

Badania rozkładu stężenia metanu wzdłuż ściany wydobywczej w warunkach ruchowych

PAWEŁ JAMRÓZ, STANISŁAW WASILEWSKI

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

Streszczenie

Stosowane obecnie w kopalniach systemy metanometrii automatycznej spełniają wymagania w zakresie kontroli zagrożenia metanowego i zabezpieczenia stref wyrobisk, w których znajdują się ludzie i pracują maszyny. Tradycyjny system gazometrii automatycznej składa się z zestawu czujników, kablowej sieci transmisji sygnałów oraz centrali powierzchniowej będącej nadrzędnym urządzeniem sterującym oraz realizującej akwizycję danych.

Często praktyka i zdarzenia ostatnich lat pokazują, że w przypadku zaburzeń geologicznych pojawiają się strefy podwyższonego wydzielania metanu, a wówczas tradycyjne zabezpieczenia metanometryczne, zgodne z przepisami, okazują się niewystarczające. Stąd coraz częściej kopalnie stosują indywidualne rozwiązania kontroli metanu z dodatkowymi metanomierzami (Wasilewski i in., 2007). Wadą stacjonarnych, systemów metanometrii automatycznej jest mała mobilność czujników w sztywnej instalacji związanej liniami transmisyjno-zasilającymi. Istnieje potrzeba uzupełnienia tych systemów o urządzenia mobilne posiadające parametry metrologiczne i funkcjonalne jak tradycyjne rozwiązania. Wykorzystując możliwości technicznie opracowano (*Raport PS8, 2014*) rozszerzony o mobilne czujniki z transmisją radiową, system metanometrii automatycznej, który poddano badaniom.

W artykule przedstawiono wyniki obserwacji rozkładu metanu wzdłuż ściany w warunkach poligonowych w ścianie Cw-4 w pokładzie 364/2 KWK Budryk, które prowadzono w ramach zadania Nr 8 pt. „Opracowanie systemu gazometrycznego powodującego natychmiastowe wyłączenie energii zasilającej maszyny i urządzenia w przypadku nagłego wypływu metanu ze zrobów do wyrobisk eksploatacyjnych”, Projektu Strategicznego pt. „Poprawa bezpieczeństwa pracy w kopalniach” (*Raport PS8, 2014*).

Słowa kluczowe: stężenie metanu, ściana wydobywcza, wentylacja kopalń

1. Wprowadzenie

Badania wpływu pracy maszyn w ścianie pokazują, istotne zmiany stężenia metanu w kanale ściany w czasie pracy maszyn urabiających i transportujących urobek wzdłuż ściany (Wasilewski, 2010; *Sprawozdanie IMG PAN, 2009*). Jakkolwiek systemy metanometrii automatycznej spełniają stosowane w kopalniach wymagania aktualnych przepisów w zakresie kontroli zagrożenia metanowego i zabezpieczenia stref wyrobisk, w których znajdują się ludzie i pracują maszyny, to jednak praktyka i zdarzenia pokazują przypadki kiedy kontrola metanu okazała się nieskuteczna. Zgodnie z obowiązującymi przepisami górnictwymi w ścianie wydobywczej czujniki, kontrolują stężenie metanu na wlocie i wylocie ze ściany. Długość eksploatowanych ścian oraz występujące zaburzenia geologiczne w przestrzeni ściany oraz możliwość nagłych wypływów metanu ze strefy zrobowej za obudową (na skutek zawału stropu, wstrząsów) stwarzają dodatkowe zagrożenia. Jest oczywistym, że w przypadku niebezpiecznych wzrostów stężenia metanu w ścianie może się zdarzyć, że zainstalowane tam urządzenia (np. maszyny urabiające) mogą pracować w atmosferze wybuchowej dopóki stężenie metanu na wylocie ze ściany nie wzrośnie do poziomu, przy którym zadziała czujnik systemu metanometrii wyłączając energię elektryczną w ścianie. Jest to istotne również dlatego, że obecnie wzrasta liczba i moc urządzeń zainstalowanych bezpośrednio w rejonie ściany.

Powyższe uwagi, wynikające z wcześniejszych badań oraz wnioski po katastrofach, w których dochodziło do wybuchu metanu przy sprawnie działającej metanometrii, zaproponowano (*Raport PS8, 2014*), rozbudowę systemu metanometrycznego przez uzupełnienie zabezpieczeń metanometrycznych systemami o rozszerzonej funkcjonalności. Przyjęto, że podstawowym zadaniem systemu będzie monitorowanie stężeń

metanu wzdłuż ściany oraz w wybranych miejscach, gdzie można się spodziewać emisji metanu z za sekcji obudowy oraz ze strefy zawału. Zaproponowano czujniki systemu, z transmisją radiową, które nie są związane instalacją zasilająco-transmisyjną, co zwiększa ich mobilność i możliwość zabudowy w miejscach, w których istnieje niebezpieczeństwo szybkich wypływów metanu. Takie rozwiązanie mogą skrócić czas transportu gazu unoszonego z powietrzem do czujnika i zapewnić szybką reakcję układów zabezpieczeń.

W ramach zadania Nr 8 pt. „Opracowanie systemu gazometrycznego powodującego natychmiastowe wyłączenie energii zasilającej maszyny i urządzenia w przypadku nagłego wypływu metanu ze zrobów do wyrobisk eksploatacyjnych”, Projektu Strategicznego pt. „Poprawa bezpieczeństwa pracy w kopalniach” opracowany został moduł pomiarowy z radiową transmisją danych stanowiący rozszerzenie systemu gazometrycznego. Próby ruchowe modułu pomiarowego z radiową transmisją danych przeprowadzono w ścianie Cw-4 w pokładzie 364/2 KWK Budryk oraz w ścianie H-2a pokł. 409/3 w KWK „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie” Ruch „Zofiówka” (Wasilewski, Araszczuk, 2014), które dostarczyły bogaty materiał poznawczy dla poznania rozkładu stężenia metanu wzdłuż ściany wydobywczej, co jest przedmiotem niniejszych rozważań.

