

Walka z zagrożeniem metanowym pod ziemią

# Wirtualna kopalnia



Profesor Wacław Dziurzyński zajmuje się modelowaniem przepływu gazów w kopalniach

**WACŁAW DZIURZYŃSKI**  
Instytut Mechaniki Górniczej, Kraków  
Polska Akademia Nauk  
dziurzyn@img-pan.krakow.pl

**Pod ziemią metan jest zabójcą. Pojawia się nagle i miesza się z powietrzem, tworząc silnie wybuchowy gaz. By móc go szybko i bezpiecznie usunąć, trzeba dysponować sprawnym systemem wentylacji i monitoringu gotowym na każdy scenariusz**

Eksploatacja węgla w kopalni podziemnej jest niebezpieczna i mimo ciągłego doskonalenia metod wydobycia, systemów kontroli jakości i bezpieczeństwa wciąż zdarzają się nieprzewidziane sytuacje. Główną przyczyną jest naruszenie przez człowieka odwiecznej równowagi istniejącej pod ziemią. Poza obszarami krasowymi i wulkanicznymi duże naturalne pustki w skałach praktycznie nie występują. Dlatego gdy człowiek utworzy wyrobisko, wszelkie ciecze i gazy obecne w ot-

czających je skałach zaczynają do niego przenikać. Powoduje to problemy zwłaszcza w kopalniach węgla, w których zazwyczaj występują duże ilości metanu. Sztucznie wytwarzany przepływ powietrza w kopalni ma za zadanie wytworzyć odpowiednią atmosferę dla bezpiecznej pracy górników. Skład tej atmosfery regulują przepisy górnicze. System wentylacji musi doprowadzić optymalną ilość powietrza do wszystkich użytkowanych wyrobisk kopalni, które nieraz mają łączną długość kilkuset kilometrów.

W kopalniach węgla, ze względu na ciągłe zagrożenie metanowe, dodatkowo trzeba przewietrzać również porzucone wyrobiska, pustki po wybranym surowcu zwane „starymi zrobami”, nieraz o objętości milionów metrów sześciennych. Już samo to zadanie jest niezwykle skomplikowane, a przecież system wentylacji musi również umożliwiać reagowanie na sytuacje awaryjne oraz katastrofy. Mimo ciągłego unowocześniania górnictwa węgla takie sytuacje wciąż się zdarzają, choćby niedawny wyrzut metanu w kopalni Zofiówka czy bardziej tragiczny w skutkach



Wacław Dziurzyński

Aparatura do pomiaru przepływów w chodniku założona w kopalni Janina

wybuch metanu i pyłu węglowego w kopalni Halemba. Świadomość zagrożenia pociąga za sobą dyskomfort pracy górników oraz presję na służby kopalni, by zapobiegały takim zdarzeniom. W tym miejscu dużą rolę do spełnienia ma nauka. Długa historia wydobywania kopalin użytecznych umożliwiła zgromadzenie bogatej dokumentacji wypadków, szczególnie przydatnej do badania procesu przewietrzania w kontekście zagrożeń spotykanych w kopalniach.

### Przewidzieć wypadek

W ostatnim dziesięcioleciu w polskim górnictwie wprowadzono nowoczesne środki zwiększające bezpieczeństwo pracy załóg górniczych, a zwłaszcza system monitoringu stanu atmosfery oraz przeznaczone dla dyspozytorów kopalni i działów wentylacji oprogramowanie VentGraph, opracowane w Instytucie Mechaniki Górniczej PAN. System monitoringu dostarcza dyspozytorowi wielu danych pomiarowych uzyskanych z czujników rozmieszczonych w niewralgicznych miejscach kopalni. Informują one na bieżąco o stężeniach metanu i tlenu węgla, o temperaturze oraz o prędkości przepływu powietrza. Oprogramowanie VentGraph umożliwia cyfrowe odwzorowanie wszystkich wyrobisk kopalni, dzięki czemu powstaje jej wirtualny model. Na tym modelu można symulować proces przewietrzania zarówno w warunkach normalnych, jak i w stanie awaryjnym. Mimo że VentGraph dysponuje dużymi możliwościami obliczeniowymi, położono nacisk na łatwość obsługi i interpretacji wyników. Oprogramowanie buduje olbrzymią bazę danych o kopalni, zawierającą informacje o strukturze przestrzennej sieci wentylacyjnej kopalni i o parametrach charakteryzujących przepływ mieszaniny gazów. Baza stanowi podstawę do obliczania rozptyłu powietrza i gazów zarówno w stanie normalnym, jak i awaryjnym. Tym samym wirtualna kopalnia jest gotowa do reagowania na wszelkie sytuacje. System VentGraph znalazł zastosowanie w większości polskich kopalni oraz w wielu zagranicznych, m.in. w Australii, Anglii, Republice Czeskiej oraz w Stanach Zjednoczonych Ameryki.

