

PRZEGLĄD METOD MODELOWANIA JAKO PODSTAWA BUDOWY SCENARIUSZY EKSPLOATACYJNYCH

Andrzej LOSKA

Streszczenie: Artykuł obejmuje przegląd metod modelowania stosowanych w eksploatacji. Jako podstawę klasyfikacyjną przyjęto strukturalny opis informacji eksploatacyjnej. Dokonano także oceny możliwości wykorzystania wybranych modeli do optymalizacji procesów decyzyjnych w obszarze zarządzania eksploatacją i utrzymaniem ruchu. Wskazano na potrzebę spójnego podejścia do problemu modelowania z propozycją wykorzystania do tego celu metod scenariuszowych.

Słowa kluczowe: modelowanie, modele eksploatacyjne, zarządzanie eksploatacją.

1. Wprowadzenie

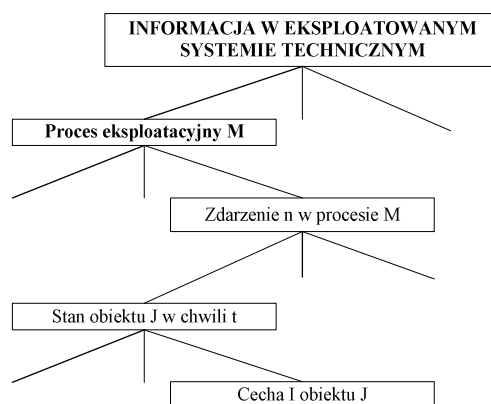
Obecne zadania służb eksploatacyjnych niektórych przedsiębiorstw przemysłowych wykraczają poza klasyczne ramy planowania, realizacji i rozliczania prac obsługowo-naprawczych, szczególnie w zakresie sposobów racjonalizacji i optymalizacji procesu decyzyjnego zarówno w krótkim, jak i dłuższym horyzoncie czasowym.

Zarówno w teorii eksploatacji środków i systemów technicznych, jak i w praktycznych zastosowaniach tej teorii, wiele uwagi poświęca się problemowi modelowania. Przyjmuje się jednocześnie, że model jest to taki dający się pomyśleć lub materialnie zrealizować układ, który odzwierciedlając lub odtwarzając przedmiot badania, zdolny jest zastępować go tak, że jego badanie dostarcza nam nowej informacji o tym przedmiocie [7].

Prowadzenie badań eksploatacyjnych związanych przede wszystkim z opracowaniem sposobu podejmowania optymalnych decyzji strategicznych dotyczących między innymi technicznie i ekonomicznie uzasadnionych terminów wycofywania obiektów z eksploatacji, długoterminowych sposobów postępowania w ramach określonych filozofii zarządzania czy sposobów realizacji prac obsługowo- wymaga budowy odpowiednich modeli zarówno obiektów technicznych, jak i realizowanych procesów eksploatacyjnych. Modele te powinny dobrze odzwierciedlać wybrane aspekty "rzeczywistości" eksploatacyjnej oraz muszą opierać się na fundamentach wynikających z teorii modelowania.

2. Wybrane aspekty modelowania w eksploatacji

Ze względu na dużą różnorodność modeli stosowanych w obszarze eksploatacji, w celu analizy ich przydatności, jako podstawę proponuje się przyjąć schemat, obrazujący relacje pomiędzy wybranymi cechami opisywanymi w dziedzinie eksploatacji systemów technicznych (rys. 1).



Rys. 1. Hierarchiczna struktura informacji eksploacyjnej [4]

Każdy z przedstawionych poziomów może obejmować zbiór modeli charakterystyczny dla omawianych aspektów eksploatacji systemów technicznych. Przy czym, ze względu na hierarchiczny układ zagadnień eksploacyjnych powodujący pełną współzależność elementu nadrzędnego i elementów podrzędnych, w dalszej części dokonany zostanie przegląd modeli rozpoczynając od poziomu najniższego.