2. Idea rozszerzenia systemu metanometrii automatycznej

W pokładach silnie metanowych, w przestrzeniach poeksploatacyjnych (zrobach) gromadzi się metan. Jego stężenia mogą wahać się zależnie od głębokości, czy sposobu przewietrzania od kilku % CH_4 w bezpośrednim sąsiedztwie przestrzeni roboczej ściany, za sekcjami obudowy, do kilkudziesięciu % CH_4 w głębszych partiach zrobów (*Raport PS3, 2013*). Te nagromadzenia wysokich stężeń metanu mogą w sposób szybki lub gwałtowny pojawić się w kanale ściany i/lub wyrobiskach przyległych, w wyniku spadków ciśnienia atmosferycznego, krótkich spięć w układach wentylacyjnych, oberwania skał stropowych w zrobach na skutek tąpnięć, lub wstrząsu górotworu, a także wybuchu metanu w przestrzeni zrobów.

Szybkość reakcji systemu na pojawiające się nagle wzrosty koncentracji metanu jest zdeterminowana następującymi czynnikami:

- położeniem czujnika względem miejsca wypływu metanu (odległością),
- prędkością przepływu powietrza w wyrobisku,
- czasem dyfuzyjnego wnikania gazu do komory pomiarowej czujnika,
- czasem zadziałania układów wykonawczych (wyłączających),
- cyklem pomiarowym odpytywania czujnika przez system, w przypadku złożonych układów odsyłania wyłączeń (matrycy wyłączeń).

Badania i praktyka potwierdzają, że czas reakcji systemu na gwałtowny wzrost koncentracji metanu, bardzo istotny wpływ ma lokalizacja czujnika w stosunku do miejsca potencjalnego wypływu metanu. Zalecane wymaganiami przepisów miejsca zabudowy czujników zapewniają właściwą ochronę wyrobisk w przypadku powolnych zmian stężenia metanu. Jednak, w przypadku szybkich wypływów metanu np. ze zrobów, taki sposób zabudowy uniemożliwia natychmiastową reakcję. Metan dotrze do czujnika z opóźnieniem wynikającym z odległości i szybkości przepływu powietrza (unoszenia zaburzenia metanu) w wyrobisku, stąd przy znacznych odległościach, podczas transportu gazu do czujnika, może nawet dojść do wybuchu metanu. Istnieje zatem potrzeba, aby w miejscach najbardziej narażonych na wypływy metanu do wyrobiska, uzupełnić tradycyjne systemy metanometrii automatycznej z czujnikami stacjonarnymi, o urządzenia posiadające parametry metrologiczne i funkcjonalne zbieżne z obecnymi systemami, ale równocześnie umożliwiające budowę mobilnej sieci zabezpieczeń metanometrycznych. Realizacja takiej idei jest możliwa, jeśli transmisja sygnałów pomiarowych i alarmowych z czujników, wyposażonych w autonomiczne źródła zasilania będzie odbywała się drogą radiową do central lokalnych, które będą transmitowały sygnały do dyspozytorni powierzchniowej z wykorzystaniem przewodowej transmisji danych.

Właśnie idea rozszerzenia systemu gazometrii automatycznej o nowe rozwiązania pomiarowe i transmisyjne, umożliwiające minimalizację czasu reakcji systemu na zjawiska gazodynamiczne przez lokalizację czujników jak najbliżej źródeł wypływu metanu powodujących natychmiastowe wyłączenie maszyn i urządzeń elektrycznych w ścianie w przypadku nagłego wypływu metanu, była głównym celem zadania badawczego Nr 8 projektu strategicznego (*Raport PS8, 2014*). Stąd, zgodnie z założeniami projektu uznano za konieczne zlokalizowanie punktów pomiaru stężenia metanu wewnątrz kanału ścianowego. Dla zminimalizowania skutków uszkodzeń sieci transmisyjnej w obrębie kanału ścianowego założono, że transmisja danych z czujników zlokalizowanych w tym obszarze będzie się odbywać drogą radiową. Dane pomiarowe

z czujników ścianowych są przesyłane do centrali umieszczonej w chodniku, skąd na powierzchnię są transmitowane przewodowo za pomocą kabli miedzianych lub światłowodowych.

Rozszerzony system metanometrii musi zapewnić bardzo wysoką bezawaryjność nowych elementów systemu oraz skuteczność procesu transmisji danych z i do urządzeń systemu, a także efektywności układów wykonawczych. Zanik transmisji lub wystąpienia zakłóceń podczas komunikacji bezprzewodowej powodować będzie wyłączenie maszyn i urządzeń, a powstałe z tego powodu przestoje będą stanowić dla kopalni utrudnienia i straty ekonomiczne. System jest w pełni nowatorskim rozwiązaniem w polskim, a także światowym górnictwie. Stosowanie systemu spełniającego obowiązujące przepisy górnicze i normy, przy jednoczesnym skróceniu czasu jego reakcji na nagły wpływ metanu istotnie wpłynie na poprawę bezpieczeństwa w kopalniach.

Elementy modułu pomiarowego z radiową transmisją danych

Do najistotniejszych elementów rozszerzonego systemu gazometrii automatycznej należy moduł pomiarowy z radiową transmisją danych.

