

Nguyen Huyen DIEU

Instytut Techniki Eksploatacji Złóż Politechniki Śląskiej

IDENTYFIKACJA KOMPUTEROWA STRUKTUR FUNKCJONALNYCH SYSTEMÓW WENTYLACYJNYCH KOPALŃ

Streszczenie. Artykuł omawia metodę badania struktury funkcjonalnej systemu wentylacyjnego kopalni podziemnej wykorzystującą modelowanie komputerowe. System wentylacyjny traktowany jest jako system logiczny kombinacyjny tworzony na bazie sieci wentylacyjnej, w której wyróżniono obiekty wentylacyjne (wyjścia) i uszkodzalne elementy wentylacyjne (wejścia). Opracowano algorytmy i programy, które pozwalają szybko i dokładnie wykryć powiązania funkcjonalne między elementami uszkodzalnymi a obiektami wentylacyjnymi. Metodę modelowania zilustrowano przykładem.

COMPUTER AIDED IDENTIFICATION OF THE FUNCTIONAL STRUCTURE OF VENTILATION SYSTEMS

Summary. A computer research method of functional structure of mining ventilation system has been presented in this paper. The ventilation system has been treated as a logic combination system on the base of ventilation network with clearly distinguished ventilation objects (exits) and defectable ventilation elements (entrants). Some algorithms and programs have been worked out for quick and correct finding of the functional connection between the ventilation objects and ventilation element of the system. The method of modeling has been illustrated by an example.

КОМПЬЮТЕРНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СТРУКТУР СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ ШАХТ

Резюме. В статье описан метод исследования функциональной структуры системы вентиляции шахты с использованием компьютерного моделирования. Система вентиляции рассматривается как логичная система комбинации, созданная на базе вентиляционной сети в которой выделено объекты вентиляции (выходы) и повреждающиеся элементы вентиляции (выходы). Разработано алгоритмы и программы, которые позволяют быстро и точно найти функциональные связи между повреждёнными элементами и точно объектами вентиляции. Метод моделирования продемонстрирован примерах.

1. WPROWADZENIE

System wentylacyjny kopalni jest to zbiór wyrobisk górniczych i urządzeń wentylacyjnych, którego celem jest doprowadzenie z atmosfery do miejsc pracy górników odpowiedniej ilości powietrza o pożądanym własnościach fizykochemicznych i następnie odprowadzenie tego powietrza, wraz z dołączonymi zanieczyszczeniami, z powrotem do atmosfery. Miejsca pracy można nazywać ogólnie obiektami wentylacyjnymi. W systemie wentylacyjnym stanowią one zbiór wyjść Y . Za wejścia X systemu wentylacyjnego należy natomiast uznać urządzenia wentylacyjne zapewniające przepływ powietrza w kopalni oraz urządzenia służące do doprowadzenia powietrza do poszczególnych obiektów wentylacyjnych i regulacji wydatku prądów.

System wentylacyjny można traktować jako system logiczny kombinacyjny, tzn. system mający binarny stan wejściowy i wyjściowy. J. Sułkowski [5] uważa stan normalny poszczególnych elementów wejściowych za "prawidłowy" i przypisuje mu wartość logiczną 1 (prawda). Wszelkie zmiany charakterystyki pracy elementów do nowego stanu statycznego interpretuje jako "uszkodzenie" odpowiadające stanowi nieprawidłowemu, przyporządkowując mu wartość logiczną 0. Podobnie dla obiektów wentylacyjnych; jeżeli realizowany jest cel systemu (to znaczy do obiektów wentylacyjnych dopływa powietrze w ilości mieszczącej się w przedziałach tolerancji [7, 8], to obiektowi przypisuje się wartość logiczną 1, a w przeciwnym przypadku wartość logiczną 0.

Problem identyfikacji struktury funkcjonalnej systemu wentylacyjnego sprowadza się do uściślenia postaci grafu $G = \{X \cup Y, U\}$, w którym U jest zbiorem łuków łączących wierzchołki będące elementami zbiorów X oraz Y . Uściślenie postaci grafu reprezentującego strukturę funkcjonalną systemu wentylacyjnego przeprowadzić można w sposób bezpośredni poprzez eksperyment w systemie rzeczywistym, lub poprzez modelowanie przepływu powietrza w sieci wentylacyjnej stanowiącej bazę dla systemu wentylacyjnego.

Możliwe są modele obiektów wentylacyjnych, w których wartości graniczne nie muszą być zadane a priori przepisami i normami górniczymi. Wykorzystuje się je w badaniach niezawodności sieci wentylacyjnych, dla których właściwy jest model probabilistyczny [3].