3. Modele obiektów eksploatacji

Modele przyporządkowane do najniższego poziomu w ramach rys. 1, uwzględniają najważniejsze grupy własności i właściwości obiektów eksploatacji, do których należą: efektywność, jakość, wydajność, funkcjonalność, obsługiwalność i diagnozowalność.

Zbiór cech obiektu eksploatacji w postaci odpowiednich własności i właściwości jest kształtowany w kolejnych fazach procesu zaspokajania potrzeb. Pozwala to na tworzenie i modyfikację (uzupełnianie i zmianę) zasobów danych o cechach takiego obiektu od początku jego istnienia aż do likwidacji.

W zależności od miejsca (etapu) w procesie zaspokajania potrzeb stanowiącego źródło powstawania informacji, można wyróżnić dwa typy danych [4]:

- dane o własnościach i właściwościach o charakterze uogólnionym,
- dane o własnościach i właściwościach o charakterze indywidualnym.

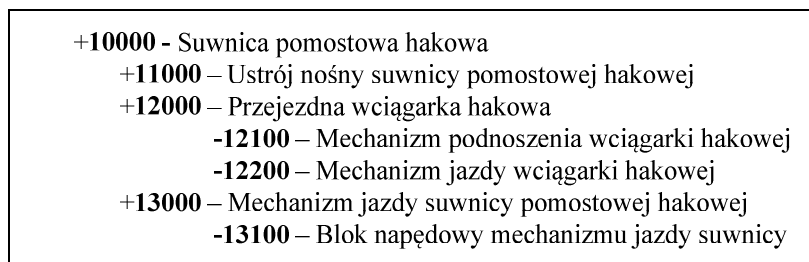
Dane pierwszego typu, których źródłem jest najczęściej proces projektowo-konstrukcyjny, dotyczą cech w odniesieniu nie do pojedynczego obiektu, lecz do pewnej klasy takich obiektów. Typowym przykładem własności opisanych danymi tego typu są cechy konstrukcyjne (geometryczne, materiałowe, dynamiczne) będące wynikiem przeprowadzonych obliczeń konstrukcyjnych. W rezultacie wartości/dane opisujące cechy konstrukcyjne dotyczą klasy obiektów identyfikowanych tą samą konstrukcją.

Dane drugiego typu odnoszą się do indywidualnych cech obiektu osiągniętych w chwili, gdy obiekt taki zaistnieje jako skutek procesu wytwarzania.

Wśród podstawowych modeli opisujących obiekty techniczne wyróżnia się:

- modele strukturalne - odzwierciedlające wybrane elementy złożonego układu/systemu technicznego i relacje między nimi,
- modele funkcjonalne - odzwierciedlające wpływ wybranych elementów i relacji na sposób funkcjonowania i sterowania obiektem/systemem technicznym.

W praktycznych zastosowaniach, szczególne znaczenie mają modele strukturalne, które pokazują powiązania i lokalizację geometryczną wyróżnionych elementów obiektu przez co są wygodne dla analizy organizacji obiektu i zagadnień związanych z kierowaniem i sterowaniem obiektem lub dla analizy jego konstrukcji. Przykładem modelu tej klasy jest model hierarchiczny, obrazujący powiązania pomiędzy poszczególnymi podzespołami i elementami tworzącymi obiekt. Przykład takiego modelu przedstawiono na rys. 2.



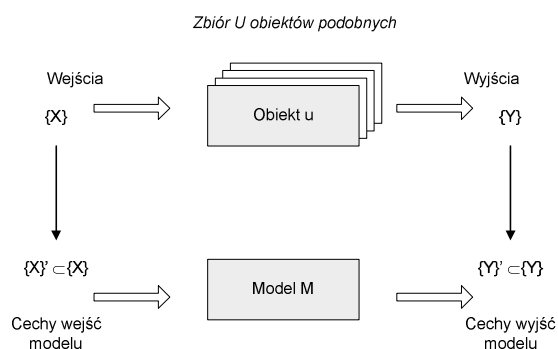
Rys. 2. Model strukturalny obiektu eksploatacji

W tym przypadku poszczególne "fragmenty" modelowanego obiektu są reprezentowane przez odrębne bloki, powiązane ze sobą z uwzględnieniem zasady dekompozycji hierarchicznej. Modele takie są w praktyce wykorzystywane jako podstawa informacyjna funkcjonowania systemów wspomagania zarządzania. Stanowią także pomoc w funkcjonalnym podziale elementów (np. na elementy aktywne, elementy pasywne, elementy podstawowe, elementy rezerwowe itp.). Opisane w ten sposób obiekty techniczne, systemy czy instalacje stanowią podstawę decyzyjną i analityczną działania takich narzędzi.