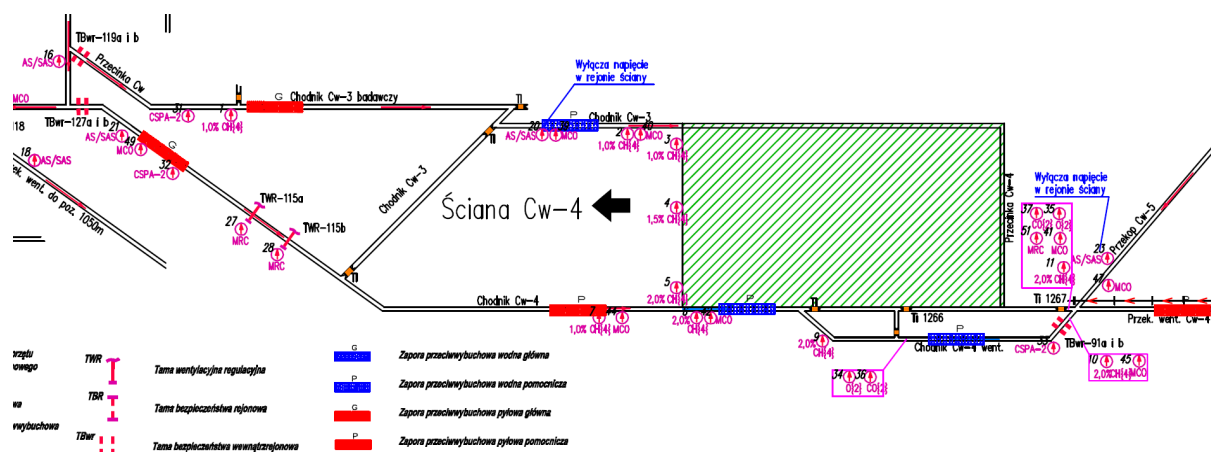
Czujnik radiowy CR-1x, jest to urządzenie przenośne przeznaczone do ciągłego pomiaru parametrów atmosfery, a w szczególności stężenia metanu w zakresie $0 \div 100\% \text{ CH}_4$, o szybkim działaniu, z czasem odpowiedzi $t_{90} \leq 5\text{s}$ oraz sygnalizacją przekroczenia wartości krytycznych dla stref zagrożonych wybuchem. Bardzo istotnym elementem jest autonomia zasilania, która jak podaje producent wynosi min. 7 dni, co potwierdzają badania w których uzyskano nawet dwa tygodnie poprawnej pracy czujnika. Czujnik przekazuje dane pomiarowe drogą radiową, przy współpracy z centralką CCR-1.

Centralka czujników radiowych CCR-1, jest urządzeniem stacjonarnym, przeznaczonym do zbierania danych pomiarowych z czujników radiowych CR-1x oraz przesyłania ich linią telemetryczną do centrali na powierzchnię. Jest urządzeniem przystosowanym do pracy w strefach zagrożonych wybuchem w zakładach górniczych. Centralka w systemie komunikacji radiowej zbiera dane pomiarowe oraz przekazuje dane konfiguracyjne do czujników CR-1x. Centralka jest również elementem wykonawczym systemu, bo jest wyposażona w wyjścia dwustanowe do automatycznego wyłączania obwodów zasilania urządzeń elektrycznych.

3. Opis miejsca pomiarowego

3.1. Lokalizacja eksperymentu pomiarowego

Opisywany metanometryczny system pomiarowy wykorzystany został w trakcie eksperymentów pomiarowych prowadzonych w ścianie Cw-4, pokład 364/2 KWK Budryk (Rysunek 1, *Projekt techniczny 2012*). Ściana prowadzona była około 63m poniżej poziomu udostępnienia. Długość ściany wynosiła maksymalnie 243 m, wysokość eksploatacyjna $1,5 \div 2,0$ m, nachylenie podłużne ściany $2^\circ \div 6^\circ$, a poprzeczne $-6^\circ \div +5^\circ$. Wybieg ściany wynosił 834 m. W ścianie zastosowano kombajn KSW-460NE z elektrycznym napędem posuwu. Kombajn ten umożliwiał zabiór 0,8 m, przy dwukierunkowym mechanicznym urabianiu i ładowaniu węgla w ścianowym systemie eksploatacji bezwnękowej.



Rys. 1. Schemat przewietrzania i zabezpieczeń gazometrycznych ściany Cw-4 pokł. 364/2

Eksploatację ścianą Cw-4 prowadzono w pokładzie zaliczonym do IV kategorii zagrożenia metanowego, klasy B zagrożenia wybuchem pyłu węglowego, przy bardzo małej skłonności węgla do samozapalenia (grupa samozapalności węgla I), a okres inkubacji pożaru wyniósł 82 dni.

Ściana Cw-4 w pokł. 364/2 przewietrzana była sposobem na „Y” odwrócony, z odprowadzeniem zużytego powietrza wzdłuż zrobów na szyb V.

Powietrze do ściany Cw-4 doprowadzane było szybem VI poziom 1050, przekopem C-1a poz. 1050, przekopem Nr 1 do pokł. 364/2, pochylnią Cw w pokł. 364/2, przecinką Cw w pokł. 364/2, chodnikiem Cw-3 badawczym w pokł. 364/2, przecinką Cw-3 w pokł. 364/2 i chodnikiem Cw-3 w pokł. 364/2.

