

Henryk BADURA, Ai PHAM QUANG  
Politechnika Śląska, Gliwice

## GRAFIKA KOMPUTEROWA JAKO NARZĘDZIE WSPOMAGANIA PRAC SŁUŻB WENTYLACYJNYCH W KOPALNIACH

**Streszczenie.** W artykule omówiono komputerowy program graficzny do wspomagania prac działu wentylacji w kopalniach w zakresie przygotowania niezbędnej dokumentacji graficznej, prowadzenia bieżących analiz stanu wentylacji, a także do wspomagania prowadzenia akcji ratowniczo-przeciwpożarowych. Program może znaleźć również zastosowanie w tzw. grach pożarowych oraz w procesie dydaktycznym na uczelniach górniczych.

## COMPUTER GRAPHICS AS A TOOL OF AID IN WORKS OF VENTILATION DEPARTMENT IN MINES

**Summary.** In paper the authors discussed the computer graphic programme for supporting the works of ventilation department in mines in range of preparation indispensable graphic documentation, running analyses of ventilation and also to support the fire-fighting action. The programme can also be used in so-called "fire games" and in teaching process at mining colleges.

### 1. Wprowadzenie

Wiele nauk stosowanych, a szczególnie technicznych, wykorzystuje naturalne zdolności człowieka do szybkiej analizy wzrokowej. Z tego powodu rzeczywiste obiekty lub zjawiska przedstawia się w postaci graficznych modeli. Konstrukcja modelu odbywa się według pewnych zasad, których znajomość jest konieczna do prowadzenia analizy procesów zachodzących w modelowanej rzeczywistości.

Poprzez model graficzny lub schemat graficzny albo graf sieci wentylacyjnej rozumie się umowne odwzorowanie całości lub fragmentu sieci wentylacyjnej. Każdy model graficzny sieci składa się z graficznego odwzorowania układu i wzajemnych połączeń wyrobisk kopalni, co często nazywane jest strukturą geometryczną sieci. W celu właściwej identyfikacji danego elementu struktury sieci stosuje się opis słowny i liczbowy elementów. Aby sieć była w pełni odwzorowana, musi być znane jej jakościowe oraz ilościowe wypełnienie [3]. Jakościowe wypełnienie wiąże się z klasyfikacją charakteru bocznicy (elementy aktywne i pasywne), przynależnością do sieci lub otoczenia oraz ze sposobem związania danego elementu z siecią. Wypełnienie ilościowe to przyporządkowanie elementom sieci wartości takich wielkości, jak: natężenie przepływu powietrza, opór aerodynamiczny, spadek naporu itp. Często również na graf sieci wentylacyjnej nakłada się schemat wyposażenia wyrobisk, np. urządzeń łączności, elementy systemu detekcji gazów stwarzających zagrożenie dla zdrowia lub zagrożenie wybuchowe, rurociągi przeciwpożarowe i rurociągi odmetanowania itp.

Najczęściej stosowanym w kopalniach schematem sieci wentylacyjnej jest tzw. schemat przestrzenny. Schemat ten jest wymagany przepisami górniczymi, a zasady jego sporządzania określono w odpowiednich wytycznych.

Często w wielu badaniach teoretycznych, a także w zastosowaniach praktycznych użyteczny jest schemat kanoniczny. Schemat ten, zaproponowany przez Czeczotta, jest homeomorficznym, tzn. wzajemnie jednoznaczny i wzajemnie ciągłym, przekształceniem schematu przestrzennego.

Również często, szczególnie do analizy sieci pod względem bezpieczeństwa przewietrzania oraz przenoszenia zagrożeń pomiędzy różnymi rejonami wentylacyjnymi, jest stosowany schemat potencjalny, którego podstawy teoretyczne podał H. Bystróż [2].

Schemat sieci ma za zadanie przywołanie w umyśle człowieka rzeczywistych warunków panujących w sieci w celu rozwiązania określonego zadania. Analizując zadany problem bierze się pod uwagę określone wielkości charakteryzujące dane zjawisko. Otrzymana za pomocą schematu informacja, jeśli ma być dobrze wykorzystana przez dokonującego analizę, powinna być selektywna i w odpowiednim stopniu syntetyczna, gdyż pewne dane przy rozwiązywaniu określonego problemu są podstawowymi, a inne jedynie pomocniczymi. Tradycyjnie sporządzony schemat, w postaci rysunku na papierze, zawiera tylko pewne informacje, często nie spełnia tych wymogów. Ze schematem przestrzennym związane są często schematy wyposażenia wyrobisk, np. rurociągów odmetanowania, przeciwpożarowych itp. Zmiana w