2. SFORMUŁOWANIE PROBLEMU

Symulacja cyfrowa procesu identyfikacji struktury funkcjonalnej systemu wentylacyjnego przeprowadzana jest dla pojedynczych statycznych stanów wejściowych. Polega ona na wykonaniu szeregu obliczeń rozptywu w sieci dla poszczególnych stanów wejściowych i poszukiwaniu bezpośrednich powiązań funkcjonalnych między elementami wejściowymi a obiektami wentylacyjnymi. Jednak wprowadzenie pojedynczych stanów wejściowych jest w praktyce niedogodne. Wymaga przy obecnym stanie wyposażenia programowego znacznego wysiłku: trzeba wprowadzić nowe stany do komputera, wykonać dla tych danych obliczenie rozptywu powietrza, zapisać wyniki obliczeń w unikalnych zbiorach, a w końcu porównać otrzymane wyniki z przedziałem zapotrzebowania powietrza dla każdego obiektu wentylacyjnego.

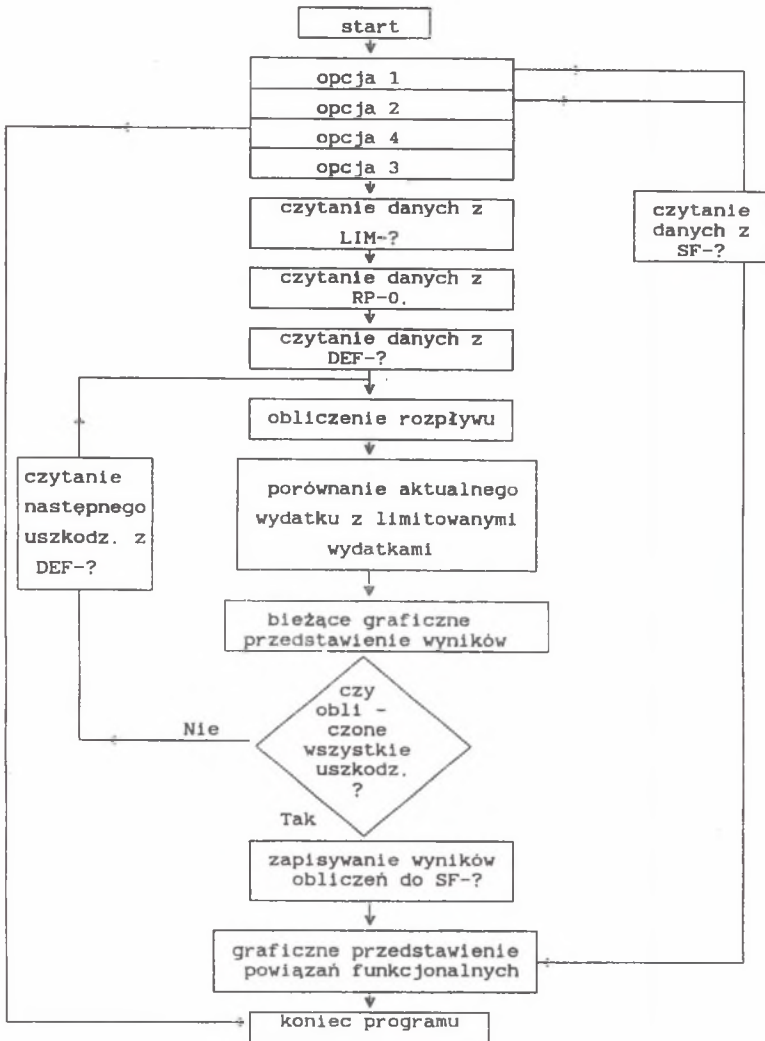
Całą serię tych czynności można zautomatyzować, traktując je jako jeden problem, polegający na wykryciu powiązań funkcjonalnych między obiektami wentylacyjnymi a elementami systemu.

3. SCHEMAT BLOKOWY PROGRAMU I STOSOWANE ALGORYTMY

Schemat blokowy programu identyfikacji struktur funkcjonalnych (ISF) systemów wentylacyjnych kopalni przedstawia rys. 1.

Dane wejściowe odczytywane są sekwencyjnie z tekstowych zbiorów danych. Przygotowuje się je ręcznie lub za pomocą programów pomocniczych.

