

Wybrane problemy z zakresu monitorowania zagrożenia metanowego w kopalniach

W artykule omówiono zagrożenia występujące w górnictwie w aspekcie obowiązującego prawa geologicznego i górniczego. Opisano kilka przypadków zapaleń metanu, zaistniałych w ostatnich trzech latach. Wskazano na konieczność nowego podejścia do monitorowania stężeń metanu w rejonie drążonych przodków i w wyrobiskach ścianowych. Przedstawiono trzy aspekty tego zagadnienia: rozpoznanie górotworu na wybiegu ściany, kontrola stężeń metanu w strefie zaburzeń za pomocą czujników radiowych, uzależnienie pracy kombajnu i przenośnika ścianowego od wydatku powietrza sprężonego podawanego do rynien przenośnika ścianowego.

1. WPROWADZENIE

Spośród wszystkich zagrożeń naturalnych, jakie występują w podziemnych kopalniach, obowiązująca ustawa *Prawo geologiczne i górnicze* [15] wyróżnia kilka, nakazując kierownikowi ruchu zakładu górniczego dokonywania zaliczeń złoża, pokładu, wyrobiska, ich części oraz innych przestrzeni w zakładzie górniczym, w których tego rodzaju zagrożenia występują. Do zagrożeń takich w podziemnych zakładach górniczych należą zagrożenia: tąpnięciami, metanowe, wyrzutami gazów i skał, wybuchem pyłu węglowego, klimatyczne, wodne i substancjami promieniotwórczymi. Zaliczeń, w oparciu o opinie rzeczoznawców, dokonuje się do odpowiednich stopni, kategorii lub klas zagrożeń. Kryteria tych zaliczeń określa z kolei rozporządzenie w sprawie zagrożeń naturalnych [7, 8].

Pozostałe zagrożenia wymienione w ustawie *Prawo geologiczne i górnicze* [15] dotyczą: odkrywkowych zakładów górniczych (zagrożenie osuwiskowe) oraz zakładów górniczych wydobywających ropę naftową lub gaz ziemny i zakładów prowadzących roboty geologiczne służące poszukiwaniu lub rozpoznawaniu złóż (zagrożenie erupcyjne i zagrożenie siarkowodorowe).

Zagrożenia te, rzecz oczywista, nie wyczerpują listy wszystkich zagrożeń związanych z naturą. Uzu-

pełniają ją zagrożenia pożarami endogenicznymi oraz zagrożenie działaniem pyłów szkodliwych dla zdrowia, które to zagrożenia wskazane są w rozporządzeniu w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy [7]. Listę zamykają zagrożenia występujące w kopalniach podziemnych, które ujmowane są w statystykach wypadków i niebezpiecznych zdarzeń, a należą do nich zagrożenie zawałami i oberwaniem się skał (ze stropu, ociosów) oraz zagrożenie gazowe w kopalniach rud miedzi związane z występowaniem siarkowodoru [12].

Pomimo znaczącego rozwoju systemów monitorowania oraz metod pomiarów parametrów określających poziom zagrożeń występujących w kopalniach podziemnych zdarzenia mające miejsce w ostatnich kilku latach pokazują, że jest jeszcze wiele do zrobienia w tym zakresie. Chodzi między innymi o zapłony metanu, do których dochodzi w wyniku iskrzenia, oraz o występowanie siarkowodoru w powietrzu kopalnianym czy też o pożary egzogeniczne zaistniałe w związku ze stosowaniem różnego rodzaju urządzeń i maszyn transportowych. Na tle dużej liczby zdarzeń związanych z zagrożeniem metanowym, gazowym i pożarowym, zaistniałych w XXI wieku, te wspomniane stanowią już istotny powód do tego, by spróbować spojrzeć na nie w nieco inny niż dotychczas sposób. Ze względu na obszerność tych zagadnień przedstawione zostaną tylko odniesienia do zagrożenia metanowego.

2. ZAPALENIA METANU W KOPALNIACH WĘGLA KAMIENNEGO

W okresie od 2001 roku zaistniało 29 zdarzeń z udziałem metanu (tabl. 1). Na szczęście w 15 z nich nie doszło do jakiegokolwiek wypadku, natomiast

w 9 przypadkach miały miejsce wypadki śmiertelne, które pochłonęły w sumie 62 ofiary.

