



Akademia Górniczo-Hutnicza
im. Stanisława Staszica w Krakowie

**PROJEKT STRATEGICZNY
NARODOWEGO CENTRUM BADAŃ I ROZWOJU
„POPRAWA BEZPIECZEŃSTWA PRACY W KOPALNIACH”**

INFORMACJA Z REALIZACJI ZADANIA BADAWCZEGO NR 2

„Opracowanie zasad projektowania robót górniczych w warunkach występowania skojarzonego zagrożenia metanowo-pożarowego w aspekcie systemów przewietrzania w podziemnych zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny”

w etapach realizowanych przez:

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica
30-059 Kraków, Al. A. Mickiewicza 30
Wydział Górnictwa i Geoinżynierii
Katedra Górnictwa Podziemnego

Kierownik części zadania badawczego:
Prof. dr hab. inż. Nikodem Szlązak

W ramach Konsorcjum Naukowo – Przemysłowego Katedra Górnictwa Podziemnego AGH zrealizowała następujące etapy zadania badawczego:

Etap nr 2

pt. Ocena zalet i wad eksploatacji od granic pola w warunkach zagrożenia metanowo-pożarowego, w tym eksploatacji poniżej poziomu udostępnienia złoża

Termin realizacji: 01.10.2011-31.03.2012

Etap nr 9

pt. Zasady lokalizacji wewnątrz rejonowych tam bezpieczeństwa oraz ustalenie lokalizacji, jakości i ilości środków do aktywnego zwalczania pożarów

Termin realizacji: 01.02.2012-31.07.2012

Etap nr 11

pt. Ustalenie dodatkowego zabezpieczenia prądów schodzących

Termin realizacji: 01.08.2012-31.01.2013

Etap nr 13

pt. Opracowanie zasad lokalizacji punktów wymiany zużytych aparatów indywidualnej ochrony dróg oddechowych dla załogi oraz wybór odpowiednich typów tych aparatów

Termin realizacji: 01.07.2012-01.03.2013

Etap nr 15

pt. Opracowanie sposobów odpowiedniego oznakowania dróg uciezkowych na wypadek małej widoczności w przypadku zadymienia

Termin realizacji: 01.10.2012-01.03.2013

Sprawozdanie z realizacji etapów zadania badawczego

Sprawozdanie poniższe stanowi skrócony wyciąg z opracowań naukowo – badawczych wykonanych w poszczególnych etapach zadania badawczego

Etap nr 2

pt. Ocena zalet i wad eksploatacji od granic pola w warunkach zagrożenia metanowo-pożarowego, w tym eksploatacji poniżej poziomu udostępnienia złoża

Wstęp

Celem niniejszego etapu badań jest przeprowadzenie analizy dotychczasowych systemów eksploatacji oraz systemów przewietrzania ścian. Analiza ma być podstawą do określenia kryteriów doboru systemu eksploatacji i wentylacji wynikających z rozplywu powietrza i rozkładu stężeń metanu w zrobach ścian zawałowych.

Analiza przeprowadzana jest na podstawie metody badawczej „analizy i krytyki piśmiennictwa”. Metoda ta polega na wykazaniu celowości i oryginalności wyłonionego i podjętego do badań problemu. Wykorzystując taką metodę określono wady i zalety systemu eksploatacji od granic oraz systemów przewietrzania ścian. Ocena tych systemów ma istotne znaczenie dla prowadzenia eksploatacji podpoziomowej w warunkach zagrożenia metanowego i pożarowego.

Wyniki badań

Systemy eksploatacji i przewietrzania ścian eksploatacyjnych związane są przede wszystkim z zagrożeniem metanowym oraz pożarami endogenicznymi. W polskim górnictwie węgla kamiennego stosuje się prawie wyłącznie system eksploatacji od granic pola. W drugiej połowie XX wieku wykorzystywano jeszcze system eksploatacji do granic, którego główną zaletą są niskie koszty eksploatacji. Jednak wzrost zagrożeń pożarami endogenicznymi i metanowego spowodował pod koniec XX wieku przejście prawie wyłącznie na system eksploatacji od granic pola. Dla takiego systemu eksploatacji rozpatruje się dobór systemu przewietrzania, który w głównej mierze jest zależny od wymienionych zagrożeń naturalnych. System przewietrzania powinien minimalizować zagrożenie pożarami endogenicznymi w zrobach oraz zapewniać bezpieczne stężenia metanu w kanale ściany i wyrobiskach przyścianowych.

Oprócz dopływu metanu do ściany z pokładów wyżej i niżej leżących występować może dopływ od zrobów ściany. Rozkład metanu w zrobach nie ulega istotnym zmianom w przypadku stałego dopływu metanu z górotworu i niezmiennego sposobu przewietrzania, ale ulega wolnym zmianom w czasie eksploatacji. Gwałtownym zmianom może jednak podlegać w przypadku wystąpienia zaburzeń wywołanych:

- zmianami pola potencjału aerodynamicznego w przypadku zmian rozplywu powietrza w sieci wentylacyjnej,
- zmianami ciśnienia atmosferycznego,
- zawałem skał stropowych, wskutek czego mogą nastąpić gwałtowne wypchnięcia metanu do kanału ściany i wyrobisk przyścianowych,
- wzrostem lokalnej metanonośności złoża.

Rozeznanie prawidłowości w formowaniu się zbiorników metanowych w obszarze zrobów stanowi podstawę dla prawidłowej oceny zakresu i stopnia tego zagrożenia. Ocena tego zagrożenia jest jednym z kryteriów racjonalnego systemu przewietrzania wyrobisk podziemnych.

Racjonalny sposób przewietrzania kopalni

Sposób przewietrzania kopalni jest ściśle związany z rozcięciem złoża i rozmieszczeniem oddziałów wydobywczych w obszarze górniczym, dlatego też podstawowym warunkiem racjonalnego przewietrzania kopalni jest właściwe rozplanowanie podziału kopalni przy uwzględnieniu sposobu jej przewietrzania.

Racjonalny system przewietrzania w kryteriach doboru systemu eksploatacji w warunkach zagrożeń metanowego i pożarami endogenicznymi powinien zapewnić:

- dostateczną ilość powietrza w oddziałach, która gwarantuje komfort pracy zatrudnionych tam ludzi,

- wymaganą ilość powietrza w rejonach eksploatacyjnych oraz udostępniających i przygotowawczych przy występującym zagrożeniu metanowym (zapewnienie bezpiecznych stężeń metanu),
- łatwość kontroli i sterowania rozprowadzeniem powietrza w sieci wentylacyjnej (nieskomplikowana sieć wentylacyjna), tak w warunkach normalnych, jak i w przypadku zaburzeń w sieci wentylacyjnej (np. pożaru podziemnego, wyrzutu gazów i skał, wybuchu metanu i pyłu węglowego itp.).

Podstawowym warunkiem racjonalnego systemu przewietrzania kopalń jest przewietrzanie każdego pola eksploatacyjnego niezależnym prądem powietrza.

Ze względu na łatwość stabilizacji prądów powietrza w poszczególnych bocznicach najkorzystniejszy jest system normalny. Systemy przekątne (z tzw. bocznicami przekątnymi) odpowiadają również warunkom racjonalnego systemu przewietrzania i nie mają poważniejszych wad, jeżeli składają się wyłącznie z prądów niezależnych, dostatecznie stabilnych.

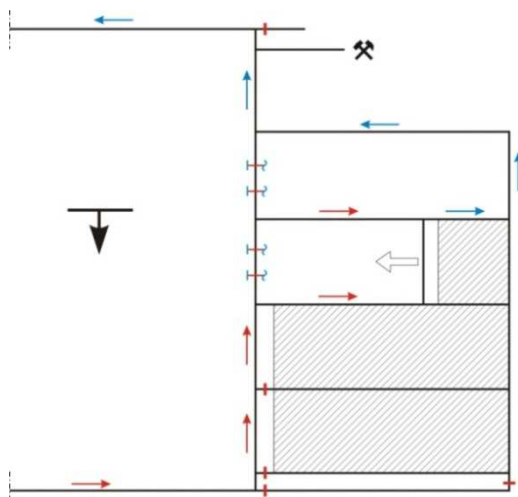
Jeżeli wyrobiska stanowiące niekorzystne połączenia pod względem wentylacyjnym są dla kopalni niezbędne, to powinny mieć na obu końcach szczelne tamy z drzwiami, w miarę możliwości tamy podwójne. Tak otamowane wyrobiska należy uwidocznic na schematach wentylacyjnych liniami przerywanymi.

Rozcinka i wentylacja pola eksploatacyjnego

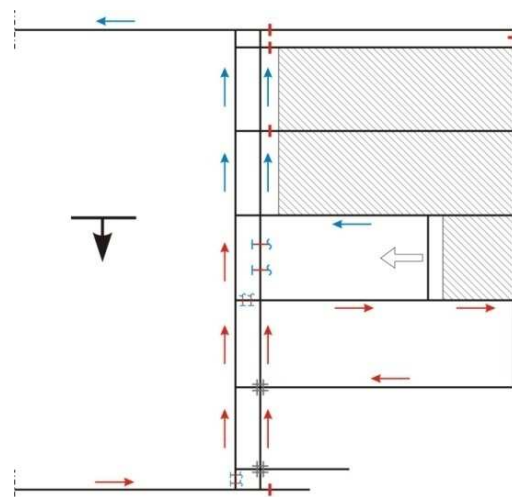
W pokładach silnie metanowych, skłonnych do samozapalenia i posiadających wysoką temperaturę pierwotną należy dążyć do takiej rozcinki pola eksploatacyjnego, która gwarantuje:

- prowadzenie wybierania pokładu pojedynczą, wysokowydajną ścianą,
- dobre warunki do zastosowania odmetanowania,
- dobre warunki do odprowadzania ciepła przy stosowaniu klimatyzacji lokalnej,
- wysoką stabilność kierunków i wydatków prądów powietrza,
- łatwość w sterowaniu ilością i rozpiętością powietrza,
- niską kolizyjność dróg transportu i dróg wentylacyjnych,
- możliwość utrzymywania rezerwy powietrza,
- małe ucieczki powietrza przez zroby,
- niezależne przewietrzanie przodków przygotowawczych,
- minimalizowanie skutków sprzecznego oddziaływania profilaktyki przy zwalczaniu zagrożeń skojarzonych, np. metanowego i pożarowego,
- możliwość bezpiecznej ewakuacji zagrożonych górników.

Racjonalny system wentylacji w polu eksploatacyjnym musi również uwzględniać rozcięcie kolejnych parceli ścian eksploatacyjnych w danym polu. W przypadku rozcinania pola eksploatacyjnego z pojedynczej pochylni odstawczej (rys. 2.1) nie można zorganizować przewietrzania niezależnego dla ściany i przodka chodnikowego. Różny dobór kolejności wybierania pokładu i kierunku przepływu powietrza wpłynie tylko na kolejność przewietrzania ściany i przodka chodnikowego. Dopiero rozcinanie pola eksploatacyjnego z wykorzystaniem dwóch pochylni umożliwia zorganizowanie niezależnego przewietrzania ściany, nowej przecinki ścianowej jak i przodka chodnikowego (rys. 2.2).



Rys. 2.1. Przykład rozcinki pola eksploatacyjnego z pojedynczej pochylni z wybieraniem i przewietrzaniem po wzniosie

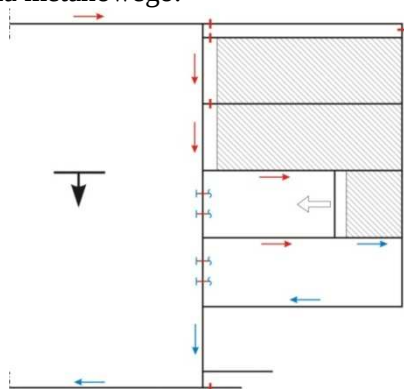


Rys. 2.2. Przykład rozcinki pola eksploatacyjnego z dwóch pochylni z wybieraniem po upadzie a przewietrzaniem po wzniosie

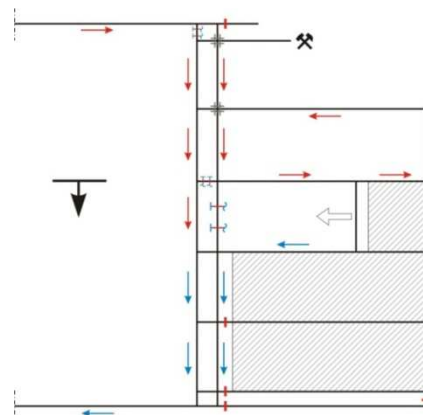
W systemie wentylacyjnym oddziału eksploatacyjnego musi istnieć rezerwa ilości powietrza, bo uintensywnienie wentylacji jest obok zwiększenia efektywności odmetanowania podstawowym środkiem profilaktyki metanowej, a także zapewnienia odpowiednich warunków klimatycznych. Zatem w czasie projektowania oddziałów należy dążyć do maksymalizacji ilości powietrza w polach eksploatacyjnych, tworząc odpowiednie jego rezerwy. Prowadzenie wybierania pokładu ścianami z zawalaniem stropu powoduje powstanie w obrębie pola eksploatacyjnego obszaru zrobów, których nie udaje się całkowicie odizolować od przyległych wyrobisk czynnych wentylacyjnie. Przez zrobry następuje migracja zarówno powietrza jak i metanu. O ile przepływ powietrza jest przede wszystkim skutkiem pracy wentylatorów głównych, to migracja metanu w zrobach może też być efektem występowania sił wyporu. Przy przewietrzaniu wyrobisk po upadzie (rys. 2.3 i 2.4) kierunki przepływu powietrza i migracji metanu w zrobach mogą być różne. Rozcinkę pola eksploatacyjnego należy planować z uwzględnieniem analizy przepływu powietrza przez zrobry.

Wybieranie pokładu w polu eksploatacyjnym ścianami podłużnymi po upadzie oraz przewietrzanie wyrobisk po upadzie (rys. 2.3) będzie korzystne dla zwalczania zagrożenia metanowego.

Z górnego chodnika podstawowego można prowadzić odmetanowanie zrobów instalując rurociągi poza tamami izolacyjnymi. Jednak nie ma w tym przypadku warunków do wypełniania zrobów odpadami poflotacyjnymi lub pyłami dymnicowymi. Potencjalne ognisko samozagrzewania węgla pozostawionego w zrobach będzie źródłem gazów dopływających do ściany. Odwrotna kolejność wybierania (rys. 2.4) ułatwi zwalczanie zagrożenia pożarowego, ale będzie niekorzystna w przypadku zagrożenia metanowego.



Rys. 2.3. Przykład rozcinki pola eksploatacyjnego z pojedynczej pochylni z wybieraniem i przewietrzaniem po upadzie



Rys. 4.1. Przykład rozcinki pola eksploatacyjnego z dwóch pochylni z wybieraniem po wzniosie a przewietrzaniem po upadzie

Reasumując należy stwierdzić, że rozczinka pola eksploatacyjnego musi być zaprojektowana wariantowo dla różnych stanów wybierania pokładu, układów wentylacji rejonu ściany, rozmieszczenia urządzeń wentylacyjnych i urządzeń transportowych oraz dla różnych rozwiązań odmetanowania.

Zagrożenia wynikające z prowadzenia robót górniczych poniżej poziomu udostępnienia

Mimo sukcesywnego schodzenia z eksploatacją na większe głębokości (średnio osiem metrów na rok), kopalnie w dalszym ciągu, z konieczności minimalizowania jednostkowego kosztu wydobywania, nie głębią nowych szybów, a korytarzowe wyrobiska udostępniające wykonują w znikomym zakresie. Głębień szybów jest kosztowne i długotrwałe, w związku z tym efekty ekonomiczne pojawiają się po bardzo długim czasie. W celu szybkiego i taniego udostępnienia frontu eksploatacyjnego pokłady udostępnia się, w większości przypadków (64,9%) wyrobiskami węglowymi z wcześniej wykonanych poziomów, tworząc tzw. podpoziomy.

Prowadzenie robót podpoziomowo nie musi zmieniać poziomu zagrożenia ale skutki katastrof np. wybuch metanu lub pyłu węglowego, tapnięcia, „wdarcia” się wody, pożaru itp. mogą być zdecydowanie większe i bardziej tragiczne w skutkach.

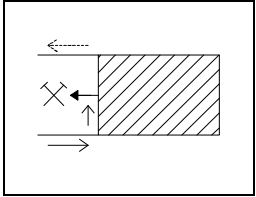
Eksploatacja poniżej poziomu udostępnienia ma największy wpływ na poziom zagrożenia metanowego i pożarowego. Zagrożenie metanowe wzrasta ze zwiększającą się głębokością prowadzonych robót eksploatacyjnych. Czynnikiem, który w zasadniczy sposób kształtuje wielkość wydzielania metanu jest koncentracja wydobywania. W warunkach prowadzenia eksploatacji międzypoziomowej migracja gazów zrobowych w tym metanu odbywa się po wzniosie pokładu w kierunku tam izolacyjnych zabudowanych na poziomach wentylacyjnych, a metan przenikający do czynnych wentylacyjnie wyrobisk odprowadzany jest bezpośrednio do szybów wydechowych. W warunkach prowadzenia eksploatacji podpoziomowej, „z góry w dół” metan ze zrobów wydziela się do rejonu ściany, w której prowadzone są roboty eksploatacyjne. Dla uniknięcia niebezpiecznych zdarzeń niezbędne jest prawidłowe rozprowadzenie powietrza w sieci i zapewnienie odpowiedniej stabilności prądów powietrza.

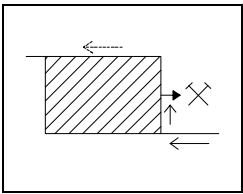
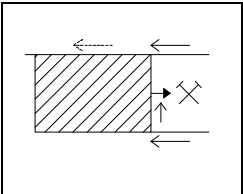
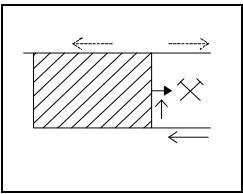
W przypadkach prowadzenia eksploatacji poniżej poziomu udostępnienia należy szczególną uwagę zwrócić na rozprowadzenie powietrza w rejonie i utrzymanie odpowiedniej intensywności przewietrzania oraz stabilności prądów powietrza.

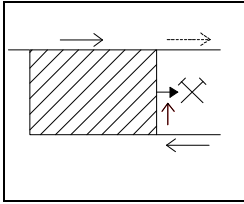
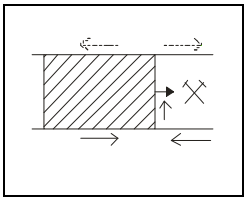
Kryteria doboru systemu przewietrzania ścian

W polskich kopalniach węgla kamiennego powszechnie stosowany jest system przewietrzania U od granic pola eksploatacyjnego. W tym systemie są przewietrzane niemal wszystkie wysokowydajne ściany również w przypadku dużego zagrożenia metanowego. Również powszechnie, choć w mniejszym stopniu, są stosowane systemy Y w różnych odmianach. System Y jest stosowany zarówno w ścianach metanowych jak i niemietanowych, przy występowaniu zagrożenia pożarowego jak i jego braku. Również ściany w tym systemie osiągają rekordowe postępy i wydobywania. Stąd należy sądzić, że o zastosowaniu tego systemu przewietrzania decydują inne względy niż skala zagrożeń naturalnych. W warunkach polskich kopalń stosuje się również systemy przewietrzania Z i H. System Z wymaga minimalnych robót przygotowawczych dla uruchomienia eksploatacji. Natomiast system H jest stosowany w przypadku dużego zagrożenia metanowego. W tablicy 2.1 zestawiono stosowane w polskich warunkach systemy przewietrzania ścian eksploatacyjnych prowadzonych od granic pola, podano również ich wady i zalety.

Tablica 2.1. Charakterystyka systemów przewietrzania ścian eksploatacyjnych

Lp.	Nazwa technologii	Schemat	Wady	Zalety
1.	Przewietrzanie system U od granic pola eksploatacyjnego		• punkt o najniższym potencjale aerodynamicznym znajduje się na skrzyżowaniu ściany z chodnikiem wentylacyjnym, powodując w tym miejscu wypływ metanu ze zrobów, • konieczność stosowania pomocniczych urządzeń wentylacyjnych na skrzyżowaniu ściana - chodnik wentylacyjny, • konieczność budowy lutniociągu	• możliwość rozpoznania zmian metanonośności pokładu i wykrycia zaburzeń geologicznych, • zasięg przewietrzania zrobów jest ograniczony, • przewietrzanie ścieżki kombajnowej jest dobre, • prędkości powietrza w różnych przekrojach ściany są podobne, • przy odpowiednio wysokim postę-

			doświeżającego w chodniku wentylacyjnym, • pole przekroju chodnika musi pozwalać na stosowanie pomocniczych urządzeń wentylacyjnych oraz lutniociągu doświeżającego, • trudności z uzyskaniem wysokiej efektywności odmetanowania, • wraz z powietrzem wypływającym ze zrobów wypływa ciepło, • przy małym postępie ściany i zagrożeniu pożarowym trudno uszczelnić zroby pyłami, • dwa wyjścia ze ściany.	pie ściany ognisko ewentualnego samozagrzewania węgla w zrobach przejdzie szybko do strefy z obniżonym stężeniem tlenu.
2.	Przewietrzanie system Z od granic pola eksploatacyjnego		• zagrożenie pożarowe w zrobach, konieczność uszczelniania ociósów chodników przyzrobowych	• korzystny dla zagrożenia metanowego, korzystny dla prowadzenia odmetanowania, korzystny dla zagrożenia tapaniami
3.	Przewietrzanie system Y z doświeżaniem chodnikiem nadścianowym		• ucieczki powietrza ze ściany do zrobów zawałowych, • zmienne prędkości powietrza w różnych przekrojach ściany, • możliwość wzrostu zagrożenia pożarowego w zrobach związana z długotrwałym przepływem powietrza, • konieczność doszczelniania zrobów wzdłuż ściany w celu zmniejszenia ucieczek powietrza do zrobów, • niekorzystny wpływ zmienności oporów wyrobisk na wydatek prądu powietrza w ścianie w trakcie jej prowadzenia.	• możliwość rozpoznania zmian metanonośności pokładu i wykrycia zaburzeń geologicznych, • możliwość stosowania w pokładach cienkich, w których doprowadzenie do ściany odpowiedniej ilości powietrza do rozrzedzenia stężeń metanu jest utrudnione, • niewielki dopływ metanu do ściany, • rozrzedzanie metanu wynoszonego ze zrobów do chodnika wentylacyjnego, • odsunięcie strefy niebezpiecznych stężeń metanu w zrobach od stanowisk pracy, • dobre warunki do uszczelniania zrobów przy wybieraniu ze wzniosem, • możliwość osiągnięcia wysokiej efektywności odmetanowania, • polepszenie parametrów klimatycznych powietrza wypływającego ze ściany chłodniejszym prądem doświeżającym. • możliwość odstawy urobku w prądzie doświeżającym, • możliwość umieszczenia urządzeń elektrycznych w prądzie doświeżającym, • trzy wyjścia ze ściany.
4.	Przewietrzanie system Y z rozprowadzaniem powietrza zużytego w dwóch kierunkach		• zagrożenie pożarowe w zrobach, konieczność uszczelniania ociósów chodników przyzrobowych	• korzystny w warunkach zagrożenia tapania, korzystny dla odmetanowania, możliwość zwalczania zagrożenia metanowego w pokładach o małej miąższości

5.	Przewietrzanie system Y z doświeżaniem chodnikiem nadścianowym od strony zrobów		wzrost zagrożenia metanowego w narożu ściany, dopływ ciepła ze zrobów, konieczność uszczelnienia ociosów chodników przyzrobowych	korzystny dla zagrożenia pożarowego, możliwość podawania substancji do zrobów
6.	Przewietrzanie system H		konieczność doprowadzenia powietrza z dwóch stron pola ściany, potęguje to zagrożenie pożarowe w zrobach	duże bezpieczeństwo w warunkach zagrożenia tapaniami, korzystny dla zagrożenia metanowego, korzystny dla zagrożenia temperaturowego, korzystny dla odmetanowania,

Z analizy doboru i zastosowania systemów przewietrzania ścian wynika, że klasyczny dobór systemu przewietrzania z uwagi na występujące zagrożenia (metanowe, pożarowe) posiada mniejszą wagę, co wynika z wysokiej skuteczności odmetanowania górotworu, dużej intensywności przewietrzania rejonu ściany a także z aktualnych możliwości monitorowania zagrożenia metanowego i pożarowego.

Po przeprowadzeniu analizy, wskazano trzy najczęściej aktualnie wykorzystywane systemy przewietrzania ścian, z którymi należy wiązać rozwój zwalczania zagrożeń wentylacyjnych:

- system U z prowadzeniem powietrza wyrobiskami przyległymi do calizny węglowej,
- system Y z doświeżaniem chodnikiem nadścianowym,
- system Y z rozprowadzaniem powietrza odprowadzanego w dwóch kierunkach.

Rozwój systemów przewietrzania

Generalnie rozwój systemów przewietrzania powinien być skierowany na poprawę bezpieczeństwa względem zagrożenia pożarowego, tapaniami, metanowego i temperaturowego. W celu uzyskania dużej koncentracji wydobywania konieczne jest zastosowanie nowoczesnych rozwiązań techniki urabiania kombajnowej i strugowej, przez co będzie można uzyskać duże postępy ściany. Pozwoli to na ograniczenie zagrożenia pożarowego ale jednocześnie wzrośnie zagrożenie metanowe związane z większym postępem ściany i zagrożenie temperaturowe związane z głębokością eksploatacji oraz mocą zainstalowanych maszyn i urządzeń w rejonie ściany.

Rozwój systemów przewietrzania wiąże się z rozwiązaniem szeregu problemów, do których zalicza się:

- sposób likwidacji chodników przyścianowych w celu utrzymania odpowiedniego postępu eksploatacji,
- sposób doszczelnienia zrobów ściany oraz uszczelnienia pasa chodnika przyzrobowego,
- sposób lokowania pyłów dymnicowych w zrobach ściany,
- skuteczny sposób zwalczaniem zagrożenia metanowego,
- skuteczne systemy odmetanowania,
- sposób chłodzenia powietrza w ścianie szczególnie w pokładach o małej miąższości.

Dobór systemu przewietrzania ściany w przypadku współwystępowania zagrożeń

Do najczęściej współwystępujących zagrożeń należą: metanowe, temperaturowe, pożarowe i tapaniami. W każdym z tych przypadków niezwykle niebezpieczne jest współwystępowanie zagrożenia tapaniami. Zarówno sama profilaktyka tapaniowa jak i wstrząsy mogą powodować wzrost zagrożenia pożarowego w wyniku zeszcelinowania calizny węglowej i umożliwienia przez to intensywniej penetracji powietrza w głąb tej calizny. Spośród współwystępujących zagrożeń najmniej groźne jest zagrożenie temperaturowe. Jednak utrudnia ono bardzo osiąganie wysokiej koncentracji wydobywania ze ściany tym bardziej, że projektując ściany o dużym wydobywaniu z reguły przyjmuje się system przewietrzania U od granic pola eksploatacyjnego. Ten zaś system jest niekorzystny dla zwalczania wysokiej temperatury.

System Y z doświeżaniem chodnikiem nadścianowym spełnia oczekiwania przy występowaniu łącznym zagrożenia metanowego, pożarowego i temperaturowego. System U do granic pola eksploatacyjnego jest korzystny w przypadku współwystępowania zagrożenia metanowego i tąpnięciami. Pozostałe systemy spełniają warunki w przypadku występowania pojedynczych zagrożeń. Jednakże przyjęcie określonego systemu przewietrzania ściany musi zawsze uwzględniać warunki indywidualne.

Analizując czynniki doboru systemu wentylacji można wysnuć wniosek, że tylko w przypadku systemu H jego dobór jest adekwatny do wszystkich występujących zagrożeń naturalnych. W pozostałych przypadkach trudno jest doszukać się jednoznacznie określonych kryteriów wynikających z zagrożenia naturalnego. O wyborze konkretnego systemu decydują względy techniczne zmierzające do koncentracji wydobywania. Dowodzi tego przewietrzanie systemem U od granic pola eksploatacyjnego w ścianach o dużym wydobywaniu, pomimo występowania w tych ścianach zagrożeń, dla których powinny być preferowane inne systemy przewietrzania.

Z przeprowadzonych rozważań wynika, że decydujący wpływ na wybór systemu przewietrzania posiadają w następującej kolejności: względy ruchowe, sposób rozcięcia złoża i dopiero zagrożenia naturalne. W warunkach polskich kopalń w zdecydowanej większości stosowany jest system przewietrzania U od granic pola eksploatacyjnego, co wynika z ograniczonych robót przygotowawczych, możliwości rozpoznania pokładu w polu wybierania ściany, ograniczenia wpływu na eksploatację przestrzeni wyeksploatowanej. Dobór systemu przewietrzania jest dokonywany w oparciu o zagrożenie najmniej rozpoznane w tym przypadku zagrożenie tąpnięciami, a w dalszej kolejności o zagrożenie o większej skali spośród zagrożenia metanowego i pożarowego.

Zwalczanie zagrożenia metanowego i pożarami endogenicznymi w wyrobiskach ścianowych

Przedstawione badania mogą być wykorzystywane do analizy stanu przewietrzania wyrobisk ścianowych w warunkach dużego zagrożenia metanowego i pożarowego.

Do powstania pożaru endogenicznego konieczna jest obecność materiału palnego, dopływu dostatecznej ilości tlenu i wytworzenie temperatury zdolnej spowodować zapłon węgla. Wszystkie te składniki występują w zrobach zawałowych ścian. Zatem preferowanym systemem przewietrzania ściany w takim przypadku będzie system, który ograniczy do minimum przepływ powietrza przez zrob. Typowym przedstawicielem tej grupy jest system przewietrzania U od granic pola eksploatacyjnego. Powietrze płynące wzdłuż ściany węglowej przenika do zrobów tylko na niewielką odległość a strefa penetracji zrobów uzależniona jest m.in. od rodzaju skał stropowych i przemieszcza się wraz z postępem ściany. Współwystępowanie zagrożenia metanowego i pożarowego może być przyczyną zapłonu metanu i jego wybuchu.

Sposoby zapobiegania pożarom endogenicznym

Zapobieganie pożarom endogenicznym powszechnie rozumiane jest jako profilaktyka przeciwpożarowa, która z kolei kojarzona jest z pewnym, nie do końca określonym zakresem działań. Najczęściej należą do niego takie elementy, jak: dobór systemu przewietrzania, wyznaczenie odpowiedniego wydatku powietrza i sposobu monitorowania oraz określenie i realizowanie konkretnych prac profilaktycznych. W czasie prowadzenia ruchu ściany i w okresie jej likwidacji są to zwykle: izolowanie, inertyzacja lub przemulanie zrobów (choć znane są i stosowane także inne, tego rodzaju prace).

Planowanie konkretnej eksploatacji musi nosić cechy działań probezpiecznych, powinno być procesem wieloetapowym i realizowanym w odpowiedniej kolejności. Składają się na nie:

1. *Rozpoznanie zagrożeń* – dokonane na podstawie oceny występujących warunków naturalnych oraz dotychczas wykonanych robót górniczych w danym rejonie (tzw. zaszczości eksploatacyjne).
2. *Wykonanie projektu wstępnego eksploatacji* – dobór systemu eksploatacji, wyposażenia technicznego, technologii robót i planu wydobywania.
3. *Szczegółowe rozpoznanie zagrożeń* – to jest wykonanie prognoz kształtowania się zagrożeń, z uwzględnieniem wyników rozpoznania i warunków projektu wstępnego, oraz zaprojektowanie systemowego monitorowania zagrożeń (rodzaj i rozmieszczenie czujników, systemy zabezpieczające itp.).

