

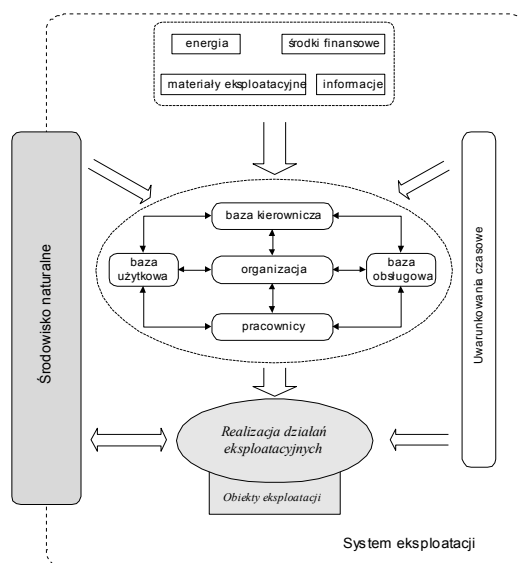
KORNASZEWSKI Mieczysław<sup>1</sup>

## Zarządzanie eksploatacją systemów sterowania ruchem kolejowym

## WSTĘP

Istotnym zagadnieniem w eksploatacji systemów sterowania ruchem kolejowym (srk) jest zarządzanie. Eksploatacja obiektu polega na takim sterowaniu jego działaniem, aby utrzymać jego parametry w dopuszczalnym przedziale zmienności i zachować korzystny stosunek uzyskanych efektów (korzyści) do ponoszonych nakładów. Zarządzanie natomiast obejmuje działania konieczne dla efektywnej realizacji procesu eksploatacji i obejmuje umiejętności jednoznacznego sprecyzowania celu działania, przygotowanie potrzebnych zasobów, ułożenie planu prac oraz kontrolę przebiegu ich realizacji. Do podstawowych funkcji zarządzania należy zaliczyć: planowanie, kierowanie i kontrolowanie. Realizacja każdej z tych funkcji wymaga od człowieka podejmowania ważnych decyzji.

Umiejętne zarządzanie jest niezbędne do racjonalnego użytkowania urządzeń, podtrzymywania i odtwarzania ich stanu zdadności (proces obsługiwan), zasilania urządzeń i całego systemu eksploatacji w energię, materiały, części zamienne, informacje, diagnozowania stanu urządzeń oraz badania charakteru zachodzących procesów destrukcyjnych, modernizacji urządzeń, wymiany oraz likwidacji. Na rys. 1 przedstawiono zbiór podstawowych zasobów występujących w systemie eksploatacji urządzeń srk [3].



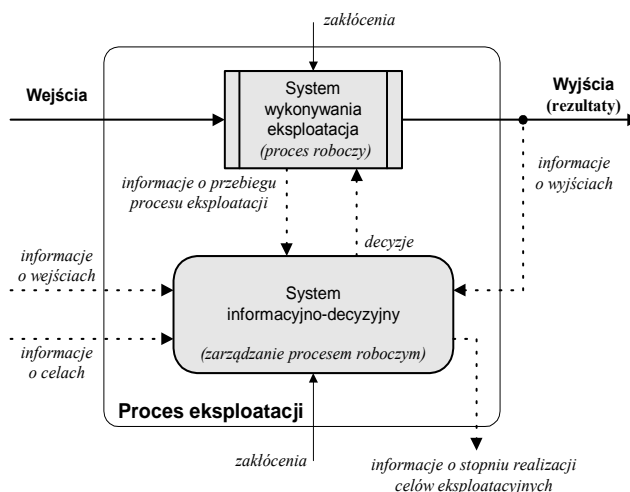
Rys. 1. Zasoby w systemie eksploatacji urządzeń srk [3]

## 1. PROCES DECYZYJNY

Eksploatacja urządzeń sterowania ruchem kolejowym wykorzystuje do realizacji zadań odpowiednie elementy procesu decyzyjnego. Proces decyzyjny powinien być na bieżąco realizowany z wykorzystaniem kryteriów optymalizacyjnych, np. minimalizacja kosztów odnowy, wydłużenie czasu bezawaryjnej pracy.