Drugi rodzaj - modele funkcjonalne przybierają bardzo różne formy od modeli o strukturze uporządkowanej do modeli o bardziej "luźnej" formie. Innym sposobem klasyfikacji jest podział modeli obiektów z punktu widzenia sposobu ich tworzenia. Wyróżnia się [5, 4]:

- modele grupowe opisujące zbiór obiektów podobnych,
- modele indywidualne opisujące pojedyncze i specyficzne obiekty techniczne.

Na potrzeby opisu obiektów technicznych stosowane są częściej modele grupowe (rys. 3). Wynika to z potrzeby pewnych uogólnień, odnoszonych np. do typowego zachowania w toku użytkowania obiektu o określonej konstrukcji, nie zaś konkretnego egzemplarza. Można przyjąć, że obiekt taki jest traktowany jako element zbioru obiektów (wykonanych według tej



Rys. 3. Schemat modelu grupowego obiektu technicznego [4]

samej konstrukcji, użytkowany w tych samych lub podobnych warunkach itp.). Drugi rodzaj modeli - modele indywidualne oparte są na strukturalnym sposobie opisu obiektów technicznych i uwzględniają pełną specyfikę poszczególnych i powiązań. W tym przypadku rozpatruje się przede wszystkim wewnętrzną strukturę modelowanego obiektu. Można przy tym uzyskać informację o położeniu przestrzennym poszczególnych fragmentów modelowanego obiektu oraz o geometrycznym aspekcie powiązania tych elementów w całość.

4. Modele opisujące stan techniczny obiektu eksploatacji

Stan obiektu eksploatacji może być wyrażony przez zbiór wartości (informacji) charakteryzujących jego strukturę (w postaci cech stanu) oraz intensywność procesów zachodzących podczas działania tego obiektu w momencie jego obserwacji lub badania (w postaci symptomów stanu). Ze względu na zależność czasową stanu technicznego i opisujących go cech, modele opisujące stan techniczny posiadają często charakter indywidualny, to znaczy odnoszą się do konkretnego egzemplarza obiektu.

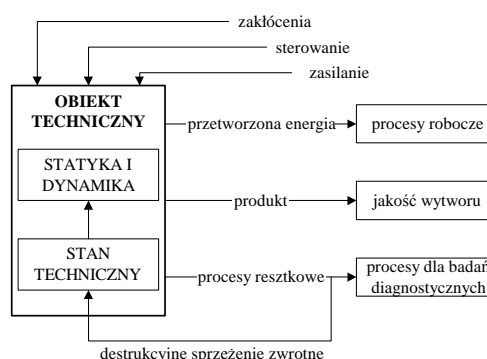
Modele rozpatrywane w tym obszarze można w większości przypadków odnieść do sposobu identyfikacji stanu technicznego. Podstawą może być tutaj model maszyny jako układu działającego (rys. 4).

Stan techniczny obiektu można określać obserwując jego działanie, tzn. wyjście główne przekształconej energii (lub produktu) oraz wyjście dyssypacyjne, gdzie obserwuje się procesy resztkowe. W szczególności możliwa jest [8]:

- obserwacja procesów roboczych, poprzez monitorowanie parametrów pracy obiektu w sposób ciągły lub okresowy,
- badanie jakości wytworów, zgodności pomiarów, pasowań, połączeń, itp., wynikające z proporcjonalnej zależności jakości produktu i stanu technicznego środka produkcji,
- obserwacja procesów resztkowych (wibroakustycznych, elektrycznych, magnetycznych, cieplnych, tarcowych itp.) stanowiących podstawę metod diagnostyki technicznej.