Wśród tych zdarzeń na szczególną uwagę zasługują zdarzenia z ostatnich kilku lat, w których doszło do zapalenia metanu w ścianach. Charakteryzują się one pewnymi podobnymi cechami, co pokazują poniższe przykłady.

Tablica 1.

Zestawienie zdarzeń z udziałem metanu w latach 2001-2013
(opracowanie własne na podst. [4, 5, 10, 11, 12, 13])

Lp.	Kopalnia	Data	Inicjał	Miejsce zdarzenia	Konsekwencja zdarzenia	Wypadki (śmiertelne / ciężkie / lekkie)
1	Rydułtowy	23.03.2002	iskry mechaniczne od przenośnika	likwidowany chodnik za ścianą	wybuch	3 / 5 / 2
2	Budryk	17.07.2002	iskrzyenie tarciove skał zawałowych	ściana	zapalenie	0 / 0 / 0
3	Pniówek	05.09.2002	iskry mechaniczne od kombajnu	ściana	zapalenie i wybuch	1 / 7 / 5
4	Bielszowice	24.02.2003	pożar szczelinowy płotu wzdłuż zrobów zawałowych	rejon skrzyżowania ściany z chodnikiem wentylacyjnym	zapalenie	0 / 13 / 19
5	Brzeszcze	01.04.2003	iskry mechaniczne od kombajnu	rejon skrzyżowania ściany z chodnikiem wentylacyjnym	zapalenie	1 / 6 / 5
6	Zofiówka	10.06.2003	iskry mechaniczne od kombajnu	ściana	zapalenie	0 / 0 / 0
7	Sośnica	07.11.2003	pożar endogeniczny w zrobach zawałowych ściany	rejon skrzyżowania ściany z chodnikiem wentylacyjnym	zapalenie i wybuch	3 / 1 / 6
8	Budryk	17.08.2004	iskry mechaniczne od kombajnu	chodnik w drażeniu	zapalenie	0 / 0 / 0
9	Halemba	03.03.2005	iskry mechaniczne od kombajnu	ściana	zapalenie	0 / 0 / 0
10	Sośnica	17.05.2005	roboty strażalowe	rejon skrzyżowania ściany z chodnikiem wentylacyjnym	zapalenie	0 / 0 / 0
11	Staszic	25.10.2005	prawdopodobnie papierosy	chodnik w likwidacji	zapalenie	0 / 2 / 0
12	Szczygłowie	11.05.2006	iskry od odbieraka lokomotywy	przecznica przewozowa	zapalenie	0 / 0 / 8
13	Halemba	21.11.2006	brak jednoznacznej przyczyny	ściana w likwidacji	zapalenie i wybuch	23 / 0 / 1
14	Halemba	23.05.2007	iskry mechaniczne od kombajnu	chodnik w drażeniu	zapalenie	0 / 0 / 0
15	Pokój	28.07.2007	roboty strażalowe	rejon skrzyżowania ściany z chodnikiem wentylacyjnym	zapalenie	0 / 0 / 4
16	Bielszowice	02.09.2007	roboty strażalowe	ściana	zapalenie i wybuch	0 / 0 / 0
17	Budryk	30.10.2007	iskry mechaniczne od kombajnu	chodnik w drażeniu	zapalenie	0 / 0 / 0
18	Mysłowice-Wesoła Ruch Wesoła	13.01.2008	pożar endogeniczny w otamowanym chodniku	rozcinka ściany	zapalenie i wybuch	2 / 0 / 1
19	Borynia	04.06.2008	brak jednoznacznej przyczyny	ściana	zapalenie i wybuch	6 / 5 / 12
20	Zofiówka	20.10.2009	iskry mechaniczne od kombajnu	ściana	zapalenie	0 / 0 / 0
21	Wujek Ruch Śląsk	18.09.2009	zwarcie urządzeń elektrycznych	ściana	zapalenie i wybuch	20 / 25 / 9
22	Mysłowice-Wesoła Ruch Wesoła	16.05.2010	pożar endogeniczny w zrobach zawałowych ściany	rejon skrzyżowania ściany z chodnikiem wentylacyjnym	dwukrotne zapalenie	0 / 0 / 2
23	Murcki-Staszic Ruch Staszic	13.03.2011	iskry mechaniczne od kombajnu	wyrobisko w drażeniu	zapalenie	0 / 0 / 0
24	Krupiński	05.05.2011	wzajemne tarcie metalowych elementów podczas ruchu przenośnika ścianowego	rejon skrzyżowania ściany z chodnikiem wentylacyjnym	zapalenie	3 / 9 / 2
25	Bielszowice	12.08.2011	urabianie zwięzłych skał lub tarcie elementów metalowych bądź tarcie w zawałach skał stropowych	ściana	zapalenie	0 / 0 / 0
26	Murcki-Staszic Ruch Staszic	28.01.2013	iskry mechaniczne od kombajnu	ściana	zapalenie	0 / 0 / 0
27	Murcki-Staszic Ruch Staszic	06.02.2013	iskry mechaniczne od kombajnu	ściana	zapalenie	0 / 0 / 0
28	Rydułtowy-Anna	25.02.2013	iskry mechaniczne od kombajnu	chodnik w drażeniu	zapalenie	0 / 0 / 0
29	Knurów-Szczygłowie Ruch Szczygłowie	25.03.2013	iskry mechaniczne od kombajnu	chodnik w drażeniu	zapalenie	0 / 0 / 0

