

Stanisław KOZIELSKI

KOMPUTEROWE WSPOMAGANIE W WYBORZE DRÓG EWAKUACJI
W CZASIE POŻARU W KOPALNI

Streszczenie. Praca prezentuje funkcje i strukturę komputerowego systemu ułatwiającego, w przypadku wybuchu pożaru w kopalni węgla kamiennego, określenie rejonów zagrożonych zadymieniem i wybór właściwych dróg ewakuacji załogi. Przedstawiono organizację zbiorów i funkcje programów. Rozpatrzono dwie wersje systemu: z wykorzystaniem pamięci bębnowej oraz taśmowej.

1. Wstęp

Jednym z podstawowych działań w wypadku wybuchu pożaru w kopalni węgla kamiennego jest określenie rejonów górniczych zagrożonych zadymieniem i wycofanie z nich załogi wskazanymi drogami ewakuacyjnymi. Wybór zagrożonych rejonów oraz właściwych dróg ewakuacyjnych wykonywany jest przez kierującego akcją ratowniczą na podstawie przygotowanej na wypadek pożaru dokumentacji. Dokumentacja taka tworzona jest na bieżąco w trakcie rozwoju podziemnej sieci kopalni. Określa się w niej dla każdego prawdopodobnego miejsca pożaru odpowiednie rejony zagrożone oraz prowadzące z nich drogi ewakuacyjne.

Szybka generacja raportu w przypadku wybuchu pożaru o przewidywanych zagrożeniach oraz drogach ewakuacji, a także automatyzacja procesu aktualizacji danych potrzebnych do sporządzenia takiego raportu stanowić mogą niezbyt złożone zadanie dla systemu komputerowego.

W pracy niniejszej przedstawiono strukturę zbiorów danych i programów nazwanych "Komputerowym systemem wyboru dróg wycofywania zagrożonej załogi w czasie pożaru w kopalni". System ten został zaprojektowany i wykonany dla jednej z kopalń węgla kamiennego.

2. Ogólna charakterystyka problemu

Na wstępie sprecyzujemy główne pojęcia. Podstawowym określeniem używanym w pracy jest wyrobisko. Zbiór wyrobisk obejmuje ściany, chodniki, pochylnie, podszybia itp.

Do następnych istotnych określeń zaliczymy:

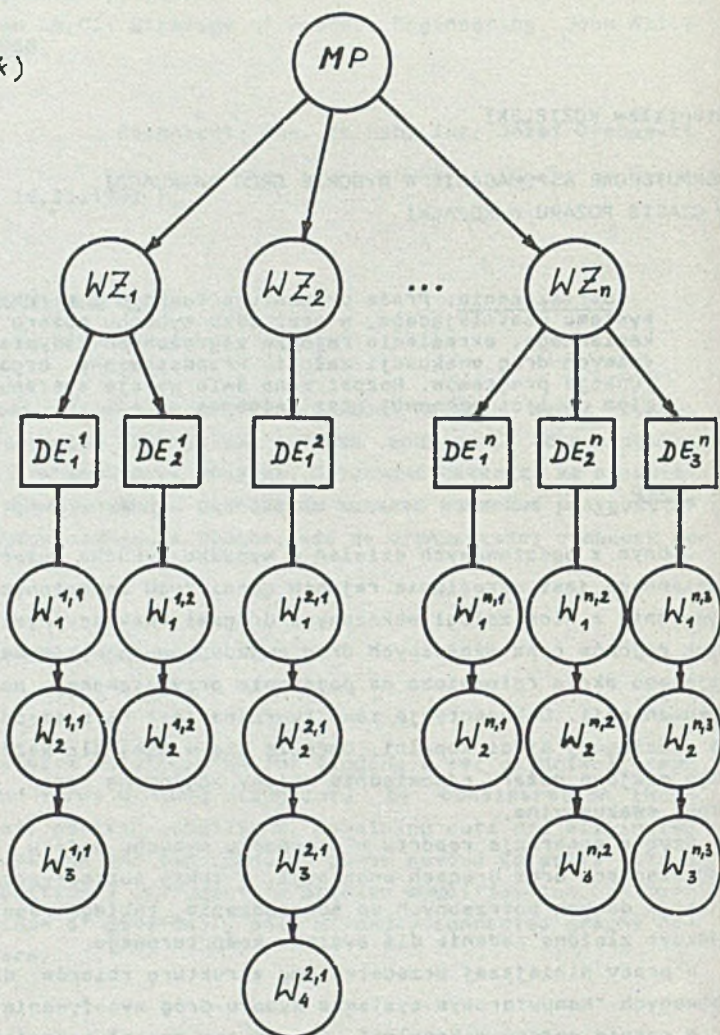
- Miejsce pożaru - jedno z wyrobisk.