strukturze kopalni wymaga aktualizacji kilku różnych schematów, co przy tradycyjnej metodzie ich sporządzania może być uciążliwe i prowadzić do błędów. Nowe możliwości sporządzania modeli graficznych pojawiły się wraz z zastosowaniem komputerów. Można stworzyć odpowiednie programowe narzędzia pozwalające na przedstawienie całości grafu sieci lub szybkie odtworzenie dowolnego jej fragmentu, na sporządzenie grafu na papierze za pomocą drukarki lub plotera. Dzięki zastosowaniu komputerów grafika stała się narzędziem dynamicznym, pozwalającym na szybką i wielostronną analizę modelowanej rzeczywistości, a jednocześnie ilość pracy manualnej została ograniczona do minimum. Biorąc pod uwagę zalety i możliwości grafiki komputerowej, w Instytucie Eksploatacji Złóż Politechniki Śląskiej w Gliwicach został opracowany graficzny program komputerowy, którego zadaniem jest:

- ułatwienie tworzenia schematu przestrzennego sieci wentylacyjnej i schematów wyposażenia,
- ułatwienie analizy stanu wentylacji kopalni,
- wspomaganie w zakresie prac związanych z analizą zagrożenia pożarowego, tworzenie kopalnianego planu przeciwpożarowego oraz wspomaganie prowadzenia akcji ratowniczo-przeciwpożarowej.

Program ten jest jednym z elementów całego systemu programów służących do symulacji i analizy rozptyłów powietrza w kopalni oraz wspomagania prac działu wentylacji w kopalni.

## 2. Tworzenie schematu przestrzennego sieci wentylacyjnej

Tworzenie grafu sieci musi być poprzedzone utworzeniem jej modelu numerycznego. Tworzenie tego modelu wykonuje się opierając się na pomiarach natężenia przepływu powietrza w wyrobiskach oraz o pomiarach ciśnienia i temperatury w punktach węzłowych sieci i na powierzchni. Dane pomiarowe oraz analityczny opis struktury sieci zostają wprowadzone jako dane wejściowe do programu symulacji rozptyłów powietrza.

Komputerowe tworzenie graficznego schematu sieci polega na utworzeniu odpowiedniej bazy wektorowego zapisu grafiki sieci. Program umożliwia tworzenie takiego zbioru za pomocą klawiatury, myszy lub digitizera.

Wprowadzanie schematu za pomocą klawiatury jest sposobem wykorzystywanym sporadycznie.

W obecnie stosowanych konfiguracjach sprzętu mysz jest obok klawiatury podstawowym urządzeniem wejściowym. Jest ona bardzo wygodna w stosowaniu w programach graficznych, gdyż pozwala na płynne przesuwanie kursora graficznego po ekranie monitora.

Użycie digitizera jest najprostszym i najszybszym sposobem wprowadzania do komputera grafu sieci. Podstawą do komputerowego odwzorowania sieci jest schemat przestrzenny sporządzony na papierze. Na schemat ten nanosi się umowną siatkę współrzędnych pozwalających na identyfikację poszczególnych punktów schematu (np. węzłów i punktów załamania bocznicy) oraz na orientację schematu względem współrzędnych digitizera. Dzięki temu można posługiwać się schematem większym od powierzchni digitizera.

W trakcie wprowadzania schematu do komputera na ekranie monitora pojawiają się pomocnicze dane opisujące położenie kursora oraz nachylenie rysowanego odcinka bocznicy, a także pytania, na które należy odpowiadać za pomocą klawiatury. W programie przewidziana jest możliwość doboru grubości i koloru linii oznaczających bocznice. Rysując bocznice różnymi grubościami przypisuje się im odpowiednią wagę, a używając odpowiedniego koloru, można zaznaczyć bocznice w obrębie jednego poziomu, jednego pokładu bądź rejonu wentylacyjnego. Ułatwiona jest w ten sposób identyfikacja, jak i podkreślone znaczenie poszczególnych bocznicy w systemie wentylacji kopalni.

