

Wybrane katastrofy i wypadki w górnictwie polskim – zebranie danych

STANISŁAW WASILEWSKI, PAWEŁ JAMRÓZ

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

Streszczenie

Systemy gazometrii automatycznej stosowane w kopalniach węgla kamiennego dostarczają wiele informacji dotyczących zaburzeń stanu parametrów powietrza w wyrobiskach kopalni. Przebiegi parametrów powietrza i pracy maszyn zarejestrowane w czasie normalnej eksploatacji oraz w czasie wypadków czy katastrof, a także rejestracje z badań eksperymentalnych pozwalają na zbudowanie bazy danych zawierających szereg przypadków do analiz tzw. „case study”. Taki zbiór może być przydatny w realizacji badań metodami symulacji komputerowych, a w szczególności w próbach odtworzenia zdarzeń oraz analizy ich przebiegu z możliwością rozważenia różnych wariantów i scenariuszy [3]. Niniejsze opracowanie opisuje początek prac o charakterze porządkującym bogaty materiał celem jego zebrania i przygotowania danych do dalszych badań i analiz.

Dane zgromadzone dotychczas wymagają uporządkowania według jednolitego schematu, aby mogły być przydatne jako dane wejściowe do badań modelowych. Przyjęto, że na tym etapie prac powstanie jednolita baza opisu przypadków zawierająca:

- opis zdarzenia, dane górniczo-geologiczne rejonu, schematy przewietrzania, lokalizację czujników i zabezpieczeń w systemie gazometrii,
- zapisu danych z pomiarów oraz systemu monitoringu,
- charakterystyczne przebiegi parametrów powietrza, a w szczególności prędkości, poziomu stężeń w rejonach ścian,
- danych niezbędnych dla celów modelowania.

Utworzenie bazy danych opisujących zaburzenia w sieci wentylacyjnej kopalni w wyniku tąpnięcia, wyrzutu, nagłego dopływu metanu czy pożaru wraz z analizą rozplywu domieszek gazowych w sieci oprócz wartości poznawczych może mieć istotne znaczenie dla celów weryfikacji i walidacji modeli numerycznych procesów i zjawisk [2,3], stąd podjęcie tej pracy wydaje się w pełni uzasadnione.

Słowa kluczowe: aerologia górnicza, monitorowanie parametrów powietrza, wypadki i katastrofy, baza danych pomiarowych

1. Wstęp

Bezpieczna eksploatacja we współczesnych kopalniach wymaga stosowania nowoczesnych i niezawodnych systemów monitorowania i zabezpieczeń gazowych. Istotą systemów gazometrii automatycznej jest kontrola i monitorowanie parametrów powietrza w ustalonych miejscach sieci wentylacyjnej kopalni. Miejsca te są określone przez przepisy górnicze i wskazane dodatkowo jako istotne dla bezpieczeństwa przez Głównego Inżyniera Wentylacji. Oprócz ustalonych miejsc zabudowy i lokalnego charakteru pomiarów przez stacjonarne czujniki tych systemów istotne są również przyjęte wymagania techniczne w zakresie wyposażenia tych systemów oraz warunków rejestracji i archiwizacji danych.

Systemy monitorowania zagrożeń gazowych oprócz nadzoru nad stanem bezpieczeństwa, a także sygnalizacją stanów awaryjnych i alarmowych, stanowią również źródło danych o parametrach środowiska w podziemiach kopalni w warunkach normalnych oraz awaryjnych [8]. Wielokrotnie komisje powoływane przez Prezesa WUG do zbadania przyczyn i okoliczności powstałych zdarzeń wykorzystywały właśnie zapisy i rejestracje parametrów w systemach gazometrycznych jako wiarygodne źródła danych do oceny

stanu zagrożenia przed zdarzeniem oraz w czasie ustalania lokalizacji źródła i przebiegu zdarzenia. Dane rejestrowane na bieżąco oraz archiwizowane w bazach danych kopalnianych systemów nadzoru niezależnie od funkcji kontrolnych stanu wentylacji i zmian parametrów powietrza stanowią niezwykle cenny materiał poznawczy co pozwala na szersze ich wykorzystanie.

Symulacje komputerowe coraz częściej stają się ważnym narzędziem badawczym w praktyce górniczej do opisu zdarzeń i zjawisk obserwowanych w określonych warunkach. W Instytucie Mechaniki Górotworu PAN, opracowano zintegrowany system programów symulacyjnych *VentGraph-Plus* [2], (*VentGraph* połączony z *VentZroby*), który umożliwia rozpatrywanie przepływu mieszaniny powietrza i gazów z wykorzystaniem modeli jednowymiarowych w sieci wyrobisk górniczych czy modeli 2D w obszarze zrobów, które były z powodzeniem weryfikowane i walidowane z wykorzystaniem danych z systemów gazometrii [1,3].

Rozwój komputerowych metod symulacji przepływów w wyrobiskach górniczych wykorzystujących do modelowania numerycznego CFD środowiska typu Fluent, Abaqus czy, Adina zaowocował możliwością zastosowania ich w coraz liczniejszych przypadkach obliczeniowych. Jednym z zastosowań takich środowisk jest modelowanie przepływów w wyrobiskach kopalnianych. Narzędzia te stają się realnym wsparciem w fazach projektowania systemów wentylacji, analizie stanów dynamicznych zjawisk przepływowych włącznie z badaniem chwilowych rozkładów stężeń różnych gazów [4-7]. Wiarygodność wyników uzyskiwanych na drodze symulacji związana jest z dobraniem odpowiednich modeli przepływowych cechujących się dużą liczbą współczynników, których wartości należy przybliżyć. Aby możliwe było przeprowadzenie symulacji konieczne jest również założenie warunków początkowych dotyczących wszelkich analizowanych parametrów przepływu. Założenie w „ciemno” pewnych wartości początkowych i losowo wybranych modeli może spowodować powstanie dużych błędów pomiędzy wynikami symulacji, a rzeczywistymi przypadkami przepływowymi. W celu odpowiedniego dopasowania wykorzystywanych modeli wykonuje się tak zwane „test case”, w których wykorzystuje się dobrze opisane przypadki przepływowe. Jednym ze sposobów kalibracji modeli jest ich strojenie w oparciu o wyniki już wykonanych pomiarów. Dla przypadków analiz modelowych przepływów w wyrobiskach kopalnianych istnieje konieczność weryfikacji używanych modeli w szerokich zakresach, w zależności od systemu przewietrzania, geometrii wyrobiska czy rodzaju prowadzonej analizy. Proponuje się wykorzystanie do tego celu danych rejestrowanych i gromadzonych przez pracowników IMG PAN na przestrzeni ostatnich lat. Wymaga to zgromadzenia w jednym miejscu bardzo dużej liczby danych pomiarowych wraz z szczegółowym opisem konkretnych przypadków pomiarowych.