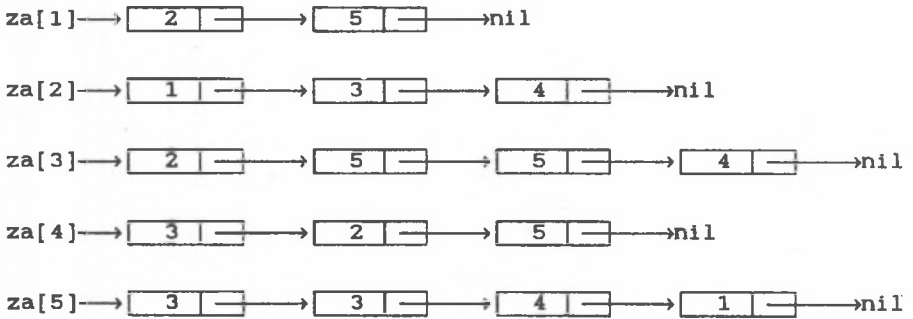
Obliczenie rozptywu powietrza w sieci wentylacyjnej kopalni jest główną procedurą całego programu. Procedura ta pracuje na strukturze danych zwanych listami incydencji, których początki oznaczone są przez $ZA[i]$, a końce - nil. Jest to mieszana struktura danych między listą liniową a tablicą. Tablica list posiada tyle elementów, ile wynosi największy numer węzła. Dla przykładu rozważmy sieć jak na rys. 2.



Rys.1. Schemat blokowy programu ISF identyfikacji struktury funkcjonalnej systemu wentylacyjnego kopalni

Fig.1. Block scheme of program ISF for identification functional structure of mining ventilation system

Tablica list incydencji dla analizowanej sieci przedstawia się następująco:



Ze względu na wielkość pamięci operacyjnej i złożoność obecnych systemów wentylacyjnych rozmiar powyższej tablicy list jest ograniczony do 1000 elementów. Każdy element tablicy posiada adres do listy węzłów połączonych z węzłem o numerze określonym przez liczbę porządkową tego elementu tablicy. Dzięki takiej strukturze szukanie elementów odbywa się szybko i sprawnie.

Do obliczenia rozplywu powietrza w sieci wentylacyjnej stosuje się metodą H. Crossa, w której dla zapewnienia zbieżności procesu iteracyjnego wymaga się wyznaczenia drzewa minimalnego. Algorytm rekurencyjny służący do tego celu ma następującą postać:

```

PROCEDURE Drzewo(u)                                {Wyznaczenie drzewa minimalnego}
VAR nowy[1... najwyzszy-numer-wezla]
var v                                             {zmiana lokalna dla proc. drzewo}
begin
nowy[u] := false                                  {węzeł u jest odwiedzony}
  Odłóż-do-kolejki (u)
  while kolejka <> φ do begin
    kolejka → v                                  {zdejmuj z kolejki ostatni element}
    if nowy[v] then                              {v nie był odwiedzony}
      begin                                     {u, v jest nową gałęzią}
        zapisuj-krawędź-drzewa(u,v)            {minimalnego drzewa}
        drzewo(v);                              {poszukuj dalej rozpoczynając od węzła v}
      end
    else                                         {v stanowi cięciwę antydrzewa}
      zapisuj-antydrzewo(u,v)
    end;
  end;
END;

```

Wybór bocznic o minimalnej wielkości oporu zapewnia procedura Odłóż-do-kolejki (x). W wyniku działania tej procedury wszystkie bocznicie połączone z węzłem x zostały umieszczone w kolejce i jest ona uporządkowana. W przypadku nieuznanych wartości wydatku prądu powietrza V kolejka jest uporządkowana zgodnie ze wzrostem oporu aerodynamicznego R bocznic, w celu poprawienia zbieżności procesu iteracyjnego obliczenia rozptyłu powietrza. Mając przybliżone wydatki przepływu jako kryterium uporządkowania przyjmujemy iloczyn ($R * V$). W ten sposób utworzymy kolejkę, w której początkowy element ma najmniejszy opór R (lub iloczyn $R * V$) spośród wszystkich sprawdzonych bocznic.

Na podstawie zapisanych bocznic antydrzewa i skonstruowanego drzewa wyznacza się cykle podstawowe sieci.

W celu przyspieszenia wyznaczania cykli procedury zapisuj-krawędź-drzewa i zapisuj-antydrzewo nadają jedynie bocznicom odpowiednie cechy: jeżeli bocznicia należy do drzewa, ma cechę logiczną 1, a w przeciwnym przypadku ma cechę 0.