Wprowadzaniu bocznicy towarzyszy oznaczanie węzła początkowego i końcowego bocznicy, a także przypisywanie węzłom i bocznicom odpowiednich identyfikatorów liczbowych. Identyfikatory węzłów i bocznicy są takie same, jak w numerycznej bazie danych wykorzystywanej w obliczeniach rozptyłów powietrza. W ten sposób realizowane jest połączenie pomiędzy grafiką a danymi do obliczeń sieci. Program sprawdza, czy w użytej bazie danych taka bocznica istnieje. Jeżeli nie, to nie pozwala na jej narysowanie na schemacie. Schemat graficzny może zawierać tylko część bocznicy wchodzących w skład bazy danych opisujących sieć. Taki stan nie jest jednak wskazany, gdyż nie osiąga się wtedy wzajemnie jednoznacznego odwzorowania schematu graficznego i numerycznego, co przy prowadzeniu analiz z użyciem grafiki może prowadzić do błędnych wniosków.

Węzły na schemacie są zaznaczone w postaci kwadratów. Bocznicom i węzłom można przyporządkować odpowiedni opis. W przypadku węzłów opis ten składa się z następujących parametrów:

- numeru węzła,
- koty wysokościowej,

- potencjału.

W przypadku bocznicy na opis składają się następujące parametry:

- numer bocznicy,
- natężenie przepływu powietrza przez bocznice,
- dyssypacja energii w bocznicy,
- opór aerodynamiczny bocznicy,
- depresja naturalna,
- wskaźnik zagrożenia pożarem.

W trakcie korzystania z grafiki komputerowej liczbę i rodzaj wyświetlanych parametrów można wybrać za pomocą odpowiedniego menu. Każdy z parametrów dotyczących węzła lub bocznicy będzie wyświetlany łącznie z numerem węzła lub bocznicy. Niezależnie od wymienionych parametrów można wprowadzić tekstowy opis schematu. W programie ustala się położenie opisu, natomiast tekst jest elementem numerycznej bazy danych i stamtąd jest odczytywany.

Na schemat przestrzenny można wprowadzić także inne elementy graficzne, a mianowicie oznaczenia tam i mostów wentylacyjnych, komór przeciwpożarowych, stacji pomiarowych, wentylatorów i lutniociągów, a dorysować wyrobiska ślepe.

Wszystkie znaki graficzne stanowią osobne warstwy, tzn. schemat można wyświetlić wraz z nimi lub bez nich. Wyświetlanie poszczególnych warstw jest ustalane za pomocą menu w programie.

Jako warstwy mogą być również wprowadzone schematy rurociągów przeciwpożarowych, sprężonego powietrza, odmetanowania, instalacji podsadzkowej, środków odstawy ciągłej, a także dróg ucieczkowych dla załogi zatrudnionej w wybranych wyrobiskach kopalni.

W programie przewidziano możliwość wydruku poszczególnych warstw jako odrębne schematy lub wraz ze schematem przestrzennym sieci wentylacyjnej. Najczytelniejszy wydruk schematu otrzymuje się używając plotera. Dzięki zastosowaniu tego urządzenia wyjścia schematu może być wydrukowany w kolorach. Do wydruku schematu może zostać użyta także drukarka igłowa. Schemat drukowany jest w postaci pasów, które następnie należy z sobą skleić. Można dokonać wydruku całego schematu lub jego części. Program pozwala na wydruk na formatach od A4 do A0.

### **3. Tworzenie schematu przestrzennego sieci wentylacyjnej**

Drugim zastosowaniem komputerowego schematu graficznego jest wykorzystanie do analizy stanu wentylacji kopalń. Dzięki połączeniu programu graficznego z programem obliczeniowym sieci wentylacyjnej, można posłużyć się grafiką do analiz wentylacyjnych. W zależności od rodzaju problemu można na schemacie wyświetlić wybiórczo odpowiednie informacje dotyczące danego zagadnienia. Wartości parametrów wentylacyjnych zapisywane są w odpowiednich zbiorach komputerowych i program pozwala na wyświetlenie, a tym samym na porównanie parametrów wentylacyjnych dwóch dowolnie wybranych wariantów obliczeń. Ma to duże znaczenie przy analizie porównawczej wpływu zmian struktury kopani, związanych z dokonującą się zmianą wielkości kopalni.

Jeżeli w boczniczy zmieni się kierunek przepływu powietrza, to program graficzny automatycznie zmieni kierunek strzałki oznaczającej kierunek przepływu. Własności tej nie posiadają programy graficzne nie związane z programami obliczeniowymi sieci.