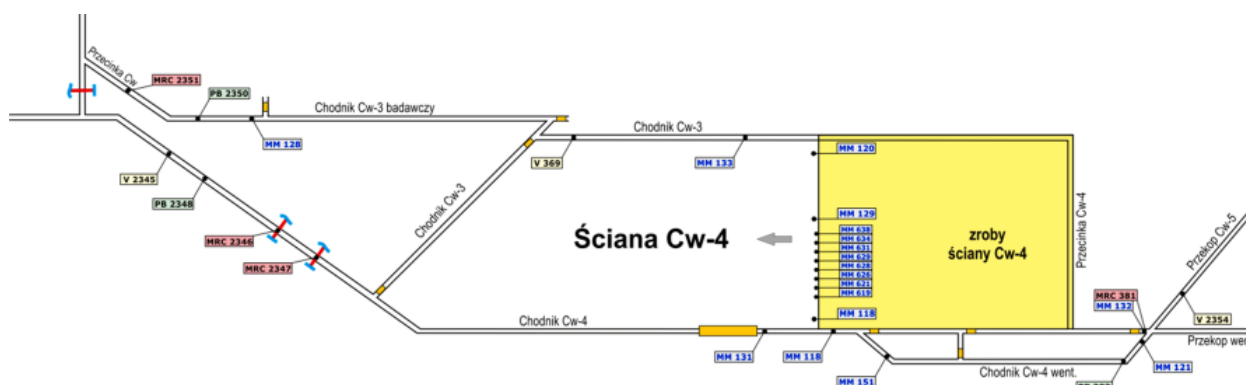
Po przewietrzeniu ściany Cw-4 w pokł. 364/2 powietrze odprowadzone było chodnikiem Cw-4 w pokł. 364/2 na wschód od ściany Cw-4 w pokł. 364/2, przecinką 1 w pokł. 364/2 (do czasu jej zaizolowania), chodnikiem Cw-4 wentylacyjnym w pokładzie 364/2, przekopem wentylacyjnym Cw-4, chodnikiem wentylacyjnym B-7 w pokł. 358/1, pochylnią wentylacyjną południową A, pochylnią wentylacyjną na południe od przecinki wentylacyjnej do szybu V, pochylnią wentylacyjną równoległą na południe od przecinki wentylacyjnej nr 2, przecinką wentylacyjną nr 2, przecinką wentylacyjną do szybu V poz. 984.

Prąd powietrza wypływający ze ściany Cw-4 w pokł. 364/2 doświeżany był powietrzem doprowadzonym chodnikiem Cw-4.

Dla utrzymania poprawnego i trwałego rozdziału powietrza w rejonie ściany Cw-4 w pokł. 364/2 zastosowano monitoring stanu pracy śluz wentylacyjnych oraz przepływu powietrza w rejonie przy pomocy czujników:

- stanu otwarcia lub zamknięcia tam wentylacyjnych i regulacyjnych,
- prędkości przepływu powietrza zabudowanych w rejonie ściany Cw-4 w pokł. 364/2,
- ciśnienia atmosferycznego, wilgotności i temperatury, zabudowanych w rejonie ściany Cw-4 w pokł. 364/2.

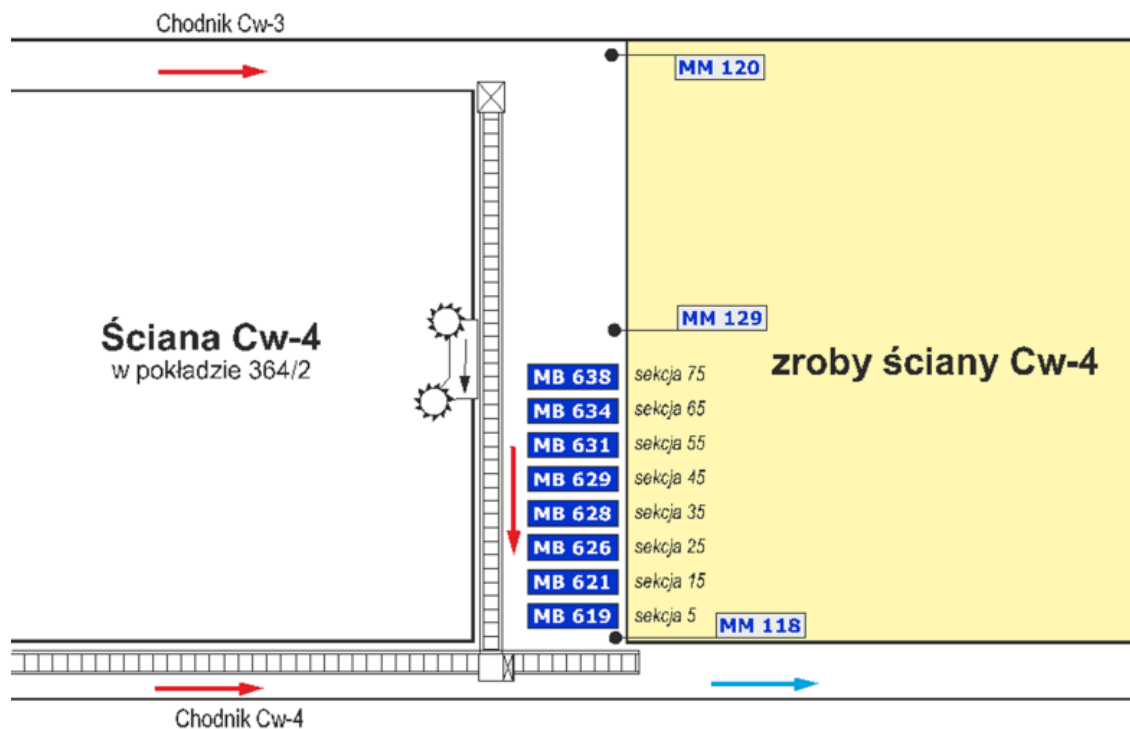
Ściana Cw-4 w pokładzie 364/2 przewietrzana w systemie na „Y” z doświeżaniem, zgodnie z Projektem Technicznym, była zabezpieczona pod względem metanometrycznym zgodnie z wymaganiami przepisów oraz dodatkowo, ponad te wymagania m.in. przez umieszczenie metanomierza w połowie ściany (Rys. 2). Tradycyjne metanomierze systemu zabezpieczeń rejestrowały stężenie metanu w cyklu 5-sekundowym z rozdzielnością 0,1% CH₄.