W kopalni „Zofiówka” zapalenie metanu miało miejsce w ścianie E-8 w pokładzie 418/1-2, w rejonie sekcji nr 21, w trakcie urabiania kombajnem piaskowca występującego w strefie uskoku odwróconego o płaszczyznach zrzutu $h = 1$ m i $h = 2$ m, występujących w odległościach odpowiednio 11,5 i 25 m od chodnika podścianowego E-8 [6]. Na odcinku od sekcji nr 16 do sekcji nr 28 w ociosie ściany występowała warstwa piaskowca drobnoziarnistego o grubości do 2 m. Wcześniejsze rozpoznanie warunków geologiczno-górnictwowych nie wskazywało na występowanie jakiegokolwiek zbiornika metanu. Tymczasem w dniu 20.10.2009 r. na zmianie „B”, o godzinie 18²² w czasie urabiania kombajnem piaskowca w tej strefie uskokowej, gdy prawy organ kombajnu urabiał na wysokości sekcji nr 21, doszło do lokalnego zapalenia metanu. Pałący się metan został ugaszony po około 1 minucie przez przodowego ściany przy użyciu gaśnicy proszkowej, będącej na wyposażeniu kombajnu. Przyczyną zapalenia metanu, który prawdopodobnie wypłynął ze szczelin ociosu ścianowego, było iskrzenie spowodowane mechanicznym urabianiem piaskowca w strefie uskokowej. Wynika z tego, że skoro metan wypłynął, to musiał być przed frontem ściany zbiornik metanu, którego istnienia wcześniej nie dało się przewidzieć.

W kopalni „Bielszowice” zapalenie metanu nastąpiło w ścianie 307b, w pokładzie 507, na poziomie 840 m [11]. Metan migrował przez zaburzenie występujące w formie szczeliny z pokładu 510 do spągu ściany 307b. Zapłon spowodowany był prawdopodobnie iskrzeniem powstałym w wyniku urabiania zwięzłych skał lub tarciami elementów metalowych bądź wywołanym zawałem skał stropowych. W wyniku tego doszło do pożaru, w którym zostały spalone opony zewnętrzne wszystkich przewodów elektrycznych prowadzonych na nadstawkach przenośnika ścianowego, kable sterownicze i teletechniczne oraz elementy układu kablowego w rejonie sekcji obudowy zmechanizowanej od nr. 74 do nr. 77.

W kopalni „Murcki-Staszic” (Ruch „Staszic”) do zapalenia metanu doszło w ścianie 2b-S, prowadzonej w przystropowej warstwie pokładu 510, w polu S na poziomie 900 m [1]. Pokład 510 o miąższości 8,05-10,3 m i nachyleniu 4-5° zaliczony był do IV kategorii zagrożenia metanowego, III stopnia zagrożenia tąpnięciami, klasy B zagrożenia wybuchem pyłu węglowego oraz III grupy skłonności węgla do samozapalenia. W stropie pokładu 510 zalegała nieregularnie warstwa ilowca o miąższości do 9,9 m i piaskowca o miąższości ok. 20,3 m. Podczas urabiania kombajnem doszło do kontaktu noży z piaskowcem w stropie ściany, co

spowodowało wystąpienie iskier, które stały się przyczyną lokalnego zapalenia metanu. Najprawdopodobniej metan został uwolniony ze szczeliny powstałej w stropie ściany, w odległości ok. 0,7 m od ociosu węglowego. Jeden z kombajnistów ugasił płomień metanu przy użyciu gaśnicy proszkowej będącej na wyposażeniu kombajnu.