Symulacja numeryczna groźnych zjawisk, takich jak pożar podziemny lub dopływ metanu w ilości tysięcy metrów sześciennych, a następnie jego migracja wzdłuż dróg wentylacyj-



Gregorz Hamański/FOTOLIZJA

nych kopalni, pozwalają skontrolować jakość przewietrzania oraz, co istotniejsze, podjąć środki w celu minimalizacji zagrożenia, zanim zdarzy się wypadek. Przewidzenie zmian stężeń gazów w warunkach awarii lub katastrofy w kopalni ze względu na dynamizm zachodzących zjawisk stanowi poważny problem. Zagadnienie to można jednak rozwiązać przez zastosowanie symulacji numerycznej, opisującej funkcjonowanie całego systemu wentylacji kopalni składającego się z wyrobisk, węzłów i urządzeń wentylacyjnych. Taka symulacja wymaga stworzenia modelu matematycznego, który uwzględni zjawiska fizyczne związane z przepływem powietrza w rzeczywistej kopalni. Warunki początkowe określają stan, w jakim znajduje się przepływ w sieci wentylacyjnej tuż przed zaistnieniem zdarzenia, zaś warunki brzegowe określają wpływ określonych czynników – przemieszczeń górotworu, wybuchu pożaru, dopływu metanu, akcji gaśniczych – na funkcjonowanie systemu wentylacyjnego. Konkretnie przypadki wykazały, że oprogramowanie oparte na naukowych podstawach stanowi skuteczne narzędzie do zwalczania zagrożeń istniejących w kopalniach węgla na całym świecie.

**W wybuchu metanu  
w kopalni Halemba  
w Nowej Rudzie  
21 listopada 2006 roku  
zginęło 23 górników**

## Walka z zagrożeniem metanowym pod ziemią



Marta Blaziejewska/AG

**Sytuacje z życia wzięte**

22 listopada 2005 roku w chodniku transportowym D-6 kopalni Zofiówka nastąpił nagły wyrzut węgla z pokładu 409/4 połączony z dopływem 15 tys. m<sup>3</sup> metanu do wyrobiska. To nagle i nieprzewidywalne zdarzenie wywołało niebezpieczną sytuację polegającą na przepływie wzdłuż dróg wentylacyjnych mieszaniny powietrza i metanu o stężeniu wybuchowym. Dokładna wiedza o tych zjawiskach ma fundamentalne znaczenie dla służb wentylacyjnych, a zwłaszcza takie kwestie, jak kolejność i czas zagazowania wyrobisk kopalni, sposoby ich odgazowania czy stabilność systemu wentylacji po wyrzucie.

W celu zobrazowania rozwoju niebezpiecznej sytuacji w kopalni Zofiówka wykonano symulację numeryczną skutków wyrzutu metanu w sieci wentylacyjnej zakładu. Kopalnia miała aktualną komputerową bazę danych w standardzie systemu VentGraph, która umożliwiła wykonanie założonych badań. Wyniki zaprezentowano w formie mapy struktury wyrobisk kopalni wraz z drogami wentylacyjnymi, na której ukazano, którędy przemieszczał się metan, wywołując poważne zagrożenie wybuchem. Na szczęście sprawnie działający system monitoringu w kopalni wyłączył dopływ prądu, minimalizując ryzyko wybuchu.

Kolejny przypadek to odtworzenie procesu przewietrzania w rejonie eksploatacyjnej ściany N-303 na pokładzie 307 kopalni Bielszowice, który został zaburzony przez

gwałtowny dopływ metanu w wyniku silnego wstrząsu górotworu. Zagrożenie podziemnym wstrząsem występuje zawsze. Istniejący system monitoringu kopalni dobrze zabezpiecza rejon eksploatacji. Jednak w przypadku sytuacji awaryjnej połączonej z dużym dopływem metanu w ilości 253 tys. m<sup>3</sup>, jak to miało miejsce w kopalni Bielszowice, system ten może okazać się nieskuteczny, zwłaszcza poza rejonem eksploatacji. Przyczyną jest fakt, że nie wszystkie wyrobiska są wyposażone w czujniki metanu. Może tu jednak pomóc system VentGraph, dzięki możliwości symulacji wirtualnej kopalni. Symulacja pozwala poznać przestrzenny rozkład stężenia metanu i jego ewolucję po nagłym wypływie tego gazu z przodka chodnika i sprawdzić, czy stężenie wybuchowego gazu przekracza poziom bezpieczeństwa.