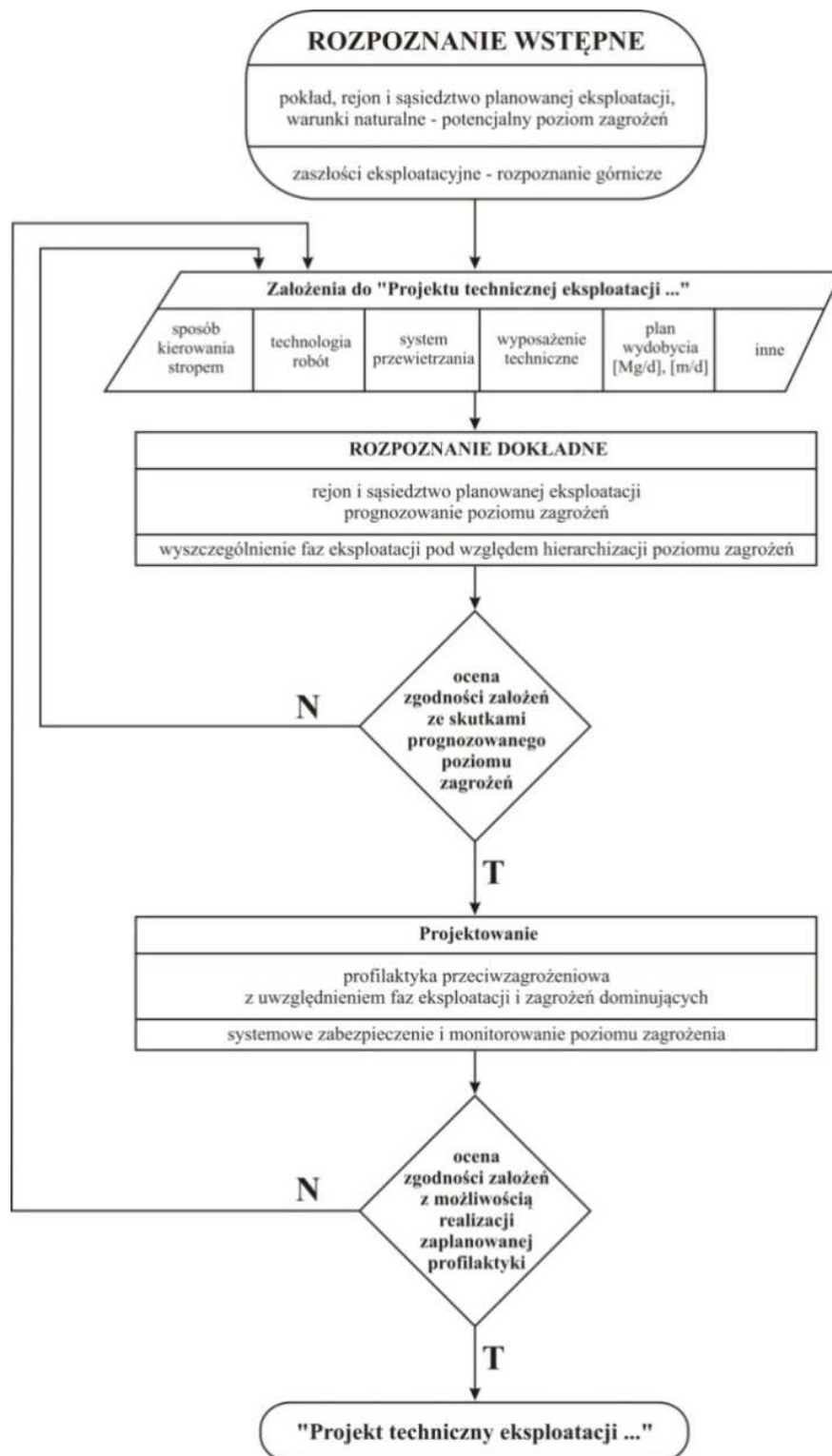
4. *Wykonanie projektu skorygowanego* – po weryfikacji założeń wstępnego projektu z prognozami zagrożeń i projektem systemowego monitorowania oraz po dokonaniu niezbędnych zmian.
5. *Zaplanowanie prac profilaktycznych dla zwalczania poszczególnych zagrożeń* – z uwzględnieniem założeń projektu skorygowanego oraz zagrożenia dominującego.
6. *Wykonanie projektu ostatecznego* – po weryfikacji założeń projektu skorygowanego z planami prac profilaktycznych i po dokonaniu niezbędnych zmian.

Taki tryb planowania powinien wyeliminować, a przynajmniej zdecydowanie ograniczyć czynnik nieprzewidywalności, którego skutkiem są zazwyczaj straty ekonomiczne lub nawet niebezpieczne (tragiczne) zdarzenia. W przypadku zagrożenia pożarami endogenicznymi dużą rolę w ograniczeniu możliwości przejścia procesu utleniania węgla z okresu przygotowawczego do okresu samozagrzewania ma zoptymalizowanie projektu eksploatacji pod względem minimalizacji zagrożenia pożarami endogenicznymi. Musi on przy tym uwzględniać inne występujące zagrożenia, ogólne bezpieczeństwo prowadzenia robót oraz optymalizację kosztów. Analizę poprzedzającą projektowanie należy przeprowadzić pod kątem szeregu różnych zagadnień. Sposób takiego postępowania przedstawiono w postaci algorytmu na rys. 2.5. Jednak w zdecydowanej większości przypadków wpływ na bezpieczeństwo załogi i ruchu zakładu górniczego ma zdolność decydentów (kierownictwa kopalni, dyspozytorów bezpieczeństwa, dozoru górniczego itp.) do zachowania procedur postępowania dla stanów awaryjnych i stanów krytycznych (np. w przypadku wzrostu jednego lub kilku jednocześnie zagrożeń naturalnych lub technicznych).

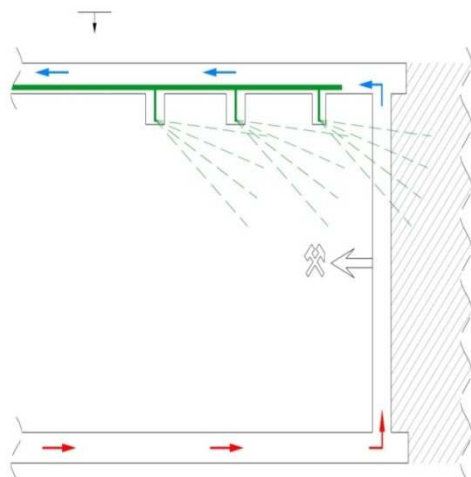
Sposoby odmetanowania wyrobisk eksploatacyjnych przy eksploatacji od granic

Sposób odmetanowania jest ściśle uzależniony od systemu przewietrzania zastosowanego dla danego wyrobiska eksploatacyjnego. W kopalniach powszechnie stosuje się systemy przewietrzania na U oraz na Y, rzadziej z podwójnym chodnikiem wentylacyjnym. Odmetanowanie realizuje się poprzez otwory drenażowe, których parametry i umiejscowienie uzależnione są właśnie od systemu przewietrzania oraz od lokalnych warunków górniczo-geologicznych. Na rysunkach 2.6, 2.7 i 2.8 pokazano typowe sposoby odmetanowania w zależności od systemu przewietrzania ściany.

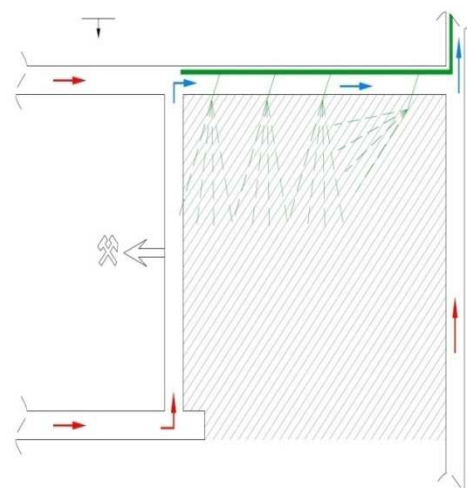
Utrzymywanie odpowiedniej ilości otworów drenażowych, z uwagi na postęp ściany oraz zabudowane w chodniku wentylacyjnym urządzenia technologiczne, stanowi duże wyzwanie organizacyjne. Na stosunkowo krótkim odcinku chodnika nadścianowego należy prowadzić roboty wiertnicze z intensywnością zapewniającą stałe utrzymywanie wymaganej liczby otworów drenażowych, tak aby zapewnić wymaganą skuteczność odmetanowania.



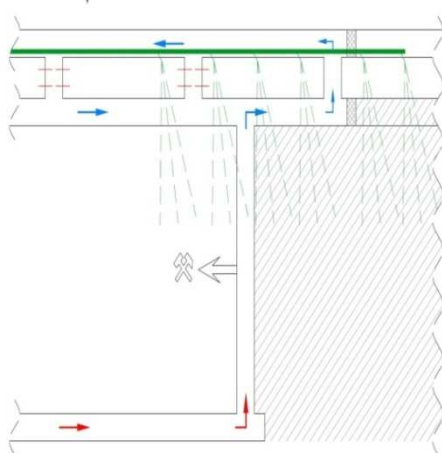
Rys. 2.5. Algorytm projektowania eksploatacji



Rys. 2.6. System przewietrzania na U



Rys. 2.7. Schemat przewietrzania na Y



Rys. 2.8. System przewietrzania z podwójnym chodnikiem wentylacyjnym

Średnia efektywność odmetanowania wyrobisk eksploatacyjnych w latach 1997 ÷ 2010 wyniosła 46,9%. Najniższą efektywność odmetanowania uzyskiwano w ścianach o najniższej metanowości bezwzględnej przewietrzanej systemem U. Najwyższą średnią efektywność odmetanowania osiągnęto generalnie w ścianach przewietrzanych systemem z podwójnym chodnikiem wentylacyjnym.

Aby zapewnić wymaganą efektywność odmetanowania ścian należałoby dobrać odpowiedni system przewietrzania i odmetanowania na etapie projektowania rozczinki pokładu. W praktyce odmetanowanie projektuje się dla warunków już ustalonych, nierzadko dla ścian będących w ruchu. Ogranicza to w znacznym stopniu możliwości projektowe, a co za tym idzie uzyskanie skuteczności odmetanowania na poziomie zapewniającym bezpieczną eksploatację przy zakładanym uprzednio wydobyć. Konsekwencją tego jest spowolnienie biegu ściany powodujące straty finansowe i stwarzające możliwość powstania pożaru endogenicznego w zrobach ściany.

Kryteria doboru systemu eksploatacji i przewietrzania w warunkach zagrożenia pożarowego i metanowego

Dobór systemu eksploatacji wraz z systemem przewietrzania w rejonie wentylacyjnym poprzedzony musi być szczegółową analizą rozpoznania i prognozy zagrożeń naturalnych. Znając poziom występujących zagrożeń naturalnych możliwe jest przystąpienie do fazy projektowania eksploatacji i przewietrzania.

Od systemu przewietrzania oddziału eksploatacyjnego wymaga się więc wypełnienia wymienionych wcześniej funkcji racjonalności w celu utrzymania ryzyka związanego z występowaniem tych zagrożeń na poziomie akceptowalnym.

Wyniki przeprowadzonej analizy systemów eksploatacji i przewietrzania w warunkach zagrożeń metanowego i pożarowego zostały podane w tablicy 2.1. Przedstawione wady zalety w tych systemów w warunkach zagrożeń naturalnych umożliwiają ich racjonalny dobór.

Przy doborze systemu przewietrzania należy kierować się również racjonalnym systemem przewietrzania, który powinien zapewnić:

- dostateczną ilość powietrza w oddziałach, która gwarantuje komfort pracy zatrudnionych tam ludzi,
- wymaganą ilość powietrza w rejonach eksploatacyjnych oraz udostępniających i przygotowawczych przy występującym zagrożeniu metanowym (zapewnienie bezpiecznych stężeń metanu),
- łatwość kontroli i sterowania rozprowadzeniem powietrza w sieci wentylacyjnej (nieskomplikowana sieć wentylacyjna), tak w warunkach normalnych, jak i w przypadku zaburzeń w sieci wentylacyjnej (np. pożaru podziemnego, wyrzutu gazów i skał, wybuchu metanu i pyłu węglowego itp.).

Podstawowym warunkiem racjonalnego systemu przewietrzania kopalń jest przewietrzanie każdego pola eksploatacyjnego niezależnym prądem powietrza. Dla uniknięcia niebezpiecznych zdarzeń niezbędne jest prawidłowe rozprowadzenie powietrza w sieci i zapewnienie odpowiedniej stabilności prądów powietrza. W przypadkach prowadzenia eksploatacji poniżej poziomu udostępnienia należy zwrócić szczególną uwagę na rozprowadzenie powietrza w rejonie i utrzymanie odpowiedniej intensywności przewietrzania i stabilności prądów powietrza. Należy tak projektować wentylację, aby zapewnić możliwość zwiększenia ilości powietrza poprzez łatwe sterowanie rozplywem powietrza.

Etap nr 9

pt. Zasady lokalizacji wewnątrz rejonowych tam bezpieczeństwa oraz ustalenie lokalizacji, jakości i ilości środków do aktywnego zwalczania pożarów

Wstęp

Zagrożenie pożarowe w podziemnych zakładach górniczych jest jednym z najczęściej występujących zagrożeń. Większość pożarów w kopalniach to pożary endogeniczne, powstające na skutek samozapalenia się węgla. Stanowią one bardzo poważne zagrożenie zarówno dla bezpieczeństwa załogi znajdującej się w strefie zasięgu pożaru, jak i dla bezpieczeństwa ruchu zakładu górniczego. Mogą one również w znacznym stopniu wpływać na pogorszenie się sytuacji ekonomicznej kopalń, z uwagi na wysokie koszty ponoszone w związku z prowadzeniem akcji przeciwpożarowej oraz częstą konieczność wyłączenia z ruchu wysoko zmechanizowanych ścian o dużej koncentracji wydobywania.

Dlatego też kopalnie charakteryzujące się wysokim poziomem zagrożenia pożarowego przeznaczają znaczne nakłady finansowe na ulepszanie i modernizację systemów wczesnego wykrywania pożarów oraz na działania prewencyjne, ukierunkowane na niedopuszczenie do ich powstawania. Praktyka wykazuje, że stosowanie we właściwym czasie odpowiednio dobranej do konkretnych warunków technologii wykonywania prac profilaktycznych w znacznym stopniu ogranicza możliwość zaistnienia pożarów, zwłaszcza endogenicznych, a w przypadku ich zaistnienia ułatwia zwalczanie lub likwidację tych zagrożeń. Prace prewencyjne, o których mowa, powinny być prowadzone przede wszystkim w rejonach dużego ryzyka powstawania pożarów endogenicznych, a więc w strefach zaburzeń tektonicznych, w bliskości zrobów zawałowych ścian oraz w starych, nieczynnych już wyrobiskach, do których bezpośredni dostęp jest znacznie utrudniony lub wręcz niemożliwy. Działania prewencyjne powinny być prowadzone szczególnie starannie w polach metanowych, gdzie wystąpienie pożaru może spowodować wybuch metanu i pyłu węglowego. Dlatego też działania odpowiednich służb technicznych kopalń muszą być ukierunkowane zarówno na eliminację sytuacji stwarzających zagrożenie pożarowe, jak i w przypadku jego zaistnienia, na wykonanie takich zabezpieczeń, aby skutki ewentualnego wybuchu nie przeniosły się do czynnych wyrobisk górniczych.

Obecne uwarunkowania górnicze, a także ekonomiczne występujące w kopalniach, potęgują zagrożenie ze strony pożarów endogenicznych. Eksploatacja na większych głębokościach wymusza doprowadzenie do wyrobisk dużych ilości powietrza. Zwiększone ilości powietrza w połączeniu z rozszczelnieniem górotworu spowodowanym przez profilaktykę tąpaniową, eksploatację grubych pokładów na warstwy uintensyfikują migrację powietrza przez górotwór, filary, a zwłaszcza przez zrobby. Jednocześnie wraz z głębokością wzrasta zagrożenie metanowe. Rozwój pożaru przy dużych ilościach powietrza jest bardzo dynamiczny. Ta dynamika rozwoju pożaru w aspekcie zagrożenia wybuchowego powoduje, że niezmiernie ważne jest, aby w przypadku konieczności zaizolowania danego rejonu izolacja ta nastąpiła bezzwłocznie. Zagrożenie wybuchem obejmuje często ratowników zatrudnionych przy budowie tam przeciwybuchowych. Należy więc dążyć, aby czas ich pracy w miejscu tak zagrożonym skrócić do minimum.

Konieczność wyboru i przygotowania miejsc do szybkiej izolacji rejonów wynika również z przepisów oraz poleceń Wyższego Urzędu Górniczego. Kierownik Ruchu Zakładu Górniczego zobowiązany jest do wyznaczenia rejonów szczególnie zagrożonych powstaniem pożaru oraz przygotowaniem ich do szybkiego zamknięcia (izolacji). W kopalniach potrzebę przygotowania takich rozwiązań uwiarykowują pożary w ścianach jakie miały miejsce w ostatnich latach. Rozwój pożaru powoduje szybki wzrost temperatury w miejscu budowy tamy przeciwybuchowej, uniemożliwiając jej zakończenie. Utrudniony transport materiału do budowy tamy przeciwybuchowej, uniemożliwiając jej zakończenie tam, a tym samym wydłuża się czas prowadzenia akcji. Dlatego też wszystkie rejon zagrożone pożarami w polach metanowych winny być przygotowane do niezwłocznej izolacji. Przygotowane tamy wraz z oprzyrządowaniem i materiałem do zamknięcia powinny pozwolić na szybką izolację, przeprowadzenie inertyzacji zagrożonego rejonu, a następnie wznowienie wentylacji opływowej i zakończenie akcji pożarowej.

Przeprowadzone akcje pożarowe pokazują, że największe trudności wynikają z szybko rosnącej temperatury w miejscu budowanej wylotowej tamy przeciwybuchowej. Powyższe uwarunkowania oraz doświadczenia przy izolacji nieprzygotowanych w tym celu wyrobisk spowodowały, że ko-

palnie od lat przygotowują najbardziej zagrożone rejony do szybkiej izolacji. W tym celu w wyznaczonych miejscach zagrożonych rejonów przygotowuje się układy podwójnych tam bezpieczeństwa wyposażonych we włazy przeciwybuchowe, drzwi stalowe, zestaw czujników automatycznego pomiaru, wentylację odrębną, rurki pomiarowe oraz oprzyrządowanie umożliwiające szybkie wypełnienie przestrzeni między tamami odpowiednim medium.

Dla ograniczenia zakresu izolowanych wyrobisk całego rejonu eksploatacyjnego często lokalizuje się również wewnątrzrejonowe tamy bezpieczeństwa bez drzwi. Odpowiednio zlokalizowane i przygotowane mogą również służyć do zamknięcia (odizolowania) wyrobisk objętych pożarem. Ich lokalizacja wewnątrz rejonu umożliwia wtedy odizolowanie mniejszej ilości (liczby lub kubatury) wyrobisk. Uzależnione jest to jednak od miejsca powstania pożaru.

Rejon wentylacyjny ściany i rejon ściany

Rejon wentylacyjny jest to przewietrzany niezależnie kompleks wyrobisk związanych technologicznie z określonym wyrobiskiem wybierkowym, zespołem wyrobisk przygotowawczych lub komorą funkcyjną, którego granice ustalone są przede wszystkim z punktu widzenia możliwości opanowania skutków powstałego pożaru lub wybuchu i możliwości ewakuacji zagrożonej załogi.

W polu eksploatacyjnym tworzony jest zatem jeden rejon wentylacyjny. Podsić wentylacyjna rejonowa wraz z urządzeniami wentylacyjnymi i urządzeniami kontrolno-zabezpieczającymi tworzy podsystem wentylacyjny, który można także nazwać systemem lub podsystemem wentylacyjnym oddziału eksploatacyjnego, prowadzącego eksploatację w tym polu.

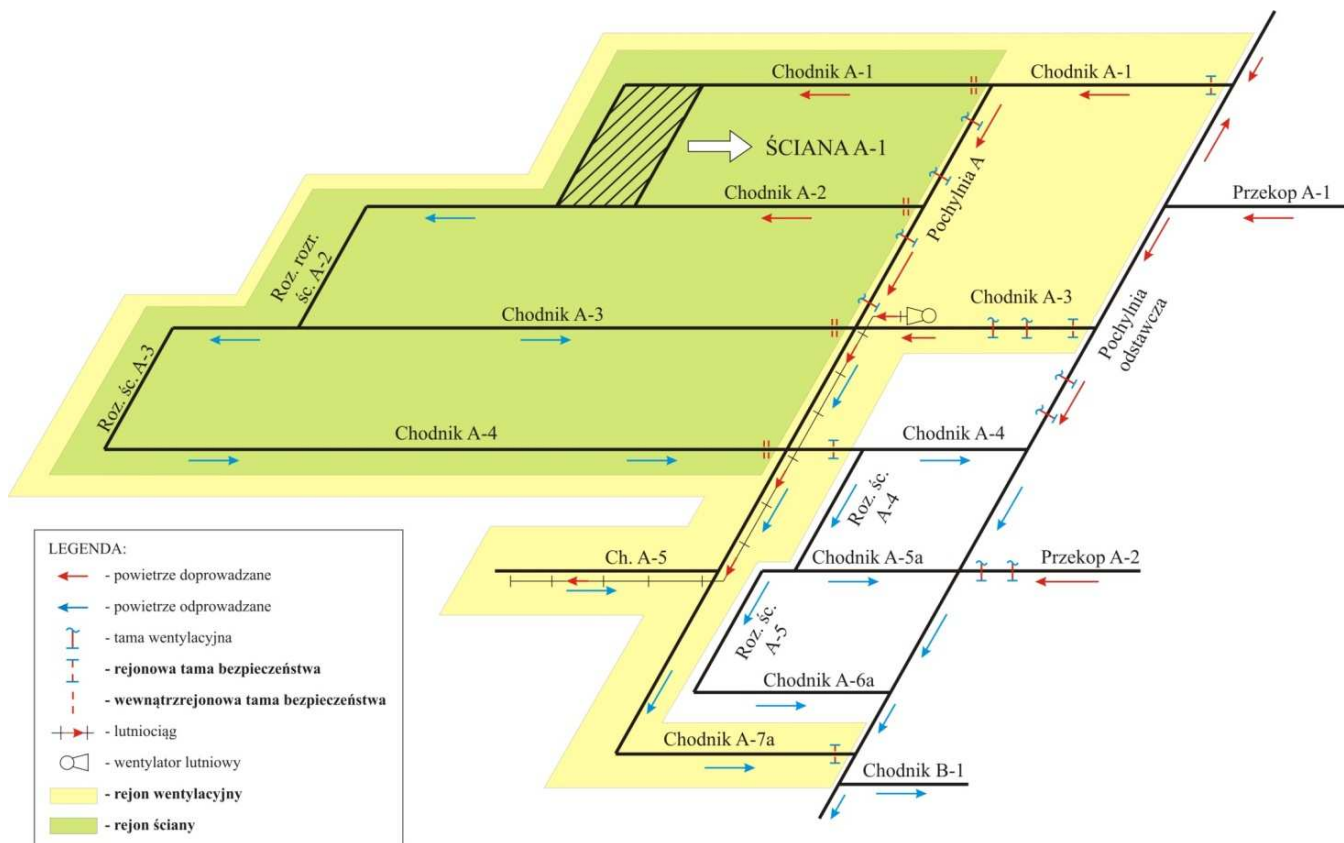
Celem podsystemu wentylacyjnego jest:

- po pierwsze – utrzymywanie w miejscach pracy ludzi podstawowych parametrów fizykochemicznych powietrza w przedziałach pozwalających ich organizmom normalnie funkcjonować,
- po drugie – zapobieganie powstaniu w wyrobiskach oddziału atmosfery wybuchowej i stworzenie tym samym warunków do pracy zarówno ludzi, jak i wysoko wydajnych urządzeń wydobywczych i odpowiednio wytrzymałej obudowy.

W ścianie i przyległych wyrobiskach powstawać mogą sytuacje zagrożenia związane z wydzielaniem metanu i ciepła, wytwarzaniem pyłu węglowego i powstaniem pożaru. Od systemu wentylacyjnego oddziału eksploatacyjnego wymaga się więc wypełnienia wymienionych funkcji w celu utrzymania ryzyka na poziomie akceptowalnym. Bezpieczeństwo funkcjonalne systemu wentylacyjnego oddziału zlokalizowanego w danym polu eksploatacyjnym będzie zależne od powstałej w czasie rozcinki pola eksploatacyjnego struktury wyrobisk wybierkowych i technologicznych. W granicach rejonu wentylacyjnego powinny znajdować się również zroby powstające w czasie eksploatacji. Przepływy powietrza przez zroby będą elementem systemu wentylacyjnego oddziału, a nie jego otoczenia.

Rejonem ściany nazywa się, już od dosyć dawna, ścianę wraz z przyległymi chodnikami technologicznymi ograniczającymi pole wybierkowe. Granicę stanowią miejsca usytuowania czujników systemu metanometrycznego i anemometrycznego, a także czasem odrzwa przygotowanych wewnątrz rejonowych tam bezpieczeństwa. System wentylacyjny rejonu ściany tworzy jednak całościową strukturę: ściany, chodników przyścianowych, przepływów w zrobach ścianowych oraz w zrobach przychodnikowych. Reaguje on kompleksowo na zmiany warunków przewietrzania ściany, warunków odmetanowania i zmiany ciśnienia atmosferycznego.

Na rysunku 9.1 przedstawiono rejon wentylacyjny kopalni, w którym jest prowadzona eksploatacja ściany A-1. Na rysunku przedstawiono zasięg rejonu wentylacyjnego oraz rejonu ściany, jak również lokalizację rejonowych tam bezpieczeństwa oraz wewnątrzrejonowych tam bezpieczeństwa. W zależności od sposobu rozcięcia rejonu wentylacyjnego wyrobiskami udostępniającymi i przygotowawczymi liczba rejonowych tam bezpieczeństwa będzie różna. W przedstawionym, przykładowym rejonie wentylacyjnym dla zabezpieczenia rejonu należy zabudować cztery rejonowe tamy bezpieczeństwa. Podobnie w zależności od sposobu rozcięcia i sposobu przewietrzania rejonu ściany liczba wewnątrzrejonowych tam bezpieczeństwa będzie się zmieniać. W przykładzie niezbędne jest zabudowanie czterech wewnątrzrejonowych tam bezpieczeństwa.



Rys.9.1. Schemat przestrzenny rejonu wentylacyjnego eksploатовanej ściany

Zwalczanie zagrożenia metanowego i pożarami endogenicznymi w wyrobiskach ścianowych

Na przestrzeni ostatnich lat w kopalniach węgla kamiennego miały miejsce zdarzenia związane z zapaleniem metanu. W następstwie tych zdarzeń śmierć ponieśli górnicy, a wielu uległo wypadkom ciężkim i lekkim. Zdarzenia jakie miały miejsce wystąpiły zarówno w ścianach przewietrzanych na U jak i na Y.

Istniejący rozkład stężenia metanu może sprzyjać warunkom powstania zapalenia metanu lub jego wybuchu. Wystąpienie dość licznych zdarzeń w ścianach prowadzonych w warunkach dużego zagrożenia metanowego i pożarowego nakazuje zwrócenie większej uwagi na dobór sposobu przewietrzania ściany jak i parametry geometryczne wyrobisk przyścianowych.

Wyniki badań i analiz wskazują jednoznacznie na pojawienie się czynników wpływających na powstawanie niebezpiecznych zdarzeń związanych z metanem, a mianowicie:

- w wielu kopalniach wraz z prowadzeniem eksploatacji na coraz większych głębokościach wzrasta stan zagrożenia metanowego, przy czym tendencja wzrostu zagrożenia jest znacznie większa od przyrostu głębokości prowadzenia robót górniczych,
- w wyniku wprowadzania na szeroką skalę zwiększonej koncentracji wydobywania, wzrosło wydzielanie się metanu ze zrobów do wyrobisk ścianowych,
- zaznacza się zjawisko występowania dużego wydzielania się metanu w ścianach eksploатовanych w kopalniach uznanych dotychczas za niskometanowe, które nie są przygotowane do stosowania profilaktyki, szczególnie metanowej.

Metody zwalczania pożarów endogenicznych

Sposób zwalczania pożaru podziemnego zależy przede wszystkim od tego, w jakim stadium jego rozwoju przystępuje się do gaszenia ognia. We wczesnym stadium rozwoju pożaru podziemnego

najskuteczniejsze zazwyczaj jest jego aktywne gaszenie. Aktywne zwalczanie pożaru podziemnego jest skuteczne, gdy szybkość gaszenia ognia jest większa od szybkości rozwoju pożaru. Jeżeli ten warunek nie jest spełniony, pożar powinno się izolować za pomocą tam pożarowych.

Do sposobów aktywnego gaszenia pożaru można zaliczyć:

- gaszenie wodą,
- gaszenie środkami gaśniczymi i pianotwórczymi,
- gaszenie syrkami środkami niepalnymi,
- zastosowanie podsadzki lub mieszaniny odpadów poflotacyjnych i pyłów dymnicowych,
- inertyzację atmosfery zrobowej.

W przypadku braku możliwości ugaszenia pożaru podziemnego metodami aktywnymi przystępuje się do izolacji jego ogniska od czynnych wyrobisk górniczych tamami pożarowymi, tzn. przechodzi się do gaszenia pożaru sposobem pasywnym. Jednocześnie do otamowanej przestrzeni należy podawać gazy inertne. Instalacje wytwarzające gazy inertne dla potrzeb zwalczania pożarów podziemnych mogą być zlokalizowane na powierzchni lub w wyrobiskach podziemnych.

Na potrzeby zwalczania pożarów podziemnych wszystkie wyrobiska ścianowe (zaliczone do II kategorii zagrożenia pożarami endogenicznymi) winny być wyposażone w instalację podawania gazu inertnego na etapie projektowania ściany. Instalacja powierzchniowa do włączania gazu inertnego winna służyć do podawania mieszaniny odpadów poflotacyjnych i pyłów dymnicowych.

Sposoby uszczelnienia zrobów ścian zawałowych

Jedną z przyczyn rozwoju procesu samozagrzewania jest doprowadzenie tlenu do rozkruszonego węgla. Powietrze płynące w sąsiedztwie zrobów zawałowych ścian przenika do nich powodując dwa zjawiska:

- zmniejszenie intensywności przewietrzania frontu ściany
- wzrost zagrożenia pożarowego w zrobach.

Całkowite wyeliminowanie ucieczek powietrza jest praktycznie niemożliwe. Można jednak ograniczyć to zjawisko w znacznym stopniu. Podstawowym sposobem jest uszczelnienie ociosów zawałowych chodników przyścianowych.

Aktualnie w górnictwie węgla kamiennego profilaktykę pożarową należy prowadzić z uwzględnieniem mineralnych materiałów wiążących między innymi poprzez: wykonywanie wzdłuż chodników przyścianowych ścian zawałowych ochronnych lub izolacyjnych pasów podsadzkowych, izolację zrobów zawałowych przez podsadzenie likwidowanego chodnika przyścianowego, doszczelnianie zawału, wykonywanie torkretu osłonowego, szczelne wypełnianie pustek w górotworze i przestrzeni pomiędzy obudową a górotworem.

Uszczelnianie oraz izolacja wyrobisk i zrobów ścian zawałowych

W polach ścian zawałowych zwłaszcza prowadzonych w pokładach grubych w warstwie podstropowej lub pod rumowiskiem zawałowym warstwy górnej niezbędne jest utrzymywanie sprawnej instalacji do podsadzki hydraulicznej lub do włączania popiołów lotnych. Uszczelnianie i izolację zrobów ścian zawałowych prowadzonych w górnych warstwach pokładu grubego należy wykonywać w następujących miejscach pola ściany:

- w miejscu jej uruchomienia,
- za frontem ściany od strony nierabowanych chodników przyścianowych pozostawionych przy zrobach zawałowych,
- w miejscu likwidowanej ściany.

Uszczelnienia miejsca uruchomienia ściany ma na celu odizolowanie zrobów od filaru węglowego (pozostawionego w zrobach). Filar ten stwarza zwykle duże zagrożenie pożarowe, gdyż w czasie eksploatacji zawałowej ulega on spękaniu i rozgniataciu, a mała szczelność zawału w strefie rozruchu ściany przy tym filarze umożliwia przenikanie powietrza przez tę część zrobów zawałowych. Dlatego wskazane jest przemulanie zrobów w miejscu uruchomienia ściany podsadzką wodno-piaskowo-popiołową. Podsadzką taką należy okresowo przemulać zrob zawałowy zwłaszcza w czasie postoju ściany lub po stwierdzeniu intensywnego utleniania węgla w zrobach. Utrzymywane chodniki przyścianowe przy zrobach ścian zawałowych za frontem ściany, należy uszczelniać od strony zrobów, na całej długości wybiegu ściany.

Do likwidacji ściany zawałowej należy przystąpić natychmiast po ukończeniu eksploatacji pokładu, aby zroby zawałowe mogły być otamowane w okresie krótszym od okresu inkubacji pożaru endogenicznego. Miejsce zlikwidowanej ściany zawałowej należy odizolować od wentylacyjnie czynnych wyrobisk przez podsadzanie tego wyrobiska piaskiem lub popiołami lotnymi z elektrowni oraz przez zbudowanie korków i tam murowych.

Chodniki ścianowe dla ścian zawałowych uruchamianych w warstwach górnych pokładu grubego pod rumowiskiem zawałowym należy drażyć mechanicznie kombajnami, a to z uwagi na małą możliwość wywoływania spękań w półce węglowej pozostawionej pod rumowiskiem niż przy stosowaniu materiałów wybuchowych. Stwierdzone spękania półki węglowej lub przebicia do rumowiska zawałowego należy uszczelniać materiałami wiążącymi (np. gipsem). Należy również prowadzić inwentaryzację pustek o wysokości większej od 1 m powstałych w stropie węglowym drażonych chodników w pokładach grubych. Pustki te należy zlikwidować przez wypełnianie ich materiałem inertnym, a do czasu ich likwidacji, prowadzić kontrolę zagrożenia pożarowego w tych miejscach.

Oprócz tradycyjnych materiałów stosowanych do budowy tam, izolacji, wypełniania pustek i szczelin, doszczelniania korków podsadzkowych takich, jak anhydryt, gips, podsadzka hydrauliczna z piasku lub popiołów lotnych z elektrowni, można stosować środki chemiczne zestawione w tabeli 3.5.