Pierwszą grupą takich danych pomiarowych są dane związane z różnego rodzaju katastrofami i wypadkami [7]. Są to dane bardzo istotne z punktu widzenia poznania natury i skutków takich zjawisk jak: tąpnięcia, zapalenia metanu, wyrzuty czy wypływy metanu. Właśnie takie dane mogą być przydatne do analiz i próby modelowego odtworzenia przebiegu zdarzeń. W niniejszym artykule zaproponowano strukturę bazy danych oraz zebrano informacje o danych pomiarowych związanych z tego rodzaju zdarzeniami stanowiących podstawę do utworzenia pierwszej części bazy danych pomiarowych.

2. Rejestracje danych w rejonach kopalń w okresie poprzedzającym i w czasie katastrof

2.1. Zjawiska gazogeodynamiczne wywołane wstrząsami i tąpnięciami

Koincydencja zagrożeń naturalnych (metanowo-sejsmicznych) była przyczyną katastrofy w wyniku gwałtownego wypływu metanu po tąpnięciu w ścianie N-303 w kopalni Zabrze-Bielszowice w grudniu 1996. Dwóch górników poniosło wówczas śmierć w wyniku uduszenia, ale wielu znalazło się w warunkach atmosfery wybuchowej. We wrześniu 1999 roku w tej samej ścianie nastąpiło kolejne tąpnięcie w wyniku którego dwóch górników zostało poszkodowanych. Temu zjawisku towarzyszyło również gwałtowne uwolnienie znacznej ilości metanu. W kopalni Bielszowice zaliczonej do jednej z najbardziej narażonych na zagrożenia skojarzone zarejestrowano jeszcze podobne zdarzenie w ścianie 841a w pokładzie 405/2. Gazodynamiczne zjawisko wywołane wstrząsem zarejestrowano również w podczas drążenia chodnika badawczego w kopalni Wujek Ruch Śląsk oraz w czasie drążenia pochylni w kopalni Wesoła.

2.1.1. Gwałtowna emisja metanu po tąpnięciu spowodowanym wstrząsem w ścianie N-303 pokład 507 KWK Zabrze-Bielszowice w roku 1996

Ściana N-303 eksploatowana w pokładzie 507 o dużej aktywności sejsmicznej (III stopień zagrożenia tąpnięciami) w warunkach wysokiego zagrożenia metanowego (IV kategoria zagrożenia metanowego) oraz potencjalnego zagrożenia pożarowego. W wyniku wstrząsu i tąpnięcia w dniu 12 grudnia 1996 nastąpiło zaciśnięcie chodnika i zniszczenie znacznego obszaru pokładu 507, co wywołało gazogeodynamiczne zjawisko gwałtownego wydzielania metanu. Ponadto na skutek całkowitego zaciśnięcia chodnika nastąpiło zatrzymanie przepływu powietrza w tym chodniku. Gwałtowny wypływ metanu z calizny, w następstwie tąpnięcia, przy braku przepływu powietrza spowodował zagazowanie chodnika, a stężenie metanu dochodziło do ponad 30%CH₄. Zdarzenie zostało zarejestrowane w systemie gazometrii przez metanomierze umieszczone zarówno w ścianie jak i na wylocie ze ściany w prądach zużytego powietrza w obu kierunkach na wschód i zachód ściany.

2.1.2. Zjawisko gazodynamiczne po tąpnięciu spowodowanym wstrząsem w ścianie N-303 pokład 507 w KWK Bielszowice w 1999 roku

W ścianie N-303 w pokładzie 507, podjęcie eksploatacji po zdarzeniu z 1996 roku było możliwe pod szczególnymi rygorami. Jednak w dniu 4.08.1999 r. w rejonie ściany N-303 ponownie wystąpił wstrząs, który spowodował tąpnięcie ze skutkami na skrzyżowaniu ściany z chodnikiem oraz w tym chodniku z lokalnym wyrzucaniem węgla z ociosów i wypiętrzeniem spagu, co powodowało zmniejszenie gabarytów wyrobiska. W wyniku tąpnięcia nastąpiło zjawisko gazodynamiczne z gwałtownym wydzielaniem metanu do wyrobisk przyścianowych. Zdarzenie zostało zarejestrowane w systemie gazometrii przez czujniki metanu, tlenu, anemometry i czujniki tlenu węgla. W wyniku zdarzenia nastąpiło gwałtowne zaburzenie przepływów w przyległych wyrobiskach, włącznie z odwróceniem kierunku przepływu powietrza w jednym z wyrobisk, a po krótkim czasie nastąpił również wzrost stężenia metanu w wyrobiskach przyścianowych.

2.1.3. Zaburzenia parametrów powietrza po tąpnięciu spowodowanym wstrząsem z obwałem stropu w rejonie ściany 841a pokład 405/2 w KWK Bielszowice w 2009 roku

Ściana 841a prowadzona była w pokładzie 405/2, zaliczonym do III stopnia zagrożenia tąpnięciami, IV kategorii zagrożenia metanowego. Zagrożenie tąpnięciami wzrastało wyraźnie z wybiegiem ściany, w której zarejestrowano trzy wysoko energetyczne wstrząsy na wybiegu 290 m, 573 m, oraz 624 m. W dniu 05.10.2009 r., na zmianie nie wydobywczej wystąpił samoistny, silny wstrząs górotworu, którego epicentrum zlokalizowano w zrobach ściany 841a. Wstrząs ten spowodował tąpnięcie w dowerzchni I'w, niszcząc obudowę przed frontem ściany 841a. W wyniku wstrząsu wystąpiły zaburzenia parametrów powietrza zarejestrowane przez czujniki w systemie gazometrii automatycznej. W pierwszej kolejności zaburzenia te odnotowały czujniki ciśnienia bezwzględного, a następnie cztery anemometry zabudowane w rejonie ściany, z których jeden umieszczony przed ścianą prawdopodobnie w wyniku podmuchu zarejestrował głęboką rewersję, która trwała przez blisko 40 sekund. Zaburzenie warunków przewietrzania w ścianie zarejestrowały również metanomierze szczególnie te umieszczone za ścianą w dowerzchni I'w w pobliżu skrzyżowania ze ścianą.