Miejsce pożaru
(jedno z wyrobisk)

Wyrobiska
zagrożone
zadymieniem

Numery dróg
ewakuacyjnych

Ciągi
wyrobisk
tworzących
drogi
ewakuacyjne



Rys. 1. Ilustracja powiązań między miejscem pożaru, zbiorem wyrobisk zagrożonych i drogami ewakuacyjnymi

- Wyrobiska zagrożone - podzbiór zbioru wyrobisk związany z danym miejscem pożaru (np. wskutek zadymienia).
- Droga ewakuacyjna - ciąg wyrobisk umożliwiający wycofanie zagrożonej załogi w bezpieczny rejon kopalni.

Powiązania logiczne pomiędzy powyższymi pojęciami przedstawia rys. 1.

W rozważanym systemie liczba wyrobisk sięga 500. Z każdym miejscem pożaru związanych jest kilkadziesiąt wyrobisk zagrożonych (do około 70). Z danego wyrobiska zagrożonego prowadzą średnio 2 lub 3 (maksymalnie 5) drogi ewakuacyjne. Każde droga ewakuacyjna prowadzi przez kilka (maks. 10) wyrobisk.

Każde wyrobisko określone jest przez numer N ($1 \leq N \leq 511$) oraz (pomoocniczo) przez nazwę (średnio 40 znaków).

W kopalni wyróżniono około 100 typowych dróg ewakuacyjnych.

Podstawowym zadaniem omawianego systemu jest - po podaniu miejsca pożaru - wygenerowanie raportu o wyrobiskach zagrożonych i drogach ewakuacji.

Równocześnie w systemie istnieje możliwość łatwej aktualizacji utworzonych zbiorów danych oraz kontroli ich zawartości.

Stosownie do określonych zadań struktura systemu obejmuje zbiory danych oraz dwa podstawowe programy - program generacji raportu i program aktualizacji zbiorów danych.

System zrealizowany został na maszynie cyfrowej ODRA 1325 z pamięcią bębnową (wersja podstawowa) oraz na mc ODRA 1305 z pamięcią dyskową (wersja laboratoryjna).

Ponadto zrealizowano wersję rezerwową na komputerze ODRA 1325 tylko z pamięcią taśmową. Specyfika tego rozwiązania omówiona zostanie w dalszej części pracy.

3. Zbiory danych systemu

Dane wykorzystywane w systemie zgrupowane zostały w dwóch zbiorach o nazwach "WYROBISKA" i "DROGI". Oprócz tego można wyodrębnić na poziomie logicznym zbiór "KONTYNUACJA", którego struktura omówiona zostanie w dalszej kolejności.

Zbiór WYROBISKA grupuje dane dotyczące wszystkich wyrobisk traktowanych jako miejsca pożaru. Dane te obejmują numery wyrobisk zagrożonych oraz numery dróg ewakuacyjnych dla każdego wyrobiska zagrożonego.

Zbiór o nazwie DROGI zawiera ciągi numerów wyrobisk tworzących kolejne drogi ewakuacyjne. Istotną trudność przy tworzeniu struktury rekordu tego zbioru stanowi fakt, że dla kilku dróg zamiast ciągu numerów wyrobisk tworzących drogę ewakuacyjną podano instrukcję postępowania dla załogi znajdującej się w wyrobisku zagrożonym.

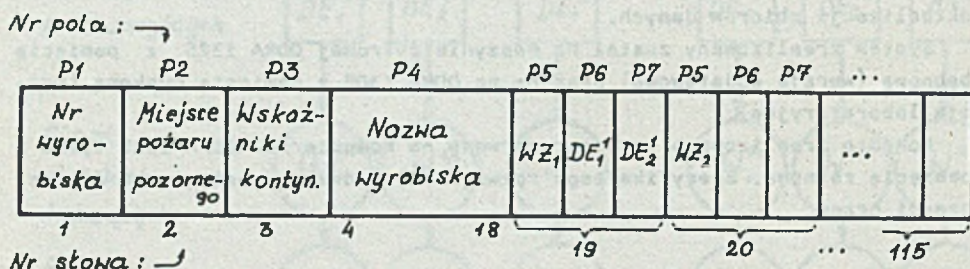
Po analizie różnych możliwości organizacji przedstawionych zbiorów [2] przyjęto organizację o dostępie bezpośrednim według numeru rekordu w zbiorze, przy czym numer ten odpowiada numerowi wyrobiska (dla zbioru WYROBISKA) lub numerowi drogi ewakuacyjnej (dla zbioru DROGI). Wielkości numerów (a więc kluczy rekordów) są ograniczone. Jak już wspomniano poprzednio liczba wyrobisk nie przekracza 511, zaś dróg ewakuacyjnych - 100.

Istotną rolę w przyjęciu organizacji o dostępie bezpośrednim odegrał fakt, że zbiory numerów (klucze rekordów) są gęsto zapełnione.