Z kolei w kopalni „Krupiński” zapalenie metanu, pożar oraz wypadek zbiorowy miały miejsce w rejonie ściany N-12 w pokładzie 329/1, 329/1-2 na poziomie 820 m [6]. Nad pokładem 329/1, 329/1-2 (o grubości 1,43-2,35 m), jak i pod nim zalegały ilowce lub ilowce zapiaszczone mało lub średnio skłonne do iskrzenia zapalającego metan przy urabianiu mechanicznym. Zapłon metanu spowodowany został iskrą powstałą w wyniku tarcia o siebie metalowych elementów ścianowego przenośnika zgrzeblowego o transportowany nim element metalowy (stojak obudowy zmechanizowanej) lub tarcia tego transportowanego elementu o korpus kombajnu.

Drugie zdarzenie w kopalni „Murcki-Staszic” (Ruch „Staszic”) również miało miejsce w ścianie 2b-S [2]. Podczas prowadzonego wydobywania tworzyły się na przenośniku przed i za kombajnem tzw. zatory z urabianego węgla oraz brył kamienia odspojonego ze stropu. W pewnym momencie doszło do pojawienia się otwartego ognia w przestrzeni między kombajnem a górną trasą przenośnika ścianowego. Przodowy ściany i kombajniści, używając gaśnic proszkowych będących na wyposażeniu kombajnu, ugasił ogień.

Z tych kilku powyższych opisów wynika, że zdarzenia w kopalni „Zofiówka” [6], a także w kopalni „Bielszowice” [11] i w kopalni „Murcki-Staszic” (Ruch „Staszic”) z dnia 28.01.2013 r. [3] wykazują pewne podobieństwa. Spowodowane one były wypływem metanu ze szczelin (nawet kawern) znajdujących się na wybiegu ściany oraz iskrzeniem skał stropowych powstałym podczas urabiania kombajnem. Z kolei zapalenia metanu w kopalniach „Krupiński” [2] i „Murcki-Staszic” (Ruch „Staszic”) z dnia 06.02.2013 r. [4] miały miejsce w obrębie przenośnika ścianowego – w pierwszym przypadku w wyniku iskrzenia spowodowanego tarciami metalowych elementów, a w drugim z powodu tarcia transportowanych brył piaskowca (skał stropowych) o metalowe elementy.

Charakterystyczne dla większości tych zdarzeń jest też to, że zakończyły się one (na szczęście) bez wypadku – poza zdarzeniem w kopalni „Krupiński” – oraz podjęte zostały próby gaszenia ognia, również w większości skuteczne – poza kopalnią „Krupiński”.