Dzięki możliwości wyboru wielkości, które są wyświetlane jako wypełnienie schematu, a także dzięki możliwości zastosowania powiększeń, na ekranie monitora można wyświetlić tylko interesujący fragment z niezbędnymi do analizy parametrami. Uzyskuje się w ten sposób odpowiednio syntetyczną informację, bez zbędnych danych mogących utrudniać analizę. Liczbę wyświetlanych parametrów sieci można w każdej chwili zmienić, zmniejszyć lub zwiększyć, wykorzystując do tego celu odpowiednie menu programu.

### **4. Zastosowanie programu do wspomaganie prac związanych z analizą zagrożenia pożarowego**

Opisywany program może mieć szerokie zastosowanie do wykonania dokumentacji graficznej wymaganej w kopalnianym planie przeciwpożarowym, a także do zobrazowania stanu wentylacji i zagrożenia pożarem w powiązaniu z programem do wspomaganie prowadzenia akcji przeciwpożarowej [1].

W obowiązujących wytycznych sporządzania kopalnianego planu przeciwpożarowego wymagana jest odpowiednia dokumentacja graficzna. Program pozwala na wykonanie wszystkich wymaganych schematów, które w programie stanowią odpowiednie warstwy.

Bardzo szeroko można wykorzystać program do prowadzenia analizy zagrożenia pożarami, oceny skuteczności proponowanych manewrów wentylacyjnych oraz ustalania dróg ucieczkowych przy znanym miejscu pożaru. Przykładowo, aby wyznaczyć wielkość strefy zagrożonej pożarem, wystarczy w menu wybrać odpowiednią opcję i zaznaczyć miejsce pożaru we właściwej bocznicy. Program określi wielkość strefy przewidywanego zadymienia oraz zaznaczy bocznicę strefy zagrożonej kolorem czerwonym. Programem można również porównać skutki pożaru w tym samym miejscu, lecz dla różnych stanów wentylacji.

Posługując się programami do symulacji rozptyłów w sieci, generuje się zbiory opisujące rozptyły powietrza i dymów dla różnych wariantów danych wejściowych, opisujących różne stany przewietrzania. W programie graficznym istnieje odpowiednia opcja pozwalająca na porównanie stanów zadymienia dla dwóch dowolnie wybranych stanów wentylacji. Identyfikatorem odpowiednich stanów zadymienia są nazwy zbiorów zawierających opis zadymienia. Nazwy te są pochodnymi od nazw zbiorów danych opisujących rozptyły w sieci. Taka analiza może być szczególnie użyteczna przy wyborze manewrów wentylacyjnych, które będą przewidziane w kopalnianym planie przeciwpożarowym. W programie istnieje możliwość wyświetlenia dróg ucieczkowych wyznaczonych dla załogi pracującej w określonym rejonie. Nałożenie tych dróg na strefy zagrożenia przy różnych wariantach manewrów wentylacyjnych może ułatwić wybór właściwego, najbardziej efektywnego dla ratowania zagrożonej pożarem załogi.

Innym zastosowaniem programu jest ułatwienie w wyznaczaniu dróg ucieczkowych przy oznaczonym miejscu pożaru. Ponieważ obecne wytyczne [4] dotyczące sporządzania kopalnianego planu przeciwpożarowego wymagają utworzenia spisu miejsc prawdopodobnego zapoczątkowania pożaru, a następnie określenia dróg ucieczkowych dla załogi w strefie zagrożonej, w programie graficznym przewidziano również opcję ułatwiającą wykonanie tego zadania.

Program pozwala na:

- utworzenie zbioru bocznic, będących miejscami zapoczątkowania pożaru,
- dla oznaczonego miejsca zapoczątkowania pożaru wyświetlenie strefy zagrożonej,
- wyświetlenie drogi ucieczkowej ze wskazanej bocznicy.

Jest to możliwe dzięki automatycznej współpracy programu z systemem programów, którego zadaniem jest wyznaczenie strefy zagrożonej, optymalnej drogi ucieczkowej, a także

sporządzenie odpowiedniej dokumentacji pisemnej. System programów stanowi zatem dogodnie narzędzie sporządzania i aktualizacji kopalnianego planu przeciwpożarowego.