3.1. Struktura rekordów w zbiorze WYROBISKA

Długości poszczególnych pól rekordu zbioru WYROBISKA oraz długość całego rekordu przyjęto w taki sposób, aby pola te mieściły dane dla większości rekordów zbioru. Nieliczne przypadki przepełnienia pól (zbyt długa nazwa lub ciąg wyrobisk zagrożonych) rozwiązano przez utworzenie rekordów kontynuacyjnych. Rekordy takie powiązane są w listy proste. Początki tych list wskazywane są w rekordach macierzystych, w których wystąpiło przepełnienie. Rekordy kontynuacyjne umieszczono w zbiorze KONTYNUACJA (fizycznie dołączonym do zbioru DROGI).

Strukturę rekordu zbioru WYROBISKA przedstawia rysunek 2.



Rys. 2. Struktura rekordu zbioru WYROBISKA

Opis znaczenia poszczególnych pól rekordu:

P1 - numer wyrobiska traktowanego jako miejsce pożaru,

P2 - miejsce pożaru pozornego, tzn. numer wyrobiska, do którego odprowadzane są dymy, jeśli pożar powstał w wyrobisku ślepy,

P3 - adresy ewentualnych rekordów kontynuacyjnych,

P4 - tekst nazwy wyrobiska,

P5 - numer wyrobiska zagrożonego,

P6 - numer pierwszej drogi ewakuacyjnej z wyrobiska zagrożonego WZ₁,

P7 - numer drugiej drogi ewakuacyjnej z wyrobiska zagrożonego WZ₁ (lub ∅).

Ze względu na ograniczoną wielkość numerów wyrobisk zagrożonych i dróg ewakuacyjnych trzy pola P5, P6 i P7 zakodowano w jednym słowie maszynowym. Zarezerwowanie dwóch pól (P6 i P7) na dwie drogi ewakuacyjne dla każdego wyrobiska zagrożonego odpowiada typowej sytuacji spotykanej w zbiorze danych WYROBISKA. Jeśli z danym wyrobiskiem zagrożonym związane są więcej niż dwie drogi ewakuacyjne, to w kolejnej trójce pól P5, P6, P7 powtarzany jest poprzedni numer WZ.

Innym z możliwych rozwiązań organizacji tego fragmentu rekordu byłoby przyjęcie struktury przedstawionej na rys. 3.

	$P5'$	$P6'$	$P7'$...	$P7'$	
	WZ_i (nr wyr. zagr.)	L (liczba drógew.)	DE'_1	...	DE'_L	

Rys. 3. Alternatywny wariant organizacji rekordu zbioru WYROBISKA

Ze względu jednak na przewagę przypadków występowania jednej lub dwóch dróg ewakuacyjnych dla każdego wyrobiska zagrożonego tego typu rozwiązanie nie prowadziłyby do większej zajętości pamięci.

3.2. Struktura rekordów w zbiorze DROGI

Przyjęta długość rekordu zbioru DROGI wystarcza praktycznie we wszystkich przypadkach na umieszczenie w rekordzie podstawowym wszystkich numerów wyrobisk tworzących daną drogę ewakuacyjną. Natomiast w przypadkach, kiedy zamiast ciągu wyrobisk dane drogi opisane są tekstem, tworzone są rekordy dodatkowe umieszczone w zbiorze KONTYNUACJA.

Strukturę rekordu zbioru DROGI przedstawia rys. 4.

Nr pola: →

$P1$	$P2$	$P3$	$P3$	$P3$...	$P3$
Nr drogi ewak.	Wskaźniki kontyn.	N_1	W_2	W_3	...	
1	2	3		4	...	12

Nr słowa: ↗

Rys. 4. Struktura rekordu zbioru DROGI

Opis znaczenia poszczególnych pól:

$P1$ - numer drogi ewakuacyjnej,

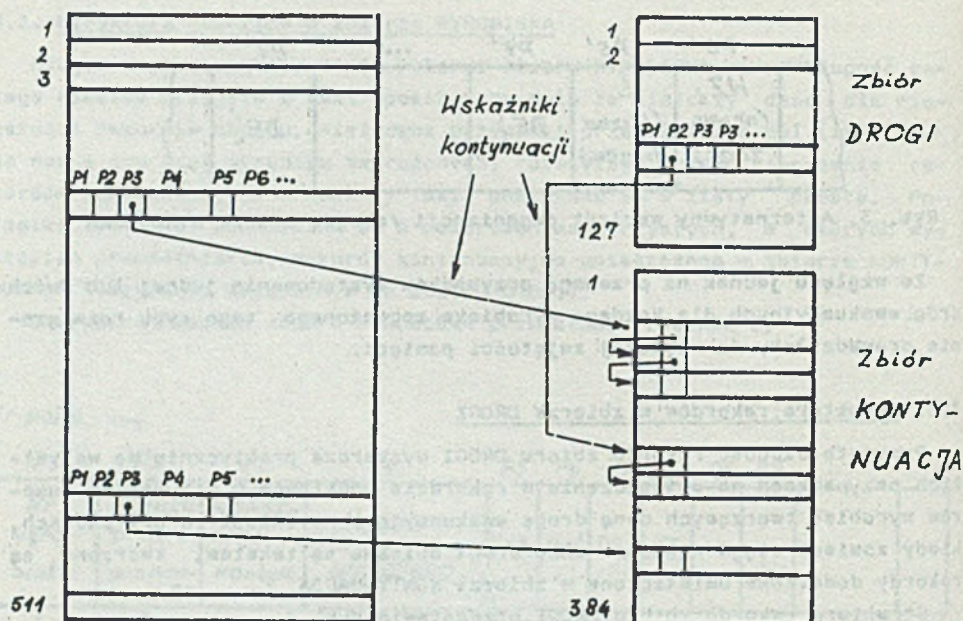
$P2$ - adresy ewentualnych rekordów kontynuacyjnych,

$P3$ - numery wyrobisk tworzących drogę ewakuacyjną.

Wykorzystując fakt ograniczonej wielkości numerów wyrobisk zakodowano po dwa pola $P3$ w jednym słowie maszynowym.

Rozmieszczenie rekordów omówionych zbiorów z uwypukleniem problemu rekordów kontynuacyjnych przedstawia rys. 5. Rekordy kontynuacyjne tworzą w zbiorze KONTYNUACJA listy liniowe.

Zbiór WYROBISKA



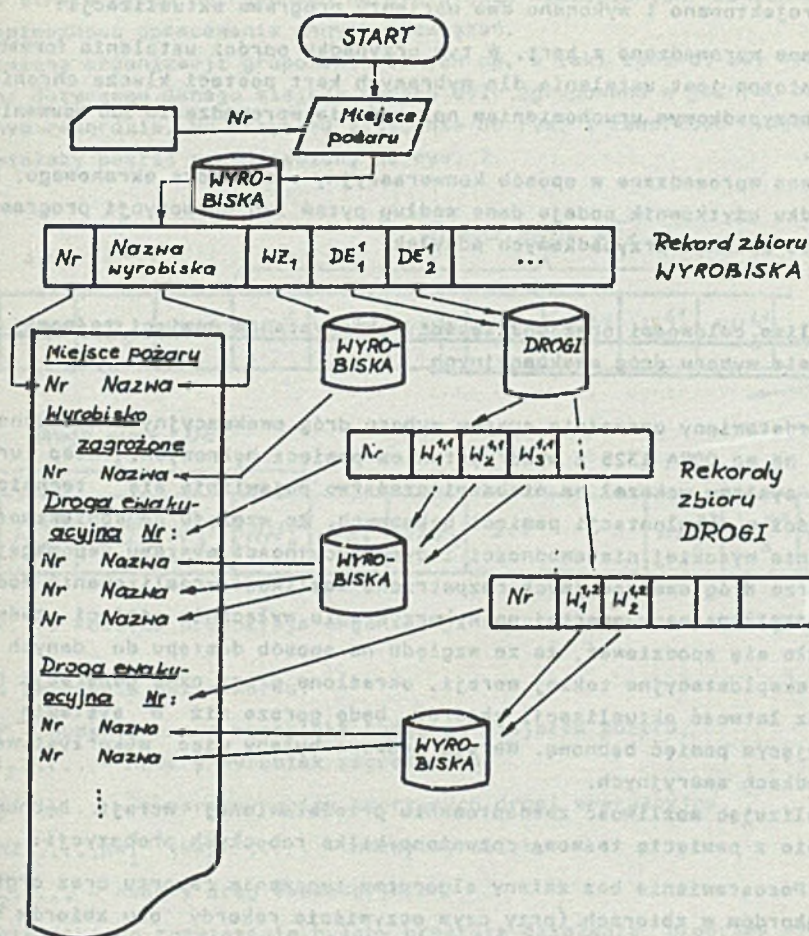
Rys. 5. Rozmieszczenie rekordów kontynuacyjnych

4. Program wydruku raportu o wyrobiskach zagrożonych i drogach ewakuacyjnych

Wielkością wejściową do programu jest numer wyrobiska będącego miejscem pożaru. W raporcie wszystkie wyrobiska określane są poprzez ich numery i nazwy.

Algorytm tworzenia raportu przedstawia rys. 6.