Rys. 2. Schemat przewietrzania ściany Cw-4 pokł. 364/2 i lokalizacja wybranych do badań czujników rozszerzonego systemu

Ponadto w ramach zabezpieczeń, rejon ściany Cw-4 był wyposażony w szereg czujników parametrów powietrza (metanomierze anemometry, czujniki tlenku węgla itp.). W czasie badań kontrolowano prędkość powietrza za pomocą anemometrów (Rys. 2) zlokalizowanych w głównym prądzie przewietrzającym ścianę od strony wlotu (V369) oraz w prądzie doświeżającym (V2345). Dodatkowo w czasie badań kontrolowano ciśnienie powietrza w rejonie ściany Cw-4, na wlocie (PB2350) w prądzie doświeżającym (PB2348) oraz w chodniku Cw-4 went. na wylocie (PB383).

Główny Inżynier Wentylacji KWK Budryk uznał, że dla przyjętych celów badawczych najlepszym miejscem lokalizacji dodatkowych metanomierzy będzie końcowy bieg ściany (Rys. 3, metanomierze MB638 – MB619), w sekcjach obudowy między 5, a 75 sekcją.



Rys. 3. Lokalizacja dodatkowych czujników metanu w sekcjach obudowy od strony zawału w ścianie Cw-4 pokł. 364/2

3.2. Warunki prowadzenia badań w ścianie Cw-4 pokład 364/2

W badaniach wykorzystano tradycyjne metanomierze zabudowane zgodnie z Projektem Technicznym oraz 8 sztuk dodatkowych metanomierzy, zabudowanych w końcowym biegu ściany w sekcjach obudowy (między 5 a 75 sekcją) od strony zawału. Tradycyjne metanomierze systemu zabezpieczeń rejestrowały stężenie metanu w cyklu 5-sekundowym z rozdzielnością 0,1% CH₄, natomiast metanomierze dodatkowe rejestrowały stężenie metanu w cyklu co sekundę z rozdzielnością 0,01% CH₄.

Kontrolę pracy maszyn w ścianie Cw-4 (kombajn, przenośnik ścianowy, przenośnik podścianowy) rejestrowano w systemie ZEFIR, co pozwoliło na określenie kierunku jazdy kombajnu (górze/dół) wraz z rodzajem pracy urabianie/czyszczenie. Dało to możliwość wykonania analizy i oceny wpływu robót w ścianie na rozkład stężenia metanu wzdłuż ściany. Uzupełnieniem rejestracji pracy (zasilania) maszyn w ścianie były zapisy dyspozytorów, o kierunku jazdy kombajnu, liczbie cykli oraz sekcji, od której kombajn rozpoczął i na której zakończył pracę na zmianie. W związku z brakiem technicznych możliwości rejestracji położenie kombajnu w ścianie właśnie te dane przybliżyły możliwości zgrubnego śledzenia położenia i kierunku jazdy kombajnu w czasie poszczególnych zmian roboczych.

W kopalni Budryk, a zatem i w ścianie Cw-4 pokład 364/2 obowiązywał czterozmianowy system pracy. Podział doby na poszczególne zmiany pokazano w tablicy poniżej.

Tab. 1. Zmiany robocze – godzin pracy

Zmiana	Zjazd	Wyjazd
IV	godz. 0:00	godz. 7:30
I	godz. 6:00	godz. 13:30
II	godz. 12:00	godz. 19:30
III	godz. 18:00	godz. 1:30

4. Eksperyment pomiarowy

Wykorzystanie przedstawionego systemu pomiarowego zakładało rejestrację stężeń metanu wzdłuż ściany wydobywczej w trakcie normalnego cyklu wydobywczego z podziałem na zmianowy system pracy. Czujniki metanu rozmieszczone zostały wzdłuż ściany tak jak to opisano w pkt. 3.

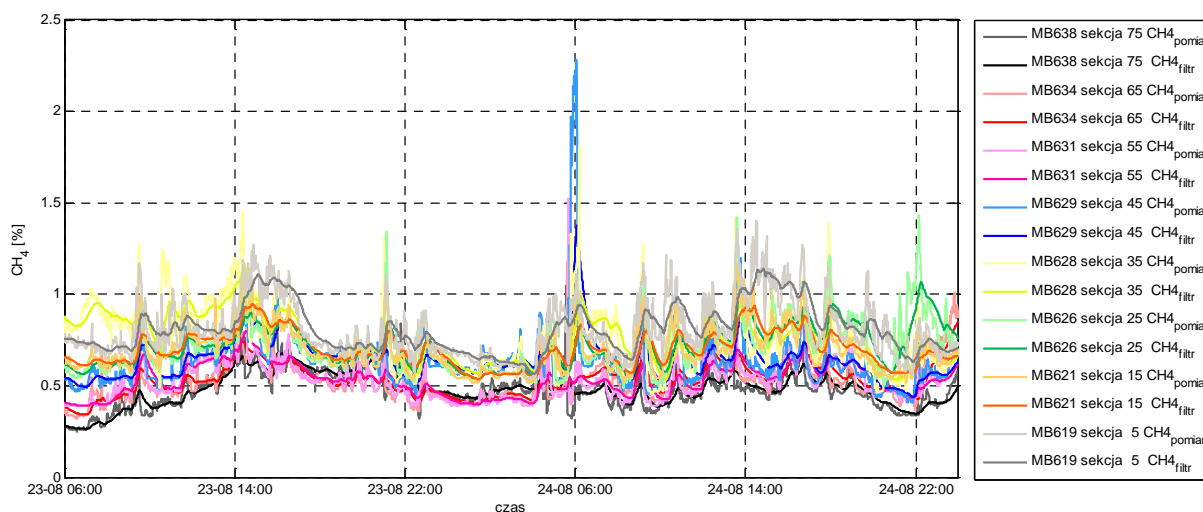
W trakcie eksperymentu wykonywano ciągłą rejestrację rozkładu stężenia metanu wzdłuż ściany w trakcie kolejnych siedmiu zmian roboczych w okresie czasu od 23 do 25.08.2013. Z uwagi na stosunkowo wysoką częstotliwość akwizycji danych pomiarowych i duże fluktuacje mierzonych sygnałów w zakresie wyższych częstotliwości konieczne było zastosowanie filtracji danych pomiarowych. Odpowiednio dobrana filtracja dała możliwość obserwacji trendów zmian stężenia metanu. W tym celu zastosowano cyfrowy filtr dolnoprzepustowy Browna (Trutwin i Wasilewski, 1994), dany równaniem:

$$CH_{4_filtr}(i) = \alpha \cdot CH_{4_filtr}(i-1) + (1-\alpha) \cdot CH_{4_pomiar}(i)$$

gdzie:

$CH_{4_filtr}(i)$ – i -ta próbka przefiltrowanego sygnału stężenia metanu,
 $CH_{4_pomiar}(i)$ – i -ta próbka zmierzonego sygnału pomiarowego,
 α – współczynnik filtracji.

W wyniku filtracji uzyskano przebiegi czasowe stężeń metanu, które przedstawiono na rysunku 4, dla współczynnika filtracji $\alpha = 0,983$. Zaznaczono na nim zarówno oryginalne dane pomiarowe jak i również odfiltrowany sygnał trendu zmian stężenia metanu, który poddany został dalszym analizom.

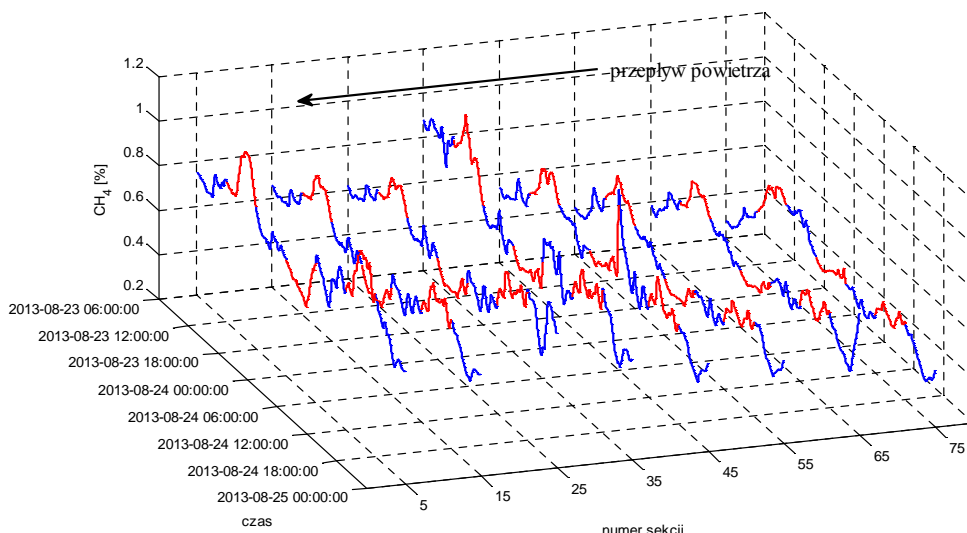


Rys. 4. Oryginalne i przefiltrowane dane pomiarowe zarejestrowane wzdłuż ściany Cw-4

Współczynnik filtracji dobrany został eksperymentalnie tak, aby uzyskane trendy sygnałów zostały podkreślone, a do tego by jak najdokładniej odwzorowywały odpowiednie chwilowe wartości sygnałów w stanach dynamicznych. W wyniku zastosowania filtracji dochodzi jednak do zaburzenia istotnych informacji zawartych w mierzonym sygnale, tak jak to ma miejsce między innymi dla wartości wskazywanych przez metanomierz MB629 w dniu 24.08 w okolicach godziny 6:00, kiedy zarejestrował on chwilowe wartości stężenia metanu przekraczające 2,2% CH_4 . Przedstawienie powyższego wykresu z rozdzielaniem na kolejne sekcje, w których zostały rozmieszczone czujniki metanometryczne pozwala na analizę rozkładu metanu wzdłuż ściany wydobywczej (Rys. 5).

Każda z serii pomiarowych została podzielona dodatkowo na 6-godzinne etapy związane z kolejnymi zmianami roboczymi naprzemiennie oznaczonymi kolorami szarym i czarnym. Dodatkowo dla każdej z analizowanych zmian pracy, w Tabeli 2 przedstawiono orientacyjne dane, dostarczone przez pracowników kopalni, opisujące rodzaj prac wykonywanych w trakcie zmiany z podziałem na etap urabiania (kombajn jedzie w górę ściany w kierunku jej wylotu) i czyszczenia (kombajn wraca w kierunku wlotu ściany).

Skorelowanie tych danych z wynikami rejestracji metanomierzy nie pozwala na jednoznaczne stwierdzenie, który z etapów pracy może mieć szczególnie wpływ na zwiększenie stężenia metanu. Związane jest to prawdopodobnie z umiejscowieniem czujników metanu w okolicy zrobów i niskim oddziaływaniem metanu wydobywającego się z calizny w trakcie urabiania na te czujniki. Analizując dane pomiarowe z podziałem na czyszczenie i urabianie można napotkać zarówno sytuacje w których wyższy poziom stężeń obserwowany jest na etapie urabiania jak i sytuacje, w których dominujące stężenia występują w okresach czyszczenia.