2.1.4. Emisja metanu po wstrząsie w zrobach ściany 5 pokład 409 kopalnia Wujek Ruch Śląsk w 2013 roku

Pokład 409 w O.G. „Ruda Śląska-Panewniki II” zaliczony został do III stopnia zagrożenia tąpnięciami. W czasie drażenia chodników 5a i 5b występowały liczne wstrząsy. W dniu 13. 04.2013 r. w rejonie pokładu 409 wystąpił wstrząs zlokalizowany w zrobach ściany 5. Analizowany wstrząs z rejonu ściany 5 wystąpił w trakcie drażenia przodka chodnika badawczego 5b. Wstrząs spowodował wypiętrzenie spagu w chodniku 5a na wysokość wypiętrzenia około 0,5 m, oraz w chodniku 5b na wysokość wypiętrzenia około 0,5 m. Temu wstrząsowi towarzyszył gwałtowny dopływ metanu do chodników, który zarejestrowały czujniki w systemie gazometrii wskazując przekroczenia dopuszczalnych stężeń metanu na czujnikach nawet do wartości 24%CH₄.

2.1.5. Gwałtowny wypływ metanu po wstrząsie w czasie drażenia pochylni 01 pokł. 510 partia Aw w kopalni Wesoła w 2014 roku

W czasie drażenia pochylni 01 w pokładzie 510 partia Aw w kopalni Wesoła w dniu 2.10.2014 roku po wstrząsie nastąpił gwałtowny wypływ metanu. Zdarzenie to zostało zarejestrowane jako zaburzenie parametrów powietrza, w systemie gazometrii automatycznej przez czujnik różnicy ciśnień, anemometr oraz czujniki stężenia metanu jak również czujniki tlenu węgla. Szczytowe stężenie metanu, które zarejestrował najbliższy zdarzenia metanomierz wyniosło ponad 14%CH₄.

2.2. Zjawiska towarzyszące wyrzutom metanu

Wyrzuty metanu wywołują gwałtowne zjawiska gazodynamiczne, którym towarzyszy uwolnienie znacznych ilości metanu do przestrzeni wyrobisk co powoduje gwałtowny wzrost stężenia metanu. Gwałtowny przebieg zdarzeń po wyrzutach wymaga aby stosowane czujniki metanu w rejonach szczególnego zagrożenia jakim są np. drażone chodniki charakteryzowały się dużą dynamiką i krótkim czasem reakcji dla wyłączenia energii elektrycznej oraz uruchomienia sygnalizacji stanu zagrożenia. Doświadczenia po wyrzutach metanu (KWK Pniówek, KWK Zofiówka) pokazują, że w wyrobiskach kopalń przez długi czas utrzymują nie tylko stężenia wybuchowe metanu, ale również atmosfera niezdalna do oddychania.

2.2.1. Wyrzut metanu i węgla w czasie drażenia lunety rurowej w kopalni Pniówek

Wyrzut metanu i skał i w dniu 23.08.2002 r. podczas wykonywania robót strzałowych związanych z drażeniem lunety rurowej na poziomie 1000 metrów w KWK Pniówek. W wyniku tego zdarzenia do lunety rurowej wydzielono się około 51 500 m³ metanu. W wyniku wydzielonego podczas wyrzutu metanu powstało poważne zagrożenie metanowe na znacznym obszarze kopalni, a na drogach odprowadzenia powietrza do szybu wydechowego, powstały mieszaniny wybuchowe, a także atmosfera niezdalna do oddychania. Wyrzut metanu i skał, który spowodował gwałtowny wzrost stężenia metanu do 84%CH₄, zarejestrowany przez czujnik systemu gazometrii automatycznej, zabudowany w czole drażonej lunety rurowej.

2.2.2. Wyrzut metanu i skał w chodniku transportowym D-6 w pokł. 409/4 w kopalni Zofiówka w 2005 roku

W dniu 22.11.2005 roku w chodniku transportowym D-6 w pokł. 409/4 w kopalni Zofiówka nastąpił wyrzut metanu i skał. Po wyrzucie metanu i skał w przodku chodnika transportowego D-6 pokł.409/4 nastąpiły gwałtowne wzrosty stężenia metanu zarejestrowane przez metanomierze systemu gazometrii automatycznej zabudowane w tym chodniku, które dochodziły nawet do 100% CH₄. Tak gwałtowne zjawisko gazodynamiczne wyrzutu metanu i skał oraz towarzyszące mu zmiany stężenia metanu spowodowały, wyłączenie energii elektrycznej w przodku. Powstałe po wyrzucie zaburzenie stężenia metanu w postaci „korka metanowego” przemieszczało się wzdłuż dróg wentylacyjnych aż do szybu i było rejestrowane przez kolejne metanomierze zabudowane wzdłuż tej drogi.

2.3. Zjawiska zapylenia i wybuchu metanu w zrobach kopalni

2.3.1. Zapalenie i wybuch metanu w zrobach ściany C-3 pokład 361 w kopalni Pniówek

Ściana C-3 pokład 361 przewietrzana była systemem na Y odwrócone. Rejon ściany C-3 pokł. 361 był zabezpieczony z wykorzystaniem urządzeń systemu gazometrii. W dniu 5.09.2002 anemometr zlokalizowany w chodniku na wlocie do rejonu do ściany, zarejestrował gwałtowną zmianę prędkości powietrza łącznie ze zmianą kierunku. Równocześnie metanomierz zabudowany na wlocie do ściany zarejestrował gwałtowny wzrost stężenia metanu. W kilka sekund później wzrost stężenia metanu zarejestrowały pozostałe czujniki metanu w rejonie zdarzenia. Komisja WUG badająca zdarzenie uznała, że najbardziej prawdopodobnym inicjałem zapalenia metanu były iskry tarciove powstałe przy urabianiu skał kombajnem w rejonie uskoku występującego w ścianie C-3. Przeniesienie płomienia palącego się metanu do zrobów ściany C-3 spowodowało wybuch metanu w zrobach powodując powstanie ciśnienia w wyniku, którego nastąpiło wypchnięcie metanu i palących się gazów zrobowych do przestrzeni roboczej ściany.

