

STEFAN SAJKIEWICZ
INSTYTUT KONSTRUKCJI
I EKSPLOATACJI MASZYN
POLITECHNIKI WROCŁAWSKIEJ
WROCŁAW

MODEL CYFROWY PROCESU EKSPLOATACJI SYSTEMU
TRANSPORTOWEGO O NIECIĄGŁEJ STRUKTURZE TECH-
NOLOGICZNEJ

W pracy podano w sposób syntetyczny jakościową analizę systemu transportowego, systemy relacyjne ogólnej eksploatacji fizycznych elementów systemu transportowego, system relacyjny użytkowania wozów oponowych, formę identyfikacji cyfrowej eksploatacji systemu transportowego oraz ogólny schemat blokowy programu cyfrowego dla symulacji procesu eksploatacji systemu transportowego.

1. WSTĘP

Istotnym problemem w gospodarce narodowej jest racjonalne wykorzystanie istniejącego zasobu maszyn i urządzeń. Ważnym zadaniem jest więc ustalenie metody doboru odpowiednich maszyn i urządzeń tworzących optymalny dla wykonania określonego zadania system S_0 . W przypadku systemu transportowego zadanie to można sformułować w następujący sposób:

$$f: \{M, T, W, \beta, \lambda, K, A\} \rightarrow S_0 \quad (1)$$

gdzie: f jest metodą wyboru systemu transportowego; M jest I -tym podzbiorem zbioru M wszystkich branych pod uwagę maszyn i urządzeń. Elementy podzbioru M zostały wybrane ze zbioru M z uwagi na cel pracy systemu, warunki, w jakich ma on pracować i ewentualną technologię; T jest czasem określonym deterministycznie na wykonanie danego zadania; W jest określoną deterministycznie średnią wydajnością, z jaką ma pracować wybrany system, by w czasie T wykonał dane zadanie; β jest określonym deterministycznie prawdopodobieństwem tego, że wybrany system

transportowy zachowa przez czas co najmniej równy T wydajność potencjalną większą lub równą W ; λ jest określonym deterministycznie prawdopodobieństwem tego, że wartość oczekiwana wydajności użytkowej systemu transportowego będzie nie mniejsza od W po czasie T ; K jest kosztem wykonania przez system jednej jednostki pracy; A jest stopniem wykorzystania poszczególnych elementów systemu transportowego w systemie użytkowania.

Istotnym elementem metody jest model cyfrowy symulacji procesu eksploatacji systemu transportowego. Aby zbudować taki model, należy: przeanalizować zjawiska, jakie zachodzą w trakcie eksploatacji konkretnego systemu transportowego o nieciągłej strukturze technologicznej, zinterpretować je w sposób logiczno-metodologiczny, wydzielić stany eksploatacji fizycznych elementów systemu transportowego, opisać na nich systemy relacyjne, ustalić miary dla stanów i relacji, ustalić formę identyfikacji cyfrowej przemian zachodzących w trakcie eksploatacji systemu oraz koncepcję budowy systemu cyfrowego. W sposób syntetyczny podano: jakościową analizę systemu transportowego, systemy relacyjne, formę identyfikacji cyfrowej eksploatacji systemu transportowego, poglądowy schemat blokowy opracowanego przez autora pracy programu cyfrowego dla symulacji procesu eksploatacji systemu transportowego. W sposób szczegółowy zagadnienia te omówiono w pracy [1].