W przypadku wystąpienia pożaru w wyrobisku ślepy (niepusta zawartość pola P2 - miejsce pożaru pozornego - w rekordzie zbioru WYROBISKA dotyczącym miejsca pożaru) po wydruku raportu dotyczącego właściwego miejsca pożaru drukowana jest dodatkowa część raportu przy założeniu, że pożar wystąpił w wyrobisku P2. Sprowadza się to do podwójnej realizacji procedury wydruku raportu.



Rys. 6. Algorytm generacji raportu o wyrobiskach zagrożonych i drogach ewakuacji

5. Program aktualizacji zbiorów danych

Ciągle zmieniająca konfiguracja kopalnianej sieci wyrobisk pociąga za sobą konieczność bieżącej aktualizacji utworzonych zbiorów danych. Program aktualizacji umożliwi między innymi:

- wprowadzanie nowych rekordów do zbiorów WYROBISKA i DROGI (tzn. włączenie do systemu nowego wyrobiska lub nowej drogi ewakuacyjnej),
- wydruk zawartości wskazanych rekordów obu zbiorów,
- wyszukiwanie i usuwanie wskazanych wyrobisk w rekordach obu zbiorów.

Zaprojektowano i wykonano dwa warianty programu aktualizacji:

- Dane wprowadzone z kart. W tym przypadku oprócz ustalenia formatu danych istotne jest ustalenie dla wybranych kart postaci klucza chroniącego przed przypadkowym uruchomieniem np. zadania wprowadzania lub usuwania rekordów.

- Dane wprowadzone w sposób konwersacyjny z monitora ekranowego. W tym przypadku użytkownik podaje dane według pytań lub propozycji programu. Pozwala to uniknąć przypadkowych pomyłek.

6. Analiza celowości oraz możliwości wykorzystania pamięci taśmowej w systemie wyboru dróg ewakuacyjnych

Przedstawiony uprzednio system wyboru dróg ewakuacyjnych uruchomiony został na mc ODRA 1325 z wykorzystaniem pamięci bębnowych. Etap uruchamiania systemu wskazał na niebezpieczeństwo pojawiania się technicznych trudności w eksploatacji pamięci bębnowych. Ze względu na konieczność zapewnienia wysokiej niezawodności i dyspozycyjności systemu wspomagającego w wyborze dróg ewakuacyjnych rozpatrzono możliwość zrealizowania dodatkowej wersji systemu, opartej na wykorzystaniu wyłącznie pamięci taśmowej. Należało się spodziewać, że ze względu na sposób dostępu do danych własności eksploatacyjne takiej wersji, określone przez czas generacji raportu oraz łatwość aktualizacji zbiorów, będą gorsze niż w systemie wykorzystującym pamięć bębnową. Wersja taśmowa byłaby więc wykorzystywana w przypadkach awaryjnych.

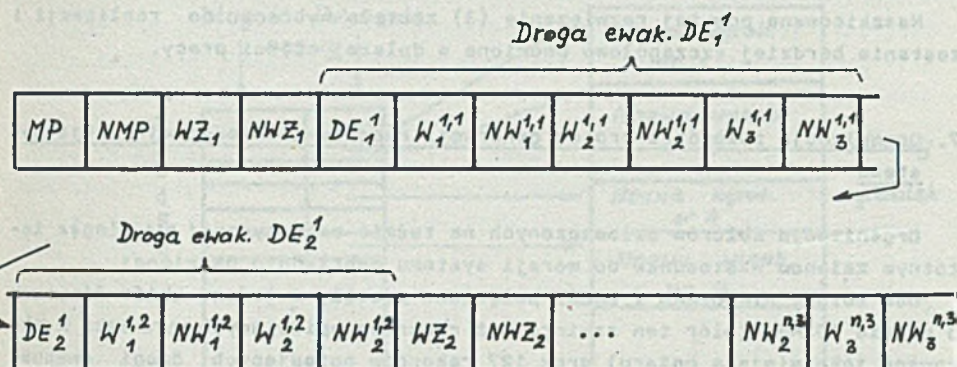
Analizując możliwość zaadaptowania przedstawionej wersji bębnowej w systemie z pamięcią taśmową rozważono kilka roboczych propozycji:

1) Pozostawienie bez zmiany algorytmu tworzenia raportu oraz organizacji rekordów w zbiorach (przy czym oczywiście rekordy obu zbiorów byłyby zapisywane kolejno na taśmie). Zaletą tego rozwiązania byłaby możliwość zachowania prostej organizacji zbiorów danych i wynikająca stąd prostota aktualizacji tych zbiorów. Wadą byłaby natomiast konieczność wielokrotnego przeszukiwania zbiorów w trakcie generacji raportu. Zauważmy bowiem, że odwołania do pamięci zewnętrznej wykonywane w trakcie tworzenia raportu obejmują (zgodnie z rys. 6):

- wyszukanie w zbiorze WYROBISKA rekordu opisującego miejsce pożaru (z zachowaniem treści tego rekordu w buforze pamięci operacyjnej),
- dla kolejnych wyrobisk zagrożonych wyszukanie w zbiorze WYROBISKA rekordów zawierających nazwy tych wyrobisk,
- dla każdego numeru drogi ewakuacyjnej odczytanie ze zbioru DROGI ciągu numerów wyrobisk tworzących drogę ewakuacyjną,
- dla każdego numeru wyrobiska tworzącego drogę ewakuacyjną wyszukanie rekordu w zbiorze WYROBISKA zawierającego nazwę wyrobiska.