2.3.2. Zapalenie metanu w zrobach ściany 837 pokład 405/2 w kopalni Bielszowice

Ściana 837 w pokładzie 405/2 przewietrzana była systemem „U”. Pokład 405/2 zaliczony był do IV kategorii zagrożenia metanowego, do III stopnia zagrożenia tąpnięciami oraz do III grupy skłonności węgla do samozapalenia. Rejon ściany 837 zabezpieczono w systemie gazometrii za pomocą siedmiu metanomierzy, kilku anemometrów oraz czujników tlenu węgla. W dniu 23.02.2003 roku zaistniało zapalenie metanu w zrobach ściany 837 przy chodniku 7'z. Zapaleniu metanu towarzyszył podmuch z chwilowym zaburzeniem przepływu powietrza i płomieniem na skrzyżowaniu ściany z chodnikiem 7'z. W tym samym czasie czujnik tlenu węgla zabudowany w chodniku 7'z przy pochylni Iz zarejestrował gwałtowny wzrost zawartości tlenu węgla przekraczający 0,0100%. Stany nieustalone parametrów powietrza w rejonie zarejestrowały również inne czujniki.

2.3.3. Zapalenie metanu w zrobach ściany 9 pokład 405/2 w kopalni Sośnica

Pokład 405/2 o miąższości od 2,8 m do 3,80 m, nachyleniu do 20°, zaliczony został do IV kategorii zagrożenia metanowego, klasy B zagrożenia wybuchem pyłu węglowego, II stopnia zagrożenia tąpnięciami oraz do II grupy samozapalności. W pokładzie tym prowadzona była eksploatacja ścianą nr 9 z zawałem stropu, na całą grubość pokładu. Eksploatacja prowadzona była z dołu do góry, systemem podłużnym z zawałem stropu od granicy w kierunku na wschód, systemem wentylacji na „Y”. Rejon był zabezpieczony za pomocą czujników systemu gazometrii automatycznej, które wskazywały powolny ale systematyczny wzrost zagrożenia pożarowego (stężenie tlenu węgla miało tendencje wzrostowe). W dniu 7.11.2003 roku przebieg parametrów powietrza rejestrowanych w rejonie ściany 9 pokład 405/2 pokazały wyraźnie gwałtowny przebieg zdarzenia, który zapoczątkował podmuch powietrza, czyli odwrócenie kierunku przepływu powietrza w chodniku taśmowym 7 na wylocie z rejonu. Około 20 sekund później nastąpił wzrost stężenia tlenu węgla na wylocie z rejonu, a następnie około 30 sekund później zarejestrowano stan nieustalony stężenia metanu (początkowo szybki spadek, a następnie powrót do stanu sprzed zdarzenia). Synchroniczny zapis przebiegów czasowych pozwolił określić kolejność zachodzących zmian i poszukiwać wyjaśnień mechanizmu zjawiska zapłonu metanu w ścianie 9.

2.3.4. Zapalenie i wybuch metanu w zrobach i wybuch pyłu węglowego w likwidowanej ścianie 1 pokład 506/E w kopalni Halemba

Pokład 506 zaliczony był do IV kategorii zagrożenia metanowego, III stopnia zagrożenia tąpnięciami, klasy B zagrożenia wybuchem pyłu węglowego i do I grupy samozapalności węgla. W okresie likwidacji ściany 1 pokład 506/E, część zachodnia ściany (ok. 1/3 długości) przewietrzana była za pomocą dwóch lutniociągów tłoczących powietrze do miejsca rabowania sekcji obudowy, a część wschodnia – opływowym prądem powietrza. Zapalenie i wybuch metanu oraz pyłu węglowego w rejonie likwidowanej ściany 1 w pokładzie 506/E na poziomie 1030 m w KWK Halemba miał miejsce w dniu 21.11.2006 roku. Zdarzenie nastąpiło w czasie usuwania elementów obudowy ścianowej wraz z ich transportem do powierzchni, a jego skutki zaliczono do najbardziej tragicznych w historii polskiego górnictwa. Rejestracje w systemie gazometrii w okresie poprzedzającym zdarzenie, potwierdzały silne zaburzenia parametrów powietrza w czasie prowadzenia robót. Zdarzenie zostało również zarejestrowane w systemie gazometrii przez metanomierze umieszczone zarówno w ścianie 1 jak i wyrobiskach odprowadzających zużyte powietrze. W strefie zagrożenia znajdowało się 31 górników, a w wyniku tego zdarzenia dwudziestu trzech górników poniosło śmierć.

2.3.5. Zapalenie i wybuch metanu w zrobach ściany F-22 pokład 405/1 w kopalni Borynia

Ściana F-22 w pokładzie 405/1lg, o miąższości od 3,8 do 5,2 m, który był słabo skłonny do samozapalenia (II grupa samozapalności) prowadzona była w warunkach III kategorii zagrożenia metanowego, systemem podłużnym z zawałem stropu oraz przewietrzana systemem na „U” wzdłuż calizny węglowej. W dniu 4.06.2008 roku w rejonie ściany F-22, nastąpiło zapalenie i wybuch metanu. W zagrożonym rejonie znajdowało się 36 pracowników z których 23 uległo wypadkom, w tym 6. ze skutkiem śmiertelnym. W wyniku wybuchu metanu i po zdarzeniu w systemie gazometrii automatycznej zarejestrowano stany nieustalone parametrów powietrza w rejonie ściany F-22 i w chodnikach przyległych oraz zmianę stanu pracy urządzeń wentylacyjnych. Bezpośrednio po zdarzeniu wystąpiło zaburzenie przepływu powietrza zarejestrowane w chodniku F-22b, wzrost stężenia metanu do 5%CH₄ na wlocie do ściany F-22. Po kolejnych kilku minu-

tach czujnik tlenku węgla, zabudowany w chodniku F-22a w odległości około 15 m przed skrzyżowaniem z pochylnią F-21 w pokładzie 405/1, zarejestrował stężenie CO powyżej 200 ppm.