2. JAKOŚCIOWA ANALIZA SYSTEMU TRANSPORTOWEGO

O NIECIĄGŁEJ STRUKTURZE TECHNOLOGICZNEJ

System transportowy będzie skończonym zbiorem fizycznych elementów

$$N = \{N_1, N_2, N_3, N_4\} \quad (2)$$

gdzie: N_1 jest podzbiorem tylko wozów oponowych transportujących urobek; N_2 jest podzbiorem tylko ładowarek, których zadaniem jest załadunek wozów oponowych; N_3 jest podzbiorem tylko punktów wyładunkowych dla wozów oponowych; N_4 jest podzbiorem tylko tras jazdy wozów oponowych. N_1 jest podzbiorem elementów obsługiwanych przez elementy obsługujące z podzbiorów N_2, N_3, N_4 . Elementy systemu transportowego są ze sobą sprzężone w trakcie procesu użytkowania, tworząc podsystemy zidentyfikowane parami podzbiorów zbioru N : (N_1, N_2) to podsystem załadunkowy, (N_1, N_3) to podsystem wyładunkowy, (N_1, N_4) to podsystem komunikacyjny.

3. STANY EKSPLOATACJI ELEMENTÓW SYSTEMU TRANSPORTOWEGO, SYSTEMY RELACYJNE, MIARY

Dla każdego fizycznego elementu $e_i \in N_i$; $i = 1, 2, 3, 4$; systemu transportowego wyróżniono następujące stany ogólnej eksploatacji: x_{i1} jest stanem pochłaniającym, x_{i2} stanem usuwania awarii, x_{i3} stanem rezerw wymuszonych, x_{i4} stanem rezerw operacyjnych, x_{i5} stanem użytkowania. Stan x_{i1} ; $i = 1, 2, 3, 4$; obejmuje klasę elementarnych stanów, w których może się znaleźć element $e_i \in N_i$ w wyniku procesu starzenia się lub arbitralnej decyzji, np. o przeniesieniu tego elementu do innego systemu transportowego.

Stan x_{i2} ; $i = 1, 2, 3, 4$; obejmuje klasę elementarnych stanów, w których może się znaleźć element $e_i \in N_i$ w trakcie usuwania awarii od momentu powstania do momentu jej usunięcia.

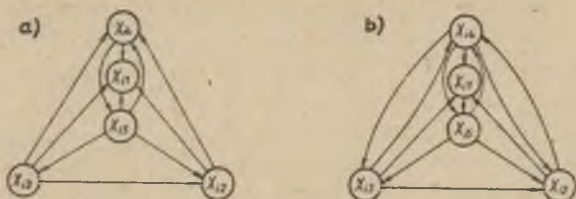
Stan x_{i4} ; $i = 1, 2, 3, 4$; obejmuje klasę elementarnych stanów, w których element $e_i \in N_i$ jest gotowy do przejścia do stanu x_{i5} , ale ze względu na arbitralną decyzję, opartą o analizę zestawu elementów znajdujących się w stanie x_{i5} , pozostaje poza tym stanem.

Stan x_{i5} ; $i = 1, 2, 3, 4$; obejmuje klasę elementarnych stanów, w których element $e_i \in N_i$ jest w sposób celowy sprzężony z innymi elementami $e_j \in N_j$, $j \neq i$, i w sposób aktywny realizuje zadania, dla jakich został elementem systemu.

Stan x_{i3} ; $i = 1, 2, 3, 4$; obejmuje klasę elementarnych stanów eksploatacji elementu $e_i \in N_i$, będących dopełnieniem sumy $x_{i1} \cup x_{i2} \cup x_{i4} \cup x_{i5}$ do zbioru X_i elementarnych stanów eksploatacji tego elementu.