Procedura rekurencyjna do wyznaczania cykli podstawowych korzysta z metody przeszukiwania grafu w głębi [1], a jej algorytm przedstawia się następująco:

```

PROCEDURE Cykle-podstawowe;
var   nowe[1...najwyższy-numer-węzła]
      d      długość stosu
procedure cykle(u);
begin
  n := n+1;
  nowe[u] := n      {u jest odwiedzony w n-tej kolejno-
ści}
  d := d+1          {zwiększaj długości stosu o jeden}
  odłóż-do-stosu(u);
  for v ∈ za[u] do
  begin
    if (nowe[v]=0) and drzewo[u,v] then cykli(v)  {v jest nowy}
    else                                           {w przeciwnym przypadku}
      if not drzewo[u,v] and
        (nowe[v]>nowe[u]) and
        (u <> stos[d-1])
      then
        zapisuj-cykl(u,v)      {u,v stanowi antydrzewo}
        {a górna partia stosu do v
        {stanowi cykl}
        {u został wykorzystany}
  end;
  d := d-1
end;
begin
nowe[1...m] := 0; d = 0; n:= 0;      {cykle-podstawowe}
cykle(1)                                       {zerowanie tablic}
END;
```

Algorytm ten jest szybki, gdyż każdy węzeł sieci został tylko raz sprawdzony. To samo dotyczy również procedury do wyznaczenia drzewa.

Mając zapisane cykle, wykorzystano następnie zmodyfikowaną metodę Crossa w celu obliczenia poprawki dla oczek niezależnych i poprawiania wydatków bocznic zgodnie z programem WKRP [2].

Metoda Crossa nie jest jedyną możliwą do wykorzystania. Można również wykorzystać metodę wyznaczenia rozptywu powietrza opartą na procesie iteracyjnym Newtona w ujęciu macierzowym [4]. Algorytmy i programy innych metod zawarte są również w monografii [6].

4. REALIZACJA PROGRAMOWA ALGORYTMÓW

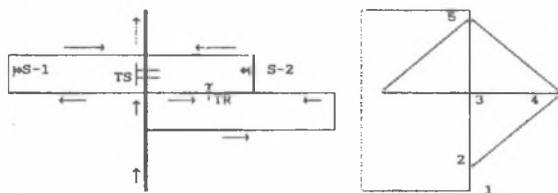
W zbiorze LIM-? (znak “?” oznacza dowolne litery, liczby lub słowo) są przechowywane dane o obiektach wentylacyjnych, to znaczy, są w nim graniczne wartości wydatków V_{min} i V_{max} , w przedziale których obiekt funkcjonuje normalnie. Zbiór ten może być generowany za pomocą programu “LIM” na podstawie danych z głównej książki przewietrzenia istniejącej w kopalni. Charakterystyki wentylatorów również są podane w tym zbiorze w postaci wielomianów.

Zbiór RP-O jest zbiorem wyjściowym programu WKRP zawierającym normalny, aktualny stan rozptywu powietrza w sieci. Celowe wykorzystanie aktualnych rozptywów pozwoli na znaczną poprawę zbieżności przy dalszych obliczeniach.

DEF-? zbiór zawierający elementy uszkodzalne (defekty) w systemie wentylacyjnym. Jest to model sieci z wyznaczonymi elementami i ich nowe opory.

Program po wczytaniu potrzebnych danych ze zbioru LIM-? i ze zbioru RP-O podstawia nową wartość oporu odczytywaną ze zbioru DEF-? i wykonuje obliczenie na tych danych dla nowego rozptywu powietrza. Gotowe rozptywy są porównywane z granicznymi wartościami wydatków prądów w obiektach wentylacyjnych. Wyniki porównania są pokazywane na bieżąco dla obiektu wentylacyjnego oraz są zapamiętywane dla dalszych opracowań.

Po wyczerpaniu elementów uszkodzalnych w zbiorze DEF-? program zapisuje wyniki obliczeń do zbioru SF-? i zatrzymuje się. Po naciśnięciu <ENTER> przejdzie w tryb graficzny i pokazuje powiązania funkcjonalne elementów systemu.



Rys. 2. Sieć wentylacyjna i jej schemat kanoniczny

Fig. 2. A ventilation network and its canonical scheme

Program "ISF" posiada również możliwości odczytywania zbioru danych o strukturze systemu, który może być wcześniej obliczony lub napisany i pokazuje wszystkie węzły funkcjonalnie na ekranie w trybie graficznym. Wyniki mogą być wydrukowane na papierze w postaci graficznej lub tekstowej.