Tablica 1 Zestawienie środków chemicznych stosowanych do uszczelnienia

Lp.	Środki chemiczne	Rodzaj zastosowania
1	Dwuskładnikowa pianka typu IZOPIANA	Wypełnienie pustek nad obudową, wypełnianie pianką przestrzeni pomiędzy obudową a kasztami, wypełnianie kasztów przy zrobach zawałowych, budowa tam wentylacyjnych
2	Pianka cementowa DURAFO-AM	Budowanie tam, uszczelnianie korków podsadzkowych, wypełnianie pustek, izolowanie czynnych wyrobisk
3	Spoiwo UTEX-1	Wypełnianie pustek, izolacja górotworu
4	Pianka krylaminowa	Wypełnianie pustek
5	Preparat klejowy typu KRY-LAMIN	Do klejenia spękanych warstw węgla, uszczelnienie górotworu
6	Środek stabilizujący i uszczelniający typu SOLAKRYL	Do uszczelnienia górotworu

Stosowanie popiołów lotnych do uszczelniania zrobów zawałowych

Celem uszczelnienia zrobów zawałowych jest zmniejszenie przenikania powietrza przez te zroby. Funkcję podparcia górotworu spełnia już ustabilizowane rumowisko zawałowe. Zatem w tym przypadku nie wymaga się od stosowanego materiału podsadzkowego podawanego do zrobów, aby po osadzeniu i zagęszczeniu utworzył mechaniczną podporę stropu. Z materiałów dostępnych w dużych ilościach do uszczelniania zrobów można wziąć pod uwagę: piasek, popioły lotne, ły i odpady poflotacyjne. Spośród nich w zakresie profilaktyki przeciwpożarowej najlepiej do uszczelniania zrobów nadają się popioły lotne z elektrowni. W porównaniu z wodnymi mieszaninami piasku, mieszaniny pyłów elektrownianych z wodą, o niewielkim udziale objętościowym pyłów, mają zasięg rozprysku i sedymentacji wielokrotnie większy, sięgający do kilkuset metrów. Mały współczynnik filtracji wody przez osadzone pyły, stanowi ich istotną przewagę nad osadzonym piaskiem, co jest ważne z punktu widzenia uszczelnienia wyrobisk.

Należy zwrócić uwagę, że w pewnych okolicznościach, np. przy występowaniu lokalnych zagłębień względnie utrudnionego spływu wody sklarowanej, wodna mieszanina pyłu może tworzyć w zrobach rozlewiska o dużym zasięgu po rozciągłości. W konsekwencji duży zasięg po rozciągłości ma również sedymentacja pyłów. Również przy bardzo utrudnionym spływie może dojść do spiętrzenia wody sklarowanej nad warstwą osadem z pyłów. Są to oznaki dobrego uszczelniania zrobów, ale

brak spływu wody sklarowanej może stanowić zagrożenie wodne. Wtedy należy spowolnić proces podsadzania. Dlatego w czasie uszczelnienia zrobów zawałowych popiołami lotnymi konieczna jest na bieżąco prowadzona rejestracja objętości składników mieszaniny podsadzkowej (popiołów i wody).

Inertyzacja atmosfery zrobów ścian zawałowych

W górnictwie, szczególnie w kopalniach węgla kamiennego, jednym z najczęściej występujących zagrożeń, wymagających niejednokrotnie prowadzenia długotrwałych, często kosztownych, akcji ratowniczych, są pożary podziemne. Związane jest to przede wszystkim ze specyfiką podziemnych wyrobisk górniczych, których ograniczona pojemność powoduje szybkie przekroczenie dopuszczalnej granicy koncentracji gazów szkodliwych dla zdrowia, może również powodować groźne w danej sytuacji zmiany kierunków przepływu powietrza.

Zapobieganie zagrożeniom pożarowym i wybuchowym gazów pożarowych jest jednym z podstawowych zadań służb wentylacyjnych kopalń. Podejmowane w wyniku pożarów akcje przeciwpożarowe powodują, w przypadku aktywnego gaszenia, częściowe wstrzymanie robót górniczych w części kopalni, a w przypadku pasywnego gaszenia zachodzi konieczność tamowania wyrobisk celem ich izolacji, w wyniku czego w polu pożarowym niejednokrotnie pozostaje bardzo znaczny majątek trwały oraz zasoby węgla.

Najpewniejszym sposobem poprawy stanu bezpieczeństwa w polskim górnictwie węgla kamiennego jest wczesna prewencja z zastosowaniem najnowszych zdobyczy techniki. Jedną z metod prewencji są działania inertyzacyjne atmosfery kopalnianej. Działania te polegają na częściowym lub całkowitym zastępowaniu powietrza lub palnej atmosfery przez obojętny gaz. Dzięki temu zmniejsza się zagrożenie powstawania ognisk pożarów endogenicznych, jak również ewentualnych wybuchów gazów. Najważniejszym celem stosowania gazów inertycznych jest obniżenie zawartości tlenu do granicy uniemożliwiającej dalszy rozwój pożaru. Z tego względu jednym z najważniejszych parametrów instalacji do wytwarzania gazów inertycznych jest wydajność, czyli ilość gazu możliwa do wygenerowania w jednostce czasu.

Ze względu na szereg zalet największe zastosowanie w górnictwie światowym przy zwalczaniu pożarów podziemnych oraz przy profilaktyce pożarowej znalazł azot.

Wśród najczęściej stosowanych gazów inertycznych stosowanych w kopalniach są:

- dwutlenek węgla (CO_2),
- metan (CH_4),
- gazy spalinowe,
- azot (N_2).

O inertyzacji jako o aktywnej formie walki z pożarami można mówić w przypadku działania gazami obojętnymi bezpośrednio na ognisko pożaru, najczęściej w początkowym jego etapie. Inertyzacja rzadko jest jednak stosowana jako samodzielna metoda walki z pożarami podziemnymi. Pełne wykorzystanie jej zalet jest możliwe dopiero po spełnieniu szeregu warunków. Do najważniejszych z nich należy odpowiednia izolacja pola pożarowego oraz dostosowanie parametrów gazu obojętnego: rodzaju, ilości oraz prędkości podawania do lokalnych warunków wentylacyjnych i górniczo-geologicznych. Z tego powodu niejednokrotnie wspomina się o aktywno-pasywnych metodach walki, mając na uwadze inertyzację jako część aktywną akcji oraz otamowanie pola pożarowego jako pasywną.

Użycie gazów obojętnych wspomagające wentylacyjne metody gaszenia pożarów, może znacznie skrócić czas walki z pożarem. Odpowiednia izolacja palących się lub rozgrzanych powierzchni czy mieszanin gazów pożarowych, poprzez stworzenie strefy o niskiej zawartości (lub pozbawionej) tlenu, może doprowadzić do zahamowania rozwoju pożaru lub jego zgaszenia.

Skuteczność działania gazu obojętnego użytego do inertyzacji środowiska gazowego otamowanych wyrobisk i zrobów zależy od wielu czynników. Najważniejsze z nich, decydujące o wykorzystaniu gazu w specyficznych warunkach dołowych, to:

- rozmiary (objętość) otamowanej przestrzeni wypełnionej gazem obojętnym,
- szczelność tam izolujących wyrobiska i zrobów oraz skał górotworu pomiędzy otamowanymi przestrzeniami a wyrobiskami czynnymi wentylacyjne, w tym także ścianami prowadzonymi z zawałem stropu,
- ukształtowanie pola potencjału aerodynamicznego w obrębie otamowanych przestrzeni,

- rodzaj użytego gazu obojętnego oraz jego ilość, powiązana z wydajnością podawania do otomowanych przestrzeni.

W Polsce do inertyzacji podziemnych pól pożarowych stosowane były m.in. takie gazy jak: dwutlenek węgla, azot, gazy spalinowe w tym zawilgocone, dwutlenek siarki czy metan. Gazy te posiadają różne własności gaszące, przy czym najważniejszym celem ich stosowania jest obniżenie zawartości tlenu w przestrzeni otamowanej do granicy uniemożliwiającej dalszy rozwój pożaru.

Instalacje do przesyłania gazów inertnych

Instalacje wytwarzające gazy inertne dla potrzeb zwalczania pożarów podziemnych podzielić można, ze względu na miejsce powstawania gazu, są to:

- instalacje powierzchniowe,
- instalacje podziemne.

Instalacje podziemne lokalizowane są zwykle jak najbliżej miejsca inertyzacji, oczywiście z zachowaniem wszelkich przepisów i zasad bezpieczeństwa. Takie rozwiązanie powoduje konieczność dostarczenia wszystkich elementów urządzenia oraz zapewnienia ciągłości dostaw zbiorników z gazem lub paliwem przez cały okres prowadzenia akcji. Urządzenia takie powinny dodatkowo umożliwiać łatwy transport w warunkach kopalnianych oraz charakteryzować się zwartą budową. Usytuowanie instalacji w sąsiedztwie miejsca podawania gazu jest często stosowane w przypadku inertyzacji niewielkich przestrzeni. Unika się wtedy konieczności stosowania instalacji doprowadzających gaz do miejsca pożaru poprzez niezagrożone rejony kopalni. Inną zaletą tego typu instalacji jest redukcja strat przepływu gazu przez ruro- i lutniociągi.

Instalacje do zgazowywania azotu lub dwutlenku węgla ze stanu ciekłego montowane na powierzchni nie posiadają ograniczeń instalacji podziemnych. Są to urządzenia o większych rozmiarach, pozwalające na wykorzystywanie wysokowydajnych instalacji wspierających i przyspieszających rozprężanie gazów ze stanu ciekłego. Dzięki temu możliwe jest uzyskiwanie większych wydatków gazu, zwiększające komfort działań inertyzujących. Unika się w ten sposób kłopotliwego transportu podziemnego na korzyść rurociągów podsadzkowych, wodnych lub powietrznych, których sieć jest w większości polskich kopalń bardzo rozbudowana.

Cechy powierzchniowej instalacji wytwarzającej gaz inertny są następujące:

- możliwość dowolnego usytuowania, warunkowana jedynie jej potrzebami,
- łatwy transport (kolejowy lub drogowy) gazu w stanie ciekłym, możliwy w zbiornikach o znacznej pojemności,
- konieczność rezerwacji pełnej „nitki” („nitek”) rurociągów dla transportu gazu od nadszybia do miejsca inertyzacji,
- stopniowe zwiększanie temperatury rozprężonego gazu w miarę przepływu przez rurociągi, co ogranicza możliwość ochładzania pola pożarowego,
- konieczność zapewnienia odpowiedniego przewietrzania wyrobisk, w których znajduje się rurociąg transportujący gaz inertny.

Wszystkie, wymienione powyżej cechy instalacji powierzchniowych i podziemnych przekładają się w bezpośredni sposób na koszty akcji. Z tego względu bardzo często, to właśnie względy finansowe, oprócz warunków technicznych decydują o stosowanej metodzie. Bardzo kosztownym elementem operacji, oprócz samej instalacji oraz gazu, a jednocześnie trudnym z technicznego punktu widzenia może okazać się transport podziemny. Wymaga on bowiem zapewnienia odpowiednich środków nie tylko dla jednorazowego przewozu elementów instalacji, ale przede wszystkim dla zapewnienia stałych dostaw gazu i innych materiałów.

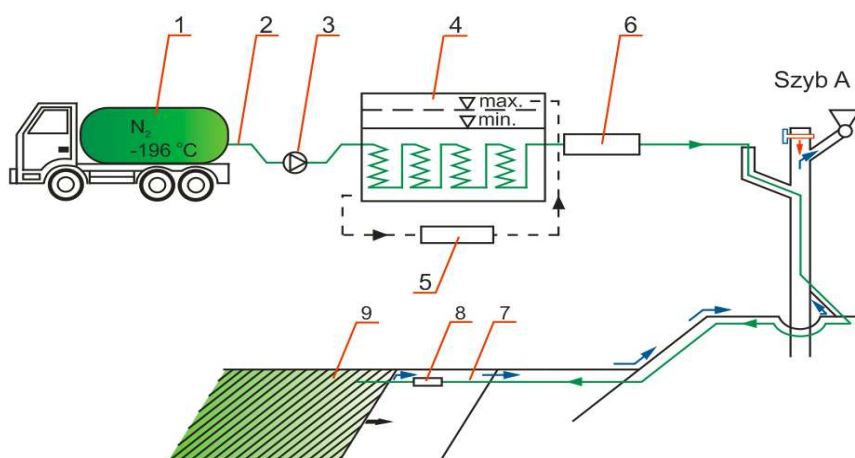
Wszystkie wyrobiska ścianowe winny być wyposażone w instalację podawania gazu inertnego na etapie projektowania ściany.

Zgazowanie ciekłego azotu na powierzchni

Azot w inertyzacji atmosfery kopalnianej może być stosowany zarówno w stanie ciekłym, jak i gazowym. W razie konieczności przechowywania azotu, korzystniejsza jest forma ciekła, azot w formie ciekłej zajmuje ułamkową część ($1/691$) swojej objętości gazowej (przy temperaturze $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ i ciśnieniu 1 bar).

Podstawowym zadaniem instalacji wytwarzającej gaz inertny z fazy ciekłej jest zapewnienie odpowiedniej prędkości i jakości procesu rozprężania. Uzyskuje się to dzięki doprowadzeniu odpowiedniej ilości ciepła do układu, w którym następuje rozprężanie gazu.

Przetworzenie azotu płynnego w stan gazowy może nastąpić na powierzchni (rysunek 9.2). Następnie gaz przetłaczany jest rurociągiem do wyrobisk podziemnych.



Rys. 9.2. Uproszczony schemat instalacji przetwarzania azotu ze stanu płynnego w gazowy i przesyłania na dół kopalni: 1 - autocysterna, 2 - przewód giętki, 3 - pompa do przetłaczania ciekłego azotu, 4 - parownica ciekłego azotu, 5 - kotłownia z obiegiem wody grzewczej (doprowadzenie i odprowadzenie wody grzewczej), 6 - rura z urządzeniami kontrolno-pomiarowymi, 7 - rurociąg podawczy azotu w stanie gazowym, 8 - rura wylotowa z przyrządami kontrolno-pomiarowymi, 9 - zroby ścian

Do zgazowania ciekłego azotu na powierzchni zakładu górniczego i przetłaczania azotu w stanie gazowym do wyrobisk podziemnych mogą być wykorzystywane urządzenia stacjonarne i przewoźne:

- 1) parownice atmosferyczne typu PA,
- 2) urządzenie do zgazowania ciekłego azotu UZA-1,
- 3) azotowa parownica atmosferyczna APA-1.

Stacjonarne urządzenie do zgazowania ciekłego azotu typu PA (parownica atmosferyczna) służy do zgazowania ciekłego azotu na powierzchni zakładu górniczego za pomocą powietrza atmosferycznego. Parownice atmosferyczne typu PA stanowią panele o wydajności od 100 do 1200 m³/h.

Przy zastosowaniu urządzenia typu UZA-1 wydajność azotu gazowego wynosi ok. 2000 Nm³/h. Z uwagi na kłopoty związane z właściwym obiegiem wody, która jest medium grzewczym i decyduje o pełnym wykorzystaniu parametrów technicznych urządzenie to straciło na znaczeniu.

Azotowa Parownica Atmosferyczna APA-1 jest to urządzenie przeznaczone do zgazowania na powierzchni ciekłego azotu pobieranego z cystern i podawania go rurociągami do wyrobisk podziemnych. Urządzenie to umożliwia zgazowanie ciekłego azotu przy wykorzystaniu powietrza atmosferycznego jako medium grzewczego z pominięciem tradycyjnych czynników grzewczych jak gorąca woda lub para. Urządzenie to osiąga wydajność azotu zgazowanego ok. 2000 Nm³/h.

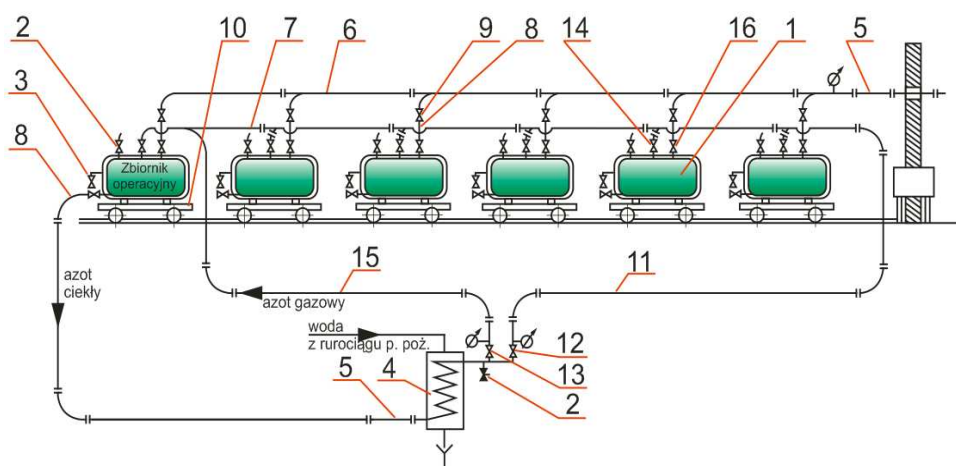
Ciekły azot można przetransportować z powierzchni zakładu górniczego w rejon zagrożenia pożarowego lub gazowego, następnie włącza się go do wyrobisk podziemnych. Zaletą takiego rozwiązania jest znaczne obniżenie temperatury rozprężających się gazów, co powoduje ochłodzenie otoczenia w rejonie pożaru.

Urządzenia do transportu ciekłego azotu z powierzchni zakładu górniczego w rejon zagrożenia pożarowego lub gazowego oraz włączania ciekłego azotu do wyrobisk podziemnych stanowią:

- 1) instalacja do zgazowywania ciekłego azotu bezpośrednio w wyrobiskach podziemnych,
- 2) azotowe urządzenie gaśnicze AUG-2.

Schemat urządzenia AUG-2 przedstawiono na rysunku 9.3. Dla urządzenia typu AUG-2 maksymalna, zalecana długość rurociągów wynosi 150 m.

Samo zgazowujący się azot jest podawany ze zbiorników operacyjnych z wydajnością ok. 1400 m³/h. Wydajność ta zmniejsza się w przypadku czasochłonnego transportu zbiorników operacyjnych z powierzchni do miejsca przeznaczenia.



Rysunek 9.3. Azotowe Urządzenie Gaśnicze AUG – 2: 1 – zbiornik operacyjny ciekłego N₂, 2 – zawory bezpieczeństwa, 3 – zawór przelewowy, 4 – parownica, 5 - przewody elastyczne, 6 – kolektor instalacji ciekłego azotu, 7 – kolektor azotowej instalacji pożarowej, 8 – przewody elastyczne łączące, 9 – zawory zwrotne, 10 – podwozie o zmiennym rozstawie kół, 11 – przewód, 12 – zawór regulacyjny, 13 – zawór upustowy parownicy, 14 – zawór dopływu azotu gazowego, 15 – przewód azotu gazowego, 16 – zawór napełniania i opróżniania zbiornika

Azotowanie zrobów w trakcie ruchu ściany

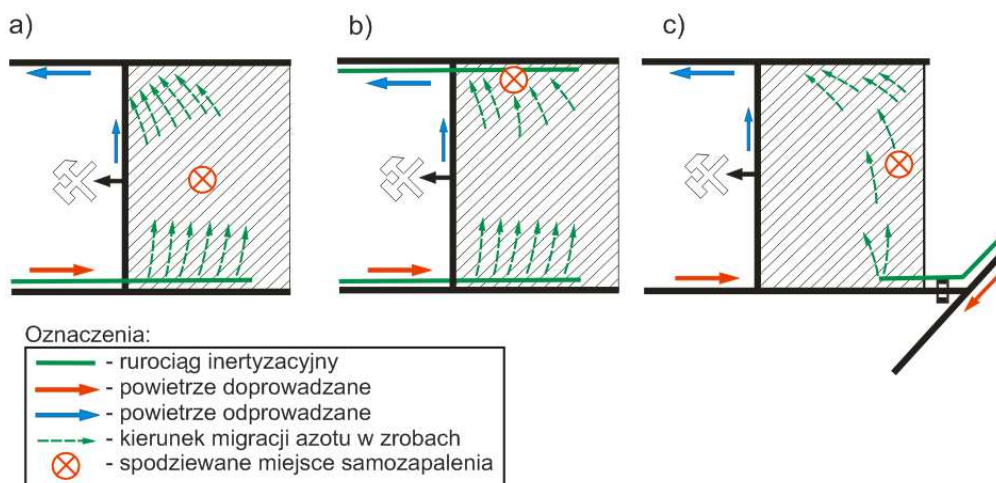
Podejmowane w wyniku pożarów akcje przeciwpożarowe powodują, w przypadku aktywnego gaszenia, częściowe wstrzymanie robót górniczych w części kopalni, a w przypadku pasywnego gaszenia zachodzi konieczność tamowania wyrobisk celem ich izolacji, w wyniku czego w polu pożarowym niejednokrotnie pozostaje bardzo znaczny majątek trwały oraz zasoby węgla.

Najtańszą metodą likwidacji zagrożenia pożarowego jest wcześniej podjęta profilaktyka czyli zapobieganie. Może ona być wykonana różnymi metodami, jednak nie może ona występować w oderwaniu od podstawowych działań wentylacyjnych.

Dobór odpowiednich działań prewencyjnych uzależniony jest od wielu czynników, z których, najistotniejsze to:

- uwzględnienie odpowiedniego sposobu rozprowadzenia powietrza (szczególnie w rejonach oddziałów wydobywczych),
- uwzględnienie prawidłowego kształtowania potencjałów aerodynamicznych (szczególnie w otoczeniu wybieranych ścian),
- uwzględnienie panujących warunków górniczo-geologicznych

Przed przystąpieniem do podawania azotu do zrobów ścian należy określić potencjalne miejsca samozapalenia węgla w zrobach i wybrać miejsce podawania azotu do zrobów w taki sposób, aby kierunek przepływu azotu w zrobach był zgodny z kierunkiem migracji powietrza w zrobach. Na rysunku 9.4 przedstawiono schematycznie sposób doprowadzenia azotu do zrobów ściany zawałowej. W przypadku powstania samozapalenia węgla w dolnej lub środkowej części ściany wskazane jest doprowadzać azot do zrobów chodnikiem doprowadzającym powietrze do ściany (rys. 9.4a), natomiast w przypadku powstania samozapalenia w górnej części ściany, celowe wydaje się równoczesne doprowadzenie azotu chodnikiem odprowadzającym powietrze ze ściany (rys. 9.4b). W przypadku powstania samozapalenia w miejscu rozpoczęcia ściany wskazane jest, jeżeli układ wyrobisk na to pozwala, doprowadzać azot do miejsca rozpoczęcia ściany, jak to pokazano na rysunku 9.4c.



Rysunek 9.4. Sposoby doprowadzenia azotu w stanie gazowym do zrobów ściany zawałowej: a - chodnikiem doprowadzającym powietrze do ściany; b - chodnikiem doprowadzającym i odprowadzającym powietrze ze ściany; c - do miejsca rozpoczęcia ściany

Można założyć, że w trakcie prowadzenia ścian azot podawany do zrobów będzie wynoszony wraz z przepływającym przez strefę zawału powietrzem.

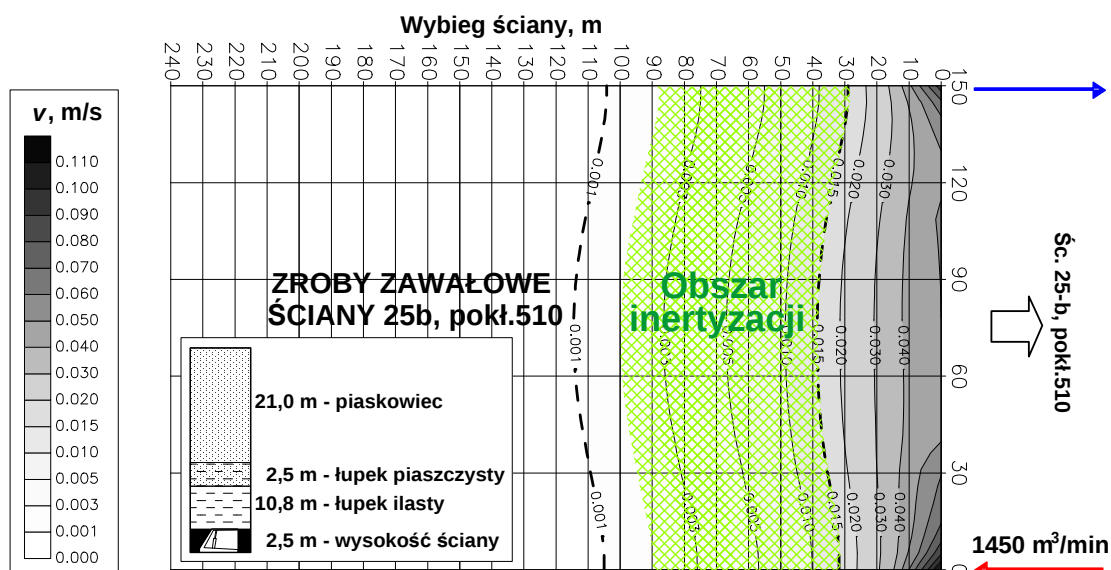
Należy podkreślić, że w chodniku odprowadzającym powietrze istnieje potencjalne zagrożenie gazowe związane z wypływem azotu wraz z gazami zrobowymi, w tym metanu. Azotowanie ściany metanowej o dużym zagrożeniu pożarowym winno być prowadzone pod szczególnym nadzorem z pełnym monitoringiem atmosfery w wyrobiskach odprowadzających powietrze ze ściany. W celu zapewnienia bezpieczeństwa w wyrobiskach, w których poprowadzony jest rurociąg doprowadzający azot do rejonu ściany należy zapewnić odpowiednią ilość tlenu, czyli zarazem doprowadzanego powietrza. Zgodnie z przepisami minimalna zawartość tlenu w wyrobisku nie może być mniejsza od 19%.

Zgodnie z założeniami profilaktyki ilość podawanego azotu do zrobów ściany powinna przede wszystkim obniżyć stężenie tlenu w zrobach. Z uwagi na dopływ powietrza do strefy zawału i jego wpływ na wylocie ściany nie będzie możliwości znacznego obniżenia stężenia tlenu w zrobach, które uniemożliwiłoby rozwój procesu samozagrzewania. Przyczyną jest przede wszystkim wypływ gazów zrobowych wraz z azotem na wylocie ze ściany, co w przypadku znacznych ilości podawanego azotu prowadzić może z kolei do obniżenia stężenia tlenu w chodniku nadścianowym.

Podawanie azotu do zrobów czynnej ściany jest jednak wskazane. Instalacja powinna być tak zaprojektowana, aby umożliwiała regulację ilości podawanego azotu.

Zasięg inertyzacji zrobów

W celu wyznaczenia strefy potencjalnego samozagrzewania węgla przeprowadzono obliczenia prędkości przepływu przez zrobry ściany 25-b. Na rysunku 9.5 przedstawiono wyniki obliczeń w formie wykresu izolinii prędkości powietrza dla analizowanej ściany zawałowej.



Rysunek 9.5. Wykres izolinii prędkości powietrza dla ściany 25-b

Maksymalna prędkość filtracji wynosząca 0,11 m/s występuje w narożach wlotu i wylotu ściany. W głąb zrobów prędkość filtracji maleje i dopiero po 100 metrach w głąb zrobów wynosi poniżej 1,5 mm/s. Kolorem zielonym zakreskowano obszar zrobów, gdzie prędkość powietrza może powodować akumulację ciepła w strefie utleniania węgla. Obszar ten jest jednocześnie obszarem, gdzie powinien być doprowadzany azot. Dla tego przypadku azot należy podawać w odległości ok. 30-90 m za frontem ściany.

Istnieją również metody symulacji rozprzysięgu azotu wraz z powietrzem dla określonego punktu wtłaczania azotu. Metody te nie zostały jednak do tej pory dostatecznie zweryfikowane dla warunków rzeczywistych ścian zawałowych. Znając zasięg wymaganej inertyzacji w zrobach ściany konieczne jest następnie określenie wymaganego strumienia objętościowego podawanego azotu.

Dobór środków do aktywnego gaszenia pożarów jest uzależniony od kategorii zagrożenia pożarami endogenicznymi i powinien zostać określony na etapie projektowania systemu eksploatacji i przewietrzania wyrobiska ścianowego.

Regulacje prawne

Lokalizacja wewnątrz rejonowych tam bezpieczeństwa

W obowiązujących obecnie przepisach w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych zawarty jest obowiązek wykonania przeciwpożarowych tam bezpieczeństwa. Przeciwpożarowe tamy bezpieczeństwa z drzwiami należy zabudować w prądach grupowych wlotowych oraz we wlotowych i wylotowych prądach rejonowych oraz prądach niezależnych, przewietrzających komory. Przeciwpożarowe tamy bezpieczeństwa bez drzwi należy wykonać na wszystkich poziomach przy szybach wdechowych oraz w miejscach ustalonych przez kierownika działu wentylacji wewnątrz rejonów wentylacyjnych. Wykonane tamy przeciwpożarowe winny być utrzymane w takim stanie, aby niezwłocznie mogły być zamknięte, a przy tamach bezpieczeństwa bez drzwi należy zgromadzić materiał niezbędny do ich szybkiego wykonania.

W polach metanowych oraz w przypadku występowania mieszaniny gazów wybuchowych, rejon pożaru powinien być izolowany przeciwybuchowymi tamami izolacyjnymi. Tamowanie pożaru (izolowanie pożaru) to odcięcie wyrobisk objętych pożarem od pozostałych, za pomocą różnego rodzaju tam pożarowych lub korków podsadzkowych. Celem tamowania pożaru jest zasadnicze odcięcie dopływu powietrza do pola pożarowego. Ważny element dla skuteczności akcji tamowania to między innymi dobór odpowiedniego rodzaju konstrukcji tam, która winna zapewniać:

- szczelność izolacji pola pożarowego,
- wytrzymałość na ciśnienie górotworu i ewentualne ciśnienie fali wybuchowej,

- łatwe i szybkie wykonanie.

Przyjęcie odpowiedniego rozwiązania winno zapewnić spełnienie powyższych wymogów, gdyż o wiele łatwiej i dokładniej wybrać miejsce, konstrukcję, materiał czy konieczne oprzyrządowanie tamy w warunkach niezagrożonych. Stosownie do obowiązujących przepisów, każda tama przeciwybuchowa przed zamknięciem winna być szczegółowo skontrolowana, uwzględniając zwłaszcza:

- szczelność tamy,
- stan oryglowania i rozparcia tamy,
- możliwość uzyskania należytej szczelności przepustów tamowych,
- stan wyposażenia tamy.

Powyższe kontrole można o wiele dokładniej wykonać gdy tamy są wykonane, a zagrożenie jeszcze nie wystąpiło. Dotyczy to zwłaszcza bezpieczeństwa pracowników budujących tamy, kontrolujących ich stan, jak również przebywających w sąsiedztwie po ich zamknięciu.

W celu określenia miejsca lokalizacji tam bezpieczeństwa należy uwzględnić następujące czynniki:

- Zgodnie z obowiązującymi przepisami wyrobiska można przewietrzać przez dyfuzję, jeżeli długość tych wyrobisk nie jest większa niż 10 m w polach niemetanowych i I kategorii zagrożenia metanowego przy nachyleniu do 10° (we wzniosie i upadzie), a jeżeli nachylenie przekracza 10° (we wzniosie i upadzie) na długości nie większej niż 6 m. W polach metanowych II, III lub IV kategorii zagrożenia metanowego (II wg propozycji kategoryzacji) przez dyfuzję można przewietrzać wyrobiska o długości do 2 m. Wpływa to więc w istotny sposób na wybór miejsca lokalizacji tam bezpieczeństwa względem odległości od wyrobisk z opływowym prądem powietrza. W przypadku przekroczenia podanych odległości wyrobisk przewietrzanych przez dyfuzję należy w miejscu lokalizacji tamy przewidzieć lutniociąg z wentylatorem na wypadek konieczności zamknięcia tych tam.
- Rejonowe tamy bezpieczeństwa należy zlokalizować we wszystkich wyrobiskach posiadających czynne połączenie z rejonem wentylacyjnym. Natomiast wewnętrzrejonowe tamy bezpieczeństwa we wszystkich wyrobiskach posiadających czynne połączenie z rejonem ściany. Liczba koniecznych do zabudowy tam bezpieczeństwa zależy, więc będzie od sposobu rozcięcia rejonu wyrobiskami udostępniającymi i przygotowawczymi oraz sposobu przewietrzania ściany.
- Górotwór na obwodzie wyrobiska w miejscu lokalizacji tam bezpieczeństwa musi się charakteryzować odpowiednimi parametrami wytrzymałościowymi oraz słabo rozwiniętą strefą spękań (mała przepuszczalność górotworu na obwodzie wyrobiska). W przypadku występowania skał o niskich parametrach wytrzymałościowych należy dokonać wzmocnienia górotworu. Podobnie w przypadku silnie rozwiniętej strefy spękań (wysoka przepuszczalność górotworu) należy wykonać iniekcje uszczelniające górotwór. W tym celu mogą być zastosowane przedstawione w opracowaniu środki chemiczne i mineralne.