3. KONCEPCJA ROZSZERZENIA KONTROLI MIEJSC POTENCJALNEGO ZAPALENIA METANU

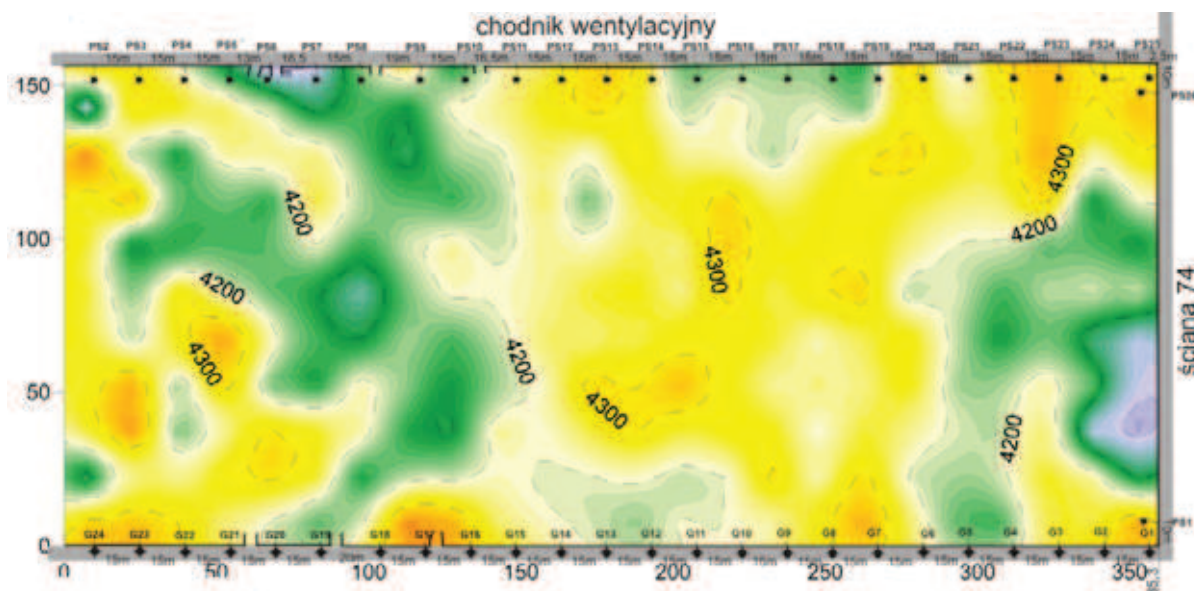
Po każdym zdarzeniu o przebiegu podobnym do wyżej opisanych przeprowadzane są analizy stanu zagrożeń metanowego i pożarowego w rejonie przedmiotowego wyrobiska przez kopalniane zespoły ds. zagrożeń wentylacyjnych, metanowych i pożarowych w składzie poszerzonym o specjalistów. Ustala się także okoliczności i przyczyny zapalenia metanu, występujące uwarunkowania górniczo-geologiczne oraz weryfikowane są dotychczas stosowane rozwiązania techniczne, także prognozy zagrożenia i sposoby monitorowania stanu zagrożeń naturalnych. W rezultacie określa się możliwości bezpiecznej kontynuacji prowadzonych robót górniczych, w tym

także w zakresie zasad monitorowania i analizowania stanu zagrożeń naturalnych.

Wszystkie te działania są bardzo ważne, jednak dotyczą one konkretnych warunków w konkretnym zakładzie górniczym. Nie umożliwiają więc zapobieżenia zdarzeniu mogącemu wystąpić w podobnych uwarunkowaniach w innym zakładzie górniczym. Wniosek z tego jest taki, że należałoby rozwinąć dotychczasowe sposoby systemowego monitorowania o kontrole stężeń metanu oraz potencjalnych możliwości wystąpienia zapłonu tego gazu.

W kontekście powyższych opisów miejsc i okoliczności zdarzeń nasuwa się koncepcja uwzględniająca kilka aspektów.

Pierwszym z nich jest wykrywanie anomalii górotworu, tj. występowania na wybiegu ściany (rys. 1) lub drażonego chodnika pustek (szczelin, kawern), w których może się gromadzić metan.



Rys. 1. Fragment badań wykrywających anomalie w górotworze [7]

Badania takie przeprowadza się z wykorzystaniem metody wzbudzonej aktywności sejsmoakustycznej [1]. Polega ona na zainicjowaniu w górotworze fali sprężystej (np. poprzez użycie materiału wybuchowego lub w wyniku uderzenia młotem) oraz zastosowaniu odpowiednich narzędzi pomiarowych [14]. Aparaturą zapewniającą realizację takich zadań jest iskrobezpieczna przenośna aparatura sejsmiczna PASAT M, która może być wykorzystana przy stosowaniu następujących metod pomiarowych:

- prześwietlanie sejsmiczne pomiędzy wyrobiskami,
- profilowanie sejsmiczne podłużne w wyrobiskach górniczych,
- prześwietlanie sejsmiczne pomiędzy otworami,
- sondowanie sejsmiczne.