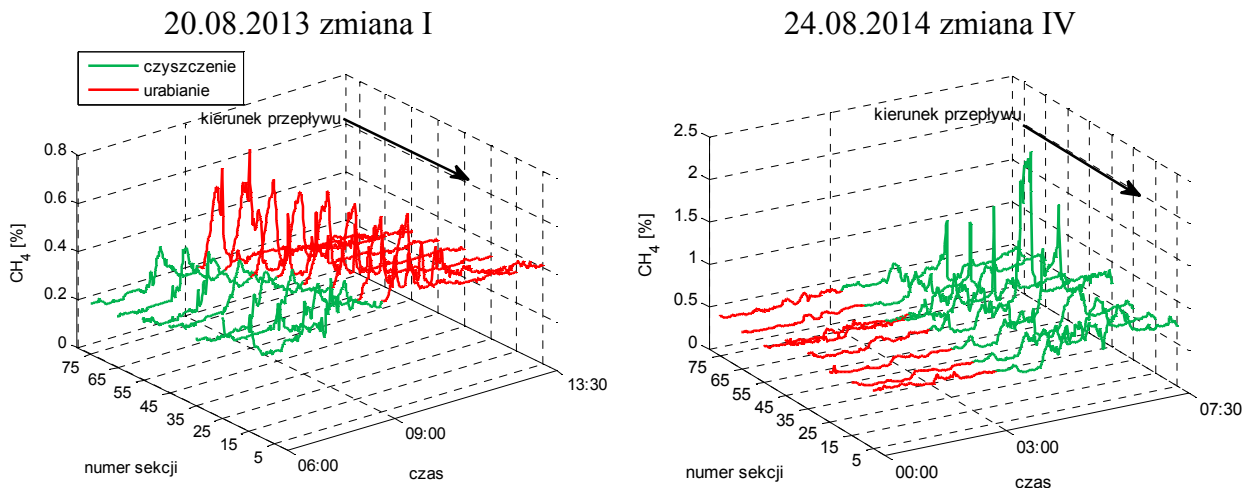


Rys. 5. Stężenia metanu rejestrowane przez dodatkowe czujniki wzdłuż ściany Cw-4

Tab. 2. Zmiany pracy wraz z podziałem na urabianie i czyszczenie

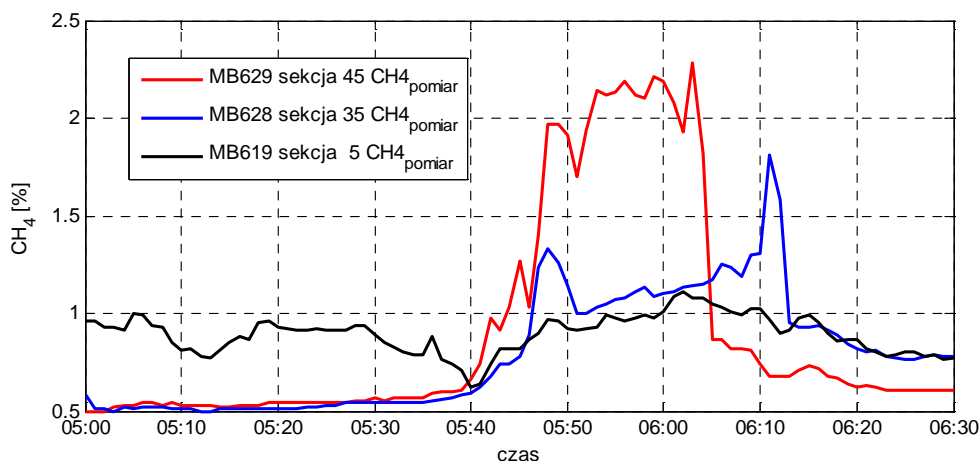
G3 ściana Cw-4 23.08.2013			
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">13</div> metr ściany, na którym zakończono pracę → czyszczenie ← urabianie	zm. I 6:00-13:30	zm. II 12:00-19:30	zm. III 18:00-1:30
	postęp ściany 1,0	postęp ściany 1,1	postęp ściany 1,0
G3 ściana Cw-4 23.08.2013			
zm. IV 0:00-7:30	zm. I 6:00-13:30	zm. II 12:00-19:30	zm. III 18:00-1:30
postęp ściany 0,9	postęp ściany 1,2	postęp ściany 1,1	postęp ściany 0,7

Analizując sam profil stężenia metanu propagującego wzdłuż ściany można wnioskować o jego równomiernym wydzielaniu się w większości czasu, w którym wykonywana była rejestracja. Skutkuje to stopniowym przyrostem jego stężenia w kolejnych sekcjach ściany. W zarejestrowanych danych można jednak zaobserwować okresy czasu, w których w poszczególnych sekcjach następuje wzmożone wydzielanie się metanu powodując znaczne lokalne wzrosty stężenia CH₄. Widoczne jest to w szczególności w trakcie pierwszych dwóch zmian roboczych na wskazaniach metanomierza umieszczonego w sekcji 35, kiedy to jego wskazania stężenia metanu były wyższe od wskazań metanomierza umieszczonego w sekcjach sąsiadujących, a niejednokrotnie znacznie przekraczające wskazania wszystkich metanomierzy rozmieszczonych wzdłuż ściany. Drugi taki przypadek występuje w sekcji 45 w dniu 24.08 od godziny 5:42 do 6:04, kiedy metanomierz przez okres 10 minut rejestruje stężenia przekraczające 2,2% CH₄. W podobnym czasie metanomierz umieszczony 10 sekcji dalej w stronę wylotu ściany wskazuje stężenie metanu o chwilowej wartości



Rys. 6. Emisja metanu ze zrobów w trakcie czyszczenia i urabiania

maksymalnej 1,7%, a metanomierz umieszczony na wylocie ściany w sekcji 5 jedynie 1.1%. Pokazuje to jak chwilowe, lokalne wyższe stężenia metanu, które mogą powodować zagrożenia są rozmywane i trudne do zarejestrowania przez pojedyncze czujniki.