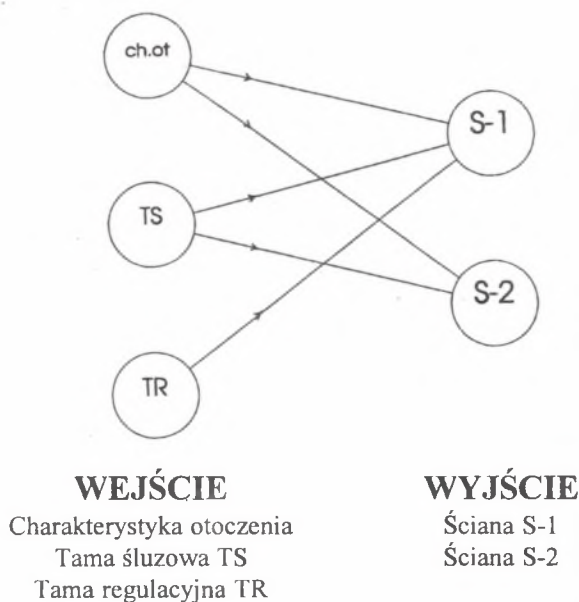
5. PRZYKŁAD OBLICZENIOWY

Rozważmy sieć jak na rysunku 2:

W tej przykładowej sieci do zbioru elementów wentylacyjnych, cechujących się zmiennymi charakterystykami pracy, zaliczamy: otoczenie (przyłożoną depresję zewnętrzną), tamę regulacyjną TR i tamę służową TS. Są to wejścia systemu.

Wyróżniono też dwa obiekty wentylacyjne: ścianę S-1 i ścianę S-2 jako odbiory powietrza świeżego. Każda ściana wymaga, aby przewietrzano ją odpowiednim strumieniem powietrza, tzn., aby zapewniono minimalną prędkość przepływu, stężenie metanu poniżej wartości dopuszczalnych i minimalny komfort cieplny. Ściany te stanowią wyjście systemu.

Dane wejściowe i wyniki obliczeń z zastosowaniem programu "ISF" są podane w tabelicach 1,2.



Rys. 3. Struktura funkcjonalna systemu wentylacyjnego dla przykładu z rys. 2
 Fig. 3. A functional structure of ventilation system for example of figure 2

Tablica 1

Dane wejściowe dla programu "ISF"

a) zbiór wejściowy "MS-D"

b) zbiór "DEF-D"

W _p	W _{kd}	Opór [miurg]	3 (liczba uszkodzeń elementów *)		
			W _p	W _k	Opór [miurg]
5	1	0	* 5	1	0
1	2	1 2 5	1	2	1 2 5
2	3	9 0	2	3	9 0
2	4	1 4 0 0	2	4	1 4 0 0
3	4	700 tama TR	* 3	4	700 tama TR
3	5	12500 tamy TS	* 3	5	12500 tamy TS
3	5	1 3 0 0	3	5	1 3 0 0
4	5	2 4 0	4	5	2 4 0
0	0	0 . 0	0	0	0 . 0
5	1	1 1 0 3 0	5	1	1 1 0 3 0
1 4 0	(Charakterystyka wentylacyjna [Pa])		1 4 0	(Charakterystyka wentylacyjna [Pa])	

Tablica 2

Wynik obliczeń programu "ISF"

Elementy podlegające uszkodzeniu		Obiekty wentylacyjne	
nr elem.	nazwa elementu	nr obiektu	nazwa obiektu
1	otoczenie	1	ściana S-1
2	otoczenie	2	ściana S-2
2	tama TR	1	ściana S-2
3	tamy TS	1	ściana S-2
3	tamy TS	2	ściana S-1

liczba powiązań 3
liczba obiektów wentylacyjnych 2

liczba uszkodzalnych elementów 3

Zależność przepływu powietrza w ścianach od przyłożonej depresji zewnętrznej jest oczywista i stanowi podstawę do wskazania powiązania między powyższym wejściem systemu a obiektami S-1 i S-2. Z tego powodu brak depresji zewnętrznej zakwalifikowano jako pierwsze uszkodzenie.

Drugie uszkodzenie odpowiada stanowi całkowitego otwarcia tamy regulacyjnej TR. Następuje zmniejszenie ilości powietrza płynącego do ściany S-1 poniżej dopuszczalnej wielkości (podane w zbiorze LIM-D), co wskazuje na powiązanie funkcjonalne między tamą TR a ścianą S-1; natomiast na brak powiązania ze ścianą S-2.

Trzecie uszkodzenie odpowiada stanowi całkowitego otwarcia powietrza płynącego do obiektów. Zidentyfikowano w ten sposób powiązania między tamą TS a obydwoa ścianami S-1 i S-2. Strukturę funkcjonalną rozważanej sieci przedstawia graficznie rys. 3.