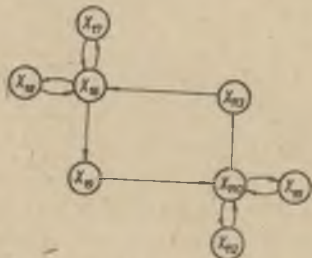
Systemy relacyjne ogólnej eksploatacji dla elementów $e_i \in N_i$; $i = 1, 2, 3, 4$; można określić ogólnie jako parę $\langle X_i, R_i \rangle$, gdzie R_i jest zbiorem relacji o polu X_i [2,3]. Elementy zbioru R_i mają charakter dwuczłonowy i można je zapisać w postaci: $\langle x_{i3}, x_{i2} \rangle \iff x_{i3} R x_{i2}$; $j, k = 1, 2, 3, 4, 5$. Obrazem systemów relacyjnych ogólnej eksploatacji $e_i \in N_i$ będą schematy grafów. Na rys. 1a przedstawiono schemat grafu dla systemów relacyjnych $\langle X_1, R_1 \rangle$ i $\langle X_2, R_2 \rangle$, a na rys. 1b dla $\langle X_3, R_3 \rangle$ i $\langle X_4, R_4 \rangle$. Wierzchołki grafów odpowiadają elementom zbiorów X_i , a łuki elementom zbiorów R_i , $i = 1, 2, 3, 4$.

Istotną sprawą jest zidentyfikowanie systemu relacyjnego użytkowania wozów oponowych w sprzężeniu z innymi elementami systemu. Wyróżniono następujące stany sprzężenia wozu oponowego z elementem systemu obsługującym go: x_{16} jest stanem załadunku wozu oponowego; x_{17} jest stanem oczekiwania wozu oponowego na załadunek przez ładowarkę, która w tym czasie jest sprzężona z innym wozem oponowym; x_{18} jest stanem zawieszenia procesu załadunku wozu oponowego z powodu krótkotrwałych zakłóceń, w tym również manewrów obydwu urządzeń; x_{19} jest stanem transportu masy urobku do punktu wyładunkowego; x_{110} jest stanem wyładunku wozu opono-



Rys. 1. Schematy grafów: a) dla systemów relacyjnych $\langle X_1, R_1 \rangle$ i $\langle X_2, R_2 \rangle$, b) dla systemów relacyjnych $\langle X_3, R_3 \rangle$ i $\langle X_4, R_4 \rangle$

wego; x_{111} jest stanem oczekiwania wozu oponowego na rozładunek w punkcie wyładunkowym, który w tym czasie jest sprzężony z innym wozem oponowym; x_{112} jest stanem zawieszenia procesu wyładunku wozu oponowego z powodu krótkotrwałych zakłóceń, w tym również manewrów wozu oponowego; x_{113} jest stanem powrotu wozu oponowego do miejsca załadunku. System relacyjny użytkowania wozów oponowych będzie parą $\langle X_1^2, R_1^2 \rangle$, gdzie: X_1^2 jest sumą wymienionych stanów x_{116}, \dots, x_{113} ; R_1^2 jest zbiorem relacji o polu X_1^2 . Obrazem tego systemu relacyjnego jest schemat grafu na rys. 2.



Rys. 2. Schemat grafu dla systemu relacyjnego $\langle X_1^2, R_1^2 \rangle$

Miarą stanu $e_i \in N_i$ będzie funkcja określona następująco

$$\Psi : x_{1ij} R x_{1ik} \rightarrow \Delta t \quad (3)$$

Funkcja Ψ ustala przedział czasu Δt przebywania określonego elementu $e_i \in N_i$ w stanie x_{1ij} od momentu znalezienia się tego elementu w stanie x_{1ij} do momentu przejścia do stanu x_{1ik} . Funkcja ta jest rozkładem prawdopodobieństwa uzyskanym z badań eksploatacyjnych.

