rejestracja T4 trawersu metanoanemometrem ręcznym SOM. Pochylnia przed wlotem do chodnika podścianowego. Kolorem czerwonym (jaśniejszym) oznaczono stężenie metanu

Tab. 8. Wyniki pomiaru metanoanemometrem ręcznym w pochylni przed wlotem do chodnika podścianowego

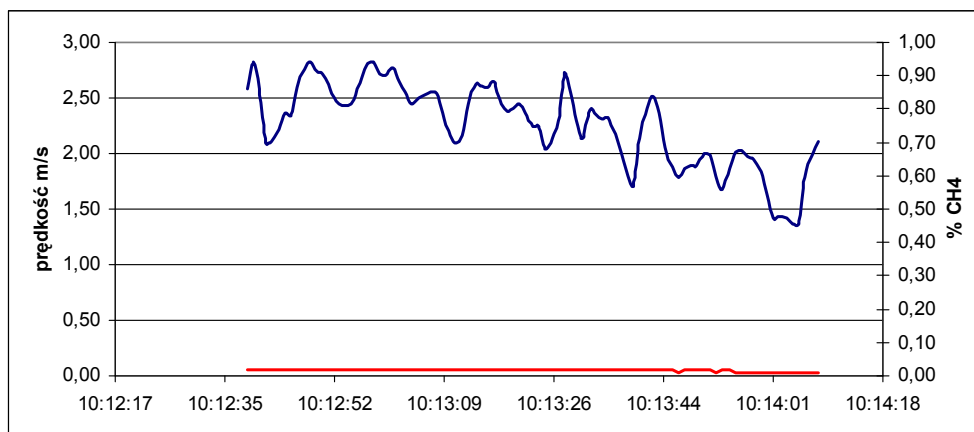
Średnia prędkość w przekroju chodnika, m/s	Średnie stężenie CH ₄ w przekroju chodnika, %	Pole przekroju m ²	Strumień objętości metanu m ³ /min
3,71	0,01	15,50	0,35



Rys. 14. Rejestracja T5 trawersu metanoanemometrem ręcznym SOM. Pochylnia za wlotem do chodnika podścianowego. Kolorem czerwonym (jaśniejszym) oznaczono stężenie metanu

Tab. 9. Wyniki pomiaru metanoanemometrem ręcznym w pochylni za wlotem do chodnika podścianowego

Średnia prędkość w przekroju chodnika, m/s	Średnie stężenie CH ₄ w przekroju chodnika, %	Pole przekroju m ²	Strumień objętości metanu m ³ /min
2,27	0,02	11,02	0,30



Rys. 15. Rejestracja T6 trawersu metanoanemometrem ręcznym SOM. Chodnik podścianowy. Kolorem czerwonym (jaśniejszym) oznaczono stężenie metanu

Tab. 10. Wyniki pomiaru metanoanemometrem ręcznym w chodniku podścianowym

Średnia prędkość w przekroju chodnika, m/s	Średnie stężenie CH ₄ w przekroju chodnika, %	Pole przekroju m ²	Strumień objętości metanu m ³ /min
2,24	0,02	14,32	0,38

4. Podsumowanie

Metanoanemometr stacjonarny MPP z modułem zewnętrznego czujnika stężenia metanu jest innowacyjnym urządzeniem pomiarowym mogącym służyć do ciągłego monitorowania metanowości wentylacyjnej w wyrobiskach kopalni. Zastosowanie drugiego czujnika, który może być instalowany w innym miejscu niż przyrząd zasadniczy, zmniejsza niepewność wyznaczania strumienia objętości i podnosi funkcjonalność przyrządu. Jak pokazały przeprowadzone eksperymentalne pomiary w rejonie ściany, wybór właściwego miejsca zainstalowania przyrządu i prawidłowe wyznaczenie współczynnika korekcji dla czujnika anemometrycznego, pozwalają na uzyskanie wyników bardzo zbliżonych do otrzymanych przy wykorzystaniu metody trawersu ciągłego za pomocą metanoanemometrów typu SOM 2303.