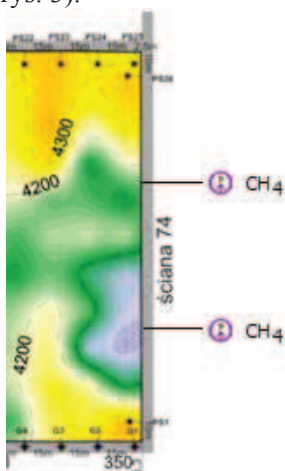
Aparatura PASAT M zapewnia też gromadzenie danych w formie rejestracji sygnałów napięciowych lub prądowych doprowadzonych do niej z autonomicznych iskrobezpiecznych źródeł (czujników). Składa się ona z sond pomiarowych SG3, modułów pomiarowo transmisyjnych MPT, modułu wyzwalania pomiarów MWP i modułu sterowania, wizualizacji i archiwizacji PDA (rys. 2), a modułowa budowa urządzenia umożliwia konfigurację zestawu pomiarowego w zależności od potrzeb.

Spośród wielu możliwości, jakie daje zastosowanie aparatury PASAT M dla potrzeb monitorowania anomalii górotworu, badanie takie pozwoli wyznaczyć niejednorodność geologiczną przed frontem eksploatacji mogącą oznaczać występowanie pustek, szczelin i uskoków [14].



Rys. 2. Iskrobezpieczna przenośna aparatura sejsmiczna typu PASAT M [9]

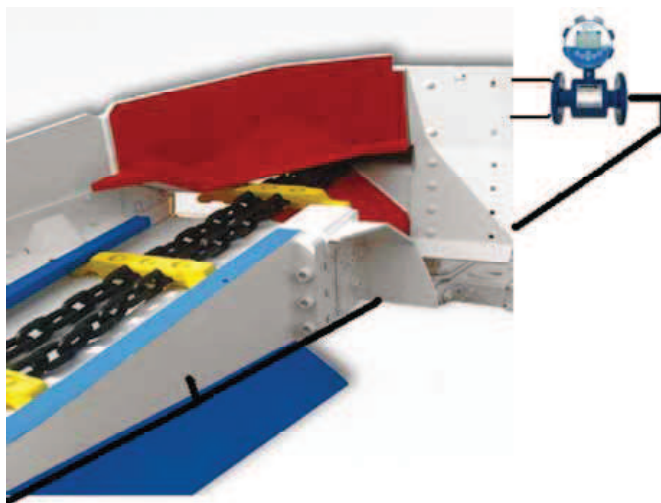
Takie rozpoznanie anomalii w górotworze pozwoli odpowiednio przygotować się do urabiania tej części pokładu, co jest drugim aspektem w koncepcji rozszerzenia monitorowania. Chodzi mianowicie o zastosowanie w określonej strefie występowania anomalii dodatkowych czujników pomiaru stężeń metanu. Rzecz dotyczy czujników metanu z transmisją radiową, co będzie pozwalało umieścić je w miejscach dotychczas niedostępnych dla typowych czujników z sieciową linią zasilającopomiarową (rys. 3).



Rys. 3. Przykład dodatkowej kontroli stężeń metanu w ścianie przy użyciu metanomierzy radiowych (opracowanie własne)

Można je będzie umieszczać na kombajnie, a także w pobliżu ociosu ściany (poza zasięgiem organu urabiającego). Takie rozwiązanie powinno zdecydowanie skrócić czas od chwili wypływu metanu z ociosu do reakcji systemu wyłączającego urządzenia (w tym kombajn i przenośnik ścianowy) spod napięcia. Dodać należy, że trwają prace nad wdrożeniem takiego właśnie metanomierza.

Trzecim aspektem jest kontrola przewietrzania przestrzeni zamkniętych przenośnika ścianowego. Przewietrzanie takie jest realizowane przy wykorzystaniu sprężonego powietrza, które węzami doprowadzane jest do króćców wlotowych zabudowanych na profilu bocznym rynny przenośnika ścianowego. Ich wzajemna odległość określana jest przez kierownika ruchu zakładu górniczego. W przypadku prawidłowego wydatku powietrza skutecznie eliminowana jest możliwość nagromadzenia się metanu w obrębie przenośnika. Zdarza się jednak, jak pokazują przytoczone przykłady, że ruch przenośnika prowadzony jest przy braku skutecznego przedmuchu. Nasuwa się więc wniosek, że powinno się kontrolować przepływ sprężonego powietrza w kierunku króćców wlotowych, a w sytuacji, gdy wydatek spadnie poniżej określonego progu, powinna nastąpić blokada ruchu przenośnika. Funkcję tę mógłby pełnić automatyczny układ pomiarowy-wyłączający (rys. 4).