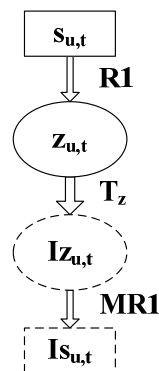
Modele reprezentujące zmiany stanu obiektów eksploatacji mają swoje miejsce w obszarze diagnostyki technicznej [8, 1, 2], ich praktyczne aspekty zastosowania są bardzo różne i często odnoszą się do indywidualnych rozpatrywanych przypadków. Najbardziej uniwersalny model zadania diagnostycznego został przedstawiony w [4]. Budowa takiego modelu składa się z kilku etapów (rys. 5):

1. Wybór ze zbioru wszystkich cech stanu obiektu podzbioru takich cech, który można w pełni uznać za podstawę oceny stanu. Wynika to z konieczności ilościowego ograniczenia cech, gdyż w przeciwnym razie oznaczałoby to przetwarzanie



Rys. 4. Model maszyny jako układu działającego [1]

- nieskończenie licznego zbioru danych.
- Określenie sposobu identyfikacji wartości wybranych cech obiektu w postaci określenia metody ich pomiaru, a tym samym procedur pozyskiwania i gromadzenia informacji.
 - Określenie sposobu klasyfikacji stanów oraz opisu zbioru takich klas. Wynika to z wyboru, jako podstawy oceny stanu technicznego, wartości niektórych cech obiektu i jednocześnie rezygnacji z możliwości rozróżnienia pomiędzy stanami chwilowymi różniącymi się wartościami cech pomijanych. Stąd możliwe jest rozróżnianie pewnych klas stanów (a nie poszczególnych stanów).
 - Zidentyfikowanie relacji diagnostycznej jako podstawy przyporządkowania wartości cech stanu do zmierzonych wartości parametru diagnostycznego. Stan techniczny obiektu można ocenić na podstawie zmierzonych wartości parametrów diagnostycznych zawartych w obserwowalnych procesach wyjściowych, pod warunkiem, że znane są związki pomiędzy cechami stanu i parametrami diagnostycznymi. Charakter tych zależności i zawarte w nich informacje wyznaczają sposób dalszego postępowania w zakresie identyfikacji stanu technicznego rozpatrywanego obiektu.



Rys. 5. Etapy budowy zadania diagnostycznego [1]

5. Modele opisujące zdarzenia eksploacyjne

Przynależność modeli do tej grupy wynika bezpośrednio z definicji zdarzenia eksploacyjnego, mówiącej, że są to zmiany stanu obiektu w zakresie dwóch klas stanów. Stąd podstawowe modele wynikają z typowych sposobów przebiegu takich zdarzeń. Wyróżnia się następujące rodzaje zdarzeń eksploacyjnych [4]:

- zdarzenia zamierzone, obejmujące sytuacje, które wynikają ze świadomego działania człowieka w stosunku do obiektu eksploatacji (np. wyłączenie obiektu z ruchu w celu dokonania przeglądu czy konserwacji),
- zdarzenia niezamierzone, obejmujące sytuacje, które występują samoczynnie, bez wcześniejszych świadomych działań decyzyjnych człowieka.

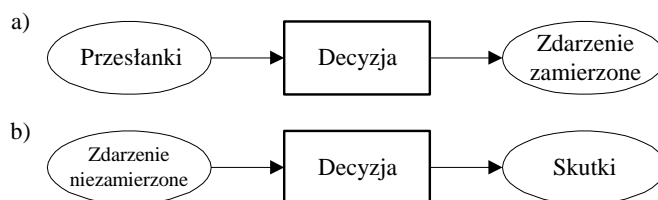
Zdarzenia zamierzone mogą dotyczyć zmiany stanu obiektu eksploatacji pomiędzy:

- dowolnymi klasami stanów zlokalizowanych w obszarze „względnej” zdatności (chodzi tu o taki stan obiektu, który umożliwia użytkowanie go bez wpływu na dwa podstawowe kryteria procesu eksploatacji, a mianowicie kryterium bezpieczeństwa i kryterium jakości), czyli np. zmiana charakteru pracy lub trybu działania obiektu,
- klasą stanu niezdatności a klasą stanu zdatności (np. przekazanie obiektu do użytkowania i uruchomienie go).