Metan jako gaz o mniejszej od powietrza gęstości wypływa z dołu przodka pod strop. Symulacja potwierdziła, że efekt ten jest dodatkowo wzmocniony przez dopływające z lutniociągu powietrze, które wykazuje tendencję do wentylowania przede wszystkim dolnych rejonów wyrobiska. W ciągu pierw-



Symulacja numeryczna rozprzysku metanu po wypływie tego gazu z przodka chodnika

Oto, jak wygląda  
wybuch metanu,  
tu: w Kopalni  
Doświadczalnej  
„Barbara” w Mikołowie



Marta Białejewska/AG

szych pięciu sekund charakter zjawiska był najintensywniejszy, a potem pojawił się stan względnej równowagi związany ze spadkiem prędkości wypływu metanu z dołu przodka.

### Ogień pod ziemią

Kolejny przykład dotyczy najgroźniejszej sytuacji – analizuje rozpląt gazów pożarowych po wystąpieniu podziemnego pożaru w jednej z kopalni australijskich. Dla kopalni tej opracowano strategię zastosowania gazowego agregatu gaśniczego do likwidacji pożaru podziemnego. Jest to urządzenie wyposażone w silnik odrzutowy wytwarzający dużą ilość gazów spalinowych (do  $18 \text{ m}^3/\text{s}$ ) o zawartości tlenu nie wyższej niż 2%. Podawanie gazów wytwarzanych przez urządzenie zmienia atmosferę rejonu objętego pożarem i skutecznie gasi ogień.

Zastosowanie agregatu gaśniczego silnie zaburza przepływ powietrza, wywołując niedobór tlenu w wyrobiskach, co zagraża przebywającym w kopalni górnikom. Dlatego służby ratownicze korzystają z możliwości symulacji pracy urządzenia w wirtualnej kopalni, aby opracować strategię działania dla wielu możliwych przypadków.

Aby móc stworzyć wirtualną kopalnię wiernie odtwarzającą istniejące wyrobiska i ich parametry przepływu powietrza, trzeba przeprowadzić bardzo wiele pomiarów wentylacyjnych. Polskie górnictwo dysponuje najnowocześniejszymi przyrządami pomiarowymi przystosowanymi do pracy w trud-

nych kopalnianych warunkach. Są to mierniki ciśnienia  $\mu\text{Bar}$  (opracowane we współpracy z Centrum EMAG Katowice), anemometry skrzydełkowe  $\mu\text{AS-4}$  i termohigrometry  $\mu\text{Th}$ , które opracowano i wykonano w Instytucie Mechaniki Górnotworu PAN w Krakowie.

Dzięki współczesnej technice pomiarowej i komputerowej oraz dzięki dobrym pomysłom na ich wykorzystanie zawód górnik, w który od wieków wpisane było śmiertelne ryzyko, stopniowo staje się coraz bezpieczniejszy. Wciąż zdarzające się wypadki w kopalniach – jak niedawny wybuch w Halembie, gdzie zginęło 23 górników – udowadniają jednak, że wiele pozostaje do zrobienia. Wyrzuty metanu nadal będą się zdarzać, zwłaszcza w kopalniach węgla, lecz symulowanie takich zdarzeń w wirtualnej kopalni umożliwi zminimalizowanie ryzyka groźnego wypadku w prawdziwych wyrobiskach, w których pracują ludzie. ■

### Chcesz wiedzieć więcej?

Dziurzyński W. (2002). *Symulacja numeryczna procesu przewietrzania sieci wentylacyjnej kopalni*. Rozprawy, Monografie nr 2, Prace Instytutu Mechaniki Górnotworu PAN, Kraków.

Dziurzyński W., Pałka T., Krawczyk J. (2003). *VentGraph for Windows – Ventilation Engineer's Program System for Analyzing the Ventilation Network under Normal and Emergency Conditions – Simulation of Transient Flow of Air and Fire Gases*. Transactions of the Strata Mechanics Research Institute, Manuals.

Gillies A.D.S., Wu H.W., Wala A.M. (2005). *Australian Mine Emergency Exercises Aided by Fire Simulation*. *Archives of Mining Sciences*, 50(1).