Analiza dotychczasowych metod i sposobów izolowania pożarów

Problem przeciwdziałania powstawaniu w kopalniach węgla kamiennego zagrożeniu pożarowemu oraz wybuchowemu, związanym z pożarami podziemnymi i nagromadzeniami metanu, to jeden z podstawowych kierunków działalności w ramach szeroko rozumianego bezpieczeństwa pracy załóg górniczych.

Obowiązujące przepisy mówią o konieczności izolowania ogniska pożaru tamami izolacyjnymi i pożarowymi od czynnych wyrobisk kopalni, o ile aktywna likwidacji pożaru nie jest możliwa. Tamy te muszą spełniać jednak określone warunki, co do miejsca ich lokalizacji, szczelności, a przede wszystkim dużej wytrzymałości, zdolnej do zatrzymania ewentualnego wybuchu gazów lub pyłu węglowego w przestrzeni izolowanej, uniemożliwiając w ten sposób przeniesienie się jego skutków do czynnych wyrobisk zakładu górniczego.

Powszechnie stosowane w praktyce górniczej zabezpieczenia czynnych wyrobisk kopalni od rejonów zagrożonych wybuchem gazów pożarowych lub pyłu węglowego sprowadzają się do wykonania tam izolacyjnych o konstrukcji przeciwybuchowej. Tamy te muszą być dostosowane do różnicowanych warunków zagrożenia wybuchowego, muszą wykorzystywać lokalne warunki niwelacyjne wyrobisk w obrębie izolowanego pożaru, a także możliwości technicznego uzbrojenia kopalni w danym rejonie, jak np. w instalację rurociągów podsadzkowych lub magistralę do podawania pyłów dymnych, sieć rurociągów sprężonego powietrza i wody, energię elektryczną itp.

Wybór rodzaju tam i sposobu zabezpieczenia przeciwwybuchowego wyrobisk w czasie akcji ratowniczej ustala kierownik akcji. Przeciwwybuchowe tamy izolacyjne mogą być wykonane jako:

- tamy kłocowe,
- korki podsadzkowe,
- podwójne tamy murowane,
- korki wodne,
- korki ze spoiw szybkowiązujących.

Do zabezpieczania przed przeniesieniem się wybuchu od strony zrobów, zbędnych wyrobisk oraz pól pożarowych, w których mogą wystąpić wybuchowe mieszaniny gazów palnych i może dojść do wybuchu tych gazów, mogą być wykonywane inne rodzaje tam, odpowiednio udokumentowane i pozytywnie zaopiniowane przez jednostkę ratownictwa górniczego.

Wieloletnia analiza prowadzonych akcji przeciwpożarowych wykazuje, że bardzo powszechnie stosowanymi tamami izolującymi rejonu pożarów są korki podsadzkowe, wykonywane z piasku, pyłów dymnicowych, gipsu i innych materiałów sypkich oraz korki wodne o ile na to pozwala niwelacja wyrobiska. Bardzo rzadko stosowane są natomiast tamy wykonywane z worków wypełnionych piaskiem, pyłem kamiennym lub innym materiałem sypkim, z uwagi na ich stosunkowo małą gazoszczelność i dużą pracochłonność.

Czas budowy tam o charakterze przeciwwybuchowym w trakcie prowadzenia akcji jest długi. Rzutuje on nie tylko na koszt akcji, ale przede wszystkim na bezpieczeństwo zatrudnionych przy budowie ratowników. Szybkość zamknięcia rejonu objętego pożarem jest podstawowym elementem mającym wpływ na szybkość chłodzenia górotworu, a tym samym na termin ponownego otwarcia rejonu. Dla odzyskania uwięzionych w polu pożarowym zasobów złoża, wyposażenia wyrobisk górniczych, oraz w celu zmniejszenia zagrożenia dla załogi dołowej jest konieczne możliwie szybkie wygaśnięcie pożaru, a następnie otwarcie i zlikwidowanie pola pożarowego. Liczne przykłady zapaleń i wybuchów gazów w trakcie tamowania wskazują na potrzebę maksymalnego skrócenia czasu od momentu podjęcia decyzji o tamowaniu do zamknięcia szczelnych tam izolacyjnych. Dużym utrudnieniem opóźniającym izolację zagrożonego rejonu są transporty materiałów i sprzętu, koniecznych do budowy, wyposażenia i doszczelnienia tam pożarowych. Transport odbywa się niejednokrotnie innymi wyrobiskami i środkami transportowymi niż w warunkach niezagrożonych. Dla przezwyciężenia tych utrudnień i utrzymania odpowiedniego tempa transportu zatrudnia się duże ilości ratowników, a poza strefą zagrożenia również innych pracowników. Podsumowując dotychczasowe metody izolacji w ramach prowadzonej akcji ratowniczej można stwierdzić, że:

- tamy budowane były zbyt długo, przez co wzrastało zagrożenie wybuchowe dla pracujących przy budowie ratowników,
- pośpiech i warunki występujące w miejscu pracy (temperatura, zadymienie, stężenia gazów) nie pozwalały na szczelne i dokładne wykonanie budowanych obiektów,
- wydłużony czas zamykania zagrożonego rejonu zwiększał koszty akcji, opóźniał termin otwarcia pola (zbyt długi okres jego chłodzenia).

Tamy po ich wykonaniu powinny być skontrolowane.

Do najbardziej rozpowszechnionych obecnie środków chemicznych stosowanych do prac izolacyjno-uszczelniających i konsolidujących spękany i skruszony górotwór w kopalniach węgla kamiennego należą:

- pianki samoutwardzalne wytwarzane na bazie żywic formaldehydowo-mocznikowych,
- pianka samoutwardzalna wytwarzana na bazie żywic formaldehydowo-fenolowych,
- pianki klejowe iniekcyjne, wytwarzane na bazie żywic poliuretanowych, .
- pianki klejowe wytwarzane na bazie żywic mocznikowo-akrylowych.

Rozwiązania umożliwiające szybkie zamknięcie tam przeciwwybuchowych

Rozwiązania w zakresie szybkiej izolacji rejonów górniczych mogą być różne. Można przygotować do zamknięcia zarówno przeciwwybuchowe korki podsadzkowe, korki wodne oraz inne tamy o charakterze przeciwwybuchowym. Rozwiązanie w kopalni może być oparte na podwójnych tamach bezpieczeństwa wyposażonych we włazy przeciwwybuchowe. O sposobie zamknięcia zagrożonego rejonu decyduje kierownik akcji, kierując się obowiązującymi przepisami, bezpieczeństwem pracowników, doświadczeniem, warunkami górniczo-geologicznymi oraz dobrem zakładu. Do pomocy w

podejmowaniu decyzji kierownik akcji posiada zespół fachowców tworzących sztab akcji. Dokonując wyboru miejsca na budowę tamy należy uwzględniać następujące uwarunkowania:

- rodzaj i stan techniczny obudowy wyrobiska,
- warunki górniczo-geologiczne (rodzaj skał, ewentualne spękania i rozszczelnienia górotworu),
- rodzaj uzbrojenia technicznego wyrobiska, jak np. trasy taśmociągów, kable energetyczne, rurociągi: wodne, sprężonego powietrza i podsadzkowe, urządzenia wentylacyjne itp., które mogą ułatwiać lub utrudniać budowę tamy,
- usytuowanie tamy w takiej odległości od najbliższego skrzyżowania wyrobisk, aby możliwe było zabudowanie komory wyrównawczej (kompensacyjnej) dla uzyskania wymaganego wyrównania potencjału wokół tamy,
- transport materiałów i osprzętu niezbędnych do budowy tam,
- możliwość zabudowy w tamie (oprócz wyposażenia standardowego) rurociągu do podawania za tamę podsadzki, wody lub gazów inertnych,
- dążenie do zlokalizowania tamy możliwie jak najbliżej ogniska pożaru.

Doświadczenia z licznych akcji pożarowych, w trakcie, których rozpoczęto izolację zagrożonego rejonu wykazują, że w początkowym okresie prowadzenia akcji występują duża nerwowość, która nie zawsze sprzyja racjonalnym decyzjom. Wcześniejsze przygotowanie tam do zamknięcia eliminuje możliwość podjęcia nietrafnych decyzji w tym zakresie.

Kierunki poszukiwania nowych rozwiązań zabezpieczeń przeciwybuchowych rejonów zagrożonych wybuchem gazów i pyłu węglowego

Omawiana problematyka sposobów zabezpieczenia rejonów zagrożonych wybuchem gazów pożarowych lub pyłu węglowego stanowi bardzo złożoną i skomplikowaną materię, w której trudno jest określić jeden idealny sposób zapewnienia z jednej strony warunków pełnego bezpieczeństwa przed przeniesieniem się skutków wybuchu do wyrobisk czynnych ruchowo, a z drugiej – byłby on prosty i szybki w wykonaniu.

Doświadczenia pokazują, że stosowane obecnie konstrukcje tam izolujących rejonów zagrożone pożarem, a zwłaszcza w wykonaniu przeciwybuchowym, są bardzo pracochłonne, a więc wymagają znacznego wydłużenia czasu potrzebnego na ich wykonanie.

W warunkach prowadzenia akcji przeciwpożarowej każde wydłużenie czasu wykonywania określonych prac ratowniczych stwarza potencjalny wzrost zagrożenia dla ratowników zatrudnionych przy tych pracach oraz ujemnie wpływa na sprawny przebieg samej akcji przeciwpożarowej. Dlatego też celowe staje się poszukiwanie nowych rozwiązań konstrukcyjnych tam przeciwybuchowych, których wykonanie winno skrócić czas ich budowy do niezbędnego minimum.

Na podstawie dotychczasowych doświadczeń w tym zakresie w górnictwie polskim i światowym (USA, Niemcy, Wielka Brytania, Czechy) przy rozwiązywaniu koncepcji nowej konstrukcji tamy przyjęto następujące założenia:

- ograniczenie praco- i czasochłonności przy budowie tamy,
- poprawienie komfortu i bezpieczeństwa pracy ratowników zatrudnionych przy budowie tamy w strefie zagrożonej wybuchem gazów pożarowych i pyłu węglowego,
- obniżenie kosztów budowy tamy,
- zastosowanie materiałów, które w przypadku braku konieczności zamknięcia tamy będą mogły być wykorzystane w innej tamie,
- zastosowanie do budowy tamy lub do wypełniania przestrzeni między odrzwiami tamy dysz do zautomatyzowanego podawania materiału,
- budowania tamy tymczasowej, która ma służyć do szybkiego odcięcia rejonu pożaru i umożliwienia budowy tamy ostatecznej w innym miejscu.

Założenia te możliwe będą do realizacji, poprzez:

1. Zastosowanie do budowy tam przeciwybuchowych środków mineralnych na bazie uszlachetnionych cementów lekko pęczniejących, charakteryzujących się dużą wytrzymałością na ściskanie, dobrą płynnością oraz krótkim czasem wiązania. Do takich środków zaliczane są spoiva o nazwie: Tekblend, Tekfoam, Teksal lub Aquablend. Użycie jednego z wymienionych środków do budowy tamy przeciwybuchowej pozwoli na rezygnację z tamy organowej, stanowiącej zawarcie od strony ogniska pożaru i jej dodatkowego, wewnętrznego wzmocnienia. Długość korka stanowiącego tamę przeciwybuchową wynosić będzie w takim przypadku 2-

3 m, w zależności od przekroju poprzecznego wyrobiska, w którym budowana będzie tama. Skrócenie czasu budowy tamy może być również realizowane poprzez zastosowanie odrzwi murowych tamy z drzwiami stalowymi do szybkiego zamknięcia.

2. Wykonanie lekkich zawarć tamy przy użyciu specjalnej konstrukcji lekkich wysuwnych stojaków stalowych z rur, umożliwiających regulowanie wymaganej wysokości i siły rozparcia tych stojaków pomiędzy stropem i spągkiem wyrobiska. Stojaki te stanowią będą elementy do podwieszania w przekroju chodnika worka wykonanego z odpowiedniego tworzywa, który wypełniony będzie odpowiednim środkiem mineralnym. W przypadku rezygnacji z worka tamowego stojaki te, po ich obciążeniu płótnem podsadzkowym lub wentylacyjnym oraz usztywnieniu okorkami lub siatką stalową mogą stanowić lekkie zawarcia tamy, między które zatłoczona będzie mieszanina cementowa.
3. Użycie do wykonania i podawania uwodnionej mieszaniny środka mineralnego wysokowydajnych urządzeń pompowych typu MONO, pozwalających na podawanie tych środków z odległości od 200-250 m, a więc spoza strefy bezpośredniego zagrożenia wybuchem.
4. Zastosowanie w budowie tam elementów, które częściowo zostaną wykorzystane do izolacji rejonu ściany po zakończeniu jej eksploatacji (np. murowe odrzwia tamy, drzwi stalowe). Pozostałe zdemonstrowane elementy, takie jak przepusty tamowe i lutnie stalowe, rurki kontrolne i pomiarowe będą mogły być wykorzystane przy budowie kolejnej tamy.
5. Zastosowanie układów pozwalających na zautomatyzowanie czynności związanych z budową tamy i zminimalizowanie liczebności załogi zaangażowanej w budowę tamy. W tym celu można wykorzystać dysze do podawania materiału stanowiącego tamę bezpieczeństwa lub dysze wypełniające przestrzeń między przygotowanymi wcześniej odrzwiami murowymi z drzwiami stalowymi. W celu automatyzacji budowy tamy zastosować można również tamy pneumatyczne pompowane za pomocą kompresora.
6. Zastosowanie rozwiązań, które pozwolą na szybkie odizolowanie zagrożonego rejonu jednak nie spełniających wymogów przeciwwybuchowości. Takie rozwiązania mają pozwolić na szybkie odcięcie dopływu powietrza do ogniska pożaru oraz minimalizację przepływu przez wyrobiska gazów pożarowych celem budowy tamy ostatecznej w innym miejscu w warunkach zwiększonego bezpieczeństwa dla załogi zatrudnionej przy budowie tamy.

W tabeli 9.6 przedstawiono proponowane do zastosowania konstrukcje tam bezpieczeństwa. W tabeli tej przedstawiono schematycznie każde rozwiązanie, podano również warunki jego stosowania i charakterystykę tamy oraz wskazano wady i zalety stosowania każdego rozwiązania. Należy pamiętać, że niektóre przedstawione w tabeli konstrukcje są propozycjami sposobu rozwiązania konstrukcji tamy i nie były dotychczas stosowane w kopalniach, dlatego ich zastosowanie powinno być poprzedzone przeprowadzeniem odpowiednich badań w warunkach kopalnianych.

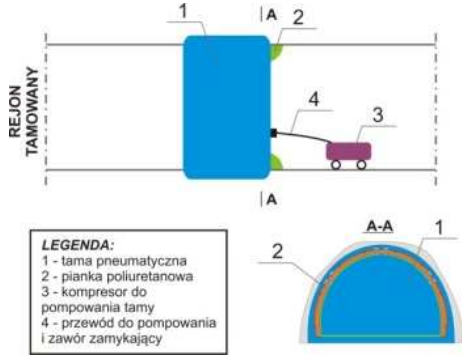
W dalszej części przedstawiono przykłady zastosowania tam bezpieczeństwa przewidzianych do szybkiego zamknięcia.

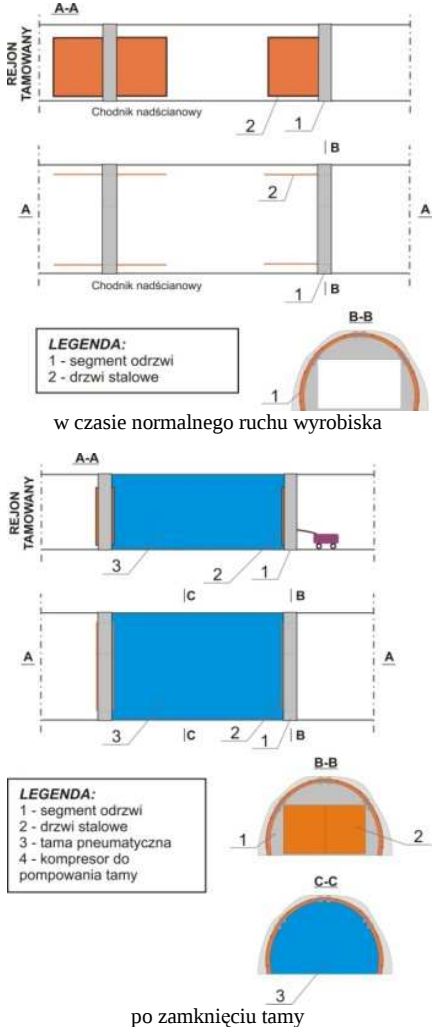
W wyrobisku w miejscu zabudowy tamy mogą być zabudowane rurociągi (p. poż., sprężonego powietrza, klimatyzacyjne, itp.). Należy przewidzieć konieczność zaślepienia tych rurociągów, bądź ich wycięcia w miejscu budowy tamy. Proponuje się pozostawienie w tamie rurociągów do podawania gazów inertnych. Nie we wszystkich przedstawionych rozwiązaniach będzie jednak taka możliwość istniała.

Tabela 9.6. Propozycje rozwiązań konstrukcji tam bezpieczeństwa

Lp	Wyszczególnienie	Schemat	Warunki stosowania i charakterystyka	Ocena systemu
System podwójnych tam bezpieczeństwa w wykonaniu przeciwybuchowym				
1	tama wg projektu KWK Wesola	chodnik podścianowy chodnik nadścianowy	Rozwiązanie składa się z następujących elementów: • dwóch murowanych tam bezpieczeństwa oddalonych od siebie w pewnej odległości (długość korka), • podwójnych przepustów tamowych wykonanych z lutni metalowych, kołnierzowych zakończonych obudowami przeciwybuchowymi, • drzwi stalowych zawieszonych i przygotowanych do zamknięcia, • rurociągów komunikacyjnych zabudowanych w tamach (rurociąg przeciwpożarowy, sprężonego powietrza i rekonsolidacyjny) służących do podawania odpowiednich środków za i do wewnątrz tamy, do pomiaru stanu atmosfery, • wentylatora powietrznego z odcinkiem lutni elastycznej do przewietrzania przestrzeni między tamami oraz przed tamą w trakcie zamykania tam, • stojaków drewnianych do oryglowania od strony obiegowego prądu powietrza oraz wewnątrz tamy, • czujników pomiaru automatycznego (anemometryczne, tlenku węgla, metanu oraz tlenu, dwutlenku węgla lub temperatury) budowanych w wyrobisku przewidzianym do otamowania oraz za skrzyżowaniem z tym wyrobiskiem, • materiału (kostka betonowa, cegła) do zamurowania otworów w tamie od strony prądu obiegowego powietrza.	• w przypadku braku konieczności awaryjnego zamknięcia przedmiotowych tam, tamy te w całości po uprzednim zdemontowaniu przeciwybuchowych obudów przepustów tamowych i lutni stalowych, przewidziane są do wykorzystania w czasie izolacji rejonu ściany po zakończeniu jej eksploatacji i likwidacji uzbrojenia, • zdemontowane elementy zabudowane mogą być dla zabezpieczenia kolejnej ściany, • w czasie braku zagrożenia murowane tamy (odrzwia) bezpieczeństwa umożliwiają normalną pracę rejonu eksploatacyjnego, a co za tym idzie możliwość odstawy urobku, transportu materiału do ściany, jak również przejścia dla załogi, • skrócenie czasu wykonania tamy przez zastęp ratowników w trakcie trwania akcji pożarowej (zwłaszcza gdy dotyczy to tamy w wylotowym prądzie powietrza) wyraźnie zwiększa bezpieczeństwo ich pracy, • skrócenie czasu tamowania rejonu objętego pożarem to istotny aspekt ekonomiczny

Lp.	Wyszczególnienie	Schemat	Warunki stosowania i charakterystyka	Ocena systemu
2	tama wg projektu KWK Wesola (z kotwiami)		Konstrukcja wzmocnienia tam przeciwwybuchowych oparta jest na kratownicy linowej w połączeniu z kotwiami sztywnymi lub linowymi. Konstrukcja kotwieniowa z uwagi na swoje zalety jest dobrym rozwiązaniem wzmocnienia tam przeciwwybuchowych, a może również być konstrukcją tamy przeciwwybuchowej. Istotą rozwiązania jest osadzenie kotew w stropie, spągu i ociosach wyrobiska i przygotowanie odpowiednio dopasowanych lin. Dobór kotew, głębokość ich posadowienia uzależniona jest od warunków górniczo-geologicznych w miejscu ich zabudowy. Powstała kratownica usztywniona zostaje za pomocą rzymskich śrub. W momencie konieczności natychmiastowego zaizolowania zagrożonego rejonu, rolę zastępcę ratowniczego będzie połączenie i napięcie cięgien linowych, założenie powleczonego płótnem siatek, uszczelnienie całości przekroju płótnem i wypełnienie właściwym środkiem chemicznym np. Tekblendem. Rozparcie przestrzeni między kratownicą a tamą można zrealizować workami wypełnionymi środkiem wiążącym.	• mniejsza pracochłonność, • łatwość zabudowy, • mniejszy koszt wykonania przy dużej wymaganej wytrzymałości
Tamy pneumatyczne				
3	tama pneumatyczna		Rozwiązanie opiera się na gumowej (o odpowiedniej grubości i wytrzymałości gumy) tamie pneumatycznej. W czasie normalnej pracy wyrobiska tama taka może w formie złożonej być zmagazynowana w miejscu jej ewentualnej zabudowy. Miejsce takie powinno być do tego celu specjalnie przygotowane (brak ostrych elementów wyrobiska na jego obwodzie). W razie potrzeby tamę taką należy rozłożyć w miejscu budowy tamy. Wyciąć ewentualne elementy przebiegające w przekroju wyrobiska i przystąpić do pompowania tamy, za pomocą przewidzianego do tego celu kompresora, do zadanej wartości ciśnienia. Po napompowaniu łącznie tamy z górotworem należy zabezpieczyć pianką poliuretanową.	• konstrukcja tamy pozwala na stosowanie tego rozwiązania jako rozwiązania tymczasowego do momentu budowy właściwej tamy, • bardzo szybka budowa tamy, • ograniczenie do minimum koniecznych do zgromadzenia materiałów dla budowy tamy, • niskie koszty inwestycyjne, • konieczność przygotowania w wyrobisku miejsca lokalizacji tamy (brak ostrych elementów na obwodzie wyrobiska), • brak możliwości zabudowy w tamie rurociągów kontrolnych i przełazów, • możliwość późniejszego wykorzystania tamy pneumatycznej w innym miejscu.

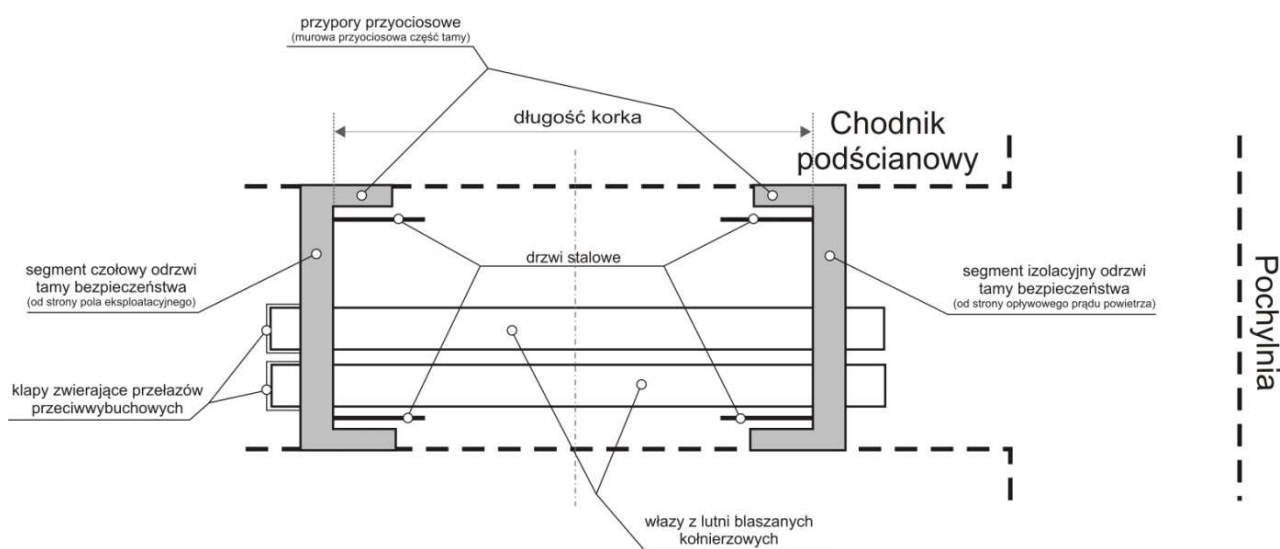
Lp.	Wyszczególnienie	Schemat	Warunki stosowania i charakterystyka	Ocena systemu
4	tama pneumatyczna z wrębem w obwodzie wyrobiska	 REJON TAMOWANY LEGENDA: 1 - tama pneumatyczna 2 - pianka poliuretanowa 3 - kompresor do pompowania tamy 4 - przewód do pompowania i zawór zamykający	Rozwiązanie jest identyczne jak tama pneumatyczna jednakże w miejscu przeznaczonym do budowy tamy należy wykonać wręb na obwodzie wyrobiska. We wrębie tym rozparta będzie tama pneumatyczna. Po napompowaniu łączenie tamy z górotworem również należy zabezpieczyć pianką poliuretanową.	• konstrukcja tamy pozwala na stosowanie tego rozwiązania jako rozwiązania tymczasowego do momentu budowy właściwej tamy, • bardzo szybka budowa tamy, • ograniczenie do minimum koniecznych do zgromadzenia materiałów dla budowy tamy, • niskie koszty inwestycyjne, • konieczność przygotowania w wyrobisku włomu na obwodzie wyrobiska celem lokalizacji tamy, • brak możliwości zabudowy w tamie rurociągów kontrolnych i przeładów, • możliwość późniejszego wykorzystania tamy pneumatycznej w innym miejscu, • tama nie może być stosowana jako tama przeciwybuchowa.

Lp.	Wyszczególnienie	Schemat	Warunki stosowania i charakterystyka	Ocena systemu
5	tama pneumatyczna wzmocniona odzwiami murowanymi z drzwiami	 REJON TAMOWANY Chodnik nadścianowy LEGENDA: 1 - segment odzwia 2 - drzwi stalowe w czasie normalnego ruchu wyrobiska REJON TAMOWANY LEGENDA: 1 - segment odzwia 2 - drzwi stalowe 3 - tama pneumatyczna 4 - kompresor do pompowania tamy po zamknięciu tamy	Rozwiązanie jest identyczne jak tama pneumatyczna jednakże w miejscu przeznaczonym do budowy tamy należy wykonać odzwia murowane z drzwiami. W momencie izolacji rejonu pomiędzy odzwiami należy umieścić tamę pneumatyczną.	• konstrukcja tamy pozwala na stosowanie tego rozwiązania jako rozwiązania stałego do izolacji rejonu, • bardzo szybka budowa tamy, • ograniczenie do minimum koniecznych do zgromadzenia materiałów dla budowy tamy, • niskie koszty inwestycyjne, • konieczność przygotowania odzwia murowanych w wyrobisku, • brak możliwości zabudowy w tamie rurociągów kontrolnych i przeładów, • możliwość późniejszego wykorzystania tamy pneumatycznej w innym miejscu, • tama nie może być stosowana jako tama przeciwybuchowa.

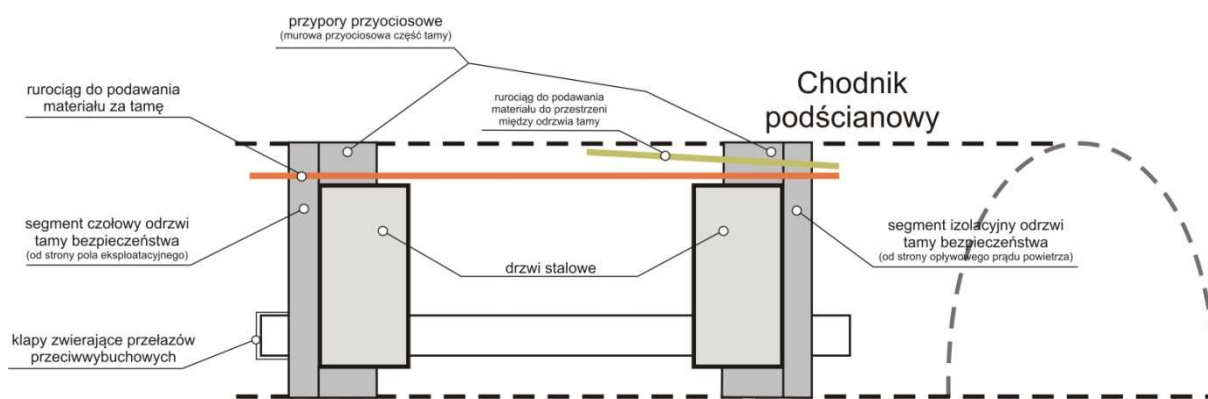
Lp.	Wyszczególnienie	Schemat	Warunki stosowania i charakterystyka	Ocena systemu
Tamy z zastosowaniem dysz dozujących materiał wiążący				
6	tama z zastosowaniem dysz dozujących materiał wiążący bez odrzwi	REJON TAMOWANY LEGENDA: 1 - tama z materiału sypkiego wzmocnionego materiałem wiążącym 2 - dysza dozująca materiał wiążący	Jest to sposób zdalnego zamknięcia zagrożonych rejonów. Sposób ten polega na zautomatyzowanym wprowadzaniu do wyrobiska, poprzez rurociągi, materiału sypkiego, a następnie doprowadzeniu mieszaniny wiążącej. Komponenty składające się na mieszaninę wiążącą doprowadzane są otworem wiertniczym z zabudowanymi dwoma ciągami rur (jedna wewnątrz drugiej). Mieszanie komponentów odbywa się w dyszy dozującej zabudowanej na końcu wspomnianych rur. W ten sposób dąży się do utworzenia korka zamykającego cały przekrój wyrobiska. System ten umożliwia wykonanie korka o objętości 60 m³ w ciągu około 12 godzin. W celu monitorowania procesu w pobliżu dysz dozujących można zabudować kamery.	• stosunkowo szybka budowa tamy, • ograniczenie do minimum koniecznych do zgromadzenia materiałów dla budowy tamy, • możliwość automatyzacji procesu budowy tamy (podawania materiału pomiędzy odrzwia tamy, • tama nie może być stosowana jako tama przeciwybuchowa.
7	tama z zastosowaniem dysz dozujących materiał wiążący z odrzwiami	REJON TAMOWANY LEGENDA: 1 - segment odrzwi 2 - drzwi stalowe 3 - materiał sypki wzmocniony materiałem wiążącym 4 - dysza dozująca materiał wiążący	Rozwiązanie jest identyczne jak tama z zastosowaniem dysz dozujących materiał wiążący jednakże w miejscu przeznaczonym do budowy tamy należy wykonać odrzwia murowane z drzwiami. W momencie izolacji rejonu pomiędzy odrzwia wprowadzany jest materiał wiążący z wykorzystaniem dysz.	• konstrukcja tamy pozwala na stosowanie tego rozwiązania jako rozwiązania stałego do izolacji rejonu, • stosunkowo szybka budowa tamy, • ograniczenie do minimum koniecznych do zgromadzenia materiałów dla budowy tamy, • konieczność przygotowania odrzwi murowanych w wyrobisku, • możliwość automatyzacji procesu budowy tamy (podawania materiału pomiędzy odrzwia tamy.

System podwójnych tam bezpieczeństwa w wykonaniu przeciwybuchowym wg projektu KWK Wesola

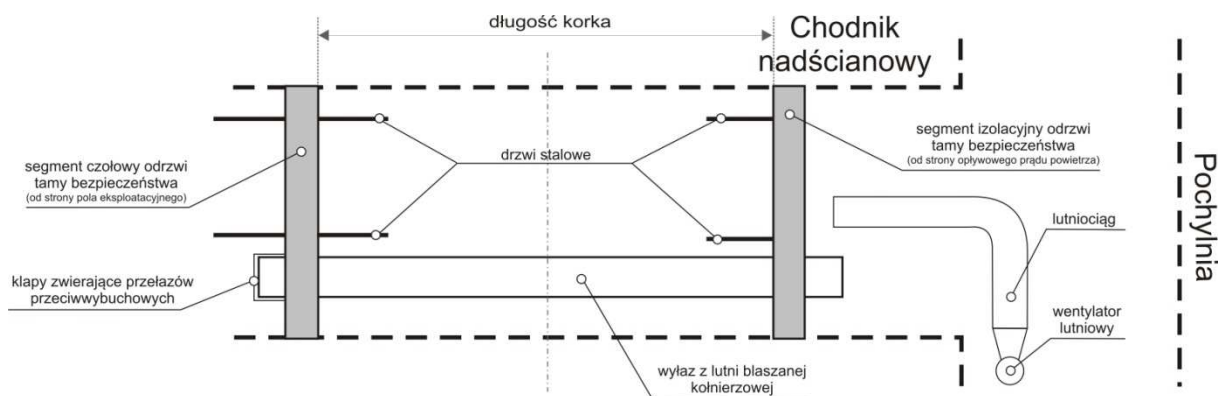
Układ podwójnych tam bezpieczeństwa w wykonaniu przeciwybuchowym o nazwie - „Podwójna tama bezpieczeństwa” (tabela 9.2) jest uniwersalnym rozwiązaniem do izolacji rejonu na wypadek pożaru. W przypadku braku konieczności awaryjnego zamknięcia przedmiotowych tam, tamy te w całości po uprzednim zdemontowaniu przeciwybuchowych obudów przepustów tamowych i lutni stalowych, przewidziane są do wykorzystania w czasie izolacji rejonu ściany po zakończeniu jej eksploatacji i likwidacji uzbrojenia, natomiast zdemontowane elementy zabudowane będą dla zabezpieczenia kolejnej ściany. Rysunek 9.6 pokazuje przykład przygotowania do izolacji podwójnymi tamami typowego rejonu ściany w KWK Wesola i przekroje typowych tam wraz z usprzętowieniem.