2.3.6. Zapalenie metanu i pożar w zrobach w ściany 912a pokład 501 w kopalni Wesoła

W kopalni węgla kamiennego Wesoła w dniu 12.03.1999r w zrobach ściany 912a w pokładzie 501, zaliczonym do IV kategorii zagrożenia metanowego i III stopnia zagrożenia tapaniami, miało miejsce zapalenie metanu. Ściana 912a przewietrzana była systemem na „U” od pola z prowadzeniem powietrza wzdłuż calizny węglowej i likwidacją chodników przyścianowych. W momencie zdarzenia czujniki tlenku węgla systemu monitorowania zagrożeń gazowych wykazały gwałtowny wzrost stężenia tlenku węgla w chodniku nadścianowym ściany 912a w pokładzie 501B zach. na poziom 665 m. Na podstawie wskazań czujników tlenku węgla oraz informacji metaniarza potwierdzającej fakt zapalenia metanu, podjęto akcję pożarową. Zgromadzono dane z systemu gazometrycznego w rejonie zapalenia metanu obejmujące wskazania czujników tlenku węgla, wskazań anemometrów, czujników metanu zabudowanych w momencie zapalenia oraz w okresie prowadzenia akcji pożarowej.

2.4. Zapalenie metanu w czasie urabiania w ścianie

2.4.1. Zapalenie metanu w ścianie XI – W1 pokład 703/1 w kopalni Rydułtowy

Ściana XI-W1 prowadzona była w pokładzie 703/1 w rejonie W1 pomiędzy chodnikiem 10-W1 i chodnikiem 11-W1 w pokładzie 703/1. Eksploatacja prowadzona była systemem ścianowym podłużnym z zawałem stropu, w kierunku „od pola”. Długość ściany (średnia) wynosiła 243 m, a jej wybieg około 1120 m. Nachylenie podłużne ściany 8°-10°. Miąższość pokładu w rejonie ściany XI-W1 wynosiła 1,9 do 2,4 m. Przewietrzanie ściany odbywało się w układzie U, przy czym powietrze świeże płynęło wzdłuż calizny węglowej, a powietrze zużyte wzdłuż zrobów ściany X-W1. Rejon ściany był zabezpieczony przez czujniki systemu gazometrii automatycznej.

W dniu 23.03.2002 czujnik zabudowany nad napędem przenośnika ścianowego zarejestrował gwałtowny wzrost stężenia metanu z 0,5% CH₄ do 4,1% CH₄. W tym samym momencie czujnik zabudowany w chodniku, 10 m od wylotu ściany XI-W1, pokazał wzrost stężenia metanu z 0,6% CH₄ do 1,1% CH₄. Około 5 minut i 20 sekund później czujnik tlenku węgla zainstalowany w chodniku 10-W1 zasygnalizował ALARM przy wartości 83 ppm. Analiza zapisów pozwoliła stwierdzić, że maksymalne stężenie metanu wzrosło chwilowo do 3,7% CH₄, wzrost stężenia tlenku węgla nastąpił do wartości 236 ppm.

2.4.2. Zapalenie metanu w ścianie 108 pokład 364 w kopalni Brzeszcze

Ściana 108 eksploatowana była systemem podłużnym z zawałem stropu. Pokład 364 zaliczony został do IV kategorii zagrożenia metanowego. Ściana nr 108 o długości 254 metry i miąższości eksploatacyjnej od 2,0 do 2,2 m oraz wybiegu 1440 m prowadzona była między chodnikiem taśmowym i chodnikiem wentylacyjnym. Wyrobiska te likwidowano wraz z postępem ściany. Przewietrzanie ściany prowadzone systemem „U” z wylotowym prądem powietrza w chodniku wentylacyjnym. Zabezpieczenie metanometryczne rejonu ściany 108 zrealizowano w oparciu o czujniki systemu gazometrii automatycznej. W dniu 1.04.2003 roku system zarejestrował przekroczenie górnego zakresu pomiarowego (5% CH₄) na wylocie ściany 108 zabudowanym nad skrzynią napędu przenośnika ścianowego. Zapisane w archiwum systemu SWmP dane bezpośrednio przed i w czasie zapalenia metanu pokazują, że gwałtowny wzrost stężenia metanu do 5% CH₄ wystąpił jedynie na tym czujniku, natomiast pozostałe czujniki w narożu wokół przegrody pokazały jedynie niewielki chwilowy wzrost stężenia metanu. W raporcie wydarzeń system znajduje się również zapis o alarmie czujnika tlenku węgla zabudowanym na wylocie ściany 108 pokład 364 w chodniku wentylacyjnym.

2.4.3. Zapalenie metanu w górnym odcinku ściany N-12 pokład 359/1; 359/1-2 w KWK Krupiński

W dniu 5.05.2011 roku nastąpiło zapalenie metanu w górnym odcinku ściany N-12 pokład 359/1; 359/1-2 w KWK Krupiński. W wyniku zaistniałego zdarzenia system gazometrii zarejestrował gwałtowne zaburzenia parametrów powietrza w chodniku N-12 pokład 359/1, 359/1-2 oraz w chodniku wentylacyjnym N-12 pokład 359/1, 359/1-2. Metanomierz zabudowany w chodniku wentylacyjnym N-12 pokład 329/1, 329/1-2 przed pochylnią N10a/329, a więc ponad 800m od ściany, zarejestrował gwałtowny wzrost stężenia