Zdarzenia niezamierzone to prawie zawsze zmiana stanu obiektu pomiędzy klasą stanu „względnej” zdatności a klasą stanu niezdatności

Uwzględniając powyższą klasyfikację wyróżnia się dwa podstawowe modele decyzyjne:

- model decyzyjny wynikający ze zdarzeń zamierzonych (rys. 6a)
- model decyzyjny wynikający ze zdarzeń niezamierzonych (rys. 6b)



Rys.6. Modele decyzyjne wynikające z przebiegu zdarzeń eksploatacyjnych [4]

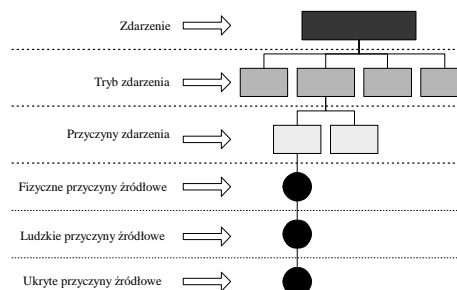
Model przedstawiony na rys. 6a dotyczy dwóch sytuacji:

1. decyzji w odniesieniu do zdarzeń zamierzonych, gdzie zdarzenie zamierzone jest w tym przypadku skutkiem (wynikiem) decyzji podjętej na podstawie określonych przesłanek,
2. decyzji w odniesieniu do stanu technicznego, zidentyfikowanego na podstawie cech stanu, których wartości stanowią przesłanki do wykonania określonych działań.

Model przedstawiony na rys. 6b dotyczy:

3. decyzji w odniesieniu do zdarzeń niezamierzonych, gdzie zdarzenie niezamierzone (zwykle jest to uszkodzenie) stanowi przesłankę do podjęcia decyzji związanej najczęściej z usunięciem skutków zdarzenia.

Informacja o zdarzeniach eksploatacyjnych powinna uwzględniać możliwość jednoznacznego i szczegółowego opisu odnoszącego się zarówno do zdarzeń zamierzonych, jak i zdarzeń niezamierzonych. Ze względu na ilość i jakość problemów, a także ewentualne konsekwencje skutków, większą wagę przykładają się do sposobu opisu zdarzeń niezamierzonych. Rozpatrując zasób informacji o zdarzeniach eksploatacyjnych, zwraca się uwagę



Rys.7. Przykład modelu drzewa logicznego [6]

na konieczność ujednoczenia struktury opisu poszczególnych elementów informacyjnych. Można to rozwiązać poprzez zastosowanie modeli o postaci:

- karty zdarzenia [6], stanowiącej szablon uporządkowanego pozyskiwania i gromadzenia szczegółowych informacji o zdarzeniach eksploatacyjnych,
- drzewa zdarzeń [2], stanowiącego strukturalny opis relacji pomiędzy zdarzeniem a stanem technicznym,
- drzewa logicznego [6], stanowiącego hierarchiczny opis relacji pomiędzy stanem elementarnym, możliwymi sposobami powstawania i przyczynami źródłowymi zdarzenia.

Przykład drzewa logicznego stanowiącego model opisu zdarzenia niezamierzonego przedstawiono na rys. 7.