Rysunek 9.6a. Rzut poziomy wlotowych podwójnych tam bezpieczeństwa



Rysunek 9.6b. Przekrój podłużny przez podwójne tamy bezpieczeństwa



Rysunek 9.6c. Rzut poziomy wylotowych podwójnych tam bezpieczeństwa

Rozwiązanie składa się z następujących elementów:

1. dwóch murowanych tam bezpieczeństwa (1, 2) oddalonych od siebie w odległości „a”,
2. podwójnych przepustów tamowych (3, 4) o wykonanych z lutni metalowych, kołnierзовych zakończonych obudowami przeciwwybuchowymi (klapy – 7, 8, obejmą 5, 6),
3. drzwi stalowych (20, 21) zawieszonych i przygotowanych do zamknięcia,
4. rurociągów komunikacyjnych zabudowanych w tamach (rurociąg przeciwpożarowy, sprężonego powietrza i rekonsolidacyjny) służących do podawania odpowiednich środków za i do wewnątrz tamy, do pomiaru stanu atmosfery,
5. wentylatora powietrznego z odcinkiem lutni elastycznej do przewietrzania przestrzeni między tamami oraz przed tamą w trakcie zamykania tam,
6. materiału (kostka betonowa, cegła) do zamurowania otworów w tamie (1) od strony prądu obiegowego powietrza,
7. stojaków drewnianych do oryglowania od strony obiegowego prądu powietrza oraz wewnątrz tamy (dotyczy przypadku oryglowania drewnianego a nie wzmocnienia z kotew stalowych),
8. czujników pomiaru automatycznego (anemometryczne, tlenku węgla, metanu oraz tlenu, dwutlenku węgla lub temperatury) budowanych w wyrobisku przewidzianym do otamowania oraz za skrzyżowaniem z tym wyrobiskiem.

W przypadku wystąpienia pożaru i decyzji o zamknięciu przedmiotowych tam należy postępować następująco:

1. uruchomić wentylację lutniową (WLP),
2. zamknąć i doszczelnić stalowe drzwi od strony prądu obiegowego (1),
3. zaślepić rurociągi przechodzące przez tamę do pola (rurociąg p. poż., sprężonego powietrza),
4. zamurować otwór komunikacyjny w tamie nr 1 oraz wykonać oryglowanie z drewna lub zamknąć kratownicę kotwową,
5. podać ustalone tworzywo do przestrzeni między tamami (np. mieszaninę wodno-pyłową, gips).

Inne sposoby tamowania wyrobisk

Jeśli aktywne gaszenie pożaru nie powiedzie się, wyrobisko, w którym zaistniał pożar należy otamować tamami izolacyjnymi, przeciwwybuchowymi. W kopalni powstaje wówczas pole pożarowe. Zabudowa tam izolacyjnych przeciwwybuchowych jest bardzo czasochłonna, jednakże konieczna.

W australijskich kopalniach węgla kamiennego od 2005 roku stosuje się, do tymczasowego odcinania rejonów kopalni, również w przypadku zagrożenia pożarowego, pneumatyczne urządzenia wentylacji tymczasowej. Urządzenia Ventstop^{®TM}, produkowane przez firmę Minvent, były badane przez amerykański Narodowy Instytut Bezpieczeństwa i Higieny Pracy (NIOSH) (rysunek 9.7).

Urządzenie Ventstop^{®TM} jest wielokrotnego użytku i może być umieszczone w wyrobiskach poziomych i pionowych. Badania wykazały, że omawiane urządzenie może być zainstalowane przez dwie osoby w ciągu ok. 15 minut (z napompowaniem), równie szybko można je zdemontować. W celu zwiększenia szczelności zainstalowanej bariery, stosuje się piankę poliuretanową (rysunek 9.8).

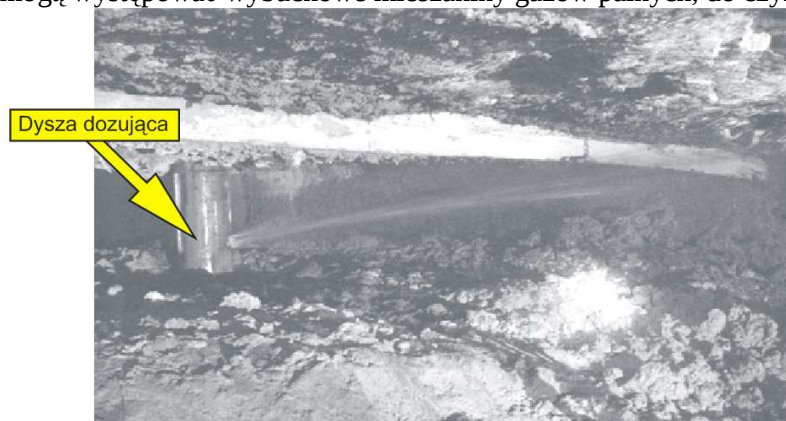


Rysunek 9.7. Podziemne badania dmuchanego urządzenia wentylacji tymczasowej

Przykładem zdalnego zamknięcia zagrożonych rejonów kopalni jest sposób przedstawiony poniżej. Sposób ten polega na zautomatyzowanym wprowadzaniu do wyrobiska, poprzez rurociągi, materiału sypkiego, a następnie doprowadzeniu mieszaniny wiążącej. Komponenty składające się na mieszaninę wiążącą doprowadzane są otworem wiertniczym z zabudowanymi dwoma ciągami rur (jedna wewnątrz drugiej). Mieszanie komponentów odbywa się w dyszy dozującej (rysunek 9.8) zabudowanej na końcu wspomnianych rur. W ten sposób dąży się do utworzenia korka zamykającego cały przekrój wyrobiska. System ten umożliwia wykonanie korka o objętości 60 m^3 w ciągu około 12 godzin. W celu monitorowania procesu w pobliżu dysz dozujących można zabudować kamery.

Dwa wymienione powyżej sposoby tamowania wyrobisk nie zabezpieczają przed skutkami ewentualnego wybuchu mieszanin gazów palnych, do jakiego może dojść w polu pożarowym. Nie są to tamy izolacyjne przeciwybuchowe.

Zadaniem izolacyjnych tam przeciwybuchowych jest niedopuszczenie do przeniesienia wybuchu od strony zrobów, zbędnych wyrobisk, a zwłaszcza pól pożarowych, w których to miejscach mogą występować wybuchowe mieszaniny gazów palnych, do czynnych wyrobisk.



Rysunek 9.8. Dysza dozująca materiał wiążący

Przedstawiona analiza lokalizacji, zabudowy i konstrukcji tam rejonowych jak i wewnątrzrejonowych tam bezpieczeństwa wskazuje, że w rejonach wentylacyjnych o dużym zagrożeniu pożarowym i metanowym niezbędne jest zabudowywanie tam wewnątrzrejonowych umożliwiających szybkie zamknięcie rejonu wentylacyjnego po powstaniu pożaru. W tym celu należy dobrać odpowiednią konstrukcję tam spełniającą powyższe warunki.

Przedstawione zasady lokalizacji wewnątrzrejonowych tam bezpieczeństwa wraz z propozycją technologii ich wykonywania mogą stanowić wytyczne do stosowania w górnictwie w warunkach wystąpienia pożaru przy zagrożeniu metanowym.

Wytyczne dla zwalczania pożarów endogenicznych i tamowania ścian

1. *Dla zwalczania pożarów podziemnych wszystkie wyrobiska ścianowe czynne (zaliczone do II kategorii zagrożenia pożarami endogenicznymi) winny być wyposażone w instalację powierzchniową do podawania gazu inertnego. Instalacja ta winna służyć również do podawania mieszaniny odpadów poflotacyjnych i pyłów dymnicowych do zrobów ściany w zależności od stanu zagrożenia pożarowego.*
2. Dobór środków do aktywnego gaszenia pożarów jest uzależniony od kategorii zagrożenia pożarami endogenicznymi i powinien zostać określony na etapie projektowania systemu eksploatacji i przewietrzania wyrobiska ścianowego.
3. Rejonem wentylacyjny jest przewietrzany niezależnie kompleks wyrobisk związanych technologicznie z określonym wyrobiskiem wybierkowym, zespołem wyrobisk przygotowawczych lub komorą funkcyjną, którego granice ustalone są przede wszystkim z punktu widzenia możliwości opanowania skutków powstałego pożaru lub wybuchu i możliwości ewakuacji zagrożonej załogi. Natomiast rejonem ściany nazywa się ścianę wraz z przyległymi chodnikami technologicznymi ograniczającymi pole wybierkowe.
4. Mając na względzie występujące w kopalniach zagrożenie pożarami endogenicznymi (zaliczenie do II kategorii zagrożenia pożarami endogenicznymi) oraz współwystępujące zagrożenie metanowe (zaliczenie do II kategorii zagrożenia metanowego) należy w wyrobiskach, wchodzących w skład rejonu wentylacyjnego, związanych z wyrobiskiem ścianowym zabudować wewnątrzrejonowe tamy bezpieczeństwa. Rejon wentylacyjny powinien być natomiast zabezpieczony rejonowymi tamami bezpieczeństwa.
5. Zabudowane w rejonie ściany wewnątrzrejonowe tamy bezpieczeństwa powinny być zlokalizowane w pobliżu skrzyżowania z wyrobiskiem z opływowym prądem powietrza w górotworze nienaruszonym (słabo rozwinięta strefa spękań). W przeciwnym przypadku górotwór w miejscu lokalizacji tamy należy odpowiednio wzmocnić.
6. Wewnątrzrejonowe tamy bezpieczeństwa powinny posiadać konstrukcję pozwalającą na szybkie zamknięcie rejonu ściany. Przykładowe konstrukcje tam przedstawione zostały w tabeli 9.2.
7. W zależności od wybranej konstrukcji tamy należy zgromadzić w jej rejonie materiał umożliwiający wykonanie tej tamy.

Uwaga: W załączniku do umowy podano, że: „ Rezultatem będzie katalog zasad lokalizacji tam bezpieczeństwa oraz metoda doboru możliwych do stosowania w górnictwie środków aktywnych wraz z zasadami ich wykorzystania w warunkach występującego pożaru przy zagrożeniu metanowym”. Zapis ten jest mało precyzyjny i rodzić może pewne wątpliwości.

W etapie przeanalizowano możliwości wykorzystania jednej z metod zwalczania zagrożenia metanowego, szczególnie w warunkach występującego zagrożenia metanowego, jaką jest inertyzacja oraz przemulanie zrobów. Przedstawiono uwarunkowania wyboru miejsc lokalizacji rejonowych tam bezpieczeństwa oraz wewnątrzrejonowych. Zamieszczono zestawienie możliwych do zastosowania konstrukcji tam w stosunkowo krótkim czasie. Zwrócono również uwagę na konieczność prowadzenia prób w kopalniach nad wykorzystaniem ich do izolacji rejonu.

Etap nr 11

pt. Ustalenie dodatkowego zabezpieczenia prądów schodzących

Wstęp

Eksploatacja poniżej poziomu udostępnienia ma największy wpływ na poziom zagrożenia metanowego i pożarowego. W 2010 roku na ogólną ilość 31 zakładów górniczych wydobywających węgiel kamienny w 29 kopalniach prowadzono roboty eksploatacyjne 114 ścianami, w tym w 23 kopalniach prowadzono eksploatację 48 ścianami poniżej poziomu udostępnienia, z których 25 ścian eksploatowano w partiach pokładów zaliczonych do III lub IV kategorii zagrożenia metanowego, III stopnia zagrożenia tapaniami i klasy „B” zagrożenia wybuchem pyłu węglowego. W partiach pokładów zaliczonych do III lub IV kategorii zagrożenia metanowego prowadzono 25 ścian. Dobowe wydobywanie ze ścian eksploatowanych poniżej poziomu udostępnienia stanowiło około 50% całkowitego wydobywania. W sześciu kopalniach, 100% wydobywania pochodziło ze ścian prowadzonych poniżej poziomu udostępnienia.

Warunki stosowania schodzącego prądu powietrza

Zmiany wyposażenia kopalnianych stacji wentylatorów głównego przewietrzania miały miejsce w okresie wzrastającego w Polsce zapotrzebowania na węgiel. Realizowane to było w coraz większej liczbie ścian wydobywczych, co z kolei wymuszało rozwijanie sieci wentylacyjnej kopalń. Z początkiem lat 70. ubiegłego wieku w prawie powszechnie stosowane były już wentylatory o spiętrzeniu całkowitym rzędu 3000 ÷ 5000 Pa, a to pozwalało na stopniową zmianę podejścia do przewietrzania, czego wyrazem były zmiany w kolejno wprowadzanych przepisach dotyczących bezpiecznego prowadzenia ruchu zakładu górniczego.

W latach 1973 - 1984 obowiązywały *Szczegółowe przepisy prowadzenia ruchu i gospodarki złożem w podziemnych zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny i brunatny - Zarządzenie nr 38 Ministra Górnictwa i Energetyki z dnia 10.X. 1973 r.* Według nich (§ 353 ust.1) za oddział podpoziomowy lub wyrobisko ze schodzącym prądem powietrza doprowadzanego lub odprowadzanego uważano oddział lub wyrobisko, w którym:

- upad wyrobiska ze schodzącym prądem powietrza wynosi od 5° do 10°, a prędkość przepływu powietrza jest mniejsza od 0,5 m/s,
- upad wyrobiska ze schodzącym prądem powietrza przekracza 10°.

Dla takich wyrobisk należało (§ 355) posiadać odpowiednie zabezpieczenie prądów schodzących wykonane zgodnie z wytycznymi wydanymi przez MGİE w porozumieniu z Wyższym Urzędem Górniczym, które powinny być (§ 361) stale zdadne do użytku oraz odpowiednio oznakowane z określeniem sposobu i kolejności ich uruchamiania w przypadku pożaru. Dalsze rygory wymagały, by:

- stan zabezpieczeń oddziału podpoziomowego był kontrolowany co najmniej raz na miesiąc,
- pomiary różnicy ciśnień powietrza w oddziale były wykonywane co najmniej w okresach półrocznych,
- osoby dozoru ruchu oddziału podpoziomowego były co najmniej raz na pół roku przeszkolone w zakresie znajomości korzystania z zastosowanych zabezpieczeń oddziału podpoziomowego, szkolenie takie powinien przeprowadzić inżynier wentylacji i powinno być ono zakończone egzaminem.

W latach 1984 - 1995 obowiązywały *Szczegółowe przepisy prowadzenia ruchu i gospodarki złożem w podziemnych zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny i brunatny - Zarządzenie nr 14 MGİE z dnia 28 czerwca 1984 r.*, w których definicje prądu schodzącego pozostały bez zmian. Zmieniły się natomiast (§ 14, Dział VII) zakresy i warunki przewietrzania schodzącym prądem powietrza, które określone zostały w nowych wytycznych wydanych przez Główny Instytut Górnictwa w porozumieniu z WUG. Ponadto, pod koniec okresu ich obowiązywania Zarządzeniem nr 2 Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego z dnia 20 czerwca 1994 r. w sprawie planów ruchu zakładów górniczych (p. 2.13 ppkt 2) wymagane było wyszczególnienie w Planie Ruchu zastosowanych środków bezpieczeństwa dla oddziałów przewietrzane prądami schodzącymi.

Dopiero obowiązujące w latach 1995 - 2002 Rozporządzenie Ministra Przemysłu i Handlu z dnia 14 kwietnia 1995 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych ograniczyło przewie-

trzenia prądami schodzącymi do nachylenia -10° . Nakazywało ono (§ 243) obowiązek prowadzenia powietrza po wzniosie oraz możliwość sprowadzania powietrza na upad w wyrobiskach, w których:

- średni upad w wyrobisku (bocznicy) nie przekracza 5° ,
- średni upad w wyrobisku (bocznicy) wynosi od 5° do 10° , a prędkość przepływu powietrza jest większa od 0,5 m/s,
- odprowadza się powietrze w pokładach zagrożonych wyrzutami dwutlenku węgla lub siarkowodoru.

Równoległe z tymi przepisami nadal obowiązywało stosowanie wymagań (cytowanego wyżej) Zarządzenia nr 2 Prezesa WUG z dnia 20 czerwca 1994 r. oraz wymagania Załącznika nr 11 do rozporządzenia MGİE z dnia 14 kwietnia 1995 r. według których (p. 2.4 ppkt.2) rurociągi przeciwpożarowe powinny być zainstalowane także w wyrobiskach ze schodzącymi prądami powietrza, pomimo tego, że samo rozporządzenie terminu schodzący prąd powietrza już nie definiowano. Wynikało to z tego, że przypadków prowadzenia powietrza wyrobiskami o nachyleniu większym niż -10° było niewiele, a jego stosowanie wymagało odstępstwa Prezesa WUG od obowiązujących przepisów.

W aktualnie obowiązujących (od drugiej połowy 2002 r.) przepisach stwierdza się (§ 212), że:

- 1) *Powietrze doprowadza się możliwie najkrótszą drogą do każdego poziomu wydobywczego, skąd prądami wznoszącymi odprowadza się w kierunku szybu wydechowego.*
- 2) *Sprowadzanie powietrza wyrobiskiem na upad dopuszcza się wyłącznie w przypadkach, gdy:*
 - *średni upad wyrobiska lub bocznicy wentylacyjnej nie przekracza 5° ,*
 - *średni upad wyrobiska lub bocznicy wentylacyjnej wynosi od 5° do 10° , a prędkość przepływu powietrza jest większa niż 0,5 m/s,*
 - *powietrze jest odprowadzane z pól zagrożonych wyrzutami dwutlenku węgla lub siarkowodoru.*

W zakresie dokumentacji, obowiązujące przepisy wymagają (p. 2.13 ppkt 2), by w planie ruchu określić rejony przewietrzane prądem powietrza sprowadzanym na upad, wyrobiska przewietrzane na upad, zastosowane środki bezpieczeństwa - należy powołać się na posiadane zezwolenia.

Z powyższych faktów wynika, że zmiany w podejściu do przewietrzania wprowadzano w sposób elastyczny. Z jednej strony wymuszały one odchodzenie od przewietrzania podziemnego prądami schodzącymi w wyrobiskach o nachyleniu większym niż -10° , a z drugiej - sprowadzanie powietrza na upad obarczały większymi rygorami.

Dyssypacja i naturalna kumulacja energii w wyrobiskach ze schodzącymi prądami powietrza

Złożoność procesu przewietrzania wynika z powiązania ze sobą pewnych zjawisk, do których należą: przepływ powietrza i gazów (np. pożarowych lub występujących w danej kopalni - metan, tlenek węgla), transport i wymiana ciepła, zakłócenia w stanach awaryjnych i krytycznych oraz z topologii sieci wentylacyjnej. Aby proces ten przebiegał prawidłowo niezbędne jest poznanie ich korelacji, a dla zachowania bezpieczeństwa konieczne jest ich stałe kontrolowanie.

W Polsce, w zakładach górniczych eksploatujących kopaliny palne obowiązuje Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. (Dz.U. Nr 139 z 2002r., poz. 1169) stosowanie przewietrzania ssącego, wytwarzanego przez stacje wentylatorów głównego przewietrzania zabudowane na powierzchni. Tak wytworzony prąd powietrza należy doprowadzać (możliwie najkrótszą drogą) do każdego poziomu wydobywczego, a odprowadzać prądami wznoszącymi w kierunku szybu wydechowego. Wymaga się też tworzenia jak najmniej złożonej sieci wentylacyjnej, którą stanowią bocznicę sieci (wyrobiska lub ich części), węzły sieci, opory miejscowe i wentylatory.

Wentylator głównego przewietrzania przekazuje powietrzu energię użyteczną na pokonanie oporów ruchu przy jego przepływie wyrobiskami podziemnymi. Na zaburzenia związane ze zmianą wydatku powietrza a nawet kierunku przepływu w bocznicy sieci wentylacyjnej wpływa topologia sieci wentylacyjnej oraz dyssypacja energii użytecznej (straty naporu) oraz naturalna kumulacja energii (dyspersja cieplna) w poszczególnych wyrobiskach. W wyrobiskach nachylonych generowana jest depresja cieplna, której kierunek oddziaływania na ruch powietrza jest zgodny lub przeciwny do kierunku oddziaływania wentylatora głównego przewietrzania. Podstawowym warunkiem prawidłowego przewietrzania, w ujęciu klasycznym, jest wytworzenie przez wentylator głównego przewietrzania odpowiednio dużej mechanicznej kumulacji energii tj. spiętrzenia całkowitego wentylatora (Δp_c) wyrażonego wzorem:

$$\Delta p_c = p_{cw} - p_{cd}, \quad \text{N/m}^2 \quad (11.1)$$

gdzie:

p_{cd} - ciśnienie całkowite w przekroju dopływu wentylatora, N/m^2 ,

p_{cw} - ciśnienie całkowite w przekroju wypływu wentylatora, N/m^2 ,

Śpiętrzenie całkowite wentylatora ma zapewnić pokonanie strat naporu na drogach niezależnych i zależnych sieci wentylacyjnej (ΔW_s) oraz strat zewnętrznych (ΔW_z):

$$\Delta p_c > \sum \Delta W_s + \Delta W_z, \quad \frac{\text{N}}{\text{m}^2}, \quad (11.2)$$

przy czym stratę naporu (ΔW_i) oblicza się jako:

$$\Delta W_i = R_i \cdot V_i^2, \quad \text{N/m}^2 \quad (11.3)$$

gdzie:

R_i - opór naturalny i -tej bocznic, $\text{N} \cdot \text{s}^2/\text{m}^8$,

V_i - prędkość przepływu powietrza w i -tej bocznic, m/s .

Przeznaczenie części energii na pokonanie straty naporu powietrza w bocznicie sieci wentylacyjnej zwane jest dyssypacją energii użytecznej. Ponieważ każda bocznic wentylacyjna znajduje się w polu grawitacyjnym Ziemi może w niej występować naturalna kumulacja energii, tj. depresja naturalna (L_n), którą oblicza się z wzoru:

$$L_n = -(p_{sw} - p_{sd}) - g \cdot \rho_m (z_w - z_d), \quad \text{N} \cdot \text{m/m}^3 \quad (11.4)$$

gdzie:

p_{sw} , p_{sd} - ciśnienie dla przekroju dopływu i wypływu bocznic, N/m^2 ,

g - przyspieszenie siły ciężkości, m/s^2 ,

z_w , z_d - wysokość niwelacyjna przekroju dopływu i wypływu bocznic, m ,

ρ_m - średnia gęstość masy powietrza kopalnianego w bocznic, kg/m^3 .

Zgodnie z powyższą zależnością w aktywnej sieci wentylacyjnej występują zarówno bocznic wentylacyjnie czynne, tj. nachylone (źródłowe), w których występuje naturalna kumulacja energii (depresja naturalna), jak i bocznic wentylacyjnie bierne, tj. poziome (beźródłowe), w których depresja naturalna nie występuje. Wynika więc z tego, że depresja naturalna wspomaga przepływ prądu powietrza - wytwarzanego przez wentylator głównego przewietrzania - prowadzonego po wzniosie. W wyrobiskach, w których występują prądy schodzące powietrza generowana jest lokalna depresja naturalna przeciwna do kierunku oddziaływania wentylatora a, jej wartość zależy od różnicy wysokości oraz różnicy gęstości właściwych przepływającego powietrza.

Właściwy rozplw powietrza w sieci musi zapewnić jego przepływ w pożądanym kierunku, z odpowiednią prędkością i o odpowiednim wydatku.

Zgodnie z pracą W. Budryka w danej bocznic ze schodzącym prądem powietrza w wyniku znacznego dopływu strumienia ciepła (np. pożaru) generowana jest tzw. depresja cieplna pożaru, która może prowadzić do zaburzeń w przepływie powietrza w tej bocznic. Na drodze gorących gazów i dymów generowane są lokalne depresje cieplne, które wraz z oddaleniem od źródła ogniska zanikają w wyniku ochładzania się gazów pożarowych. Suma lokalnych depresji cieplnych jest równa depresji cieplnej pożaru. Kiedy wartość tej depresji cieplnej jest większa od wpływu udziału spiętrzenia wentylatora głównego przewietrzania, to w zależności od pozostałych parametrów systemu wentylacyjnego, w którym znajduje się ta bocznic, nastąpić może całkowite odwrócenie prądu powietrza w tej bocznic.

Zgodnie z pracami W. Budryka utrzymanie pierwotnego kierunku przepływu powietrza w bocznic z schodzącym prądem powietrza (przy $h_z > h_w$) (rys. 11.1) nastąpi jeśli spełniona będzie nierówność:

$$\frac{h_z}{h_w} > 1 + \frac{R_z}{R_b} \quad (11.5)$$

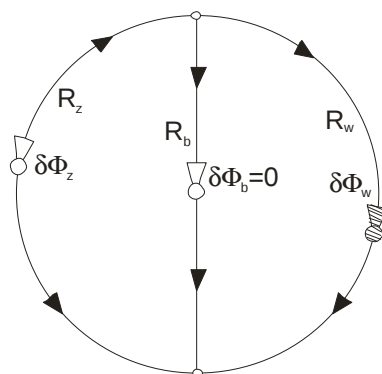
gdzie:

R_z - opór części zewnętrznej systemu,

R_b - opór bocznic rozdzielającej część wewnętrzną i zewnętrzną systemu wentylacyjnego,

h_z - suma kumulacji energii (naturalnych e_n , mechanicznych e_u) zwanych depresją części zewnętrznej systemu wentylacyjnego,

h_w - suma kumulacji energii (naturalnych e_n , mechanicznych e_u) zwanych depresją części wewnętrznej systemu z dodatkową depresją cieplną pożaru e_p .



Rys. 11.1. Wpływ depresji cieplnej w prądzie schodzącym

Z zależności (11.5) można wyznaczyć maksymalną depresję cieplną, przy której odwróci się prąd powietrza. Zakładając maksymalny (realny w warunkach rzeczywistych) przyrost temperatury w ognisku pożaru w danej bocznicie o nachyleniu Δz_w w warunkach parametrów powietrza przed pożarem γ_w można wyznaczyć depresję pożaru. Depresja ta odpowiadać będzie sumie depresji lokalnych w części wewnętrznej systemu wentylacyjnego.

Depresja cieplna pożaru wynika z różnicy temperatur, jaka może powstać w tracie pożaru w stosunku do temperatury po pożarze i różnicy wysokości pomiędzy wylotem a wlotem bocznic. Moc pożaru generująca depresję cieplną musi być bardzo duża aby wytworzyć depresję pożaru umożliwiającą odwrócenie kierunku przepływu powietrza.

Należy podkreślić, że wartości depresji cieplnej muszą być znacznie większe od dyssypacji energii użytecznej aby sumaryczna dyssypacja energii w części wewnętrznej była znacznie większa od części zewnętrznej. Zatrzymanie ruchu powietrza lub zmiana kierunku w takim przypadku jest uzależniona od topologii struktury sieci a więc części zewnętrznej systemu, a konkretnie od wynikającej z tego dyssypacji energii oraz oporu zastępczego w tej części systemu.

Aktualne spiętrzenia całkowite w stacjach wentylatorów głównego przewietrzania znacznie przekraczają 3000 Pa, co powoduje, że generowane depresje naturalne lub cieplne są znacznie niższe od dyssypacji energii użytecznej w tych bocznicach.

Stabilność prądu powietrza

Zasadnicze znaczenie w odwróceniu prądu powietrza ma wielkość depresji cieplnych i naturalnych w wyrobisku nachylonym w stosunku do dyssypacji energii użytecznej wentylatora w tej bocznicie, zależnej głównie od topologii systemu wentylacyjnego. Jeśli udział dyssypacji będzie znaczący to odwrócenia prądu powietrza będzie trudne. Do tego celu wykorzystywać należy wskaźniki stabilności i mocy prądu, które związane są z dyssypacją energii użytecznej wentylatora.

Wszystkie prądy powietrza winny się charakteryzować odpowiednią stabilnością. Wskaźnik stabilności prądu rejonowego określony jest zależnością:

$$N_f = h_a Q, \text{ W} \quad (11.6)$$

gdzie:

N_f - moc prądu rejonowego, W;

h_a - strata naporu w rejonie, równa różnicy potencjałów wlotu i wylotu rejonu, Pa;

Q - wydatek objętościowy przepływu powietrza w danym rejonie wentylacyjnym, m³/s.

W oparciu o wskaźnik mocy prądu przyjmuje się następującą klasyfikację stabilności prądów:

$N_f > 6000 \text{ W}$	– prąd bardzo mocny
$1200 \text{ W} < N_f < 6000 \text{ W}$	– prąd mocny
$240 \text{ W} < N_f < 1200 \text{ W}$	– prąd średni
$50 \text{ W} < N_f < 240 \text{ W}$	– prąd słaby
$N_f < 50 \text{ W}$	– prąd bardzo słaby

Moc prądu powietrza przewietrzającego wyrobiska rejonu ściany powinna być zaliczona do prądu bardzo mocnego.

Dla sieci wentylacyjnych, w których występują depresje cieplne H. Bystron zdefiniował wskaźnik stabilności prądu rejonowego odnosząc go do warunków standardowych (spiętrzenie standardowe

wentylatora zależne od głębokości eksploatacji i występujących zagrożeń naturalnych). Wskaźnik stabilności określa się zależnością:

$$H_a = \frac{\Delta p_c + h_{nl}}{\Delta p_o} \frac{q_{fv}}{2(\Delta p_c + h_{nl}) - q_{fv}} \quad (11.7)$$

gdzie :

Δp_c — energia użyteczna wentylatora e_{uv} (J/m^3), jako spiętrzenie całkowite wentylatora, Pa;

h_{nl} - suma naturalnej kumulacji energii na drodze przepływu powietrza w bocznicach części, J/m^3 ;

q_{fv} - dyssypacja energii w rozpatrywanej bocznicy, J/m^3 ;

Δp_o - standardowe spiętrzenie wentylatora wynoszące:

a). 2354 Pa - dla kopalń głębokich i silnie metanowych,

b). 785 Pa - dla kopalń płytkich i słabo metanowych.

Wzrost wartości wskaźnika można uzyskać przede wszystkim poprzez zwiększenie dyssypacji energii (straty naporu) w danym rejonie i liczby rejonów wentylacyjnych, co jest sprzeczne z wymogami ekonomiki i koncentracji robót eksploatacyjnych. Stabilność bardzo dobrą mamy wówczas, gdy wartość H_a ma wartość powyżej 0,25. W praktyce kryterium to obniża się do wartości:

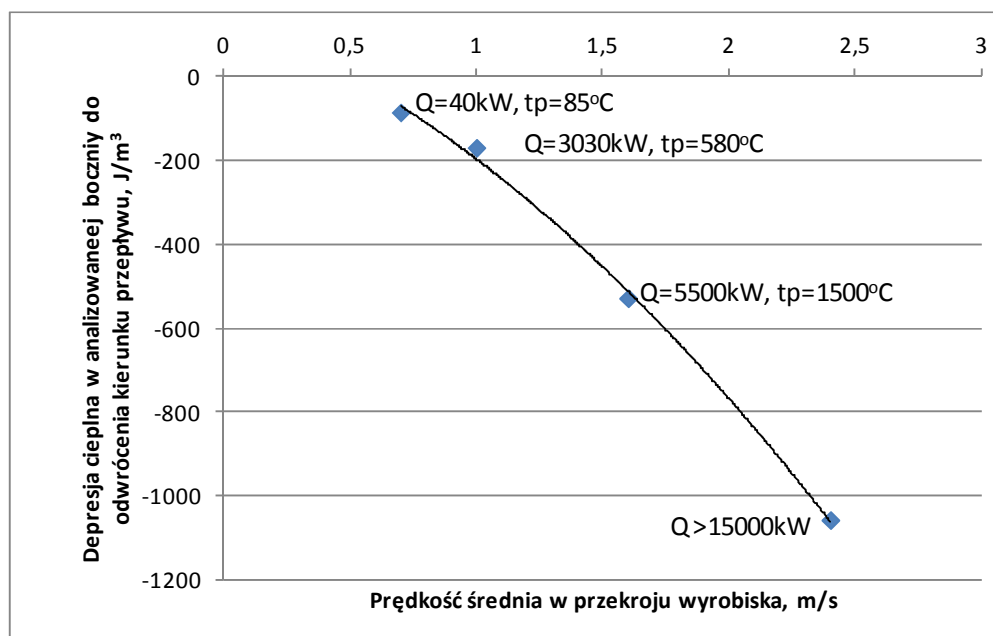
$$H_a \geq 0,1$$

Niezależnie od określenia stabilności prądu powietrza należy zbadać wielkość depresji cieplnej (pożaru), która mogłaby odwrócić analizowany prąd powietrza gdyby w nim wystąpiła.