6. PRZYKŁAD ZASTOSOWAŃ

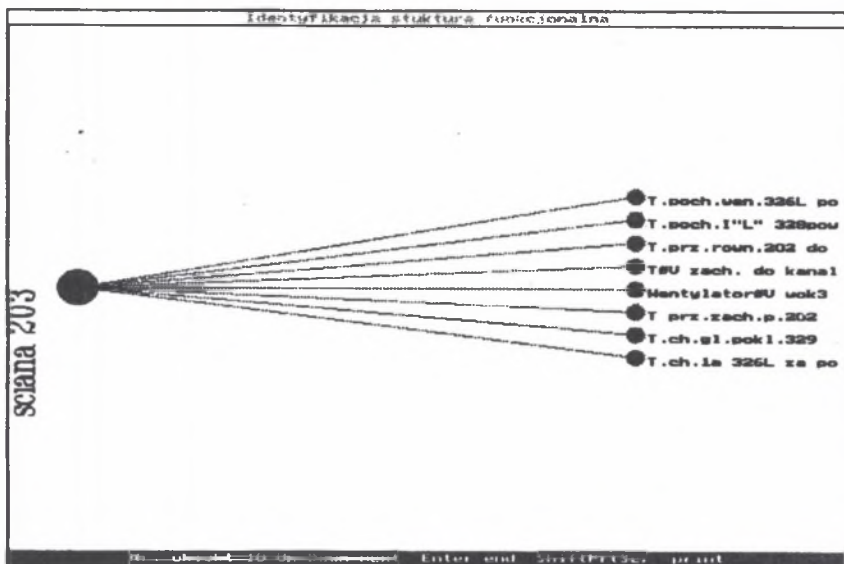
Identyfikację struktury funkcjonalnej rzeczywistego systemu wentylacyjnego przeprowadzono w KWK "Dębieńsko". Kopalnia posiada trzy szyby wdechowe: Jan I, Jan II, Jan III oraz dwa szyby wydechowe: Zachodni V, VI "Nowy". Sieć wentylacyjna jest silnie rozgałęziona z powodu istnienia dziewięciu czynnych poziomów. Model matematyczny sieci wentylacyjnej kopalni, opracowany i aktualizowany na bieżąco w Dziale Wentylacji został wykorzystany do obliczeń według programu ISF.

W okresie przeprowadzenia analizy (maj 1989 r.) sieć wentylacyjna kopalni zawierała 436 bocznic. Zidentyfikowano w niej 22 obiekty wentylacyjne (ściany, komory funkcyjne, rozdzielnie elektryczne, warsztaty, zajezdnie) oraz 52 elementy uszkodzalne (wentylatory główne i śluzы wentylacyjne).

Zapotrzebowanie powietrza (minimalne i maksymalne) dla obiektów wentylacyjnych ustalono na podstawie wymagań szczegółowych przepisów [8], konfrontując uzyskane wartości z danymi wpisanymi do głównej książki przewietrzania kopalni.

Za pomocą programu ISF przeanalizowany został wpływ uszkodzeń 52 elementów sieci na stan przewietrzania 22 obiektów wentylacyjnych. Wykryto dzięki niemu, że istnieją tylko 63 powiązania funkcjonalne między elementami uszkodzalnymi a obiektami wentylacyjnymi na tyle silne, że zrealizowanie któregokolwiek może prowadzić do niewłaściwego przewietrzania obiektu wentylacyjnego (co interpretowano jako uszkodzenie obiektu). Stacje wentylatorowe, traktowane jako pojedyncze elementy systemu, posiadają powiązania z największą liczbą obiektów wentylacyjnych - czego należało się spodziewać.

Stacja wentylatorowa przy szybie V wpływa na przewietrzanie 9 obiektów, a stacja przy szybie VI wpływa najsilniej na 5 obiektów wentylacyjnych. Okazuje się zatem, że aż 8 wyróżniczych w modelu obiektów wentylacyjnych korzysta ze słabego powiązania z obydwoa stacjami wentylatorowymi i uszkodzenie tylko jednej z nich nie wpływa w istotny sposób na pogorszenie się przewietrzania obiektów.