6. Modele niezawodnościowe

Odrębną grupą modeli, bardzo ważnych z punktu widzenia eksploatacji, są modele niezawodnościowe. Nie można ich jednoznacznie przyporządkować do jednego z poziomów określonych na rys. 1, co wynika z następujących przesłanek:

- modele niezawodnościowe budowane są w oparciu o metody systemowe [3], wykorzystuje się do tego celu elementy blokowe, dlatego też modele takie nazywane są modelami systemowymi [4],
- złożone modele niezawodnościowe mogą opisywać obiekt eksploatacji w aspekcie strukturalnym, jak i funkcjonalnym, czyli przedstawiają zarówno powiązania pomiędzy elementami (relacje sprzężeń), jak i działanie w postaci sposobu przekształcania/przetwarzania wielkości wejściowych w wielkości wyjściowe (relacje przekształceń),
- podstawą oceny niezawodności jest identyfikacja zmian stanu technicznego, w szczególności rejestrowanie stanów uniemożliwiających prawidłowe funkcjonowanie (stanów przyporządkowanych do klasy niezdatności),
- modele niezawodnościowe wykorzystuje się do prowadzenia badań, których efektem jest opracowanie sposobów planowania i prowadzenia prac eksploatacyjnych w dłuższym horyzoncie czasowym.

Przedstawione powyżej uwarunkowania wskazują, że modele niezawodnościowe można by umieścić na wszystkich poziomach przedstawionych na rys. 1. Wskazuje to również na fakt, że waga tych modeli w eksploatacyjnym procesie decyzyjnym jest bardzo duża.

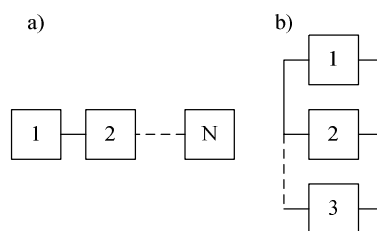
Podstawowy podział modeli niezawodnościowych zakłada istnienie dwóch podstawowych grup, a mianowicie:

- modeli o strukturze szeregowej (rys. 8a),
- modeli o strukturze równoległej (rys. 8b).

W oparciu o przedstawione struktury proste buduje się różnorodne struktury złożone odzwierciedlające budowę i funkcjonowanie obiektów rzeczywistych.

7. Modele opisujące procesy eksploatacji

Proces eksploatacyjny jest najczęściej definiowany jako zbiór uporządkowanych działań, realizowanych z udziałem obiektu w trakcie jego eksploatacji. Przebieg poszczególnych działań jest warunkowany indywidualnymi cechami eksploatowanych obiektów oraz ich otoczeniem organizacyjno-technicznym, co skutkuje unikalnością poszczególnych procesów eksploatacyjnych. Podstawą klasyfikacji procesów eksploatacji może być sposób ich opisu (modelowania), warunkujący realizację szczegółowych zadań związanych z takim procesem oraz podejmowaniem decyzji dotyczących tego procesu.

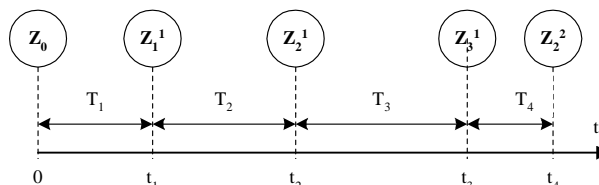


Rys.8. Modele niezawodnościowe, a) model szeregowy, b) model równoległy

Można wyróżnić dwa podstawowe sposoby opisu (modele) procesów eksploatacji [4]:

- model procesu eksploatacji jako sekwencja zdarzeń eksploatacyjnych,
- model procesu eksploatacji jako ciąg stanów obiektu eksploatacji.

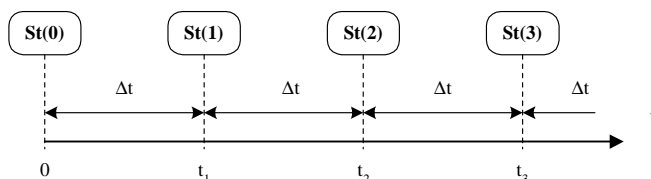
Model procesu eksploatacji jako sekwencja zdarzeń, charakteryzuje się tym, że zadania eksploatacyjne są podejmowane i realizowane na podstawie informacji o określonych zdarzeniach występujących w różnych chwilach czasowych (rys.9).