O zaburzeniach kierunku przepływu powietrza decyduje wielkość generowanej depresji cieplnej przez pożar oraz lokalizacja bocznicy z prądem schodzącym powietrza w sieci wentylacyjnej. Bocznicę lokalizowaną w wyższych klasach charakteryzują się niższym udziałem spiętrzenia wentylatora głównego przewietrzania. **W takich bocznicach należy dążyć do uzyskiwania prądów powietrza o wskaźnikach odpowiadających co najmniej prądom mocnym oraz stabilnym.**

Przy projektowaniu sprowadzania powietrza na upad niezbędne jest przeanalizowanie wpływu mogącej powstać depresji pożaru na kierunki przepływu powietrza.

Przeprowadzono obliczenia dla wpływu depresji cieplnej generowanej przez pożar na stabilność prądu powietrza dla systemu wentylacyjnego z prądem schodzącym powietrza. Wyniki obliczeń wykazały, że stabilność przepływu powietrza w wyrobisku zależy od prędkości przepływu powietrza i oporu wyrobiska. Na rysunku 11.2 przedstawiono wielkości depresji cieplnej odwracającej prąd powietrza w bocznicy o nachyleniu $-9,3^\circ$, w której występuje pożar przy różnej prędkości przepływu powietrza. Przy danej depresji cieplnej podano moc pożaru oraz temperaturę w ognisku pożaru. Moc pożaru obliczana jest na podstawie ubytku tlenu przy założonym współczynniku wydajności energetycznej spalania.



Rys. 11.2 Zależność wielkości depresji cieplnej od prędkości przepływu powietrza

Jeśli przyjmiemy przekroje wyrobiska z uwagi na ich funkcjonalność techniczną to parametrem wpływającym na stabilność kierunku przepływu powietrza będzie prędkość przepływu. Z przeprowadzonych analiz w tym etapie można dojść do wniosku, że minimalną prędkość obecnie obowiązującą w przepisach należy zwiększyć do 1,5 m/s.

Reasumując należy stwierdzić, że sprowadzanie powietrza na upad powinno być potraktowane w sposób szczególny. Tym bardziej, że dodatkowym problemem w stanach krytycznych mogą być trudności z wycofaniem załogi. Istotnego znaczenia w tym aspekcie nabiera wyposażenie wyrobisk z powietrzem sprowadzanym na upad w systemy monitorowania i zabezpieczeń przed zagrożeniami aerologicznymi, w tym w sygnalizację alarmową.

Zabezpieczenia przez zagrożeniami aerologicznymi przy sprowadzaniu powietrza na upad **Zagrożenia związane ze sprowadzaniem powietrza na upad**

Przepływ powietrza, zależny jest od oporu wyrobiska: tym łatwiejszy jest jego przepływ, im mniejszy jest opór wyrobiska - bocznicy. Stabilizację pożądanego przepływu powietrza - tj. o odpowiednim kierunku i wydatku oraz odpowiedniej prędkości - realizuje się przy pomocy tam wentylacyjnych rozdzielających lub regulacyjnych. W przypadku sprowadzania powietrza na upad regulowanie rozplywu powietrza ma znaczenie szczególne. Lokalizacja tam - śluzy wentylacyjnej (najczęściej w bocznicy sąsiedniej, o tym samym początkowym węźle dolotowym co bocznicą z prądem powietrza sprowadzanego na upad) - i ich opór muszą zapewnić odpowiedni spadek potencjału aerodynamicznego w bocznicy z prądem powietrza sprowadzanego na upad. Spadek ten musi gwarantować utrzymanie pożądaných parametrów przewietrzania także w czasie otwarcia jednej z tam śluzy wentylacyjnej.

Samo sprowadzanie powietrza na upad w zasadzie nie stwarza bezpośredniego zagrożenia bezpieczeństwa ruchu. W zasadzie, gdyż w pewnych szczególnych uwarunkowaniach może występować pośredni wpływ takiego przewietrzania na stan wentylacji po powstaniu pożaru podziemnego. Natomiast z innych zagrożeń aerologicznych, zagrożenia wentylacyjno - gazowe, a przede wszystkim zagrożenie metanowe mogą wzrosnąć w przypadku niewłaściwie wykonanej rozcinki pokładu lub zmniejszenia intensywności przewietrzania.

Jak już podano powyżej wentylacja przy sprowadzaniu powietrza na upad może doprowadzić do zaistnienia niektórych zagrożeń aerologicznych, tj.:

- gazowych, gdy nie będą zachowane minimalne i maksymalne prędkości powietrza oraz dopuszczalne zawartości gazów w powietrzu kopalnianym, a także, gdy wydatki powietrza będą niewłaściwe, gdy wystąpią warunki uciążliwe lub niedopuszczalne,
- metanowego, gdy zawartość metanu przekroczy wartość ustaloną dla konkretnego miejsca i konkretnego rodzaju robót.

Niekorzystne stany przewietrzania mogą mieć miejsce wówczas, gdy nastąpi:

- awaria śluzy wentylacyjnej zlokalizowanej w sąsiedztwie prądu sprowadzanego na upad - powstanie tzw. „krótkiego spięcia wentylacyjnego”,
- nagłe zwiększenie oporu (np. obwał, zawał) w bocznicy prowadzącej powietrze na upad lub bocznicy następnej, odprowadzającej powietrze (poziomo lub po wzniosie) z tej bocznicy.

Natomiast stany, które bezpośrednio mogą wpływać na wentylację to:

- zaistnienie pożaru w wyrobiskach z prądem opływowym sprowadzającym powietrze na upad,
- wystąpienia tąpnięcia, zarówno w bocznicy prowadzącej powietrze na upad, jak i w bocznicy następnej, odprowadzającej powietrze odprowadzane.

Skutkiem takich stanów jest wzrost zagrożeń wentylacyjno - gazowych, które objawić się mogą:

- zmniejszeniem prędkości i wydatku powietrza,
- wzrostem zawartości gazów szkodliwych dla zdrowia (np. tlenku węgla, dwutlenku węgla), lub obniżeniem zawartości tlenu w powietrzu,
- zmniejszeniem wydatku powietrza do wartości niższej niż ustalona w dokumentacji (np. w projekcie technicznym eksploatacji ściany lub drażenia wyrobiska),
- zanikiem przepływu powietrza,
- przekroczeniem dopuszczalnych zawartości gazów (np. tlenku węgla, dwutlenku węgla), lub niedotrzymaniem minimalnej zawartości tlenu w powietrzu,
- zmianą (odwróceniem) kierunku przepływu powietrza.

Wzrost zagrożenia metanowego może się objawiać przede wszystkim zwiększającą się zawartością metanu w powietrzu, przy czym może to wystąpić w różnych miejscach. Natomiast w przypadku pożaru w prądzie schodzącym powietrza (zmniejszenie wydatku powietrza, zmiana kierunku powietrza), metan o dużej i niebezpiecznej zawartości przepływać może w miejsca, gdzie dotychczas nie występował lub występował o zawartości minimalnej (nieznaczącej). Na przykład w wyrobisku ścianowym przewietrzanym prądem powietrza sprowadzanego na upad, stan taki może spowodować przepływ metanu w zrobach w kierunku chodnika nadścianowego, czyli w rejon dotychczasowego wlotowego skrzyżowania ściany z chodnikiem. W takim przypadku, występujący tu czynnik zaskoczenia może dodatkowo skomplikować sytuację i zdecydowanie zwiększyć poziom zagrożenia metanowego.

Przewietrzanie wyrobisk ścianowych oraz rejonów wentylacyjnych zlokalizowanych poniżej poziomu udostępnienia winno cechować się odpowiednią stabilnością kierunków i wydatku przepływu powietrza, szczególnie w przypadku współwystępowania zagrożenia metanowego, pożarowego i temperaturowego. Dlatego też bardzo istotne jest na etapie projektowania rozcinki pokładu przeanalizować te zagrożenia i wykonać taką rozcinkę aby wpływ tych zagrożeń na stan wentylacji wyeliminować lub ograniczyć do minimum. Przez stabilność kierunków przepływu powietrza w bocznicy rozumie się zdolność do utrzymania istniejącego kierunku przepływu, przy wywołaniu stosunkowo małych zaburzeń w sieci wentylacyjnej w czasie. Dla praktycznego określenia stabilności można wykorzystać wskaźnik stabilności wg H. Bystronia. Moc prądu powietrza sprowadzanego na upad powinna charakteryzować się wskaźnikiem mocy prądu na poziomie co najmniej prądu mocnego.

Rozcinka i wentylacja pola eksploatacyjnego w warunkach zagrożenia metanowego

W pokładach silnie metanowych, skłonnych do samozapalenia należy dążyć do takiej rozcinki pola eksploatacyjnego, która gwarantuje:

- prowadzenie wybierania pokładu pojedynczą, wysokowydajną ścianą,
- dobre warunki do stosowania odmetanowania,
- wysoką stabilność kierunków i wydatków prądów powietrza,
- niską kolizyjność dróg transportu i dróg wentylacyjnych,
- możliwość utrzymywania rezerwy powietrza,
- małe ucieczki powietrza przez zroby,
- niezależne przewietrzanie przodków przygotowawczych,
- minimalizowanie skutków sprzecznego oddziaływania profilaktyki przy zwalczaniu zagrożeń skojarzonych, np. metanowego i pożarowego,
- możliwość ewakuacji zagrożonych górników.

Wzrost koncentracji produkcji w kopalniach węgla kamiennego powoduje, że w kopalniach maleje liczba ścian. Stąd też wybieranie pokładu w przygotowanym polu eksploatacyjnym odbywa się jedną wysokowydajną ścianą. W tych warunkach konieczne jest szybkie drażenie wyrobisk przygotowawczych dla kolejnej ściany prowadzonej od pola, nadążających za tempem postępu ściany.

W systemie wentylacyjnym oddziału eksploatacyjnego musi istnieć rezerwa ilości powietrza, bo uintensywnienie wentylacji jest obok zwiększenia efektywności odmetanowania podstawowym środkiem profilaktyki metanowej. Zatem w okresie projektowania oddziałów należy dążyć do maksymalizacji ilości powietrza w polach eksploatacyjnych, tworząc odpowiednie jego rezerwy.

Prowadzenie wybierania pokładu ścianami z zawałem stropu powoduje powstanie w obrębie pola eksploatacyjnego obszaru zrobów, których nie udaje się całkowicie odizolować od przyległych wyrobisk czynnych. W zrobach następuje przepływ powietrza jak i migracja metanu. Przy przewietrzaniu wyrobisk z upadem kierunku przepływu powietrza i migracji metanu w zrobach mogą być różne. Rozcinkę pola eksploatacyjnego należy planować z uwzględnieniem analizy przepływu powietrza przez zroby. Wybieranie pokładu w polu eksploatacyjnym ścianami podłużnymi z upadem oraz przewietrzanie wyrobisk również z upadem będzie korzystne dla zwalczania zagrożenia metanowego. Reasumując należy stwierdzić, że rozcinka pola eksploatacyjnego musi być zaprojektowana wariantowo dla różnych stanów wybierania pokładu, układów wentylacji rejonu ściany, rozmieszczenia urządzeń wentylacyjnych i urządzeń transportowych oraz dla różnych rozwiązań odmetanowania.

Rozwiązania umożliwiające szybkie zamknięcie tam przeciwwybuchowych

O zakresie monitorowania i zabezpieczenia rejonu przewietrzanego powietrzem sprowadzanym na upad decydować powinna kompleksowa analiza uwarunkowań występujących w takim rejonie i ocena ich wpływu na poziom zagrożeń w stanach awaryjnych i krytycznych. Powinna ona dać rów-

niez podstawy do określenia odpowiednich procedur postępowania służb dyspozytorskich, dozoru górniczego i kierownictwa kopalni w przypadkach stanów awaryjnych i krytycznych. Jak wykazano w powyższych rozdziałach, o stabilności prądu powietrza decyduje między innymi strumień objętości powietrza. Istotnym jest, więc wyposażenie wyrobisk z prądami powietrza w monitoring, co najmniej prędkości powietrza z sygnalizacją alarmową spadku prędkości w określonym interwale czasowym. Pozostałe zabezpieczenia powinny być wykorzystywane zależnie od stopnia prognozowanych zagrożeń naturalnych rejonów przewietrzanych prądami powietrza sprowadzanego na upad.

Przedstawiona analiza lokalizacji, zabudowy i konstrukcji tam rejonowych jak i wewnątrz rejonowych tam bezpieczeństwa (etap 9 niniejszego zadania badawczego) wskazuje, że w rejonach wentylacyjnych obejmujących pokłady zaliczonej do II kategorii zagrożenia metanowego (wg nowej klasyfikacji przedstawionej w zadaniu badawczym 1) i przy zagrożeniu pożarami endogenicznymi niezbędne jest stosowanie tam wewnątrz rejonowych umożliwiających szybkie zamknięcie rejonu wentylacyjnego po powstaniu pożaru. Tamy o takiej konstrukcji powinny stanowić zabezpieczenia rejonów wentylacyjnych utrzymywanych poniżej poziomu udostępnienia.

Rozwiązania w zakresie szybkiej izolacji rejonów górniczych mogą być różne. Można przygotować do zamknięcia zarówno przeciwwybuchowe korki podsadzkowe, korki wodne oraz inne tamy o charakterze przeciwwybuchowym. Rozwiązanie w kopalni może być oparte na podwójnych tamach bezpieczeństwa wyposażonych we włazy przeciwwybuchowe. O sposobie zamknięcia zagrożonego rejonu decyduje kierownik akcji, kierując się obowiązującymi przepisami, bezpieczeństwem pracowników, doświadczeniem, warunkami górniczo-geologicznymi oraz dobrem zakładu. Do pomocy w podejmowaniu decyzji kierownik akcji posiada zespół fachowców tworzących sztab akcji. Dokonując wyboru miejsca na budowę tamy należy uwzględniać następujące uwarunkowania:

- rodzaj i stan techniczny obudowy wyrobiska,
- warunki górniczo-geologiczne (rodzaj skał, ewentualne spękania i rozszczelnienia górotworu),
- rodzaj uzbrojenia technicznego wyrobiska, jak np.: trasy taśmociągów, kable energetyczne, rurociągi: wodne, rurociągi sprężonego powietrza i rurociągi podsadzkowe, urządzenia wentylacyjne itp., które mogą ułatwiać lub utrudniać budowę tamy,
- usytuowanie tamy w takiej odległości od najbliższego skrzyżowania wyrobisk, aby możliwe było zabudowanie komory wyrównawczej (kompensacyjnej) dla uzyskania wymaganego wyrównania potencjału wokół tamy,
- transport materiałów i osprzętu niezbędnych do budowy tam,
- możliwość zabudowy w tamie (oprócz wyposażenia standardowego) rurociągu do podawania za tamę podsadzki, wody lub gazów inertnych,
- dążenie do zlokalizowania tamy możliwie jak najbliżej ogniska pożaru.

Doświadczenia z licznych akcji pożarowych, w trakcie, których rozpoczęto izolację zagrożonego rejonu wykazują, że w początkowym okresie prowadzenia akcji występuje duża nerwowość, która nie zawsze sprzyja racjonalnym decyzjom. Wcześniejsze przygotowanie tam do zamknięcia eliminuje możliwość podjęcia nietrafnych decyzji w tym zakresie.

Skrócenie czasu wykonania tamy przeciwwybuchowej oraz jej wzmocnienie przez zastęp ratowników w trakcie trwania akcji pożarowej (zwłaszcza gdy dotyczy to tamy w wylotowym prądzie powietrza) wyraźnie zwiększa bezpieczeństwo ich pracy. Skrócenie czasu tamowania rejonu objętego pożarem to również bardzo istotny aspekt ekonomiczny.

Zasady zabezpieczeń prądów schodzących powietrza

W ruchu zakładu górniczego zdarzają się sytuacje awaryjne wpływające na zaburzenia sieci wentylacyjnej. Aktualny poziom automatycznej aerometrii górniczej umożliwia monitorowanie takich zagrożeń aerologicznych, jak: wentylacyjno-gazowe, metanowe, pożarem endogenicznym i działaniem pyłów szkodliwych dla zdrowia. Realizowane jest to za pomocą systemów monitorowania, w których czujniki o pomiarze cyklicznym wypierane są czujnikami o pomiarze ciągłym i przyrządami wieloczujnikowymi, spośród których szczególnego znaczenia nabierają przyrządy łączące funkcje pomiarowe z funkcjami obliczeniowymi. Uzupełnieniem systemów są czujniki niepomiarowe o działaniu ciągłym, którymi są czujniki sygnalizacji dymów ACD i ADD oraz dwustanowy czujnik naporu powietrza DCN.

W zasadzie stopień rozbudowy i złożoności systemu monitorowania dostosowywany jest do występujących zagrożeń i możliwości finansowych kopalni. Obejmować on może jeszcze monitorowanie

zagrożenia tąpnięciami (jeśli na kopalni ono występuje), tj. systemy rejestracji wstrząsów i kontroli tąpnięć, a także systemy alarmowo-rozgłoszeniowe i lokalizacji załogi.

Możliwości monitorowania i zabezpieczania rejonu przewietrzanego prądem powietrza sprowadzanego na upad mogą zapewnić (na dzień dzisiejszy):

- kontrolę stanu zamknięcia tam w służbie wentylacyjnej, pomiaru naporu ciśnienia na tych tamach i pomiaru potencjału aerodynamicznego w istotnych węzłach,
- pomiary prędkości przepływu powietrza oraz jego temperatury i wilgotności,
- pomiary zawartości w powietrzu kopalnianym wszystkich podstawowych gazów (O_2 , CO_2 , CO , CH_4),
- kontrolę zawartości metanu i wyłączenie spod napięcia urządzeń elektrycznych w przypadku przekroczenia wartości progowych,
- kontrolę zagrożeń sejsmicznych,
- lokalizację załogi w wyrobiskach dołowych,
- alarmowanie o zagrożeniu i zdalne rozgłoszenie informacji o sposobie wycofania załogi.

O zakresie monitorowania i zabezpieczenia rejonu przewietrzanego powietrzem sprowadzanym na upad decydować powinna kompleksowa analiza uwarunkowań występujących w takim rejonie i ocena ich wpływu na poziom zagrożeń w stanach awaryjnych i krytycznych. Powinna ona dać również podstawy do określenia odpowiednich procedur postępowania służb dyspozytorskich, dozoru górniczego i kierownictwa kopalni w przypadkach stanów awaryjnych i krytycznych. Jak wykazano w powyższych rozdziałach, o stabilności prądu powietrza decyduje między innymi strumień objętości powietrza. Istotnym jest, więc wyposażenie wyrobisk z prądami powietrza w monitoring, co najmniej prędkości powietrza z sygnalizacją alarmową spadku prędkości w określonym interwale czasowym. Pozostałe zabezpieczenia powinny być wykorzystywane zależnie od stopnia prognozowanych zagrożeń naturalnych rejonów przewietrzanych prądami powietrza sprowadzanego na upad.

Prowadzenie eksploatacji poniżej poziomu udostępnienia wymaga aby na etapie projektowania zapewnić stabilność prądów rejonowych powietrza na poziomie prądów co najmniej mocnych, wyposażać rejon w tamy wewnątrz rejonowe umożliwiające szybkie zamknięcie rejonu wentylacyjnego po powstaniu pożaru oraz dobrać właściwy system monitoringu. W tym celu należy dobrać odpowiednią konstrukcję tam (np. przedstawioną w etapie 9 niniejszego zadania badawczego).

Przedstawione powyżej zagadnienia dają podstawy do tego, by sprowadzanie powietrza na upad uczynić maksymalnie bezpiecznym elementem procesu przewietrzania, a zagrożenie załogi i ruchu zakładu zminimalizować.

Wytyczne zabezpieczeń prądów schodzących przewietrzających rejonu wentylacyjne

Poprzez prąd schodzący powietrza, który przewietrza rejon wentylacyjny (definicja rejonu wentylacyjnego została podana w etapie 9 zadania 2) rozumie się prąd powietrza sprowadzany wyrobiskiem o średnim upadzie wyrobiska nie przekraczającym 5° , lub średnim upadzie od 5° do 10° , przy zachowaniu średniej w przekroju poprzecznym prędkości przepływu powietrza większej niż 1,5 m/s.

Rejony wentylacyjne w II kategorii zagrożenia metanowego (wg nowej kategoryzacji przedstawionej w zadaniu 1) lub II kategorii zagrożenia pożarami endogenicznymi (wg nowej kategoryzacji przedstawionej w zadaniu 1), a które przewietrzane są prądami schodzącymi powietrza powinny być dodatkowo zabezpieczone w następujący sposób.

1. Na etapie projektowania rozcinki pokładu należy przeprowadzić szczegółową analizę stanu zagrożeń metanowego i pożarowego wraz z oceną ich wpływu na poziom zagrożeń w stanach awaryjnych i krytycznych oraz określeniem minimalnego zakresu monitorowania i stosowania niezbędnych zabezpieczeń w rejonie wentylacyjnym. W projekcie technicznym ściany eksploatacyjnej powinny być ściśle określone procedury postępowania służb dyspozytorskich, dozoru górniczego i kierownictwa kopalni w przypadkach stanów awaryjnych i krytycznych.
2. Wyrobiska z prądem schodzącym powietrza powinny być wyposażone w ciągły pomiar prędkości średniej powietrza w przekroju poprzecznym wyrobisk oraz czujniki CO-metrii automatycznej i metanometrii automatycznej zlokalizowane na wlocie i wylocie z wyrobiska.

3. Prądy powietrza sprowadzanego na upad, a stanowiące prądy powietrza doprowadzanego do rejonów wentylacyjnych powinny charakteryzować się wskaźnikiem prądu mocnego powietrza.
4. W rejonach wentylacyjnych przewietrzanych prądami schodzącymi powietrza wszystkie tamy rozdzielające powietrze doprowadzane i odprowadzane powinny być wyposażone w śluzy wentylacyjne. Śluzy powinny być tak skonstruowane aby nie było możliwości jednoczesnego otwarcia obu tam śluzy. Stan zamknięcia śluzy powinien być monitorowany w systemie wspomagającym pracę dyspozytora metanometrii (np. poprzez czujniki różnicy ciśnień).
5. Śluzy wentylacyjne na drogach przewozowych w rejonie wentylacyjnym z prądami schodzącymi powietrza powinny być automatycznie lub mechanicznie otwierane i zamykane oraz wyposażone w blokady uniemożliwiające równoczesne otwarcie obu tam w śluzie. Stan zamknięcia tych śluz powinien być również monitorowany.
6. Rejon eksploatacyjny powinien być wyposażony w tamy wewnątrz rejonowe umożliwiające szybkie ich zamknięcie po powstaniu pożaru. Materiał do budowy i jego lokalizacja powinny umożliwiać ich szybkie zamknięcie (*etap 9 zadania badawczego 2*).
7. Pozostałe zabezpieczenia powinny być wykorzystywane zależnie od stopnia prognozowanych zagrożeń naturalnych rejonów przewietrzanych prądami schodzącymi powietrza.

Etap nr 13

pt. Opracowanie zasad lokalizacji punktów wymiany zużytych aparatów indywidualnej ochrony dróg oddechowych dla załogi oraz wybór odpowiednich typów tych aparatów

Wstęp

Zgodnie z przepisami **Rozporządzenia 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) każda osoba przebywająca w wyrobiskach powinna:

- mieć przydzielony sprzęt oczyszczający ucieczkowy (pochłaniacz ochronny górniczy) albo sprzęt izolujący układ oddechowy (aparat regeneracyjny ucieczkowy lub powietrzny butlowy),
- być przeszkolona w zakresie posługiwania się tym sprzętem,
- potwierdzić odbycie przeszkolenia własnoręcznym podpisem.

Osoba, której przydzielono sprzęt, powinna:

- posiadać go przy sobie, od chwili zjazdu do wyrobisk do chwili wyjazdu na powierzchnię,
- posługiwać się nim zgodnie z instrukcją użytkowania oraz chronić przed uszkodzeniem,
- odbywać okresowe szkolenia teoretyczne i praktyczne w zakresie posługiwania się takim sprzętem.

Osoby przebywające w wyrobiskach korytarzowych drążonych w węglu, przewietrzanych wentylacją odrębną na długości powyżej 300 m, powinny posiadać przy sobie aparaty regeneracyjne ucieczkowe.

Kontrolę przestrzegania wymagań wykonują osoby dozoru ruchu zakładu górniczego. Przed wejściem do wyrobiska lub rejonu zakładu górniczego, w którym obowiązuje posiadanie aparatu regeneracyjnego lub powietrznego butlowego, umieszcza się w widocznym miejscu tablice o następującej treści: „Osobom nieposiadającym aparatu regeneracyjnego ucieczkowego lub powietrznego butlowego wstęp wzbroniony”.

Ucieczkowy sprzęt ochrony układu oddechowego przeznaczony jest wyłącznie do samoratownictwa się ludzi i stanowi indywidualne zabezpieczenie układu oddechowego użytkownika w razie wystąpienia atmosfery nie nadającej się do oddychania. Niedozwolone jest używanie ucieczkowego sprzętu ochrony układu oddechowego do wykonywania prac podczas akcji ratowniczych.

Dla indywidualnego zabezpieczenia układu oddechowego można stosować tylko taki ucieczkowy sprzęt ochrony układu oddechowego, który został dopuszczony do stosowania w zakładach górniczych.

Kierownik ruchu zakładu górniczego zapewnia pomieszczenia do przechowywania, wydawania, konserwacji oraz kontroli sprzętu ochrony układu oddechowego. Ucieczkowy sprzęt ochrony układu oddechowego przechowuje się na powierzchni zakładu górniczego w specjalnie do tego celu przeznaczonych pomieszczeniach, zwanych „punktami wydawczymi”, zlokalizowanych na drodze dojścia do szybu zjazdowego.

Za gospodarkę ucieczkowym sprzętem ochrony układu oddechowego oraz obsługę, konserwację i kontrolę tego sprzętu odpowiedzialny jest kierownik działu wentylacji.

Kierownik punktu wydawczego ucieczkowego sprzętu ochrony układu oddechowego, wyznaczony przez kierownika ruchu zakładu górniczego, jest odpowiedzialny za:

- prawidłowe funkcjonowanie punktu wydawczego, stan techniczny ucieczkowego sprzętu ochrony układu oddechowego i właściwe szkolenie pracowników w użytkowaniu tego sprzętu,
- właściwą obsługę, konserwację i kontrolę ucieczkowego sprzętu ochrony układu oddechowego przez pracowników przeszkolonych w tym zakresie.

W przypadku, gdy liczba aparatów regeneracyjnych ucieczkowych lub powietrznych butlowych w punkcie wydawczym zakładu górniczego nie przekracza 200 sztuk, nadzór, obsługę, naprawę, konserwację i kontrolę tych aparatów może prowadzić kopalniana stacja ratownictwa górniczego.

Sprzęt ochronny dróg oddechowych stosowany w ratownictwie górniczym

Ratownictwo górnicze obejmuje również samoratownie. Wszyscy pracownicy zatrudnieni na dole kopalni powinni być przeszkoleni w zakresie umiejętności posługiwania się sprzętem przeznaczonym do ochrony dróg oddechowych, zwłaszcza podczas ewakuacji w gazach pożarowych.

Generalnie sprzęt ten podzielony został na sprzęt oczyszczający (filtrujący) otaczającą atmosferę oraz sprzęt izolujący, którego działanie niezależne jest od składu otaczającej atmosfery. Następnie sprzęt izolujący podzielony został na sprzęt izolujący stacjonarny, stosowany głównie na powierzchni i sprzęt izolujący autonomiczny, stosowany głównie w górnictwie podziemnym.

Sprzęt ochronny oczyszczający (filtrujący)

Cechą charakterystyczną tego sprzętu jest to, że jego użytkownik korzysta z otaczającego powietrza, w którym musi być odpowiednie stężenie tlenu i nie może być nadmiernych stężeń gazów, pyłów i aerozoli szkodliwych dla zdrowia.

W górnictwie podziemnym stosuje się powszechnie sprzęt należący do tej grupy. Są to pochłaniacze ochronne górnicze typu POG, produkcji Fabryki Sprzętu Ratunkowego i Lamp Górniczych „FASER” S.A. w Tarnowskich Górach. Aktualnie stosowane są następujące typy tych pochłaniaczy: POG – 8, POG – 8M i POG – 10.

Pochłaniacze są sprzętem przeznaczonym do indywidualnej ochrony dróg oddechowych, jednorazowego użytku. Jeżeli pochłaniacz jest szczelny i sprawny technicznie może być używany przez trzy lata. Sprawność i szczelność pochłaniaczy sprawdzają, zgodnie z instrukcją fabryczną, mechanicy sprzętu ratowniczego, a nad całością czuwa Kierownik Kopalnianej Stacji Ratownictwa Górniczego.

Pochłaniaczy, w które wyposażona jest cała załoga kopalni zatrudniona pod ziemią (jeśli nie posiada aparatów ucieczkowych) używa się podczas wycofywania się z miejsc, w których atmosfera nie nadaje się do oddychania, np. w czasie pożaru. Pochłaniacze typu POG chronią skutecznie użytkownika przed szkodliwym działaniem zanieczyszczeń atmosferycznych, jeżeli w atmosferze zawartość:

- tlenu jest nie mniejsza niż 17 %,
- tlenku węgla jest nie większa niż 1 %, albo 1,5 % w przypadku POG – 8M,
- ditlenku węgla jest nie większa niż 2 %,
- aerozoli dymów palących się taśm jest nie więcej niż 2 g/m³ powietrza,
- innych gazów toksycznych (siarkowodoru, dwutlenku siarki, chlorowodoru, tlenków azotu itp.) nie przekracza 0,05 %,
- ciężar pochłaniacza wynosi 1,1 kg.

Czas ochronnego działania wynosi minimum 60 minut.

Powietrze zasysane do pochłaniacza w czasie oddychania osusza się w warstwie osuszacza, a następnie w warstwie hopkalitu jest pozbawiane tlenku węgla, na skutek reakcji chemicznej, w wyniku której powstaje ditlenek węgla. Jego ilość jest jednak nieszkodliwa dla organizmu człowieka. Oczyszczane z zanieczyszczeń stałych i gazowych powietrze dostaje się do płuc użytkownika. Powietrze wydychane wydostaje się na zewnątrz poprzez ustnik i zawór wydechowy. Reakcja tlenku węgla z hopkalitem jest reakcją egzotermiczną. Grzanie się pochłaniacza w czasie jego używania świadczy o prawidłowej pracy sprzętu.

Tlenowe aparaty ucieczkowe i ewakuacyjne

W celu ochrony dróg oddechowych osób znajdujących się w atmosferze zawierającej gazy szkodliwe dla zdrowia, załogi kopalń wyposażane są coraz częściej w aparaty ucieczkowe, które zastępują pochłaniacze ochronne.

Tlenowe aparaty ucieczkowe służą pracownikom kopalni, zatrudnionym pod ziemią do wycofania się z miejsca zagrożenia gazowego (pożarowego, metanowego, ditlenkiem węgla, itp.). Są to aparaty izolujące drogi oddechowe użytkownika tego aparatu od skażonego otoczenia. Cechą charakterystyczną tych aparatów jest to, że posiadają one tylko ustnik, łączący układ oddechowy użytkownika z aparatem i zacisk na nos, po to, aby nie przedostały się do układu oddechowego szkodliwe gazy. Aparaty te używane są przez górników samodzielnie.

Z kolei osoby zagrożone, które nie mogą już samodzielnie decydować o użyciu aparatu ucieczkowego (są nieprzytomne) i są ratowane przez ratowników, korzystają z aparatów tlenowych ewaku-

acyjnych. Aparaty te nakładane są im przez ratowników. Są one tylko na wyposażeniu zastępów ratowniczych.

Różnica pomiędzy tlenowymi aparatami ucieczkowymi, a tlenowymi aparatami ewakuacyjnymi polega na tym, że aparaty ewakuacyjne wyposażone są w maskę twarzową z nagłowiem, podczas gdy aparaty ucieczkowe mają tylko ustnik i zacisk na nos. Różnica ta uzasadniona jest tym, że osoba nieprzytomna (ewakuowana) musi mieć zapewniony dopływ tlenu, co w takich warunkach może zapewnić tylko maska twarzowa z nagłowiem.

Zarówno aparaty tlenowe ucieczkowe, jak i aparaty ewakuacyjne nie mogą być używane do jakichkolwiek prac ratowniczych ani też do ich nadzoru. Dane techniczne aparatów ucieczkowych i ewakuacyjnych zestawiono w tabeli 13.1.