<sup>1</sup> Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Transportu i Elektrotechniki, 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29. Tel: + 48 48 361-77-88; Fax: + 48 48 361-77-42; m.kornaszewski@uthrad.pl

Decyzje często podejmowane są intuicyjnie, co nie gwarantuje wyboru najlepszego rozwiązania. Zdecydowanie lepsze jest podejście racjonalne, wykorzystujące zasady logiki. Zarówno przygotowanie tzw. rozwiązań wariantowych, jak też podjęcie decyzji o wyborze jednego z nich, wymaga dostępu do dużej ilości informacji. Istotna jest więc wiedza m.in. o założonych celach, dostępnych zasobach, ich efektywności i kosztach wykorzystania, przebiegu realizacji procesu i poszczególnych działań, relacjach z otoczeniem, istniejących ograniczeniach i zakłóceniach, itp. Im szerszy jest dostęp zarządzającego do istotnych informacji, tym większe jest prawdopodobieństwo podejmowania trafnych decyzji i wyboru najbardziej efektywnego wariantu działania (rys. 2) [10].



Rys. 2. Ogólny schemat realizacji procesu eksploatacji urządzeń [3]

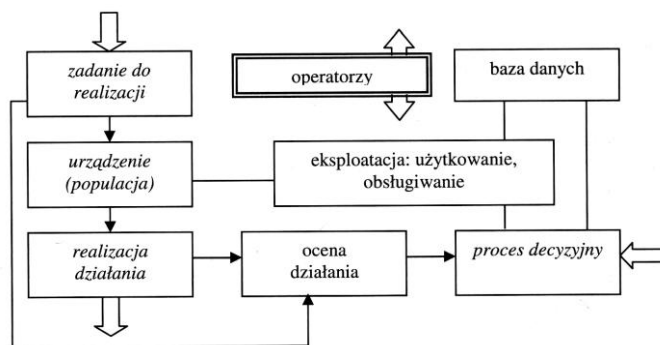
Obecnie zarządzanie procesem eksploatacji odbywa się z zastosowaniem systemu informacyjno-decyzyjnego i obejmuje podejmowanie decyzji dotyczących fizycznej realizacji wszystkich procesów i działań zachodzących w procesie eksploatacji.

Przedsięwzięcia prewencyjne w eksploatacji systemów sterowania ruchem kolejowym powinny bazować na obsłudze typu autonomicznego z mechanizmami diagnostyki i zarządzania, zorientowanymi na: redukcję kosztów eksploatacji, polepszenie gotowości działania, wydłużenie czasu bezawaryjnej pracy i zmniejszenie kosztów odnowy systemów i urządzeń srk. Dobrze by było gdyby przedsięwzięcia te były wsparte przez [9]:

- algorytmizację czynności decyzyjnych i obsługowych, np. poprzez działania prewencyjne, doskonalenie kompetencji użytkowników urządzeń srk,
- algorytmizację przepływu informacji i tworzenia dokumentów w oparciu o opracowane wewnętrzne reguły i sposoby postępowania,
- ograniczenie liczby operacji obsługowych i czasu dostępu do narzędzi i wymienianych zapasowych podzespołów srk oraz optymalizację części zamiennych i obsług,
- zastosowanie odpowiednich narzędzi umożliwiających ciągłą diagnostykę (monitoring) stanu technicznego obiektów występujących w systemie srk,
- zachowywanie niezbędnych warunków bezpieczeństwa oraz zaktualizowanie standardów w zakresie eksploatacji w systemach sterowania ruchem kolejowym.

Z uwagi na rosnące znaczenie racjonalizacji procesów obsługi i odnowy systemów transportu kolejowego znaczącym zagadnieniem jest ciągła identyfikacja stanu technicznego urządzeń wchodzących w jego skład oraz prognozowanie ich niezawodności. Sterowanie ruchem kolejowym jest ważnym elementem kolejowego systemu transportowego wpływającym w sposób istotny na bezpieczeństwo i sprawność procesu przemieszczania ludzi i ładunków. W związku z tym w sposób szczególny racjonalizacja procesów obsługi i odnowy odnosi się do takich urządzeń srk, które często pracują w niełatwych warunkach eksploatacyjnych i muszą spełniać funkcje bezpieczeństwa.