4. IDENTYFIKACJA CYFROWA EKSPLOATACJI SYSTEMU TRANSPORTOWEGO

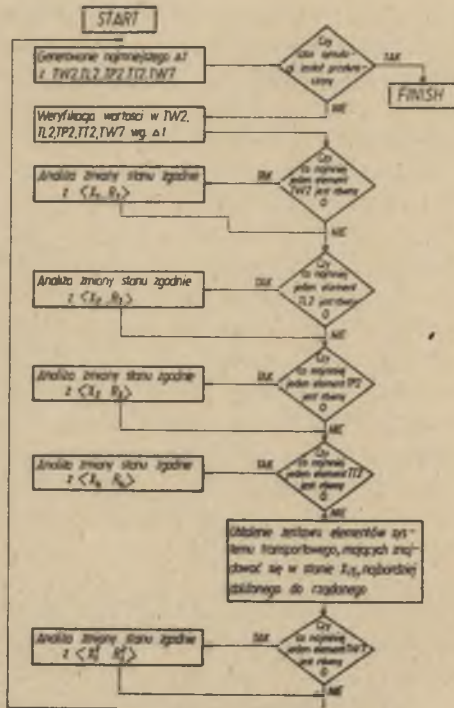
Informacje o elementach systemu transportowego i zjawiskach zachodzących w trakcie eksploatacji systemu są kodowane w jednowymiarowych tablicach. Informacje o wozach oponowych są kodowane w następujących tablicach o rozmiarze n_1 równym mocy zbioru N_1 , $n_1 = \bar{N}_1$: TW_1 jest tablicą ogólnego stanu eksploatacji wozów oponowych, elementy tej tablicy przyjmują wartości odpowiadające stanom ogólnej eksploatacji, w jakich znajdują

się wozy oponowe w danej chwili eksploatacji i tak: -2 odpowiada stanowi x_{11} , -1 stanowi x_{12} , 0 stanowi x_{13} , 1 stanowi x_{14} , 2 stanowi x_{15} ; TW2 jest tablicą zmiany stanu $e_1 \in N_1$, elementy tej tablicy to liczby rzeczywiste Δt identyfikujące czasy, jakie pozostały od chwili t określonym $e_1 \in N_1$ do zmiany stanu danego w TW1 na stan ustalony w TW3; TW3 jest tablicą stanów elementów $e_1 \in N_1$ po czasie $t + \Delta t$ zidentyfikowanych liczbami całkowitymi jak w TW1; TW4 jest tablicą zakodowanych charakterystyk techniczno-eksploatacyjnych elementów $e_1 \in N_1$, elementy tej tablicy to liczby naturalne identyfikujące charakterystyki; TW5 jest tablicą określającą czasy eksploatacji, po jakich określone elementy $e_1 \in N_1$ przechodzą do stanu x_{11} ; TW6 jest tablicą stanu użytkowania wozów oponowych, elementy tej tablicy to liczby całkowite identyfikujące stany użytkowania $e_1 \in N_1$ i tak: 4 odpowiada stanowi x_{17} , 5 stanowi x_{16} , 6 stanowi x_{19} , 7 stanowi x_{111} , 8 stanowi x_{110} , 9 stanowi x_{113} ; TW7 jest tablicą zmiany stanu użytkowania elementu $e_1 \in N_1$, jeśli $e_1 \in N_1$ jest poza użytkowaniem, to odpowiadająca mu wartość w tablicy TW7 jest równa 0, jeśli e_1 jest w stanie x_{17} lub x_{111} , to odpowiadająca mu wartość jest czasem przybycia wozu oponowego na miejsce wyładunku lub załadunku, jeśli e_1 jest w innym stanie użytkowania, to jest to czas zmiany stanu określonego w TW8; TW8 jest tablicą prognozowanych stanów użytkowania, a jej elementy to liczby całkowite określone już przy opisie tablicy TW6; TW9 jest tablicą identyfikującą urządzenia obsługujące w chwili t konkretne wozy oponowe; TW10 to tablica identyfikująca wozy oponowe, które nie są obsługiwane z powodu przejścia elementów obsługujących je do innego stanu niż użytkowanie, 1 to wóz oponowy nie obsługiwany na etapie załadunku, 3 na etapie wyładunku. Informacje o ładowarkach są kodowane w następujących tablicach o rozmiarze n_2 równym mocy zbioru N_2 , $n_2 = \overline{N_2}$: TL1, TL2, TL3, TL4 i TL5 to tablice, w których kodowane są te same informacje co w odpowiednich tablicach TW1, TW2, TW3, TW4 i TW5; TL6 jest tablicą identyfikującą sprzężenia wozów oponowych z konkretnymi ładowarkami i tak wartość 0 oznacza, że konkretna ładowarka oczekuje na przyjazd wozu oponowego, wartość $a > 0$ jest numerem wozu oponowego sprzężonego z ładowarką i oznacza, że ładowarka jest zajęta, wartość $a < 0$ oznacza, że ładowarka jest poza stanem x_{25} ; TL7 jest tablicą identyfikującą ilość wozów oponowych oczekujących na załadunek przez konkretną ładowarkę. Informacje o punktach wyładunkowych są kodowane w następujących tablicach o rozmiarze n_3 równym mocy zbioru N_3 , $n_3 = \overline{N_3}$: TP1, TP2, TP3, TP4 i TP5 to tablice, w których kodowane są te same informacje co w odpowiednich tablicach TW1, TW2, TW3, TW4 i TW5; tablice TP6 i TP7 odpowiadają odpowiednio tablicom TL6 i TL7. Informacje o trasach jazdy są kodowane w następujących tablicach o rozmiarze n_4 równym mocy zbioru N_4 , $n_4 = \overline{N_4}$: TT1, TT2, TT3, TT4 i TT5 to tablice, w których kodowane są te same informacje co w odpowiednich tablicach TW1, TW2, TW3, TW4 i TW5;