Tabela 13.1. Dane techniczne aparatów ucieczkowych i ewakuacyjnych typu AU – 9

Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka miary	Typ aparatu			
			AU – 9D	AU – 9E	AU – 9L	AU – 9E / 1
	1	2	3	4	5	6
1.	Czas ochronnego działania	min	60	60	60	60
2.	Masa aparatu	kg	4,8	4,8	5	5
3.	Pojemność butli tlenowej	dm ³	0,45 ÷ 10 %	0,45 ÷ 10 %	0,45 ÷ 10 %	0,45 ÷ 10 %
4.	Ciśnienie napełniania butli	MPa	20	22	20	22
5.	Zapas tlenu w butli	dm ³	90	99	90	99
6.	Ciśnienie zredukowane tlenu	MPa	0,4 ± 10 %	0,4 ± 10 %	0,4 ± 10 %	0,4 ± 10 %
7.	Stałe dawkowanie tlenu	dm ³ /min	1,3	1,5	1,3	1,5
8.	Dawkowanie po pełnym zadziałaniu automatu płucnego	dm ³ /min	min. 50	min. 50	min. 50	min. 50
9.	Masa ostarytu w pochłaniaczu	kg	0,65	0,65	0,65	0,65
10.	Podciśnienie uruchomienia automatu płucnego	Pa	od - 150 do - 250	od - 150 do - 250	od - 150 do - 250	od - 150 do - 250
11.	Nadciśnienie zadziałania zaworu upustowego	Pa	400 ÷ 600	400 ÷ 600	400 ÷ 600	400 ÷ 600
12.	Ciśnienie upuszczania zaworu bezpieczeństwa	MPa	-	-	1 ± 0,1	1 ± 0,1

Wymienione w tabeli 1 tlenowe aparaty ucieczkowe oznaczone są symbolem AU – 9D i AU – 9L. Natomiast tlenowe aparaty ewakuacyjne oznaczone są symbolami AU – 9E oraz AU – 9E/1. Aktualnie w użytku są przeważnie aparaty AU – 9L i AU – 9E/1. Aparaty AU – 9D i AU – 9E są wcześniejszymi wersjami aparatów obecnie stosowanych.

Aparat regeneracyjny ucieczkowy typu SR – 100 A (Rat / 4 – 60 SR – 100 A) z tlenem chemicznie związanym (układ oddechowy zamknięty).

Aparat ten, skonstruowany w Fabryce Sprzętu Ratunkowego i Lamp Górniczych „FASER” S.A. jest w kształcie prostokątnej dwuczęściowej puszkii metalowej (rys. 13.1). Obie części puszkii spięte są taśmą, zaś aparat wyposażony jest w pas nośny.



Rys. 13.1. Aparat regeneracyjny ucieczkowy typu SR-100A (RAT/4-60SR-100A) z tlenem chemicznie związanym (układ oddechowy zamknięty)

W celu użycia aparatu należy:

- zawiesić aparat na szyi w pozycji takiej, aby aparat spoczywał na piersi użytkownika, a etykieta zwrócona była na zewnątrz,
- otworzyć aparat przez pociągnięcie taśmy spinającej do góry, aż do zerwania taśmy,
- otworzyć zawór butli poprzez pociągnięcie pionowo w dół dolnej części puszk (pokrywą dolną); uwolnioną część odrzucić,
- odrzucić także górną część puszk (pokrywą górną) aparatu,
- włożyć ustnik do ust, po uprzednim wyjęciu z niego korka, założyć ściskacz na nos,
- wyregulować długość pasa nośnego,
- zapiąć taśmę obejmującą biodra,
- założyć okulary.

W przypadku, gdy po otwarciu butli tlen nie wypełni worka oddechowego, wówczas należy wykonać kilka wydechów do aparatu, w celu wypełnienia worka oddechowego i uruchomienia aparatu. Zaleca się, aby przez pierwsze pięć minut używania aparatu poruszać się powoli, potem można już wycofywać się ze strefy zagrożonej w normalnym tempie.

Aparat regeneracyjny ucieczkowy typu OXY K 50S (OXY K 50) z tlenem chemicznie związanym (układ oddechowy zamknięty).

Aparat ten wyprodukowany został w fabryce Dräger, w Niemczech. Widok ogólny aparatu pokazano na rys. 13.2.



Rys. 13.2. Aparat regeneracyjny ucieczkowy OXY K 50S (OXY K 50) z tlenem chemicznie związanym (układ oddechowy zamknięty)

Dane techniczne tego aparatu są następujące:

- | | |
|---|---|
| - czas ochronnego działania | 50 min., |
| - wymiary (bez pasków nośnych) | 200x257x105 mm |
| - masa | ok. 3 kg (2,4 kg otwarty do użycia) |
| - zawartość CO ₂ na wdechu | < 1 %, |
| - temperatura powietrza na wdechu | max. 55 °C, |
| - pojemność worka oddechowego | 6 dm ³ , |
| - trwałość użytkowania | 5 lat, |
| - przydatność do użytkowania | 10 lat, |
| - kontrola i ocena sprawności aparatu podczas jego użytkowania w zakładzie górniczym. | na podstawie oględzin zewnętrznych i koloru wskaźnika szczelności (codziennie) – ważenie przed wprowadzeniem do użytkowania oraz okresowo wg. instrukcji. |

Aparat regeneracyjny ucieczkowy typu SR – 60 z tlenem chemicznie związanym (układ oddechowy zamknięty).

Aparat ten wyprodukowany został w FSR i LG „FASER” S.A. w Tarnowskich Górach. Widok ogólny aparatu przedstawia rys. 13.3.



Rys. 13.3. Widok ogólny aparatu regeneracyjnego ucieczkowego typu SR – 60

Podstawowe dane techniczne aparatu są następujące:

- | | |
|---|----------------------|
| - czas ochronnego działania | 60 min., |
| - wymiary (bez pasków nośnych) | 250x85x305 mm, |
| - masa | ok. 4,0 kg, |
| - czas ochronnego działania przy oczekiwaniu na pomoc | do 3 godz., |
| - przydatność do użytkowania | 10 lat |
| - przydatność po wprowadzeniu do eksploatacji | 5 lat |
| - kontrola aparatu | codzienna (zmianowa) |

Aparat regeneracyjny ucieczkowy typu SZSS – 1 PV z tlenem chemicznie związanym (układ oddechowy zamknięty).

Aparat ten, produkcji ukraińskiej, przedstawiono na rys. 13.4., a jego dane techniczne przedstawiają się następująco:

- | | |
|--|---------------|
| - czas ochronnego działania podczas ucieczki | min. 50 min., |
|--|---------------|

- czas ochronnego działania w czasie spoczynku (wyczekiwanie na pomoc)
- wymiary (bez pasków nośnych)
- masa

min. 150 min.,
średnica 150 mm,
wysokość 262 mm,
ok. 3 kg.

Każdorazowo przy pobieraniu aparatu należy skontrolować stan aparatu poprzez oględziny zewnętrzne. Okresowo należy dokonywać kontroli:

- min. 1 x 3 miesiące sprawdzenie szczelności aparatu
- min. 1 x 6 miesięcy sprawdzenie wagi aparatu.

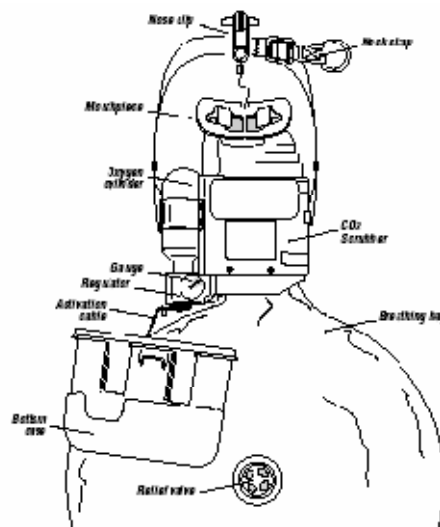
Ogólny okres przydatności aparatu do użytkowania wynosi 7 lat od daty produkcji. Maksymalny okres eksploatacji aparatu w normalnym użytku wynosi 5 lat.



Rys. 13.4. Aparat regeneracyjny uciezkowy typu SZSS – 1PV

EEBD M-20.2 - aparat uciezkowy

EEBD M-20.2 ma 8 cm, grubości objętość 0,03m³ i waży 1,5 kg, co czyni go najmniejszym na świecie górniczym aparatem uciezkowym (rys. 13.5). Zaprojektowany w sposób ergonomiczny i kompaktowy izoluje płuca użytkownika od otaczającej atmosfery oraz umożliwia oddychanie do 32 minut w stanie spoczynku. W czasie ewakuacji czas ochronnego działania wynosi 15 – 20 minut.



Rys. 13.5. Sposób noszenia aparatu uciezkowego EEBD M-20.2 -

Także ważną cechą M-20 jest prostota w użyciu. Aby aktywować aparat zdejmujemy osłonę ochronną i wyjmujemy z pudełka, zakładamy klips na nos oraz wkładamy ustniki i zaczynamy oddychać. Czas działania i składowania tego aparatu wynosi 15 lat. Jest perfekcyjnym wyborem do używania na statkach morskich i okrętach wojennych.

Punkty wymiany zużytych aparatów indywidualnej ochrony dróg oddechowych

Projektując drogi ucieczkowe z zagrożonego rejonu wyznacza się czas ucieczki załogi do bezpiecznego miejsca. Jeżeli czas ucieczki przekracza czas ochronnego działania aparatu ucieczkowego należy zaprojektować na drodze ucieczki stację wymiany aparatów ucieczkowych. Obecnie w polskim górnictwie wykorzystywane są specjalne komory wymiany aparatów ucieczkowych, zapewniające bezpieczną dla górników zmianę aparatów.

W przypadku przekroczenia czasu działania aparatów indywidualnej ochrony dróg oddechowych zachodzi konieczność lokalizacji punktów wymiany aparatów. Przykładem takiego punktu może być zestaw komór do składowania i wymiany aparatów regeneracyjno-ucieczkowych izolujących układ oddechowy. Pełni on funkcję pomieszczenia izolującego załogę w trakcie wymiany aparatów ucieczkowych od atmosfery zewnętrznej. W tablicy podano parametry techniczne takiej komory.

Tablica 13.2. Parametry techniczne pojedynczej komory

Parametr	Wartość
Długość	~1250 mm
Szerokość	~1330 mm
Wysokość	~2085 mm
Ilość aparatów ucieczkowych	do 30 szt.
Ciśnienie zasilania sprężonego powietrza	do 0,6 MPa
Ciężar komory	do 225 kg
Nośność półki	do 30 kg

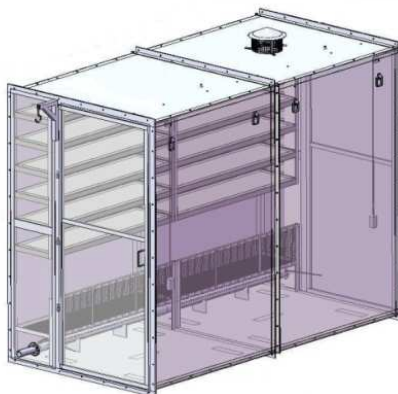
Zestaw komór jest zamkniętym pomieszczeniem składającym się z:

- drzwi wejściowych
- komory przejściowej
- drzwi wyjściowych

Każda komora wykonana jest z blach oraz kątowników stalowych stanowiących oddzielne ścianki, połączone ze sobą za pomocą śrub. Podłoga komory wykonana jest z karbowanej blachy stalowej. Po zmontowaniu i dostawieniu kolejnej komory, komora wejściowa pełni rolę komory wyjściowej i odwrotnie w zależności od ustawienia przy ociosie i kierunku drogi ucieczkowej.

Na tym polega uniwersalność możliwości zabudowy zestawu komór.

Zestaw komór może być wyposażony w lampy bezprzewodowe z uchwytem, które stanowią oświetlenie zewnętrzne lub wewnętrzne. Na rysunku 13.6 podano widok takiej komory.



Rys.13.6. Zestaw dwu-komorowy (do 60 szt. aparatów regeneracyjno-ucieczkowych)

Dwu etapowy system stosowania aparatu

Każdy górnik zobowiązany jest, w myśl przepisów górniczych, do noszenia takiego aparatu. Wiadomo jednak, że ze względu na czas ochronnego działania (powyżej 50 minut) aparaty te nie są lekkie

i czasami przeszkadzają w wykonywaniu pracy. W KWK „Halemba-Wirek” został doświadczalnie wdrożony dwustopniowy system uciezkowy, oparty na tym, iż górnik wyposażony jest w aparat o krótkim czasie ochronnego działania, a w rejonie rozlokowane są stacje (komory) wymiany aparatów na inne (o dłuższym czasie ochronnego działania).

Przed wdrożeniem tego systemu dokonano analizy dróg dojścia i wyjścia załogi ze ściany w pokładzie 416/F obejmującym rejon ściany I, rejon szybów Grunwald III i IV, a także rejon szybów Północny I i II. Badania objęły określenie czasu przejścia załogi w aparatach uciezkowych większością wyrobisk we wspomnianych wyżej rejonach. W rozmieszczeniu stacji wymiany aparatów uciezkowych uwzględniono następujące elementy:

- stan załogi zatrudnionej w rejonie ściany 1 na każdej ze zmian wydobywczych i konserwacyjnej (liczba osób przebywających w danych stanowiskach pracy),
- drogi dojścia załogi do ściany,
- drogi wyjścia załogi ze ściany,
- czas przejścia,
- miejsca możliwego wystąpienia zagrożenia i inne.

Opierając się na analizie dróg dojścia i wyjścia załogi ze ściany, wyznaczonych i pomierzonych średnich czasach przejścia wyrobisk znajdujących się w tych drogach oraz czasie ochronnego działania indywidualnych aparatów uciezkowych ustalono 9 stacji wymiany aparatów.

Liczbę aparatów uciezkowych w poszczególnych stacjach wymiany ustalono w oparciu o instrukcję wymiany aparatów uciezkowych, uwzględniając w szczególności liczbę załogi, która wymieniałaby w stacji aparaty, jak również stan techniczny aparatów (możliwość niesprawnego aparatu).

Cała załoga zatrudniona w ścianie 1 wyposażona była w aparaty o czasie ochronnego działania wynoszącym 15 minut. W stacjach natomiast znajdują się aparaty o minimalnym czasie ochronnego działania wynoszącym 50 minut.

Opracowana koncepcja przed jej wdrożeniem uzyskała pozytywną opinię zarówno ze strony CSRG, jak i Urzędu Górniczego, dzięki temu możliwe było wdrożenie jej w przedmiotowej ścianie.

Po kilku miesiącach od wdrożenia możliwe jest już stwierdzenie, że koncepcja dwuetapowego systemu uciezkowego zyskała akceptację i uznanie także ze strony zatrudnionej w rejonie ściany 1 załogi (brak konieczności noszenia przy sobie ciężkich i często przeszkadzających w pracy aparatów uciezkowych). Dodatkowo dozór i służby BHP zyskały pewność, że każdy pracownik zatrudniony w rejonie ściany 1 zawsze ma przy sobie aparat uciezkowy gotowy do użycia.

Pewnym elementem przemawiającym na niekorzyść wdrożonej koncepcji jest konieczność wymiany małego aparatu na większy, do której może dojść w atmosferze niezdatnej do oddychania. Oczywiście taka wymiana jest możliwa i przewidziana w instrukcji wymiany, dodatkowo cała załoga zatrudniona w ścianie 1 została na taką ewentualność przeszkolona, jednak w sytuacji stresowej (jaką niewątpliwie jest każde zdarzenie powodujące konieczność użycia aparatu uciezkowego) mogą nastąpić niepożądane komplikacje. Dlatego też część zespołu wdrażającego dwuetapowy system uciezkowy opracowała rozwiązanie pozwalające na bezpieczną wymianę aparatów w atmosferze niezdatnej do oddychania. Jest to mobilna stacja do wymiany aparatów uciezkowych, której zastosowanie w stacjach wymiany aparatów powinno znacząco podnieść bezpieczeństwo operacji ich wymiany.

Z przeprowadzonych badań wynika, że koncepcja dwuetapowego systemu uciezkowego zyskała akceptację i uznanie także ze strony zatrudnionej w rejonie ściany 1 załogi (brak konieczności noszenia przy sobie ciężkich i często przeszkadzających w pracy aparatów uciezkowych). Dodatkowo dozór i służby BHP zyskały pewność, że każdy pracownik zatrudniony w rejonie ściany 1 zawsze ma przy sobie aparat uciezkowy gotowy do użycia.

Pewnym elementem przemawiającym na niekorzyść wdrożonej koncepcji jest konieczność wymiany małego aparatu na większy, do której może dojść w atmosferze niezdatnej do oddychania. Oczywiście taka wymiana jest możliwa i przewidziana w instrukcji wymiany, dodatkowo cała załoga zatrudniona w ścianie 1 została na taką ewentualność przeszkolona, jednak w sytuacji stresowej (jaką niewątpliwie jest każde zdarzenie powodujące konieczność użycia aparatu uciezkowego) mogą nastąpić niepożądane komplikacje.

Opracowana mobilna stacja wymiany aparatów uciezkowych posiada jednak istotne wady związane z założeniem rotacyjnego jej użytkowania przez załogę w trakcie pożaru. Należy podkreślić, że w czasie ewakuacji może dojść do sytuacji stresowych w obliczu zagrożenia życia. Pojawić się mogą problemy z kolejnością użytkowania mobilnej stacji wymiany aparatów w otoczeniu atmosfery nie-

zdatnej do oddychania. Konieczne byłoby zainstalowanie większej liczby stacji wymiany aparatów, aby w przypadku zagrożenia nie dochodziło do ewentualnych niepożądanych zachowań załogi związanych z kolejnością wymiany aparatu w stacji.

Wytyczne dla lokalizacji punktów wymiany zużytych aparatów indywidualnej ochrony dróg oddechowych dla załogi oraz wybór odpowiednich typów tych aparatów

1. Każda osoba przebywająca w wyrobiskach, bez względu na wykonywane czynności, powinna:
 - mieć przydzielony sprzęt izolujący układ oddechowy,
 - być przeszkolona w zakresie posługiwania się tym sprzętem,
 - potwierdzić odbycie przeszkolenia własnoręcznym podpisem.
2. Osoba, której przydzielono sprzęt, powinna:
 - posiadać go przy sobie, od chwili zjazdu do wyrobisk do chwili wyjazdu na powierzchnię,
 - posługiwać się nim zgodnie z instrukcją użytkowania oraz chronić przed uszkodzeniem,
 - odbywać okresowe szkolenia teoretyczne i praktyczne w zakresie posługiwania się takim sprzętem.
3. Projektując drogi ucieczkowe z zagrożonego rejonu wyznacza się czas ucieczki załogi do bezpiecznego miejsca. Jeżeli czas ucieczki przekracza czas ochronnego działania aparatu ucieczkowego należy zaprojektować na drodze ucieczki stację wymiany aparatów ucieczkowych. Obecnie w polskim górnictwie wykorzystywane są specjalne komory wymiany aparatów ucieczkowych, zapewniające bezpieczną dla górników zmianę aparatów.
4. Z uwagi na ciężar dostępnego w kopalniach sprzętu ucieczkowego izolującego układ oddechowy osoby, którym przydzielono ten sprzęt nie zawsze posiadają go przy sobie. Z tego powodu rozpatruje się wyposażenie osób przebywających w wyrobiskach w dwuetapowy system aparatów ucieczkowych, który polega na wyposażeniu osoby w aparat izolujący o krótkim czasie działania (np. 15 min) i umieszczenie komór (punktów wymiany aparatów) poza miejscem pracy na aparat o dłuższym czasie działania (np. 60 min).
5. Z przeprowadzonych badań wynika, że koncepcja dwuetapowego systemu ucieczkowego zyskała akceptację i uznanie także ze strony zatrudnionej załogi w badanych ścianach. Dodatkowo dozór i służby BHP zyskały pewność, że każdy pracownik zatrudniony w rejonie ściany zawsze ma przy sobie aparat ucieczkowy gotowy do użycia. Dotychczas nie zaszła konieczność użycia tych aparatów w warunkach akcji ratowniczej.
6. Pewnym elementem przemawiającym na niekorzyść koncepcji systemu dwuetapowego jest konieczność wymiany aparatu o krótkim czasie działania na aparat o dłuższym czasie działania, do której może dojść w atmosferze niezdutnej do oddychania. Oczywiście taka wymiana jest możliwa i przewidziana w instrukcji wymiany, jednak w sytuacji stresowej (jaką niewątpliwie jest każde zdarzenie powodujące konieczność użycia aparatu ucieczkowego) mogą nastąpić niepożądane komplikacje.
7. Mając na uwadze przyzwyczajenia załogi oraz charakter rozcinki pokładów węgla, która wymusza czas działania sprzętu ucieczkowego lub izolującego układ oddechowy w przeciętnych warunkach około 60 minut należy uznać, że stosowanie sprzętu o krótszym czasie działania nie jest wskazane.

Najkorzystniejszym rozwiązaniem byłoby skonstruowanie aparatów o mniejszej wadze i innym rozwiązaniu technicznym dotyczącym jego ciągłego noszenia.

Etap nr 15

pt. Opracowanie sposobów odpowiedniego oznakowania dróg ucieczkowych na wypadek małej widoczności w przypadku zadymienia

Wstęp

Celem niniejszego etapu badań jest określenie sposobów oznakowania dróg ucieczkowych na wypadek ewakuacji załogi drogami zadymionymi w kopalni podziemnej. W tym celu przeprowadzono analizę dymotwórczości materiałów i parametrów dymów charakteryzujących widzialność i przejrzystość atmosfery zadymionej. Wnioski wynikające z tej analizy zostały wykorzystane przy opracowaniu parametrów znaków umożliwiających poruszanie się w atmosferze zadymionej. Przeprowadzone analizy w niniejszym etapie zadania badawczego oparte zostały na metodzie badawczej „analizy i krytyki piśmiennictwa”. Metoda ta polega na wykazaniu celowości i oryginalności wyłonionego i podjętego do badań problemu. Wykorzystując taką metodę wykazano celowość stosowania znaków na drogach ucieczkowych oraz określono parametry jakimi powinny te znaki się charakteryzować.

Wyniki badań

Analiza czynników wpływających na prędkość ewakuacji załóg górniczych na drogach ucieczkowych w kopalni podziemnej

Opracowanie warunków wycofania załogi z zagrożonych rejonów należy wykonać w oparciu o 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. 2002 r. nr 139 poz. 1169) § 350 oraz Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 12 czerwca 2002 r. „w sprawie ratownictwa górniczego” (Dz. U. Nr 94 poz. 838 Załącznik nr 3. pkt. 1.51 -1.62).

Oba Rozporządzenia nie precyzują jednak sposobu wyznaczenia drogi ucieczkowej ani metody, którą należy przyjąć w celu wyznaczenia czasów przejścia wyrobiskami do miejsca ewakuacji. Rozporządzenia wskazują jedynie, że czas ewakuacji do miejsca w niezadymionym prądzie powietrza powinien być nie dłuższy niż czas ochronnego działania aparatu ucieczkowego.

W niniejszym etapie zadania badawczego przeprowadzono analizę wyznaczania dróg ucieczkowych oraz określono czynniki związane z pożarem, czynniki ludzkie oraz techniczne, które wpływają na prędkość wycofywania się załogi. Do czynników technicznych należą: parametry geometryczne wyrobisk tworzących drogę ucieczkową, kierunek marszu (po wzniosie lub upadzie wyrobiska), występujące w wyrobisku utrudnienia i przeszkody, rodzaj i sposób rozmieszczenia środków łączności oraz sposób oznakowania drogi ucieczkowej, a także rodzaj indywidualnego sprzętu ochrony układu oddechowego.

Dość istotnym czynnikiem ułatwiającym wycofywanie się w zadymionej atmosferze jest między innymi dobra znajomość wyrobisk, w których załoga się wycofuje oraz ich oznakowanie.

W skład drogi ucieczkowej wchodzić może cały szereg różnych wyrobisk. Polskie przepisy górnicze wymagają, aby wyrobiska wchodzące w skład drogi ucieczkowej posiadały dobrą drożność dla ułatwienia wycofywania się ludzi tzn. między innymi: odpowiednią wysokość oraz brak przeszkód. Istotne znaczenie na szybkość wycofywania się ludzi posiadać będą:

- wysokość wyrobiska,
- nachylenie i kierunek poruszania się,
- wyposażenie,
- utrudnienia inne nie związane z wyposażeniem.

Czynniki związane z pożarem mają różny wpływ na szybkość wycofywania się ludzi. Największy wpływ posiada ograniczenie widoczności wywołane zadymieniem. Pozostałe czynniki tzn. temperatura oraz zmiany składu wpływają oczywiście na prędkość poruszania się, ale istotniejsze jest to, że w krańcowych przypadkach mogą całkowicie uniemożliwić wycofywanie się, powodując śmierć załogi. Temperatura otoczenia, zawartość tlenu oraz zawartość gazów trujących w atmosferze zależy od stopnia rozwoju pożaru, rodzaju materiału palnego oraz ilości powietrza dopływającego do pożaru. Są to wielkości bardzo zmienne, że nie jest możliwe praktyczne przewidywanie ich wartości.

W czasie pożaru występować może cały szereg gazów toksycznych. W pracy przedstawiono zależności pomiędzy stężeniem danego gazu, a dopuszczalnym czasem przebywania człowieka w atmosferze zawierającej dany gaz.

Ograniczenie widoczności ma decydujący wpływ na szybkość wycofywania się zagrożonej załogi z zadymionych wyrobisk, co wynika z analizy przebiegu różnych akcji ratowniczych.

Wyrobiska wchodzące w skład drogi ucieczkowej powinny być drożne tzn. powinny posiadać odpowiednią wysokość oraz nie powinny występować istotne przeszkody. Najczęściej są to wyrobiska wentylacyjne, a więc nie posiadające dużej ilości wyposażenia utrudniającego wycofywanie się. Wpływ utrudnień lokalnych (zawężenia, śliski spąg, zalewiska wodne, przejścia nad taśmociągami), a także wyposażenia (taśmociągi, wozy, lutniociągi i inne materiały nagromadzone w wyrobiskach) może być znaczny, jednak nie można podać dokładnie o ile spowodują one zmniejszenie prędkości wycofywania się. W pracy przedstawiono prędkości poruszania się ludzi, które zależą między innymi od nachylenia wyrobiska.

W niniejszej pracy wykazano, że **widzialność** jest jednym z głównych czynników decydujących o skuteczności wycofywania się załogi w wyrobiskach podziemnych. Widzialność zależy od właściwości dymu, które z kolei są uwarunkowane od rodzaju materiałów, które podlegają spalaniu. W tym aspekcie zasadniczego znaczenia nabiera wykorzystywanie tworzyw sztucznych w wyrobiskach podziemnych.

Analiza dymotwórczości materiałów wykorzystywanych do izolacji i uszczelnień w górnictwie podziemnym

Stosowane w podziemnych wyrobiskach górniczych wyroby z tworzyw sztucznych ulegają podczas pożaru rozkładowi, wskutek czego powstaje znaczna ilość toksycznych produktów spalania opuszczających środowisko wraz z gazami pożarowymi. W zamkniętej przestrzeni wyrobiska górniczego produkty te mogą osiągnąć stężenie niebezpieczne dla życia ludzkiego znacznie szybciej, niż w przestrzeni otwartej. Toksyczne gazy i lotne produkty mogą się również rozprzestrzeniać wzdłuż chodników i sztolni na znaczną odległość, sięgającą nawet kilkudziesięciu kilometrów.

W kopalniach głębinowych do uszczelniania i wzmacniania górotworu stosowane są na ogół tworzywa w postaci dwuskładnikowej. Podstawowymi surowcami w przypadku tworzyw poliuretanowych są poliole lub polietera i aminy oraz poliizocyjany, a w przypadku tworzyw mocznikowo--formaldehydowych - żywice mocznikowo-formaldehydowe i kwasy nieorganiczne jako utwardzacze.

Dla określenia dróg ucieczkowych w kopalniach podziemnych istotne znaczenie posiada prędkość poruszania się w dymach.

Dym jest zdefiniowany, jako aerozol lub skondensowana faza składnika produktów spalania. Aerozole dymu różnią się znacznie pod względem budowy i wyglądu i zmieniają się od jasno kolorowych do czarnego, a także od kropelek powstających w trakcie tlenia i pirolizy paliwa do węglowych cząstek lub sadzy, powstających w procesie spalania płomieniowego. W pracy omówiono wytwarzanie dymu w tych etapach palenia się materiałów. Dym wytwarzany w spalaniu płomieniowym ma wyższą zawartość węgla elementarnego (grafitowego).

Dym jest jednym z najważniejszych zagrożeń dla ludzi w przypadku powstania pożaru. Rozprzestrzenienie się on w wyrobisku bardzo szybko i często uniemożliwia skorzystanie z dróg ewakuacyjnych, blokując także dostęp ekip ratowniczych. Działania zmierzające do przewidywanego zmniejszenia skutków pożarów powinny się zacząć już od fazy projektowania układu wyrobisk.

Dym utrudnia przede wszystkim ewakuację ludzi, gdyż ogranicza widoczność. Pomimo znajomości dróg ucieczkowych w kopalni podziemnej pracownicy mogą tracić orientację w warunkach stresu i ograniczenia widoczności. Człowiek narażony jest wówczas na oddziaływanie pozostałych czynników stanowiących zagrożenie dla jego życia. **Znaki ewakuacyjne w wyrobisku, a przede wszystkim przy skrzyżowaniach wyrobisk oraz w miejscach wymiany aparatów ucieczkowych mogą poprawić warunki wycofywania się załogi.**

Powstający w trakcie pożaru dym ma także właściwości toksyczne, uzależnione od rodzaju palącego się materiału i intensywności spalania. Największa ilość produktów szkodliwych wydziela się w przypadku spalania niepełnego, przy niedoborze tlenu. Podczas spalania materiałów stosowanych w górnictwie najczęściej wydzielającymi się substancjami toksycznymi są: tlenek węgla (CO), dwutlenek węgla (CO₂), tlenki azotu (NO_x), gazowy kwas solny (HCl), kwas cyjanowodorowy (HCN), związki siarki (SO₂, H₂S). Wpływ substancji toksycznych na organizm człowieka jest zależny od stę-

zenia danej substancji i od czasu kontaktu. Efektem zbyt długiego przebywania w obecności stężonego dymu może być w pierwszej kolejności utrata przytomności, a następnie śmierć. Szczególnie niebezpieczny jest kontakt z bezwonnym tlenkiem węgla, który wywołuje utratę świadomości i orientacji oraz poważne zatrucie, a nawet śmierć.

W trakcie zagrożenia pożarem załoga wycofuje się w aparatach ucieczkowych, izolujących drogi oddechowe. Z tego powodu na poruszanie się załogi w zadymionym wyrobisku wpływać będą następujące właściwości dymu: **ekstynkcja świetlna i przejrzystość**. Parametry te związane są z rodzajem i wielkością cząstek aerozoli w dymie.

W ramach niniejszego etapu zadania badawczego określono rozkład wielkości cząsteczek dymu w zależności od rodzaju materiału palnego. Stosowanie tworzyw sztucznych i wszelkiego rodzaju spoin chemicznych powoduje, że wystąpić mogą różne właściwości dymu.

Podstawą rozróżniania aerozoli dymu jest funkcja rozkładu średnic co wykazano w niniejszym etapie badań. Cząsteczki i krople dymu podlegające ruchom Browna zderzają się i sklejają. Wynikiem takiego procesu jest to, że w stałej objętości gazu obciążonego dymem liczba cząsteczek maleje przy niezmienniej masie aerozolu. Proces ten jest znany pod nazwą koagulacji. W pracy opisano podstawowe parametry procesu koagulacji cząstek w dymach.

Ekstynkcja świetlna w atmosferze zadymionej

Najlepiej poznaną właściwością dymu jest współczynnik ekstynkcji świetlnej. Współczynnik ekstynkcji (zanikania) określa prawo Bouguera. W pracy opisano zasadę obliczania gęstości optycznej dymu D i współczynnika ekstynkcji świetlnej K . Wykazano, że między wielkościami D i K zachodzi zależność: $D = 2,3 K$.