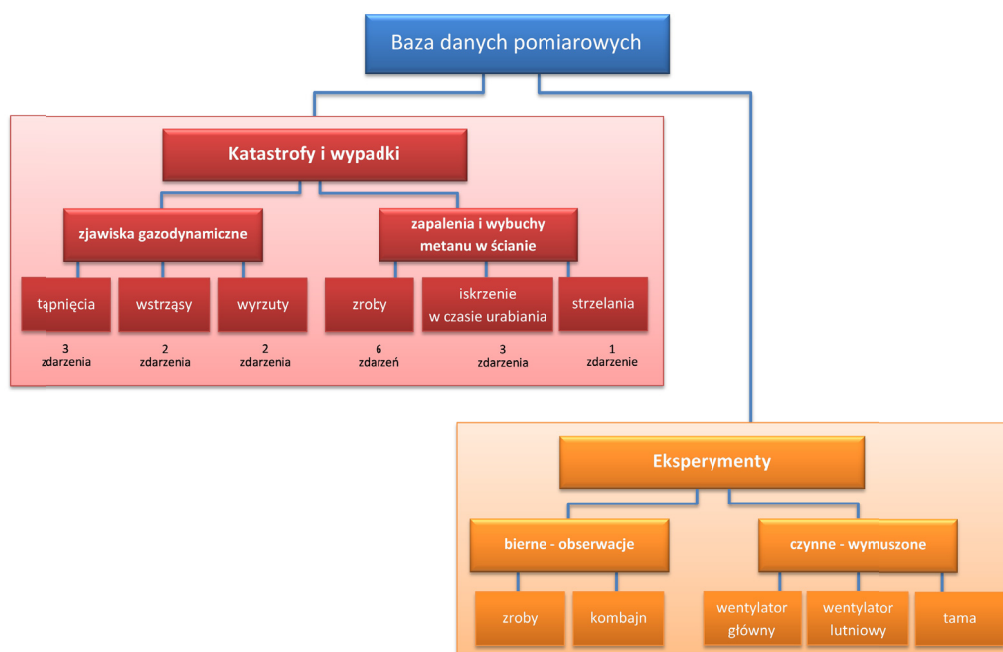
metanu w formie impulsu i powrót do stanu wyjściowego po 16 sekundach. W sześć minut po zdarzeniu zaobserwowano wzrost tlenu węgla związany z transportem produktów spalania. Czujnik tlenu węgla zabudowany w chodniku wentylacyjnym N-12 pokład 329/1 329/1-2 zarejestrował wzrost stężenia tlenu węgla do pełnego zakresu 1000 ppm, podobny wzrost do 3 minuty później zarejestrował czujnik tlenu węgla zabudowany w przecince wentylacyjnej N8/329/1 czyli w odległości blisko 1500 m od ściany N-12 pokład 329/1 329/1-2.

2.5. Zapalenie metanu w czasie robót strzałowych w ścianie

Analiza przeprowadzona po zdarzeniu pozwoliła ustalić, że w dniu 28.07.2007 w rejonie ściany 183 w pokładzie 418 KWK Pokój, w czasie robót strzałowych, nastąpiło zapalenie metanu w wyniku którego czterech górników uległo poparzeniu. Pokład 418 zaliczany był do III stopnia zagrożenia tąpnięciami, II kategorii zagrożenia metanowego, klasy B zagrożenia pyłowego oraz I stopnia zagrożenia wodnego. Ściana 183 o długości ok. 276 m i wybiegu 825 m wybierana była w pokładzie 418 na wysokość 2,0-2,7 m systemem ścianowym poprzecznym z zawałem skał stropowych. Po odpaleniu ładunków w czasie strzelania, stężenie metanu na metanomierzu wylocie ściany gwałtownie wzrosło z 0,4% CH₄ do 1% CH₄. Dwadzieścia sekund później gwałtownie wzrosło stężenie metanu na wlocie do ściany 183 przy czym do wartości 5% CH₄ i do 3,3% CH₄ dowierzchni 18/3a za frontem ściany. Równocześnie z metanem wypchniętym ze strony zrobów ściany 183 w okolicach napędu pojawił się ogień i wysoka temperatura. Rejon ściany 183 pokł. 418 był zabezpieczony za pomocą 16 metanomierzy, z których 10 było zlokalizowanych bezpośrednio w ścianie lub w prądach świeżego i zużytego powietrza z tej ściany. Wszystkie te metanomierze o działaniu ciągłym oraz czujniki prędkości powietrza i tlenu węgla były włączone do systemu gazometrii automatycznej i rejestrowały zmiany parametrów powietrza w czasie zdarzenia.

3. Baza danych dla opisu katastrof i eksperymentów kopalnianych

Przegląd zebranych opisów i analiz pozwolił wybrać 17 zdarzeń zapisanych w historii polskiego górnictwa jako katastrofy ze skutkami tragicznymi oraz jako wypadki, które spowodowały zaburzenia parametrów powietrza w rejonach ścian. Wykorzystując raporty komisji WUG po zdarzeniach dokonano ich klasyfikacji na zjawiska gazogeodynamiczne (7 zdarzeń) wywołane tąpnięciami (3 zdarzenia), wstrząsami (2 zdarzenia) oraz wyrzutami (2 zdarzenia). Do drugiej grupy zaliczono zapalenia i wybuchy metanu (10 zdarzeń), w tym 6 zdarzeń miało miejsce w zrobach ścian zawałowych, 3 były spowodowane zaiskrzeniem w czasie urabiania kombajnem, a jedno robotami strzałowymi w ścianie.



Rys. 1. Schemat bazy danych dla opisu zdarzeń i eksperymentów kopalnianych

Przeprowadzone w warunkach kopalni eksperymenty *in-situ* oraz prowadzone obserwacje pozwoliły zebrać dane o stanach nieustalonych parametrów powietrza dla 22 przypadków. Zaliczono do nich eksperymenty (czynne) z wymuszeniem zatrzymania czy niestabilną pracę wentylatorów głównych (5 przypadków) oraz wentylatorów lutniowych (3 przypadki), a także regulacją za pomocą tam (3 przypadki). Wykorzystując wyposażenie ścian w czujniki parametrów powietrza oraz dodatkową aparaturę badawczą prowadzono obserwacje (eksperyment bierny) wpływu pracy kombajnu na parametry powietrza (4 przypadki), a także rozkładu gazów w zrobach ścian zawałowych (7 przypadków) dla różnych warunków przewietrzania.

W ten sposób uzyskano materiał badawczy pokazany schematycznie na rysunku 1, obejmujący 39 zdarzeń i przypadków eksperymentów, które stanowią bogaty materiał poznawczy oraz mogą być wykorzystane jako dane wejściowe i referencyjne do symulacji komputerowych.