Duża strata czasu potrzebnego na wyszukania wymienionych danych sugeruje konieczność opracowania innych rozwiązań.

2) Zmiana organizacji grupowania danych np. w taki sposób, aby wszystkie dane dotyczące danego miejsca pożaru były zgrupowane w jednym, bardzo obciążonym rekordzie. Na przykład stosownie do rys. 1 zawartość tego rekordu miałyby postać przedstawioną na rys. 7.



Rys. 7. Robocza propozycja organizacji rekordu w pamięci taśmowej

Opis znaczenia pól rekordu:

- MP, NMP - numer i nazwa wyrobiska będącego miejscem pożaru,
- WZ₁, WZ₂, ..., - numery wyrobisk zagrożonych,
- W₁^{1,1}, W₂^{1,1}, ..., - numery wyrobisk tworzących drogi ewakuacyjne,
- NWZ₁, NWZ₂, ..., NW₁^{1,1}, NW₂^{1,1}, ..., - nazwy wyrobisk,
- DE₁¹, DE₂², ..., - numery dróg ewakuacyjnych.

Zaletą takiego rozwiązania byłaby prostota działania programu wydruku raportu. Generacja raportu polegałaby bowiem na przepisaniu danych - po odpowiednim sformatowaniu - z taśmy na drukarkę.

Z koncepcją tą związane byłyby jednak następujące wady:

- Duża objętość zbioru wynikająca przede wszystkim z wielokrotnego powtarzania nazw wyrobisk.
- Długi maksymalny czas wyszukiwania potrzebnego rekordu wynikający z dużej objętości zbioru.
- Bardzo złożony proces aktualizacji zbioru. Przykładowo, ze zmianą przebiegu dowolnej drogi ewakuacyjnej wiązałyby się zmiany wszystkich rekordów tej drogi zawierających.

3) Przyjęcie rozwiązania z punktu 1, tzn. bez istotnych zmian w organizacji zbioru i koncepcji generacji raportu, ale z wprowadzeniem dodatkowego etapu przetwarzania.

Informacje potrzebne do tworzenia raportu ołyby mianowicie na początku przepisywane z pamięci taśmowej do zbiorów roboczych w pamięci operacyjnej. Wymaga to tylko jednokrotnego odczytu wszystkich rekordów zbioru. Generacja raportu wykonywana następnie w oparciu o dane w pamięci operacyjnej przebiega wtedy bardzo szybko.

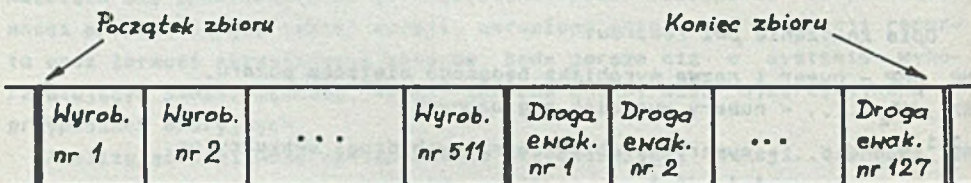
Rozwiązanie to łączy zaletę prostoty organizacji i aktualizacji zbioru z korzystnym faktem jednokrotnego tylko przeglądu zbioru.

Naszkicowane powyżej rozwiązanie (3) zostało wybrane do realizacji i zostanie bardziej szczegółowo omówione w dalszej części pracy.

7. Organizacja zbiorów i proces generacji raportu dla taśmowej wersji systemu

Organizacja zbiorów umieszczonych na taśmie magnetycznej nie uległa istotnym zmianom w stosunku do wersji systemu poprzednio omówionej.