Współczynnik ekstynkcji K jest wielkością fizyczną ekstensywną i może być wyrażony jako iloraz współczynnika ekstynkcji odniesionego do jednostki masy K_m i masy aerozolu m :

$$K = K_m m$$

Współczynnik ekstynkcji właściwej K_m zależy od rozkładu wielkości i właściwości optycznych dymu. Przykładowo współczynnik ekstynkcji właściwej dla dymu powstającego przy tleniu się drewna i plastiku wynosi $K_m = 7,6 \text{ m}^2/\text{g}$ oraz dla dymu powstającego przy pirolizie tych materiałów $K_m = 4,4 \text{ m}^2/\text{g}$

Przejrzystość (widzialność)

Widoczność znaków drogi ewakuacji na skrzyżowaniach wyrobisk i w miejscach utrudniających przejście jak również w punktach (przy komorach) wymiany aparatów ucieczkowych może mieć wielkie znaczenie dla bezpieczeństwa ewakuacji załogi. Obiekt widoczny jest wtedy, gdy między obiektem a tłem występuje pewien poziom kontrastu. W przypadku wyizolowanego obiektu otoczonego jednolitym, rozciągniętym tłem kontrast C może być zdefiniowany następująco:

$$C = \frac{B}{B_0} - 1$$

gdzie:

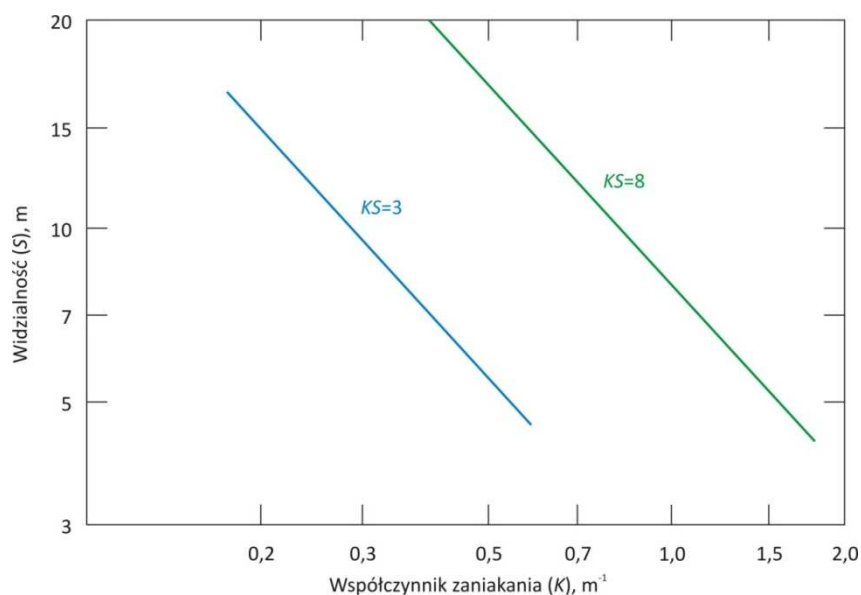
B - jasność lub luminancja obiektu;

B_0 - luminancja tła.

W warunkach światła dziennego, wartość kontrastu czarnego obiektu widzianego na białym tle wynosząca $C = -0,02$ jest często używana, jako próg kontrastu, przy którym obiekt może być rozróżniony.

Widzialność obiektu S jest odległością, przy której kontrast maleje do wartości $-0,02$. Większość pomiarów przejrzystości dymu (widzialności) polegała na określeniu odległości, przy której obiekt nie był już widzialny, nie zaś na rzeczywistym pomiarze wielkości C za pomocą fotometru.

Przejrzystość zależy od wielu czynników, między innymi od rozproszenia i współczynnika absorpcji dymu, oświetlenia w pomieszczeniu, długości fali oraz tego, czy oznaczenia dróg ewakuacyjnych emitują światło czy je odbijają. Widzialność zależy także od indywidualnej ostrości wzroku i tego czy oczy są przystosowane do światła lub do ciemności. Na rysunku 15.1 pokazano wyniki badań, w których uzyskano dobrą zgodność między widocznością obiektów badań a współczynnikiem ekstynkcji dymu.



Rys. 15.1. Zależność między widocznością a współczynnikiem zanikania dymu

Widzialność znaków świecących okazała się dwa do czterech razy większa niż widzialność znaków odbijających światło. Wyznaczono następujące zależności poszczególnych wielkości:

- $KS = 8$ znaki świecące,
- $KS = 3$ znaki odbijające.

Wartości tych wielkości wyznaczono na podstawie obserwacji dymu przez szybę, co pozwoliło na wyeliminowanie drażniącego działania dymu. W przeprowadzonej analizie wykazano, że stosunek ostrości widzenia bez gogli do ostrości w goglach znacznie maleje przy współczynniku ekstynkcji dymu większym niż 0,25.

Metody te mogą być wykorzystane do analizy badań przejrzystości w dymach pochodzących ze spalania różnego rodzaju materiałów wykorzystywanych w górnictwie podziemnym.

Materiały jako źródła dymotwórcze

Szczegółowe analizy pożarów jakie miały miejsce w niemieckich i francuskich kopalniach węglach w ostatnim dwudziestolecu ubiegłego wieku wykazały również, że w przypadku wielu z nich przyczyną były uboczne, niekontrolowane zjawiska związane ze stosowaniem w wyrobiskach materiałów otrzymywanych w oparciu o poliuretany.

Materiały stosowane w polskich kopalniach do uszczelniania i klejenia górotworu wytwarzane są w oparciu o żywice mocznikowo-formaldehydowe, fenolowo-formaldehydowe i poliuretany. Praktycznie jednak żywice fenolowo-formaldehydowe stosowane są w niewielkich ilościach. Znacznie częściej wykorzystuje się poliuretany i żywice mocznikowo-formaldehydowe. W kopalniach tworzywa te stosowane są na ogół w postaci dwuskładnikowej. Podstawowymi surowcami w przypadku tworzyw poliuretanowych są poliole (ewentualnie polietera lub aminy) oraz poliizocyjany, a w przypadku tworzyw mocznikowo-formaldehydowych - jeden składnik to żywice mocznikowo-formaldehydowe, drugi składnik to kwasy nieorganiczne jako utwardzacze.

Tworzywa poliuretanowe stosowane są głównie jako spoiwa. Wynika to z faktu, że podczas reakcji sieciowania zwiększają swoją objętość wskutek czego wypełniają szczelnie wszystkie szczeliny dając w rezultacie bardzo dobry efekt konsolidacji górotworu. Należy jednak pamiętać, że w większości oferowanych górnictwu wyrobów są to jednak produkty palne. Żywice mocznikowo-formaldehydowe dzięki znacznej zawartości w cząsteczce żywicy azotu wykazują stosunkowo dobrą odporność na palenie. Stosowane są one przede wszystkim jako pianki do uszczelniania zrobów i wypełniania pustek (stanowią ponad 90% używanych do tego celu środków) lecz również jako spoiwa

W wyniku rozkładu termooksydacyjnego spoiwa PU wydzielają się również znaczne ilości toksycznego tlenku węgla. Przykładowo dla spoiwa PU, tlenek węgla nie pojawia się jeszcze w temperaturze 250°C, ale już w temperaturze 300°C ilość powstającego tlenku węgla wynosi 3,09 mg/g w przypadku pianki PU i 2,14 mg/g w przypadku kleju PU, a w temperaturze 600°C osiąga ona wartości odpowiednio 142,82 mg/g i 200,40 mg/g.

Obok cyjanowodoru i tlenku węgla w produktach rozkładu spoiw PU występują znaczne ilości aniliny. Maksymalne ilości aniliny wydzielają się w temperaturze 450°C i wynoszą 13,56 mg/g w przypadku pianki PU i 20,58 w przypadku kleju PU.

Badania produktów rozkładu termooksydacyjnego wybranych spoiw i pianek poliuretanowych i mocznikowo-formaldehadowych stosowanych w polskim górnictwie węglowym wykazały, że znajdują się w nich toksyczne produkty gazowe, które w pewnych warunkach mogą stanowić zagrożenie dla zdrowia i życia górników. Są to: cyjanowodór (HCN), tlenek węgla (CO), chlorowodór (HCl), anilina (C₆H₅NH₂).

Badania produktów rozkładu termooksydacyjnego czterech najczęściej stosowanych w polskim górnictwie węglowym spoiw (spoiwo mocznikowo-formaldehadowe (KMF), spoiwo poliuretanowe (KPU), pianka mocznikowo-formaldehadowa (PMF) i pianka poliuretanowa (PPU)) wykazały, że w różnych temperaturach uzyskiwano najwyższe stężenia zawartości produktów rozkładu. Wyniki przedstawiono w tablicach 15.1 i 15.2.

Tablica 15.1. Wyniki analizy produktów rozkładu termooksydacyjnego spoiwa (KMF) i pianki (PMF) mocznikowo-formaldehadowego

Lp.	Badany materiał	Temperatura rozkładu, °C	Zawartość składnika, mg/g			
			HCl	HCN	CO	CO ₂
1.	Spoiwo KMF	500	31,10	18,32	16,83	259,97
2.	Pianka PMF	650	40,20	2837	9,08	317,78

Tablica 15.2. Wyniki analizy produktów rozkładu termooksydacyjnego spoiwa (KPU) i pianki (PPU) poliuretanowej

Lp.	Badany materiał	Temperatura rozkładu, °C	Zawartość składnika, mg/g			
			HCl	HCN	CO	CO ₂
1.	Spoiwo KPU	600	4,78	10,03	200,40	326,06
2.	Pianka PPU	600	4,22	4,71	142,82	315,92

Powstające podczas rozkładu termooksydacyjnego, stosowanych w krajowym górnictwie spoiw i pianek organicznych, toksyczne produkty gazowe mogą rozprzestrzeniać się w podziemnych wyrobiskach kopalni wzdłuż dróg wentylacyjnych. Fakt ten powinien zwrócić uwagę na potrzebę analizy potencjalnego zagrożenia toksykologicznego w przypadku pożaru z udziałem omawianych materiałów. W analizie tej powinny być uwzględnione ilości użytych materiałów, jak i parametry wentylacji. Należy również opracować sposób postępowania na wypadek pożaru, podając bezpieczne drogi ewakuacji pozwalające na uniknięcie kontaktu z toksycznymi produktami spalania w poszczególnych rejonach kopalni.

Jak wykazano wcześniej konieczne jest opracowanie zasad klasyfikacji materiałów stosowanych w górnictwie pod względem właściwości dymotwórczych. Opracowanie takiej klasyfikacji materiałów z uwzględnieniem rzeczywistych warunków pożaru, tj. geometrii wyrobisk, parametrów strumienia powietrza w wyrobisku, rodzaju dymu, a także warunków oświetlenia pomieszczenia jest dość trudne.

Intensywność dymienia materiałów zależy od wielu czynników: prawdopodobieństwa rozkładu termicznego i zapalenia się materiału, składu chemicznego jego podstawowego składnika oraz różnego rodzaju dodatków chemicznych, plastyfikatorów i wypełniaczy.

Do głównych czynników zwiększających szybkość tworzenia się dymu można zaliczyć:

- podwyższenie stopnia aromatyzacji żywic polimerowych,
- podwyższenie trwałości wiązań molekularnych,
- dodatki substancji opóźniających przebieg reakcji rozkładu termicznego i spalania materiału.

Trudnopalne materiały do konsolidacji i uszczelniania górotworu

Podstawową zasadą zapewnienia bezpieczeństwa pożarowego związanego ze stosowaniem w kopalniach materiałów niemetalowych jest przestrzeganie zasady aby posiadały one odpowiednie właściwości trudno palne. Nigdy nie można bowiem wykluczyć zaistnienia warunków, w których mogą one stać się przyczyną powstania lub rozprzestrzenienia pożaru wynikłego z innych przyczyn, nie związanych ze stosowaniem tych materiałów w wyrobiskach górniczych. Trudnopalność materiałów przeznaczonych do konsolidacji i uszczelniania górotworu oznaczana jest w Polsce na podstawie wy-

ników badań uzyskanych w różnych testach palności. Jako metoda pomocnicza stosowana jest również kalorymetria zużycia tlenu (kalorymetr stożkowy). Wyniki opublikowanych w literaturze badań palności wybranych spoiw i pianek wykonanych w Głównym Instytucie Górnictwa, przedstawiono w tablicach 15.3–15.5.

Tablica 15.3. Wyniki badań palności wybranych pianek do uszczelniania górotworu

Lp.	Badany materiał	Średni czas palenia, s		Wskaźnik tlenowy, %
		pionowo	poziomo	
1.	Pianka mocznikowo-formaldehydowa	0	0	29,1
2.	Pianka poliuretanowa	154,2	147,2	21,2

Tablica.15.4. Wyniki badań palności wybranych spoiw do konsolidacji górotworu

Lp.	Badany materiał	Średni czas palenia, s	Wskaźnik tlenowy, %
1.	Spoivo mocznikowo-formaldehydowa	0	36,8
2.	Spoivo poliuretanowa	44,0	27,3

Tablica 15.5. Wyniki badania rozkładu termicznego wybranych pianek i spoiw organicznych

Lp.	Badany materiał	Temperatura procentowego ubytku masy materiału, °C				
		1%	2%	5%	10%	50%
1.	Pianka mocznikowo-formaldehydowa	40	50	65	130	250
2.	Pianka poliuretanowa	175	220	260	275	400
3.	Spoivo mocznikowo-formaldehydowa	40	50	65	85	250
4.	Spoivo poliuretanowa	190	230	270	290	350

Przedstawione wyniki badań wskazują, że wyroby otrzymane w oparciu o żywicę mocznikowo-formaldehydową mają znacznie lepsze właściwości trudno palne niż wyroby z poliuretanu. Związane jest to z znacznie większym udziałem procentowym azotu w cząsteczce żywicy mocznikowo-formaldehydowej niż w cząsteczce poliuretanu. Wyroby z poliuretanu stosowane w polskich kopalniach są palne. Tym samym zagrożenie jakie wiąże się ze stosowaniem poliuretanów należy uznać za wysokie.

Zwracają uwagę wyniki analizy termicznej tworzyw mocznikowo-formaldehydowych. Szczególnie niekorzystna jest ich mała stabilność termiczna. Już w temperaturze 40°C odnotowano jednocentowy ubytek masy polimeru. Dwa procent ubytku masy ma miejsce w temperaturze 50°C. Wcześniejsze badania wykazały, że dzieje się tak wskutek wydzielania się z tworzywa gazowego formaldehydu (toksyczny), który wraz z prądem powietrza przedostaje się w inne rejony kopalni.

Również własności dymu powstającego ze spalania takich tworzyw są różne. Własności optyczne dymu (produktów rozkładu termicznego i spalania materiałów) są podobne do własności innych układów dyspersyjnych, tj. niejednorodnych w sensie optycznym

Dym czarny, zawierający dużą ilość sadzy silnie pochłania światło, dym biały ma duże zdolności rozpraszające. W celu opisu własności optycznych dymu przyjmuje się uproszczony model, w którym osłabienie natężenia wiązki światła przechodzącego przez warstwę dymu podlega prawu Bouhara-Lamberta-Beera, które opisuje tłumienie światła w jednorodnym obłoku dymu.

Własności optyczne dymu można scharakteryzować następującymi elementami:

- stopniem przezroczystości,
- optyczną gęstością dymu,
- właściwą gęstością optyczną dymu,
- współczynnikiem osłabienia kontrastu i szybkością zmian współczynnika osłabienia kontrastu.

Poprawa bezpieczeństwa górników podczas ewakuacji z zagrożonego rejonu kopalni

W kopalniach stosuje się dwa rodzaje sprzętu do indywidualnej ochrony dróg oddechowych, którymi są sprzęty typu filtrującego i izolującego, przy czym w zależności od specyfiki występujących zagrożeń mogą być stosowane różne ich rozwiązania konstrukcyjne.

Sprzęt filtrujący charakteryzuje się małym ciężarem i gabarytami, prostotą konstrukcji i łatwością obsługi, a także niskim kosztem produkcji i eksploatacji. Niemniej jednak jego skuteczne działanie i poprawne właściwości ochronne są uzależnione od procentowego udziału poszczególnych gazów w atmosferze kopalnianej. Dlatego też stanowi on wyposażenie załóg górniczych zatrudnionych

w kopalniach bądź w rejonach kopalni, w których w przypadku zagrożenia gwarantuje on wystarczającą ochronę dróg oddechowych górników.

Sprzęt izolujący w stosunku do filtrującego charakteryzuje się większym ciężarem i gabarytami, posiada bardziej złożoną konstrukcję, z związku z czym jego wytwarzanie jest droższe. Jest jednak sprzętem całkowicie niezależniącym jego użytkownika od otaczającej atmosfery i jest stosowany we wszystkich tych wyrobiskach dołowych kopalni, gdzie sprzęt filtrujący nie zdaje egzaminu. Sprzętem izolującym stosowanym w kopalniach są tlenowe aparaty ucieczkowe.

Sprzęt do indywidualnej ochrony dróg oddechowych, przeznaczony do samoratowności się załóg dołowych należy stwierdzić, że powinien on być zawsze uruchamiany i użyty przez górników na pierwszy sygnał o wystąpieniu zagrożenia. Szybkość użycia tego sprzętu, jest rzeczą najważniejszą, ponieważ zwiększa wybitnie szansę na bezpieczne dojście do prądu powietrza doprowadzanego. Dlatego też załoga dołowa kopalń zawsze powinna posiadać przy sobie sprawny sprzęt ochronny dróg oddechowych i odbywać regularne szkolenie w zakresie umiejętności jego użycia, a rodzaj posiadanego sprzętu uzależniony jest od warunków i zagrożeń występujących w rejonie zagrożenia.

Analiza dróg ucieczkowych z rejonów wydobywczych

Każdy pożar podziemny stanowi śmiertelne zagrożenie dla pracujących górników. Przeprowadzone symulacje potwierdziły istnienie dużego zagrożenia wywołanego zaistnieniem pożaru w prądzie całkowitym lub grupowym powietrza. Zagrożenie to wynika z rozprzestrzeniania się dymów pożarowych w wyrobiskach. W celu zapobieżenia zagrożeniu w wyniku powstania pożaru przez kopalnię opracowany jest plan ratownictwa. Natomiast w niniejszym opracowaniu analizie poddano drogi ucieczkowe dla załogi. W celu umożliwienia wycofywania się w zadymionym powietrzu każdy pracownik dołowy wyposażony jest w środek ochrony dróg oddechowych tzn. w aparat ucieczkowy. Rodzaj posiadanego środka ochrony zależy od zagrożenia jakiemu podlega pracownik. Aby aparat ucieczkowy mógł zapewnić bezpieczeństwo, czas przebywania w zadymionym powietrzu, musi być krótszy od efektywnego czasu działania posiadanego środka ochrony. Z czasem wycofywania się załogi w zadymionym powietrzu jest związana długość drogi, którą należy przebyć oraz prędkość poruszania się ludzi wyposażonych w środki ochrony osobistej.

Utrudnienia rozłożone to na przykład śliski spąg lub zanieczyszczone wyrobisko, natomiast utrudnienia skupione związane są z przejściem przez tamy mosty wentylacyjne lub zwężenia itp. W pracy podano przykładowe prędkości poruszania się górników, które zależne są od nachylenia wyrobiska. W przypadku nachyleń wyrobiska powyżej 30° na upad prędkości spaść mogą nawet do kilku metrów na minutę.

Z przeprowadzonych badań wynika, że nie można jednoznacznie określić prędkości poruszania się załogi. Na podstawie literatury oraz wyników eksperymentów prowadzonych w kopalniach wycofującej się załogi wynika, że nie można jednoznacznie podać prędkości wycofywania się załogi.

Jak już wspomniano największy wpływ na prędkość poruszania się załogi z czynników zależnych od pożaru ma ograniczenie widoczności spowodowane dymami na drodze przejścia. Można przyjąć, że prędkość poruszania się załogi wynosić będzie około 50 m/min przy słabym zadymieniu. W razie wystąpienia silnego zadymienia wyrobisk, które przy pożarach endogenicznych występuje w dalszym stadium rozwoju pożaru należy przyjąć przy obliczeniach prędkość 40 m/min. W związku z tym iż przy przejściu przez ścianę prędkość znacznie spada, co potwierdzają wyniki badań, przyjmuje się prędkość na tych odcinkach dróg ucieczkowych równą ok. 30 m/min.

W czasie pożaru załoga może nie wiedzieć, w której bocznicy dolotowej powstał pożar, a sygnałem do wycofania są pojawiające się dymy pożarowe. Również otrzymanie sygnału alarmowego od dyspozytora, osób dozoru lub współpracowników nie musi się wiązać z informacją o miejscu pożaru. Zatem załoga musi się wycofać ze strefy zadymionej drogą najkorzystniejszą przy niepełnej informacji o pożarze, czyli drogą na której jest największa szansa znalezienia wężła brzegowego w najkrótszym czasie. Taka droga jest nazywana drogą ucieczkową.

W zależności od wielkości wyliczonego czasu wyjścia załogi oraz uwzględniając czas działania środka ochronnego określa się konieczność stosowania dodatkowych punktów wymiany pochłaniaczy. Takie miejsca powinny być również oznakowane w sposób widoczny w atmosferze zadymionej.

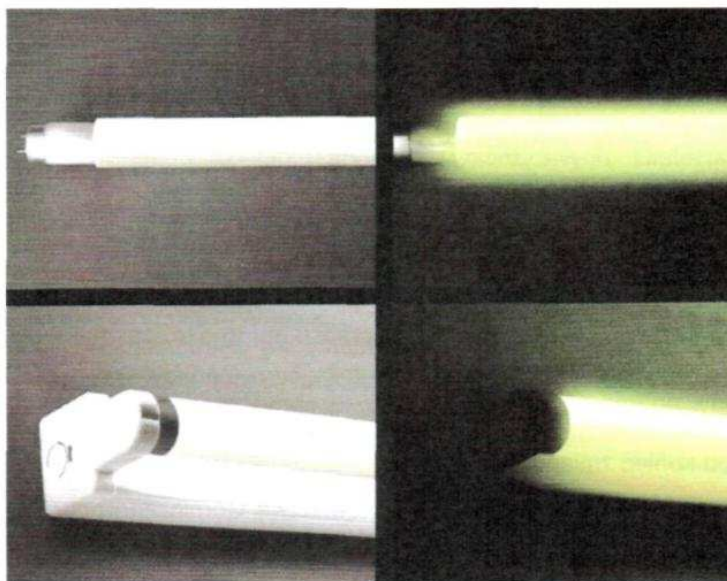
Widoczność punktów stacji wymiany aparatów ucieczkowych

Koncepcja dwustopniowego zabezpieczenia w aparaty oddechowe opiera się na zastosowaniu dwóch typów aparatów regeneracyjnych ucieczkowych. Jako pierwszy stopień zabezpieczenia występuje tutaj aparat o krótkim czasie ochronnego działania (np. EEBD M-20.2 o czasie ochronnego działania wynoszącym ok. 15 minut), natomiast jako drugi stopień zabezpieczenia aparat o dłuższym czasie ochronnego działania. W systemie tym aparat o krótkim czasie ochronnego działania, pracownik ma stale przy sobie, na pasie biodrowym. W wyznaczonych miejscach na dole kopalni składowane są aparaty o dłuższym czasie ochronnego działania. Istotna jest tutaj odległość ich składowania. Powinny znajdować się one w odległościach, które zapewniają bezpieczne dojście do nich w aparatach indywidualnych. System dwustopniowego zabezpieczenia w aparaty oddechowe jest stosowany obecnie w kopalniach amerykańskich oraz w dwóch polskich kopalniach węgla kamiennego - od 2010 roku w kopalni „Halemba-Wirek” a od 2012 roku w kopalni „Knurów-Szczygłowie”. Miejsca zabudowy aparatów do wymiany powinny być oznakowane w sposób widoczny w trakcie zadymiania wyrobisk. Można rozważyć stosowanie specjalnych systemów świetlnych działających po wyłączeniu energii elektrycznej w wyrobisku.

Specjalne systemy świetlne

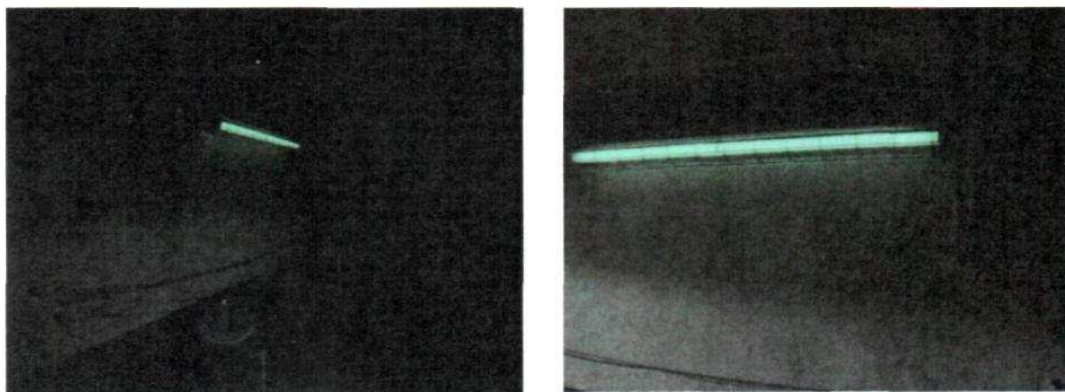
Podczas ewakuacji załogi z zagrożonego rejonu powinno zapewnić się górnikom możliwie wysokie bezpieczeństwo podczas ewakuacji. W tym celu można wyposażyć drogi uciezkowe w specjalny system oświetleniowy, działający nawet w momencie wyłączenia energii elektrycznej. Jednym z przykładów takiego systemu jest system oświetleniowy wykorzystujący zjawisko fotoluminescencji stosowany w kopalni „Halemba - Wirek”. Zastosowano w tym przypadku specjalne oprawy lampowe, które pochłaniają promieniowanie elektromagnetyczne z obszaru widzialnego. Przykładowe zastosowania oprawy jarzeniowej z nasadką fotoluminescencyjną przedstawiono na rys. 15.2.

Po zaniku zasilania pochłonięta energia jest wyemitowana w postaci światła, wystarczającego do oświetlenia trasy ewakuacji, znaków informacyjnych, czy też np. stacji wymiany aparatów ucieczkowych.



Rys. 15.2. Przykład zastosowania oprawy jarzeniowej z nasadką fotoluminescencyjną

Osłona fotoluminescencyjna to innowacyjna osłona na lampy jarzeniowe, która pozostaje widoczna nawet do 25 godzin po wystąpieniu zaniku energii elektrycznej. Jej charakterystyka luminancji zapewnia najwyższe natężenie oświetlenia w chwilę po wyłączeniu zasilania, powoli słabnące wraz z upływem czasu. Osłonę fotoluminescencyjną zastosowano w ognioszczelnej lampie świetlówkowej typu EVFT spełniającej wszelkie wymogi do stosowania we wszystkich miejscach w podziemiach kopalń (zgodnie z ustaleniami norm EN 60079-10 i IEC 61241-10.21). Przykład osłony fotoluminescencyjnej w ognioszczelnej lampie świetlówkowej przedstawiono na rys. 15.3.



Rys. 15.3. Przykład osłony fotoluminescencyjnej w ognioszczelnej lampie świetłówkowej typu EVFT

Przykładem oświetlania stacji wymiany aparatów jest zestaw do składowania pochłaniaczy typu KOMORA TF firmy TOK-FRES. Zestaw komór może być wyposażony w lampy bezprzewodowe z uchwytem, które stanowią oświetlenie zewnętrzne lub wewnętrzne.

Oświetlenie powinno posiadać autonomiczne źródło energii umożliwiające oświetlenie komory po wyłączeniu zasilania w wyrobisku. W wyrobisku od strony dopływu powietrza do komory powinny również znajdować się znaki świecące informujące o zbliżaniu się do komory wymiany aparatów ucieczkowych.

Wytyczne stosowania znaków świecących na drogach ucieczkowych

Celem stosowania znaków świecących jest ułatwienie poruszania się załogi na drogach ucieczkowych w warunkach ograniczonej widoczności. Proponowane znaki świetlne nie mają wskazywać kierunku bieżącej drogi ewakuacyjnej a informować o istotnych punktach (miejscach) występujących na tej drodze.

Zasady doboru znaków świecących dotyczą znaków, które powinny być lokalizowane na wyznaczonych drogach ewakuacyjnych. Znaki świecące nie mają na celu informowania o kierunku drogi ucieczkowej, a jedynie o „miejscach szczególnych” na drogach ewakuacyjnych. Ze względu na wiele scenariuszy pożarowych w rejonie wentylacyjnym (*definicja rejonu wentylacyjnego została podana w etapie 9 zadania 2*) nie ma możliwości dostarczenia wyraźnej i jednoznacznej informacji o kierunku ewakuacji załogi, która pracuje w różnych wyrobiskach rejonu. Dodatkowo w trakcie ewakuacji załoga może być informowana o wyborze korzystniejszej drogi ewakuacyjnej przy konkretnym zdarzeniu. Każdy rejon posiada strefę zagrożenia pożarowego i określone na schematach drogi ewakuacyjne. Z uwagi na skomplikowaną często topologię wyrobisk górniczych stanowiących drogi ucieczkowe wskazane jest jednak stosowanie znaków świecących, jako znaków informacyjnych.

Wytyczne stosowania świecących znaków informacyjnych

1. Znaki świetlne stosowane na drogach ucieczkowych powinny być znakami informacyjnymi. Mają za zadanie informowanie wycofującej się załogi o bieżącym rozeznaniu topologicznym sieci wyrobisk, utrudnieniach lokalnych przy poruszaniu się lub przejściu przez lub wokół elementów wyposażenia wyrobiska. Powinny być lokalizowane przed lub w szczególnych przypadkach przed i za „miejscami szczególnymi” w wyrobiskach stanowiących drogi ucieczkowe. Są to miejsca:
 - skrzyżowanie wyrobisk,
 - most wentylacyjny,
 - przejście przez przenośnik,
 - lokalne utrudnienie poruszania się w wyrobisku wynikające z zawężenia przekroju poprzecznego (np. lokalizacja urządzeń wielkogabarytowych , np. transformatorów),
 - tamy wentylacyjne lub śluzy wentylacyjne,
 - komora wymiany aparatów ucieczkowych,

- miejsce z telefonem alarmowym,
 - inne miejsca wyznaczone przy określaniu dróg ucieczkowych.
2. W przypadku, kiedy istnieje prawdopodobieństwo poruszania się załogi w różnych kierunkach w wyrobisku w zależności od scenariuszy rozwoju pożaru wskazane jest oznaczenie „miejsca szczególnego” z obu stron dojścia.
 3. Znaki powinny zawierać również informację o odległości do danego miejsca charakterystycznego. Na drodze ewakuacyjnej powinny być co najmniej trzy te same znaki świetlne z podaniem kierunku i odległości do danego miejsca szczególnego. Proponuje się, aby były one umieszczone w odległościach 100, 200, 300 m od „miejsca szczególnego”. Każdy z tych trzech znaków powinien być oznaczony symbolem jego kolejności przed „miejscem szczególnym”.
 4. Znaki informacyjne powinny być znakami wysoko umieszczonymi (wg terminologii znaków ewakuacyjnych). Ich rozmiar powinien być dostosowany do odległości, z jakiej powinny być dostrzegane przez ewakuującą się załogę, a także do ewentualnego jego przesunięcia w stosunku do normalnej linii środkowej widzenia.
 5. Znaki świetlne powinny zostać zaprojektowane. Wymiary znaków ewakuacyjnych są uzależnione od odległości, z jakiej powinien ten znak być dostrzegany przez ewakuujących się ludzi. Znaki świetlne powinny się charakteryzować iloczynem widzialności i ekstynkcji świetlnej dymu, co najmniej na poziomie 8 ($KS \geq 8$). Powinny posiadać autonomiczne zasilanie.

Przedstawione propozycje stosowania znaków świetlnych na drogach ucieczkowych mogą znaleźć zastosowanie w polskim górnictwie.

Upowszechnienie wyników zadania badawczego

Do dnia zakończenia projektu badawczego opublikowano następujące prace:

1. Szlązak N., Obracaj D., Borowski M.: *Systemy wentylacji wyrobisk ścianowych w kopalniach węgla kamiennego*. Monografia pod redakcją Stanisława Prusaka i Janusza Cygankiewicza nt.: Nowe spojrzenie na wybrane zagrożenia naturalne w kopalniach, GIG, Katowice 2012.
2. Szlązak N., Szlązak J.: *Wentylacja wyrobisk ścianowych w kopalniach węgla kamiennego w warunkach zagrożenia metanowego*. Konferencja naukowo-techniczna, nt.: Aktualne problemy zwalczania zagrożeń górniczych, Wydział Górnictwa i Geologii Politechniki Śląskiej 2012.
3. Szlązak N., Obracaj D.: *Zabezpieczenie prądów powietrza sprowadzanych na upad w kopalniach węgla kamiennego*. Monografia pod redakcją Stanisława Prusaka i Janusza Cygankiewicza nt.: Nowe spojrzenie na wybrane zagrożenia naturalne w kopalniach, GIG, Katowice 2013.
4. Szlązak N., Swolkien J., Obracaj D.: *Wpływ eksploatacji podziemowej na rozptył powietrza w sieci wentylacyjnej kopalni węgla*. Kwartalnik Pol. Śl. „Górnictwo i Geologia”, 2013
5. Szlązak N., Swolkien J., Obracaj D.: *Possibilities of increasing the effectiveness of mining methane drainage in conditions of the low permeability of coal seams*. The Thirtieth Annual International Pittsburgh Coal Conference, Beijing, China, September 16 – 19.

Konferencje, na których przedstawiono wyniki zadania badawczego:

- III Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Szkoleniowa nt.: „Wybrane zagadnienia wentylacyjne i pożarowe w kopalniach”. Główny Instytut Górnictwa, KZ SITG-GIG, Jaworze, 1-3 październik 2012
- Konferencja Naukowo-Techniczna: Aktualne problemy zwalczania zagrożeń górniczych. Wydział Górnictwa i Geologii Politechniki Śląskiej, Brenna, 7-9 listopad 2012
- III Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Szkoleniowa nt.: „Wybrane zagadnienia wentylacyjne i pożarowe w kopalniach”. Główny Instytut Górnictwa, KZ SITG-GIG, Jaworze, 4-6 wrzesień 2013
- The Thirtieth Annual International Pittsburgh Coal Conference, Beijing, China, 16 - 19 September 2013
- 7 Szkoła Aerologii Górniczej. Polska Akademia Nauk, Komitet Górnictwa, 9-11 październik 2013