Rys. 7. Chwilowe rejestracje metanomierzy

4. Wnioski i podsumowanie

Praktyka pokazuje, że w ścianach silnie metanowych istnieje potrzeba zabudowy dodatkowych metanomierzy w kanale ściany w zakresie szerszym niż wymagają tego przepisy. Wykorzystanie do tego celu tradycyjnych metanomierzy powoduje zwykle narażenie linii zasilająco-transmisyjnych tych czujników na uszkodzenie stąd utrzymywanie ich w systemie zabezpieczeń metanometrycznych rejonów ścian stanowi trudność zarówno dla służb wentylacji jak i telemetrii.

Najwięcej przekroczeń dopuszczalnych stężeń metanu notuje się na czujniku zabudowanym w środku ściany w miejscach o zwiększonych wypływach metanu związanych z robotami górniczymi, co wskazuje na zasadność zabudowy metanomierzy bezpośrednio w kanale ściany. Brak linii zasilająco-transmisyjnych czujników z transmisją radiową predysponuje je do zabudowy w przestrzeni roboczej wyrobiska ścianowego. Czujniki te powinny kontrolować stężenia metanu i wyłączać energię elektryczną w ścianie i na drogach zużytego powietrza w rejonie wentylacyjnym ściany. Zastosowanie mobilnych czujników z transmisją radiową pozwala na ich lokalizację w bezpośrednim sąsiedztwie miejsc narażonych na zwiększone wydzielanie metanu, ale należy pamiętać, że w przypadku włączenia tych czujników do systemu zabezpieczeń nawet chwilowe (sekundowe) wzrosty metanu mogą wyłączyć energię elektryczną w ścianie zakłócając ciągłość pracy.

Literatura

- Projekt techniczny eksploatacji ściany Cw-4 w pokładzie 364/2 KWK Budryk JSW SA, prowadzonej w warunkach specjalnych (tj. w IV kategorii zagrożenia metanowego i poniżej poziomu udostępnienia). Jastrzębie 2012
- Raport PS3 z zadania Nr 3 pt.: „Opracowanie zasad pomiarów i badań parametrów powietrza kopalnianego dla oceny zagrożenia metanowego i pożarowego w podziemnych zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny”, Projektu Strategicznego pt. „Poprawa bezpieczeństwa pracy w kopalniach”, IMG-PAN Kraków, kwiecień 2013 (niepublikowany).
- Raport PS8, zadania Nr 8 pt.: „Opracowanie systemu gazometrycznego powodującego natychmiastowe wyłączenie energii zasilającej maszyny i urządzenia w przypadku nagłego wypływu metanu ze zrobów do wyrobisk eksploatacyjnych”, Projektu Strategicznego pt. „Poprawa bezpieczeństwa pracy w kopalniach”, AGH Kraków czerwiec 2014 (niepublikowany).
- Sprawozdanie z pracy pt.: *Przygotowanie merytoryczne i wykonanie eksperymentu badawczego w ścianie wydobywczej o wysokim poziomie zagrożeń naturalnych i technologicznych w aspekcie pozyskania danych dla weryfikacji modelu matematycznego rozkładu stężenia metanu podczas urabiania kombajnem. Etap II Przeprowadzenie eksperymentu badawczego w rejonie ściany 841A pokład 405/1 KWK Bielszowice oraz nadzór nad eksperymentem.* IMG PAN Kraków, grudzień 2009. (niepublikowany).
- Trutwin W., Wasilewski S., 1994: *Digital filters in ventilation monitoring and control systems.* Archives of Mining Sciences, Vol. 39, No 2, p. 133-144.
- Wasilewski S., 2010: *Obserwacja zaburzeń parametrów powietrza wywołanych pracą kombajnu w ścianie B-6 pokł. 358/1 w KWK „Budryk”.* Przegląd Górniczy, 3-4, s. 45-57.
- Wasilewski S., Araszczuk D., 2014: *Próby ruchowe i testy czujników bezprzewodowych rozszerzonego systemu gazometrii automatycznej w warunkach kopalń JSW SA* Poprawa bezpieczeństwa pracy w kopalniach. Teoria i praktyka. Praca zbiorowa pod redakcją D. Musioła i P. Pierzyny. Monografia, Gliwice, s. 273-296
- Wasilewski S., Bojarski K., Kurpas M., 2007: *Badania eksperymentalne stanów nieustalonych parametrów powietrza w ścianie w czasie urabiania kombajnem.* Mechanizacja i Automatykacja Górnictwa. Nr 6(437) czerwiec 2007, Wyd. EMAG, Katowice.

Methane concentration analysis along the longwall during the mining works

Abstract

Over the last few years the knowledge about the methane emission in the coal mine has been enlarged. It was possible because of using more complex automatic measurements systems which are utilized in research works provided in coal mines. The article presents the result of measurements research of the methane concentration along the longwall. In this experiment, the wireless methane measurement system was placed near the goaf, along the longwall. Data were acquired during simultaneous mining work and compared with the particular phases of this work. As the result, it was shown the advantage of using distributed measurement system over the individual sensors.

Keywords: methane concentration measurement, methane hazard, longwall