Rys. 4. Koncepcja automatycznego układu pomiarowo-wyłączającego instalację sprężonego powietrza do zwalczania zagrożenia metanowego (opracowanie własne)

4. PODSUMOWANIE

Przykłady zaistniałych w ostatnich latach zapaleń metanu w ścianach wydobywczych pokazują specyfikę stref występowania zagrożenia metanowego, które nie są objęte kontrolą stężenia metanu.

Rozszerzenie sposobu kontroli i sposobu zabezpieczeń stref zagrożonych przepływem metanu sprzed frontu eksploatacyjnego lub/i ze spągu wyrobiska ścianowego polegać by mogło na:

- kontroli i wykrywaniu anomalii górotworu przed frontem eksploatacyjnym,
- objęciu kontrolą stężeń metanu strefy przyociosowej wyrobiska ścianowego w rejonie przewidywanego występowania w górotworze anomalii,
- kontroli wydatku powietrza sprężonego podawanego do przestrzeni zamkniętej przenośnika ścianowego z automatycznym wyłączaniem spod napięcia urządzeń elektrycznych w rejonie ściany w przypadku zmniejszenia wydatku tego powietrza poniżej ustalonej wielkości.

Literatura

1. Dubiński J.: *Sejsmiczna metoda wyprzedzającej oceny zagrożenia wstrząsami górnictwami w kopalniach węgla kamiennego*. Prace GIG, Katowice 1989, Seria Dodatkowa.
2. *Informacja Nr 16/2011 śm./EW* [online], Wyższy Urząd Górniczy, dostępna w Internecie: http://www.wug.gov.pl/index.php?statystyki/5_05_2011.
3. *Informacja Nr 5/2013/EW* [online], Wyższy Urząd Górniczy, dostępna w Internecie: http://www.wug.gov.pl/index.php?statystyki/28_01_2013.
4. *Informacja Nr 7/2013/EW* [online], Wyższy Urząd Górniczy, dostępna w Internecie: http://www.wug.gov.pl/index.php?statystyki/6_02_2013_1.
5. *Stan BHP w górnictwie. Niebezpieczne zdarzenia – zapalenia i wybuchy metanu w 2013 r.* [online], dostępny w Internecie: http://www.wug.gov.pl/index.php?statystyki/25_02_2013.

6. *Informacja Nr 82/2009/EW* [online], Wyższy Urząd Górniczy, dostępna w Internecie: <http://www.wug.gov.pl/index.php?Statystyki/zdarzenia>.
7. *Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych*. Dz. U. Nr 139, poz. 1169 z późn. zm.
8. *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 29 stycznia 2013 r. w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych*. Dz. U. RP z dnia 19 lutego 2013 r., poz. 230.
9. *Sprawozdanie z etapu I, pt. „Przeprowadzenie badań na wybranej kopalni”*, Dokumentacja pracy (pod kierunkiem K. Oseta) nr 301 00821 720002 pt. „Badania wyprzedzające za pomocą aparatury PASAT M w pokładach soli”, Instytut Technik Innowacyjnych EMAG, Katowice 2011.
10. *Stan BHP w górnictwie. Niebezpieczne zdarzenia – zapalenia i wybuchy metanu w 2011 r.* [online], dostępny w Internecie: http://www.wug.gov.pl/index.php?statystyki/13_03_2011.
11. *Stan BHP w górnictwie. Niebezpieczne zdarzenia – zapalenia i wybuchy metanu w 2011 r.* [online], dostępny w Internecie: http://www.wug.gov.pl/index.php?statystyki/12_08_2011_1.
12. *Stan bezpieczeństwa i higieny pracy w górnictwie w 2012 roku* [online], Raport Wyższego Urzędu Górniczego, dostępny w Internecie: <http://www.wug.gov.pl/index.php?bhp>.
13. *Stan BHP w górnictwie. Niebezpieczne zdarzenia – zapalenia i wybuchy metanu w 2013 r.* [online], dostępny w Internecie: http://www.wug.gov.pl/index.php?statystyki/25_03_2013.
14. *Systemy eksploatacji w KGHM Polska Miedź S.A.* [online], dostępny w Internecie: http://www.kghm.pl/index.dhtml?category_id=261 – strona główna – 20.08.2012.
15. *Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze*. Dz. U. Nr 163, poz. 981.

Artykuł został zrecenzowany przez dwóch niezależnych recenzentów.