3.1. Struktura bazy danych dla opisu zdarzenia oraz eksperymentu

Opracowanie bazy danych pomiarowych ze zdarzeń mających miejsce w kopalniach rozpoczęto od przypadków opisu zjawisk gazogeodynamicznych wywołanych wstrząsami i tąpnięciami. Zarejestrowane dane pomiarowe oraz dane dotyczące wyrobisk zostały uzyskane z dużej liczby danych ogólnych i posegregowane zgodnie z kolejnością przedstawioną w rozdziale 2. W kolejnym etapie dane zostały przedstawione w ujednoliconej formie i udostępnione na serwerze danych pomiarowych IMG PAN w katalogu *Baza danych pomiarowych*. Dla każdego z zarejestrowanych przypadków pomiarowych utworzono osobny folder, w którym zamieszczono dokument z podstawowymi informacjami dotyczącymi systemu pomiarowego zabudowanego w rejonie w trakcie wystąpienia zdarzenia. Informacje te zawierają w szczególności dane w postaci:

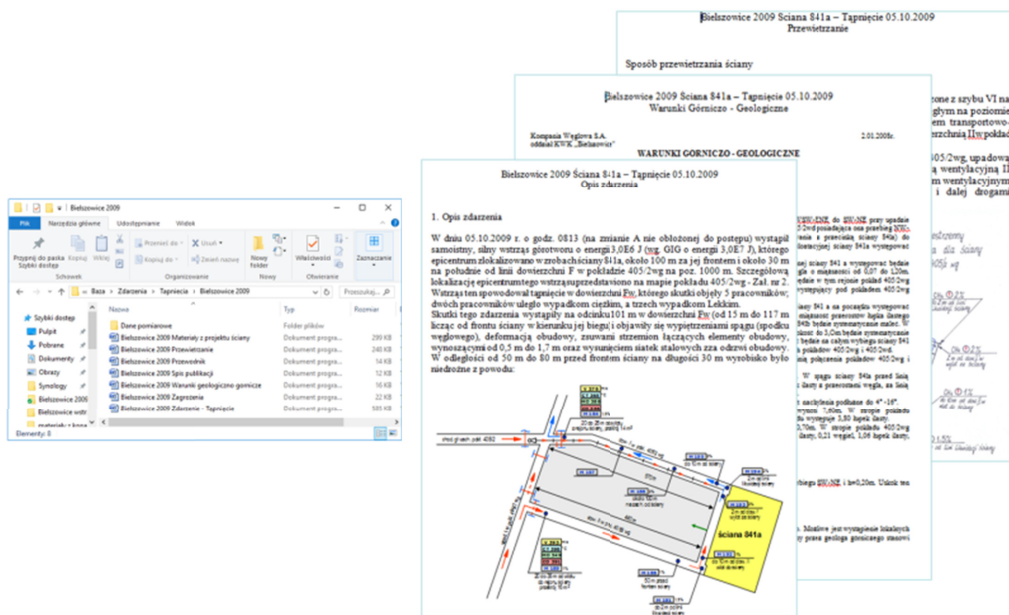
- Opisu obiektu w którym nastąpiło zdarzenie lub przeprowadzono eksperyment
 - warunki górniczo-geologiczne
 - zagrożenia wstępujące w rejonie
 - schemat i opis przewietrzania rejonu, w którym nastąpiło zdarzenie
- Schemat i lokalizacja czujników w danym rejonie (z opisem zastosowanego systemu pomiarowego) ze wskazaniem plików, w których umieszczone są dane pomiarowe
- Opis zdarzenia lub eksperymentu jaki był prowadzony w danym rejonie
- Spis publikacji już powstałych w oparciu o udostępnione dane pomiarowe

Z uwagi na różne ilości i rodzaj zgromadzonych danych związanych z określonymi przypadkami nie można było zastosować jednej uniwersalnej formatki. Dlatego też dla każdego osobnego zdarzenia utworzono przewodnik, w którym opisana jest zawartość poszczególnych plików z szczegółowymi.

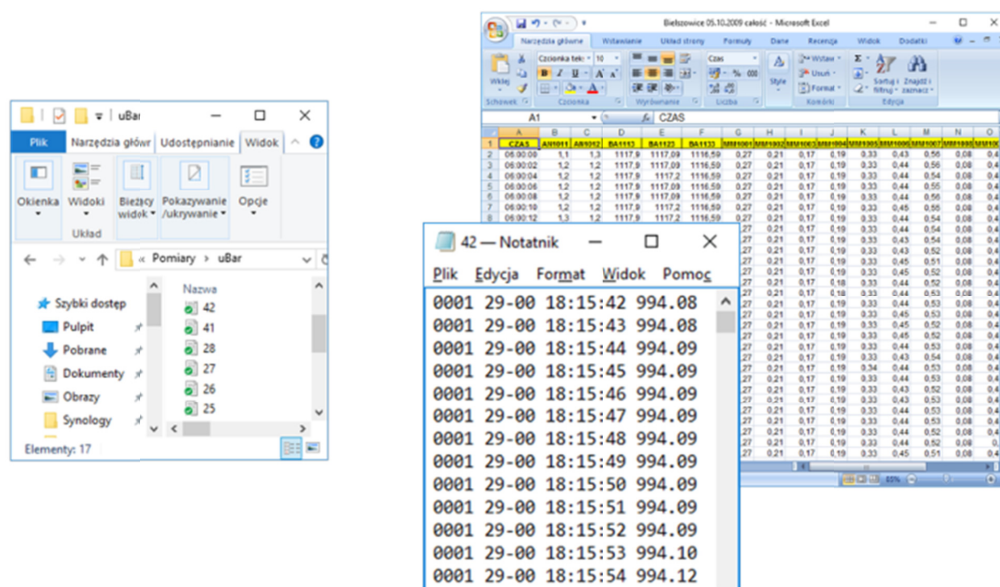
3.2. Baza danych dla zdarzenia na przykładzie tąpnięcia w KWK Bielszowice w 2009 roku

Jako przykład bazy przedstawiono zdarzenie w postaci tąpnięcia w kopalni węgla kamiennego Bielszowice, które miało miejsce w rejonie ściany, w którym prowadzone były pomiary z wykorzystaniem kopalnianego systemu gazometrycznego uzupełnionego o szereg dodatkowych czujników związanych z prowadzonymi obserwacjami stanu przewietrzania oraz rozkładu stężenia metanu wzdłuż ściany prowadzonymi przez IMG-PAN na zlecenie Centrum EMAG w projekcie Eureka E3943. W wyniku analizy zbioru danych wyselekcjonowane zostały informacje zgodne z przyjętą w rozdziale 3.1 strukturą bazy danych. Poszczególne rodzaje informacji przedstawiono w katalogu Bielszowice 2009 (Rysunek 2), w którym zamieszczono dokumenty opisujące między innymi sposób przewietrzania ściany wraz z lokalizacją czujników pomiarowych w dniu katastrofy, warunki geologiczno-górnice, opis zagrożeń w rejonie ściany i opis samego tąpnięcia w dniu 05.10.2009 ze schematami i rysunkami. W celu swobodnego poruszania się po poszczególnych danych został utworzony również przewodnik w postaci dokumentu *Bielszowice 2009 Przewodnik.doc*, w którym opisano zawartość poszczególnych plików oraz wyszczególniono pliki zawierające dane pomiarowe z poszczególnych czujników.