TT6 jest tablicą identyfikującą, ile wozów oponowych pełnych jest na danej trasie; TT7 jest tablicą identyfikującą, ile wozów pustych jest na danej trasie. W wymienionych tablicach koduje się tylko część informacji o systemie transportowym. Są to informacje najbardziej potrzebne. Pozostałe wiadomości o systemie koduje się również w tego typu tablicach, a ich szczegółowy opis znajduje się w pracy [1].

5. WNIOSKI

W oparciu o ustalenia, których skrót podano w tej pracy, zbudowano program cyfrowy dla symulacji procesu eksploatacji systemu transportowego o nieciągłej strukturze technologicznej. Ogólny schemat blokowy tego programu przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Ogólny schemat blokowy programu cyfrowego symulacji procesu eksploatacji systemu transportowego

Program w podanej postaci został wytestowany przy założeniu, że funkcje Ψ są równomiernymi rozkładami prawdopodobieństwa. Po wprowadzeniu do programu funkcji Ψ uzyskanych z konkretnych badań eksploatacyjnych w górnictwie odkrywkowym, podziemnym czy wreszcie w innych działach gospodarki narodowej oraz po opracowaniu sieci obliczeniowej będzie on kompletnym narzędziem do analizy systemów transportowych o nieciągłych strukturach technologicznych.

LITERATURA

- [1] Sajkiewicz S.; Gotowość systemów maszynowych o nieciągłych strukturach technologicznych. Część II. Raport 513 . Inst.Konstr.Ekspl. Maszyn PWr, Wrocław 1978 r.
- [2] Sadowski W.; Podstawy ogólnej teorii systemów, PWN, Warszawa 1978 r.
- [3] Moszner Z.; O teorii relacji, PZWS, Warszawa 1967 r.

ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ
РУДНИКОВ МЕДИ

Резюме

В статье представлен формальный и количественный анализ транспортной системы, схемы графов эксплуатации физических элементов объектов системы. Представлено цифровую модель транспортной системы и блок-схему для разработки программы на ЭМ процесса эксплуатации транспортной системы симуляционными методами.

MATHEMATICAL MODEL FOR EXPLOITATION PROCESS OF DISCONTINUOUS
TECHNOLOGICAL STRUCTURE TRANSPORTATION SYSTEM

Summary

The article deals with the problem of discontinuous technological structure transportation systems. Basing on qualitative analysis of work such a system a graph model for use of mining cars has been considered. The identification method and digital simulation algorithm for exploitation process of transportation system have been proposed.