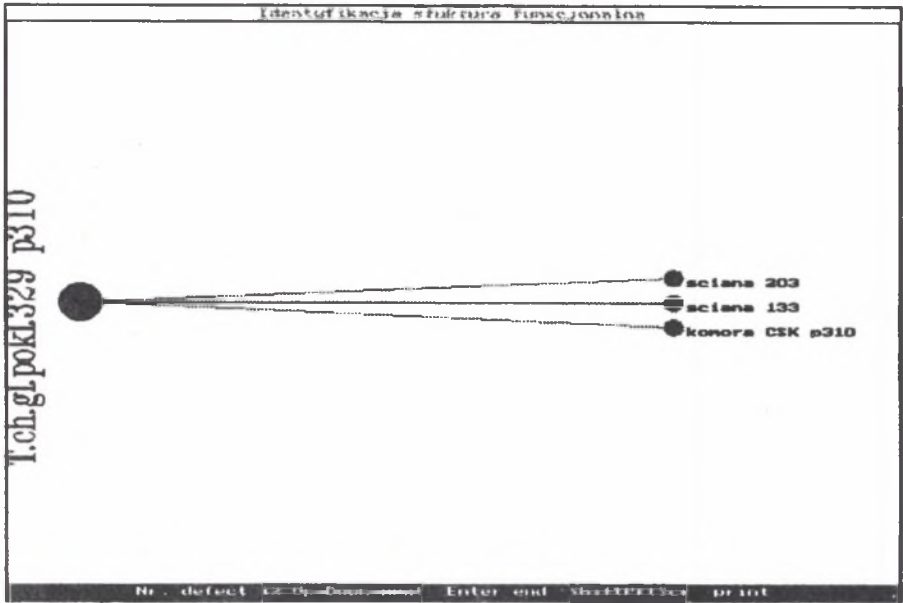
Rys.4. Powiązania funkcjonalne ściany 203 z elementami wentylacyjnymi systemu

Fig.4. A functional connections between longwall 203 and ventilation elements of system

Z 8 wymienionych obiektów 6 nie wykazuje również żadnych silnych powiązań z jakąkolwiek służą wentylacyjną. Można więc stwierdzić, że ich znaczenie w systemie wentylacyjnym jest niewielkie. Uszkodzenie tych obiektów będzie możliwe dopiero przy zaistnieniu zdarzeń bardzo mało prawdopodobnych, nie rozpatrywanych w modelu. Byłoby to na przykład równoczesne uszkodzenie obu stacji wentylatorowych, bądź więcej niż jednej służby wentylacyjnej o słabszych powiązaniach z obiektem. Pozostałych 16 obiektów wentylacyjnych wykazuje powiązania z 1÷8 elementami uszkodzalnymi. Na przykład ściana 971 i 203 posiadają po 8 powiązań, ściana 180 - 6 powiązań, a ściana 972 - 5 powiązań z elementami uszkodzalnymi. Rys. 4. przedstawia powiązania funkcjonalne ściany 203 z elementami uszkodzalnymi w opisanych wyrobiskach.

Patrząc od strony wejścia, czyli na elementy uszkodzalne, stwierdzamy, że najczęściej wykazują one powiązania z 1÷3 obiektami wentylacyjnymi. Tylko w jednym przypadku dla służby wentylacyjnej przy szybie V zidentyfikowano 9 istotnych powiązań z obiektami wentylacyjnymi. Przykład powiązań służby wentylacyjnej w chodniku głównym p.329 poz.310 m z trzema obiektami wentylacyjnymi przedstawia rys.5.

Analiza struktury funkcjonalnej systemu wentylacyjnego kopalni wykazała, że aż 27 tam wentylacyjnych (50%) spośród potencjalnie uszkodzalnych nie wykazuje istotnego powiązania z żadnym obiektem wentylacyjnym. Ich pojedyncze uszkodzenie słabo więc wpływa na stan przewietrzania obiektów; jeśli rozpatrywać oczywiście tylko stany statyczne. Niezawodność pracy wymienionych tam powinna być zatem badana z punktu widzenia zaistnienia zdarzeń równoczesnych, to jest prawdopodobieństwa uszkodzenia



Rys.5. Powiązania funkcjonalne śluży wentylacyjnej w chodniku głównym p. 329 poz. 310 z obiektami wentylacyjnymi

Fig.5. A functional connections between ventilation stoping in drift in b. 329 level 310 and ventilation objects

równocześnie dwóch lub więcej tam w określonym przedziale czasu i powiązania z obiektem wentylacyjnym w takim stanie pracy tam. Stanowi to oddzielny problem badawczy.

7. WNIOSKI

1. Traktowanie systemu wentylacyjnego kopalni jako systemu logicznego kombinacyjnego stwarza możliwość zidentyfikowania struktury funkcjonalnej systemu wentylacyjnego rzeczywistej kopalni.
2. Proces identyfikacji struktury funkcjonalnej systemu wentylacyjnego może być przeprowadzony jako jedno obliczenie komputerowe.
3. Identyfikacja struktury funkcjonalnej systemu wentylacyjnego umożliwia jego głębszą analizę eksponując najistotniejsze powiązania funkcjonalne między obiektami wentylacyjnymi a urządzeniami wentylacyjnymi mogącymi ulegać uszkodzeniom.