Wszędzie tam, gdzie było to możliwe dane pomiarowe zostały zapisane w oryginalnej postaci w plikach tekstowych, natomiast tam gdzie nie było takiej możliwości, wyniki pomiarów zapisywano w postaci przetworzonej w postaciach przetworzonych w programach służących do analizy i obróbki danych.



Rys. 2. Opracowanie danych z zdarzenia Bielszowice 2009



Rys. 3. Dane z poszczególnych czujników dla zdarzenia Bielszowice 2009

Z uwagi, że gromadzone dane pomiarowe były już wykorzystywane w różnego typu opracowaniach między innymi w [8], konieczne była również analiza dotychczasowego ich wykorzystania i stworzenie osobnego dokumentu z wyszczególnieniem publikacji powstałych na bazie udostępnianych materiałów. Lista ta będzie uaktualniana za każdym razem, gdy powstanie kolejna publikacja je wykorzystująca.

4. Podsumowanie

Na przestrzeni kilkunastu lat zgromadzono wiele unikatowych zapisów uzyskanych z czujników systemów gazometrii automatycznej w kopalniach, które zarejestrowały dynamiczne stany wentylacyjne i stany nieustalone parametrów powietrza w trakcie różnego rodzaju katastrof i wypadków górniczych. W okresie wielu lat, pracownicy Instytutu Mechaniki Górotworu PAN wykonali szereg eksperymentów *in-situ*, w czasie których prowadzono pomiary w wyrobiskach zakładów górniczych. Część z tak zgromadzonych danych została już wykorzystana w analizach i badaniach symulacyjnych co zostało opisane w publikacjach kompletnie lub fragmentarycznie. Znaczna część tych danych nie była jednak przedmiotem szczegółowych

badań. Rozwój narzędzi dostępnych obecnie w zakresie modelowania numerycznego przepływów w wyrobiskach górniczych pozwala podjąć próbę pozyskania tych danych do szerokich badań wykorzystujących metody symulacji komputerowej za pomocą różnych dostępnych obecnie i w przyszłości narzędzi. Duża liczba danych oraz różny sposób ich opisywania i gromadzenia utrudnia bezpośrednie ich zastosowanie do wykonania analiz porównawczych oraz wykorzystywanie ich w opracowywanych symulacjach CFD. Dlatego też konieczne stało się opracowanie ujednoliconej bazy zawierającej szczegółowe opisy każdego ze zdarzeń i przypadków eksperymentów pomiarowych. Baza ta będzie uzupełniana o zapisy z kolejnych zdarzeń i eksperymentów zarówno już historycznych jak i prowadzonych w przyszłości.

Literatura

- [1] Dziurzyński W., Krach A., Pałka T., Wasilewski St., 2008: *Walidacja programu VentZroby z wykorzystaniem wyników eksperymentu „in situ” i z zastosowaniem nowych algorytmów przygotowania danych wejściowych*. Prace IMG PAN, tom 10, nr 1-4, 2008
- [2] Dziurzyński W., Krach A., Pałka T., Wasilewski St., 2015: *Rozwój systemów symulacji procesu przewietrzania w rejonie ściany z uwzględnieniem czujników systemu gazometrii*, Prace IMG PAN, Tom 17, nr 1-2, 2015
- [3] Dziurzyński W., Pałka T., Krach A., Wasilewski St., 2015 *Narzędzia komputerowe dla wariantowych symulacji procesu przewietrzania z dostępem do czujników systemu gazometrycznego kopalni*, Prace IMG PAN vol. 17 no. 3-4 s.3-14
- [4] Krawczyk J., Janus J., 2014: *Symulacja numeryczna nagłego dopływu metanu do końcowego odcinka ściany wydobywczej przewietrzanej w systemie na Y*, Archives of Mining Sciences Volume: 59, Issue 4, pp. 941-957
- [5] Skotniczny P., *Transient states in the flow of the air-methane mixture at the longwall outlet, induced by a sudden methane outflow*, Archives of Mining Sciences, Volume: 59, Issue: 4, Pages: 887-896, 2014
- [6] Skotniczny P. *Three-dimensional distribution of temperature and gas concentration in longwall drifts accompanying the phenomenon of self-combustion of coal deposited in longwall goafs*, Archives of Mining Sciences, Volume: 53, Issue: 2, Pages: 235-255, 2008
- [7] Skotniczny P., *Three-dimensional numerical simulation of the mass exchange between longwall headings and goafs, in the presence of methane drainage in a u-type ventilated longwall*, Archives of Mining Sciences, Volume: 58, Issue: 3, Pages: 705-718, 2013
- [8] Wasilewski S., *Stany nieustalone parametrów powietrza wywołane katastrofami oraz zaburzeniami w sieci wentylacyjnej kopalni*. Rozprawy i Monografie. Wydawnictwo EMAG, nr 2/2005

Selected disasters and accidents in Polish mining - data collection

Abstract

Air parameter monitoring systems used in coal mines provide a lot of information on disturbances in the state of air parameters in mine excavations. Data acquired during ordinary work and disasters give us information on the state of mine ventilation related to the usual processes and phenomena. This data can be useful in the implementation of research using computer simulation methods, in particular in attempts to reconstruction accidents and analyze them. The data acquired so far requires sorting according to a unitary scheme so that they can be useful as input data for model studies. Described database has been divided into the several groups according to most important informations such as: localizations, technical information (geological conditions etc.) and raw data.

Keywords: mine aerology, ventilation measurements, coal mine disasters