Opisywany program graficzny jest integralną częścią systemu programów służących do wspomagania prowadzenia akcji przeciwpożarowej. Na aktualnym schemacie przestrzennym może zostać wyświetlona strefa:

- zadymiona, wyznaczona dla miejsca zgłoszenia dymów lub miejsca pożaru,
- bocznic dolotowych, czyli grupy bocznic, w których może znajdować się miejsce pożaru, wyznaczonej na podstawie o zgłoszenia dymów. Znajomość tej grupy bocznic ma istotne znaczenie w procesie poszukiwania miejsca ogniska pożaru,
- zagrożona, rozumiana jako strefa zadymiona wyznaczona dla dowolnie wybranej bocznic dolotowej. Wyznaczenie tej strefy pozwala na wycofanie załogi z wyrobisk, które przypuszczalnie zostaną zadymione.

Wymienione strefy są wyznaczane na bieżąco w trakcie prowadzenia akcji przeciwpożarowej.

Prowadzący akcję może wyświetlać na ekranie monitora drogi ucieczkowe zapisane w planie akcji przeciwpożarowej wyznaczone dla załogi w wybranym wyrobisku dla nie oznaczonego miejsca pożaru, a także wyznaczyć w trakcie akcji i wyświetlić drogę ucieczkową dla wskazanego miejsca pożaru. Opcja ta może być bardzo przydatna po stwierdzeniu istotnych zaburzeń w wentylacji związanych z pożarem, jak również w przypadku gdy wyznaczona i zapisana w planie przeciwpożarowym droga ucieczkowa stała się w określonym fragmencie niedrożna.

Program graficzny posiada również możliwości:

- wyświetlenia numerów środków łączności we wskazanej bocznicy,
- wprowadzania wiadomości odnośnie do stanu atmosfery kopalnianej w określonym wyrobisku uzyskanych na podstawie zgłoszenia załogi lub wskazań systemu detekcji produktów pożaru,
- odwołania się do odpowiednich programów systemu, w celu dokonania aktualizacji oceny stanu zagrożenia pożarem.

Możliwości te są szczególnie przydatne w procesie poszukiwania położenia ogniska pożaru.

## 5. Podsumowanie

Przedstawiony w artykule program komputerowy wykorzystuje grafikę komputerową w celu:

- tworzenia schematu przestrzennego kopalni,
- ułatwienia analizy stany wentylacji,
- wspomagania w tworzeniu dokumentacji graficznej do kopalnianego planu przeciwpożarowego,
- wspomagania prowadzenia akcji ratowniczo–przeciwpożarowej.

Program został napisany z uwzględnieniem dotychczasowych doświadczeń praktycznych i analiz teoretycznych dotyczących wykorzystania grafiki komputerowej oraz zastosowania modeli graficznych w górnictwie. Głównym zadaniem programu jest wspomaganie prac działu wentylacji w bieżącej kontroli i analizie stanu przewietrzania kopalni. Włączenie programu do systemu wykorzystywanego do wspomagania akcji przeciwpożarowej daje prowadzącemu akcję nowe, doskonalsze i sprawniejsze narzędzie bieżącej analizy zagrożenia pożarowego i ograniczania skutków pożaru. Program może być także wykorzystywany w celach szkoleniowych i dydaktycznych.

## LITERATURA

1. Badura H., Rozkoszek F.: Zastosowanie techniki komputerowej do wspomagania decyzji w czasie prowadzenia akcji pożarowej. *Przegląd Górniczy*, nr 5, 1996.
2. Bystron H.: Podstawy schematu potencjalnego kopalnianej sieci wentylacyjnej. *Prace GIG*. Kom. nr 471, Katowice 1969.
3. Sułkowski J.: Rozwiązalność podstawowych zagadnień teorii kopalnianej sieci wentylacyjnej w zależności od jej struktury. Praca doktorska. Pol. Śląska, Gliwice 1971.

4. Szczegółowe zasady sporządzania i aktualizacji kopalnianego planu akcji przeciwpożarowej. CSRG, Bytom 1991.

Recenzent: Dr inż. Janusz Cygankiewicz

## Abstract

The presented in paper computer programme uses computer graphics in the following aims:

- to create the spatial mine scheme,
- to support in analyses of ventilation state,
- to aid in creation of graphic documentation of mine fire-fighting plan,
- to support in leading of the fire-fighting action.

The programme was prepared taking into consideration the existing practical experiences and theoretical analyses concerning the use of computer graphics and graphic models in mining. The main task of the programme is the aid in works of ventilation department in running control and in analyses of mine ventilation. The inclusion of programme into a system used to support the fire-fighting action gives the action head new, more perfect and more efficient tool for running analyses of fire hazard and for limiting results of fire. The programme can also be used in training and teaching aims.