Rys. 9. Model procesu eksploatacji jako sekwencji zdarzeń [4]

Wymagane jest w tym przypadku określenie zbioru zdarzeń eksploatacyjnych, rozpoznawanych w danym procesie. Charakterystyczną cechą omawianego modelu jest zróżnicowanie odległości (wartości przedziałów) czasowych pomiędzy poszczególnymi zdarzeniami, czyli identyfikacja elementu w takim modelu jest uwarunkowana znajomością:

- chwili czasu, w której wystąpiło w procesie określone zdarzenie,
- przedziałów czasu pomiędzy poszczególnymi zdarzeniami.



Rys. 10. Model procesu eksploatacji jako ciągu stanów [4]

równych odstępach czasowych (rys. 10). Model ten jest ściśle powiązany z wykorzystaniem w obszarze eksploatacji środków i sposobów diagnostyki technicznej.

Model ten wymaga znajomości chwilowych stanów obiektu. Stany takie są obserwowane w określonych wstępnie punktach osi czasu eksploatacji. Charakterystyczną cechą tego modelu jest stałość kroku czasowego pomiędzy kolejnymi obserwacjami, co oznacza, że podstawą identyfikacji elementów modelu jest w tym przypadku indeks czasowy. Wymaga to znajomości:

- stanów identyfikowanych w określonych chwilach czasu życia obiektu,
- chwil czasu, w których wystąpiły w procesie określone stany (klasy stanów).

Budowane zgodnie z koncepcją „klasyczną” modele procesów eksploatacji mogą stanowić podstawę „zagospodarowania” czasu eksploatacyjnego poszczególnych obiektów, szczególnie w zakresie:

- Wyznaczania wybranych wskaźników eksploatacyjnych z uwzględnieniem stopnia uproszczenia/skomplicowania modelu, w odniesieniu do czasu wykonywania poszczególnych zadań. Dotyczy to zwłaszcza eksploatacji obiektów naprawialnych, w tym: modeli z zerowym oraz niezerowym czasem odnowy i zerowym oraz niezerowym czasem oczekiwania na odnowę.

- b. Identyfikacji zmian w czasie wybranych własności i właściwości stanowiących o zmianach stanu technicznego. Pozwala to na podejmowanie decyzji eksploatacyjnych w odniesieniu do przyszłego zachowania się obiektów.
- c. Identyfikacji i klasyfikacji strategii eksploatacyjnych jako sposobu prowadzenia prac w świetle przyjętej polityki eksploatacyjnej. Każdy typ zdarzenia warunkuje inny sposób postępowania, co przejawia się w odmiennych zasadach eksploataowania obiektów zawartych w ramach polityki eksploatacyjnej. W tym zakresie można wyróżnić [6]:
 - strategię eksploatacji według uszkodzeń, opartą na modelu procesu eksploatacji jako sekwencji zdarzeń niezamierzonych,
 - strategię eksploatacji według ilości wykonanej pracy, opartą na modelu procesu eksploatacji jako sekwencji zdarzeń zamierzonych,
 - strategię eksploatacji według stanu, opartą na modelu procesu eksploatacji jako ciągu stanów.

Należy zauważyć, że budowa modelu procesu eksploatacji wymaga uwzględnienia modeli zdarzeń eksploatacyjnych, stanów technicznych i cech obiektów, co jednoznacznie wynika także ze schematu przedstawionego na rys. 1.

8. Możliwości modelowania obiektów i procesów eksploatacji dla potrzeb optymalizacji decyzji eksploatacyjnych

Do najważniejszych celów i zadań badawczych formułowanych w obszarze eksploatacji należą:

- wydłużanie czasu efektywnej pracy obiektów technicznych
- skracanie czasu odnawiania zdolności eksploatacyjnej obiektów przy równoczesnym polepszeniu jakości odnawiania

W praktyce przemysłowej przekłada się to na optymalizację procesów decyzyjnych dotyczących planowania i realizacji prac użytkowych i obsługowo-naprawczych.