LITERATURA

- [1] Deo, N.: Teoria grafów i jej zastosowania w technice i informatyce. PWN, Warszawa 1980.
- [2] Frycz A. i inni: Dotychczasowe doświadczenia w zakresie wdrażania obliczeń sieci wentylacyjnych w kopalniach Zabrzeńskiego Gwarectwa Węglowego z wykorzystaniem elektronicznej techniki obliczeniowej. Przegląd Górniczy 1988, nr 11-12.
- [3] Miękus J.: Ocena niezawodności kopalnianej sieci wentylacyjnej. Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Pol. Wrocław, seria Studia i Materiały Nr 18 pt. "Wybrane problemy przewietrzania kopalni rud miedzi i węgla kamiennego", Wrocław 1989.
- [4] Strumiński A. i inni: Wyznaczanie rozptyłu powietrza w sieciach wentylacyjnych. Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Pol. Wrocław, seria Studia i Materiały Nr 18 pt. "Wybrane problemy przewietrzania kopalni rud miedzi i węgla kamiennego", Wrocław 1989.
- [5] Sułkowski J.: Metody odwzorowania i miary struktur kopalnianych sieci wentylacyjnych - Zn Pol. Śl. s. Górnictwo z.115, Gliwice 1982.
- [6] Waclawik J. i inni: Algorytmy i programy wentylacji i klimatyzacji kopalń. Wyd. Śląsk, Katowice 1983.
- [7] Polska Norma PN-63/G-05126. Przewietrzanie kopalni węgla. Wydatek i prędkość powietrza. Wydawnictwo Normalizacyjne. Warszawa.
- [8] Szczegółowe przepisy prowadzenia ruchu i gospodarki złożem w podziemnych zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny i brunatny. MGIE, Katowice 1984.

Autor dziękuje Panu prof. J. Sułkowskiemu za udzieloną pomoc i kierowanie w czasie prowadzonych badań.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Andrzej **Strumiński**
Wpłynęło do Redakcji w lutym 1993 r.

Abstract

In the paper, a ventilation system, which has been treated as a logical combinational system (system with binary input and output states), has been considered.

The input X of the system are the ventilation equipment, which maintain the air flows in a network and air-supply and intensity of flow regulation equipment for an individual ventilation object. A ventilation object, which generally is the working place of miners, has been treated as an output of the system.

Problems of identification of the functional structure of a ventilation system have been provided to define graph $G = \{X \cup Y, U\}$, where U is the file of linking arcs between

nodes which are elements of file X or Y. Graphs of the functional structure of a ventilation system can be defined directly by experiments in a real system or by computational modulation of air flow in the ventilation network, which is a base of a ventilation system of a mine.

A digital simulation of identification process of the functional structure of a ventilation system has been provided for separate static input states. It depends on series of calculations of air flow in the ventilation network for every input state and looking for direct functional connections between input elements and ventilation objects. This series of activities can be automatically processed as one calculation problem.

The distribution of air flow of ventilation network is the main procedure of an ISF program (fig.1). A Cross method, which needs a determining of the minimal graph tree given in the paper, has been used for calculation of the distribution of air flow. An the basic of the defined minimal tree, elementary cycles of graph using procedure of forward graph seeking have been determined. The ISF program after reading the necessary data from file LIM-? (with a ventilation object) and from RP-O (with the actual air flow distribution) and giving new values of aerodynamic resistant of defectable elements from file DEF-?, calculates the new distribution of air flow in the network. The new value of air flow is compared with the limits of air flow needed for each ventilation object. The results of the comparison are displayed on the computer monitor in time and stored for further calculation. After assessing the last element in DEF-? (with a defectable element) file, the program writes the results of calculation on disk and graphically presents the functional connection of the elements of the ventilation system on screen.

There has been introduced an example for illustration of the method for the network in fig.2. and with data from tab.1. the calculated results in graphical state are in fig.3. which presents the functional connection between defectable environment (fan, sluice TS, gauge door TR) and ventilation objects - long wall face S-1 and S-2.

An example of an application of the investigation method of the functional structure of a ventilation system for a real coal mine has been carried out, too. With the aid of an ISF program, the influence of 52 defectable elements of the ventilation network (the most are ventilation sluices) on ventilation states of 22 ventilation objects (a long wall and a working chamber) has been studied. In the ventilation system 63 essential functional connections between defectable elements and objects which need to be well ventilated have been found. Fig.4. and 5 show a few of these connections.

The knowledge of the functional structure of ventilation system results in a better control of the process of mine ventilation.