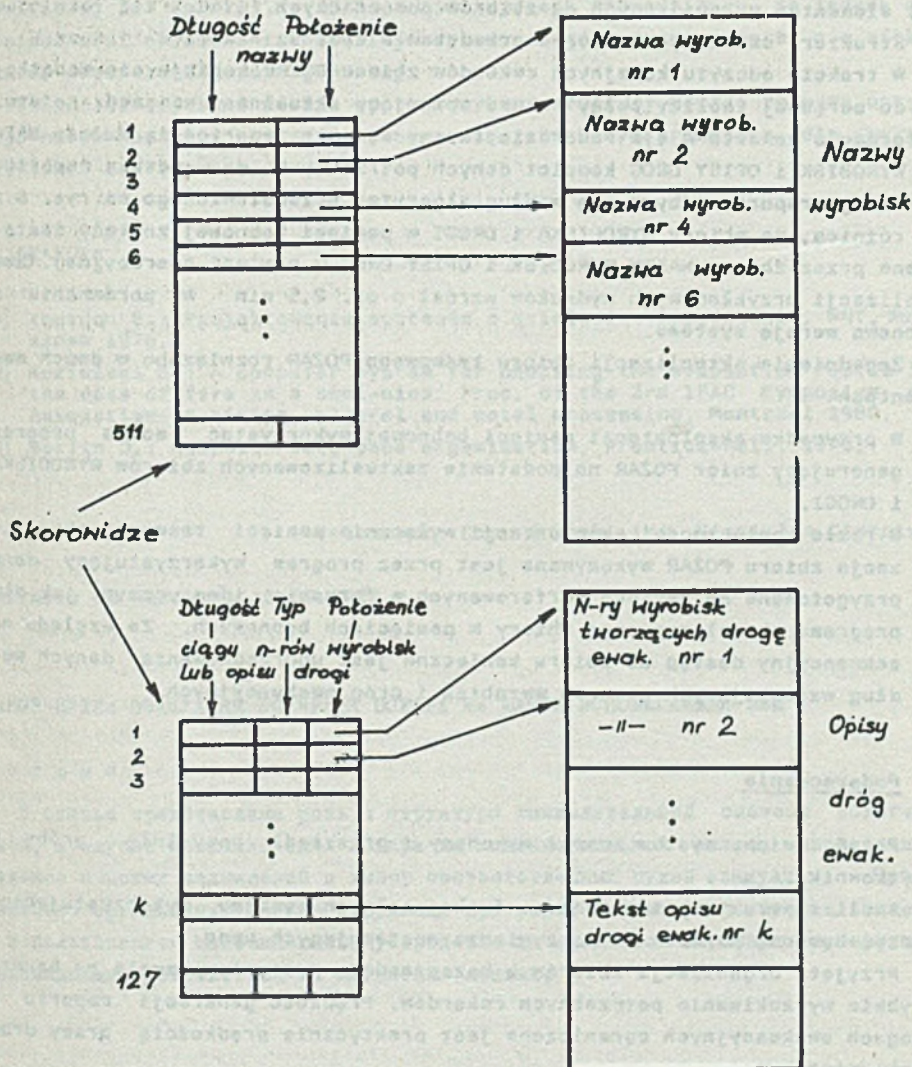
Oba zbiory WYROBISKA i DROGI połączone zostały w jeden zbiór fizyczny o nazwie POŻAR. Zbiór ten zawiera 511 rekordów opisujących wyrobiska (traktowane jako miejsca pożaru) oraz 127 rekordów opisujących drogi ewakuacyjne. Rekordy te umieszczone są kolejno (rys. 8).



Rys. 8. Organizacja zbioru POŻAR w pamięci taśmowej

Długość obu typów rekordów zwiększono do 250 słów, co wyeliminowało konieczność tworzenia rekordów kontynuacyjnych. Do rekordu opisującego wyrobisko wprowadzono dodatkowe pole określające długość nazwy wyrobiska. Rekord opisujący drogę ewakuacyjną może zawierać numery wyrobisk tworzących tę drogę bądź też tekst opisu postępowania dla załogi w danym przypadku. Do rekordu wprowadzono w związku z tym dwa pola zawierające liczbę wyrobisk tworzących drogę ewakuacyjną oraz długość tekstu. Pozostałe szczegóły organizacji rekordów nie uległy zmianie.

Proces generacji raportu rozpoczyna się od odczytu wszystkich rekordów zbioru POŻAR. W trakcie odczytu tworzone są w pamięci operacyjnej dwa zbiory pomocnicze o skorowidzowej organizacji dostępu. Do zbioru NAZWY WYROBISK zapisywane są nazwy wszystkich wyrobisk, zaś do zbioru OPISY DRÓG wprowadza się numery wyrobisk tworzących drogi ewakuacyjne bądź też teks-



Rys. 9. Organizacja zbiorów pomocniczych w pamięci operacyjnej

ty opisów dróg. Dla oszczędności pamięci zbiory te są wypełniane "gęsto" tylko znakami tekstu lub numerami wyrobisk. Objętość obu zbiorów nie przekracza 4 K słów pamięci operacyjnej.

W trakcie wypełniania omawianych zbiorów uzupełniane są również informacje w tablicach skorowidzów. Tablice te zawierają dane o położeniu, długości i ewentualnie typie (ciąg numerów wyrobisk czy tekst opisu drogi) elementów wprowadzanych do zbiorów pomocniczych.

Strukturę omawianych zbiorów przedstawia rys. 9.