Optymalizacja taka może być prowadzona w oparciu o jednoznaczny i spójny zbiór modeli eksploatacyjnych. Jednakże praktyczne zastosowanie powyższych modeli (szczególnie modeli procesów eksploatacji) wiąże się z istotnymi ograniczeniami wynikającymi z:

- znacznych uproszczeń modeli w odniesieniu do organizacji, w której funkcjonują obiekty stanowiące przedmiot modelowania i zarządzania,
- „płaskiego” charakteru modeli pokazujących relacje przyczynowo-skutkowe w sposób jednowymiarowy bez uwzględniania interakcji z szeroko rozumianym otoczeniem w postaci dodatkowych aspektów okołoeksploatacyjnych (np. organizacyjnych czy ekonomicznych).

Opierając się w tym przypadku na ogólnym modelu zarządzania [4, 6] jako podstawy procesu decyzyjnego konieczne jest uwzględnienie wieloaspektowego charakteru zarządzania procesami eksploatacyjnymi, co w tym ujęciu przekłada się na możliwy sposób prowadzenia optymalizacji. Postać modelu, jak również zbiór kryteriów muszą uwzględniać szeroki wachlarz działań technicznych i nietechnicznych, jak również sposób ich powiązania. Ze względu na interdyscyplinarny charakter poszczególnych elementów modelu zarządzania, jak również złożoność poszczególnych zadań i wiążących je relacji wykorzystanie typowych modeli procesów eksploatacji w procesie optymalizacji decyzji organizacji wydaje się bardzo trudne. Łatwiej w tym przypadku optymalizować decyzje dotyczące eksploatacji pojedynczych obiektów, co obecnie nie stanowi nowego zagadnienia, aniżeli optymalizować decyzje związane z całą organizacją i wszystkimi eksploatowanymi obiektami.

9. Podsumowanie

Przedstawiony w artykule przegląd metod modelowania w eksploatacji jest kolejnym fragmentem badań autora w zakresie możliwości wykorzystania wybranych metod w optymalizacji procesów decyzyjnych dotyczących zadań eksploatacyjnych. Prowadzone prace badawcze zmierzają do wykorzystania w tym zakresie metod scenariuszowych, co pozwoli na opracowanie metod:

- wdrażania nowoczesnych filozofii zarządzania utrzymaniem ruchu (TPM, RCM, WCM),
- budowy strategicznych (długoterminowych) cykli eksploatacyjnych dla poszczególnych obiektów technicznych,
- prowadzenia szczegółowych analiz eksploatacyjnych.

Literatura

1. Cempel C.: Diagnostyka wibroakustyczna maszyn. PWN, Warszawa 1989.
2. Cholewa W., Kaźmierczak J.: Data Processing and Reasoning in Technical Diagnostics, WNT Warszawa, 1995.
3. Dietrych J.: System i konstrukcja. WNT, Warszawa 1978.
4. Kaźmierczak J.: Eksploatacja systemów technicznych. Politechnika Śląska, Gliwice 2000.
5. Loska A., Senczyzna S., Kaźmierczak J.: Modelowanie struktury technicznej przedsiębiorstwa dla potrzeb komputerowego wspomaganie zarządzania eksploatacją. *Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstwa* nr 7/2007, ORGMASZ, Warszawa 2007.
6. Loska A.: Bazy danych we wspomaganie zarządzania eksploatacją maszyn i urządzeń. Rozprawa doktorska, Gliwice 2002.
7. Żółtowski B, Niziński S.: Modelowanie procesów eksploatacji maszyn. MARCAR, Bydgoszcz, Sulejówek 2002.
8. Żółtowski B.: Podstawy diagnostyki maszyn. Akademia Techniczno-Rolnicza, Bydgoszcz 1996.

Dr inż. Andrzej LOSKA
Instytut Inżynierii Produkcji
Wydział Organizacji i Zarządzania
Politechnika Śląska
41-800 Zabrze, ul. Roosevelta 26-28
tel.: (0-32) 237 77 63
fax: (0-32) 237 77 62
e-mail: Andrzej.Loska@polsl.pl