W trakcie prowadzonych pomiarów zaobserwowano dużą rozbieżność pomiędzy otrzymanymi wynikami, a danymi jakimi dysponuje kopalnia. Podobne sytuacje miały miejsce wielokrotnie podczas przeprowadzania eksperymentów pomiarowych w kopalniach, w ramach badań naukowych wykonywanych przez pracowników IMG PAN. Taka sytuacja świadczy o tym, że często służbom wentylacyjnym nie są znane rzeczywiste wartości takich wielkości jak strumień objętości powietrza czy strumień objętości metanu. Jeżeli nawet reagują prawidłowo na zmiany ich wielkości, to istnieje podwyższone prawdopodobieństwo zaistnienia stanu katastroficznego. Nieznajomość rzeczywistych danych pomiarowych pociąga za sobą następnie, utrudnione lub błędne wyjaśnianie przyczyn katastrof górniczych.

Nie udało się również w ramach przedstawionych pomiarów zbilansowanie strumieni objętości metanu w węzłach. Powyższe uwagi są przesłanką do dalszych prac mających na celu wypracowanie prawidłowych procedur pomiaru metanowości wentylacyjnej. W oparciu o nowoczesne rozwiązania metrologii takie jak SOM 2303, MPM, wielopunktowe systemy pomiaru rozkładów stężeń metanu i prędkości przepływu powietrza, należałoby zweryfikować stosowane od lat procedury i wytyczne do oceny i zwalczania zagrożenia metanowego w kopalniach węgla kamiennego. Znajomość jak najbardziej zbliżonych do rzeczywistych, wartości ilości metanu znajdującego się w powietrzu sieci wentylacyjnej kopalni, jest istotna nie tylko w aspekcie bezpieczeństwa przy prowadzeniu robót górniczych. Metan należy do gazów cieplarnianych, których emisja podlega coraz większym restrykcjom, w tym finansowym. Udowodnienie rzeczywistych wielkości emisji może być wkrótce bardzo istotne dla przedsiębiorców.

Praca została wykonana w roku 2016 w ramach prac statutowych realizowanych w IMG PAN w Krakowie, finansowanych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Autorzy dziękują za udział w pomiarach dołowych dr inż. B. Gluchowi.

Literatura

- [1] Kruczkowski J., Ostrogórski P., 2015: *Metanoanemometr SOM 2303. Nowoczesne metody zwalczania zagrożeń aerologicznych w podziemnych wyrobiskach górniczych*. Główny Instytut Górnictwa. ISBN 9788361126942. Katowice.
- [2] Kruczkowski J., 2013: *Rozkłady stężeń metanu w wyrobiskach przyścianowych. Zagrożenia aerologiczne w kopalniach węgla kamiennego – profilaktyka, zwalczanie, modelowanie, monitoring*. Główny Instytut Górnictwa. Katowice.
- [3] Kruczkowski J., 2013: *Wyznaczanie metanowości wentylacyjnej przy pomocy nowej techniki pomiarowej*. Materiały 7 Szkoły Aerologii Górniczej. Politechnika Śląska. Wydział Górnictwa i Geologii. Instytut Eksploatacji Złóż. Gliwice.
- [4] Janus J., Krawczyk J., Kruczkowski J., 2013: *Nowe rozwiązania urządzeń do pomiaru pól prędkości i rozkładów stężenia metanu oraz wyniki badań porównawczych*. Prace Instytutu Mechaniki Górnotworu PAN.
- [5] Kruczkowski J., Ostrogórski P., 2013: *Urządzenie do pomiaru prędkości przepływu powietrza i stężenia metanu w wyrobisku kopalni*. Prace Instytutu Mechaniki Górnotworu PAN.
- [6] Uszko M., Kloc L., Szafranski M., Kołodziej J., 2012: *O wyznaczaniu wskaźnika efektywności odmetanowania*. Górnictwo i geologia, T4, zeszyt 7.

Monitoring of volume flow of methane in ventilation air with a stationary combined methane and air velocity sensor

Abstract

This paper presents experimental results of volume flow of methane measurements in tailgate of a longwall. Methaneanemometer – a new in-home designed stationary device was tested in-situ. Methaneanemometer is a hybrid set, which enables simultaneous measurements of air velocity and methane concentration. Based on this measurement the device calculates volume flow of methane. Verification of device was performed using hand held derivative of the methaneanemometer named SOM 2303. The reference flow rate was measured with a continuous traverse method. Results were analyzed using mine telemetry data.

Keywords: mine ventilation, volume flow, methane concentration, anemometer, methaneanemometer.