W trakcie odczytu kolejnych rekordów zbioru POŻAR kopiuje się dodatkowo do odrębnej tablicy pełny rekord opisujący aktualne miejsce pożaru. Informacja zawarta w tym rekordzie tworzy razem z zawartością zbiorów NAZWY WYROBISK i OPISY DRÓG komplet danych potrzebnych do wydruku raportu. Generacja raportu odbywa się według algorytmu przedstawionego na rys. 6 z tą różnicą, że zbiory WYROBISKA i DROGI w pamięci bębnowej zostały zastąpione przez zbiory NAZWY WYROBISK i OPISY DRÓG w pamięci operacyjnej. Czas realizacji przykładowych wydruków wzrósł o ok. 2,5 min w porównaniu z bębnową wersją systemu.

Zagadnienie aktualizacji zbioru taśmowego POŻAR rozwiązano w dwóch wariantach:

- a) W przypadku eksploatacji pamięci bębnowej wykorzystać można program generujący zbiór POŻAR na podstawie zaktualizowanych zbiorów WYROBISKA i DROGI.
- b) W razie konieczności eksploatacji wyłącznie pamięci taśmowej aktualizacja zbioru POŻAR wykonywana jest przez program wykorzystujący dane przygotowane na kartach perforowanych w formie identycznej jak dla programu aktualizującego zbiory w pamięciach bębnowych. Ze względu na sekwencyjny dostęp do zbioru konieczne jest uporządkowanie danych według wzrastających numerów wyrobisk i dróg ewakuacyjnych.

8. Podsumowanie

Przedstawiony system został wykonany i przeszedł pomyślnie próby u użytkownika.

Analiza struktury i własności funkcjonalnych systemu wykorzystującego pamięć bębnową pozwala na poczynienie następujących uwag:

Przyjęta organizacja zbiorów o bezpośrednim dostępie pozwala na bardzo szybko wyszukiwanie potrzebnych rekordów. Prędkość generacji raportu o drogach ewakuacyjnych ograniczona jest praktycznie prędkością pracy drukarki wierszowej.

Łatwość dostępu do rekordów okupiona jest niepełnym wykorzystaniem zarezerwowanego dla zbiorów systemu obszaru pamięci zewnętrznej. Jest to przykład klasycznego konfliktu występującego przy tego typu organizacji zbiorów danych.

Istnienie obszarów pustych w zbiorach danych wynika z jednej strony z braku pewnych rekordów (liczbę numerów wyrobisk i dróg ewakuacyjnych przyjęto z pewnym zapasem), z drugiej zaś strony z faktu niezapełniania całego obszaru rekordów (posiadających stałą długość).

Poprawy efektywności wykorzystania pamięci bębnowej można by szukać w innych rozwiązaniach organizacji zbiorów, np. z wykorzystaniem metody skrowidzowej lub opartej na funkcji mieszającej. Prowadziłyby to jednak do konieczności opracowania bardziej rozbudowanego oprogramowania, a w efekcie do pogorszenia czasu generacji raportu.

Własności użytkowe wersji systemu wykorzystującej pamięć taśmową ustępują nieco wersji z pamięcią bębnową, są jednak wystarczające dla wykorzystania zastępczego.

LITERATURA

- [1] Yourdon E.: Projektowanie systemów o działaniu bezpośrednim. WNT, Warszawa 1976.
- [2] Kozielski S.: A computer system for choosing the evacuation routes in the case of fire in a coal-mine. Proc. of the 3rd IFAC Symposium on Automation in mining, mineral and metal processing, Montreal 1980.
- [3] Martin J.: Computer data-base organization. Prentice-Hall, 1975.

Recenzent: Doc. dr hab. inż. Stanisław Cierpiez

Wpłynęło do Redakcji 16.03.1982 r.

ВИБОР ПУТЕЙ ЭВАКУАЦИИ ВО ВРЕМЯ ПОЖАРА НА ШАХТЕ ВСПОМАГАЕМЫМ ЭВМ

Резюме

В статье представлена роль и структура вычислительной системы облегчающей, в случае возникновения пожара на каменноугольной шахте, определения районов опасных задымлений и выбор соответственных путей эвакуации. Представлено организацию файлов и функции программ. Рассмотрено версию системы с использованием запоминающего устройства на магнитном барабане и версию с запоминающим устройством на магнитных лентах.

THE COMPUTER AIDED CHOISE OF EVACUATION ROUTES IN THE CASE OF FIRE IN A COAL-MINE

S u m m a r y

The paper presents the functions and structure of the computer system, which facilitates determination of minefields threatened by smokiness and selection of the evacuation routes in the case of fire emergency in a coal-mine.

The data files organization and the functions of programs have been shown.

Two versions of the system have been presented: one based on a magnetic drum store and another based on a magnetic tape store.