Na rys.3 przedstawiono algorytm postępowania systemu decyzyjnego w przypadku eksploatacji urządzeń srk.

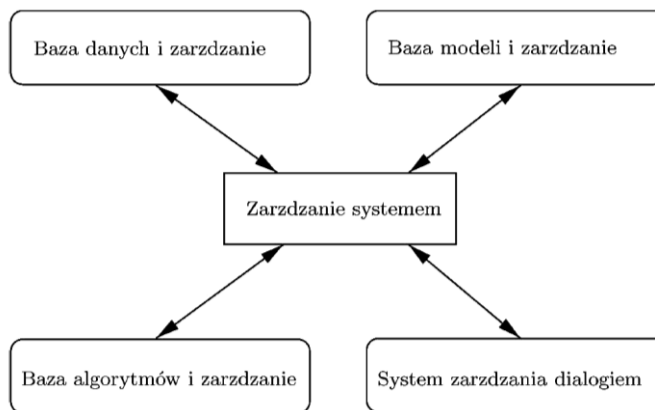


**Rys. 3.** Schemat blokowy systemu decyzyjnego dotyczącego eksploatacji obiektów srk [12]

Do najtrudniejszych decyzji eksploatacyjnych w przypadku urządzeń sterowania ruchem kolejowym należą te, które trzeba podjąć dysponując z jednej strony informacjami o stanie obiektów systemu srk, z drugiej zaś możliwościami realizacji czynności obsługowo-naprawczych. Stąd też duże znaczenie mają strategie planowania obsługi systemów srk (uwzględniające podjęcie odpowiednich decyzji) i metod postępowania w sytuacjach awaryjnych. Przyjęta strategia obsługi systemu sterowania ruchem kolejowym jest więc znaczącym elementem, od którego zależy przebieg procesu zarządzania eksploatacją tego systemu, a w konsekwencji i sam proces eksploatacji [4].

## 2. ROZWÓJ SYSTEMÓW WSPOMAGANIA DECYZJI W EKSPLOATACJI URZĄDZEŃ STEROWANIA RUCHEM KOLEJOWYM

Systemy wspomaganie decyzji to systemy informatyczne, które wspomagają użytkownika w racjonalnej organizacji i kierowaniu procesem decyzyjnym oraz zawierają reprezentację wiedzy o sytuacji decyzyjnej w postaci modelu analitycznego lub logicznego, odpowiednie algorytmy umożliwiające i ułatwiające korzystanie z tych modeli oraz dodatkowe moduły, jak np. baza danych, interfejs użytkownika, itp. (rys. 4)



**Rys. 4.** Typowa struktura systemu wspomaganie decyzji [11]

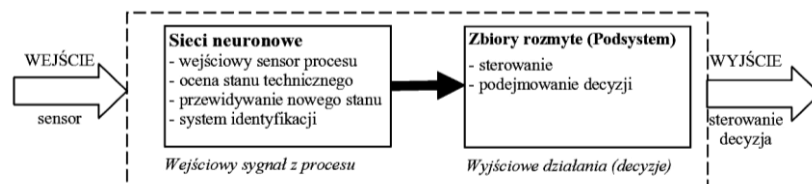
Połączenie systemów informowania kierownictwa z metodami matematycznymi, wśród których należy wymienić: metody optymalizacji, metody sieciowe, symulację komputerową, teorię niezawodności, teorię eksploatacji, teorię masowej obsługi itp., pozwala na stworzenie systemu wspomaganie decyzji, również w zakresie eksploatacji urządzeń srk. System taki powinien bazować na badaniach diagnostycznych uwzględniających wspomaganie napraw i wymian elementów urządzeń srk, warunki utrzymania m.in. systemów srk, sieci trakcyjnej i sieci telekomunikacyjnej, doskonalenia metod zachowania się pracowników w sytuacjach awaryjnych, planowania odnow obiektów srk, itp. [1, 11]

Wraz z pojawieniem się mikrokomputerów i mikrokontrolerów budowa systemów wspomaganie decyzji nabrała rozmachu i przyspieszenia. Oprogramowanie mogło dotyczyć różnych zastosowań, pod warunkiem, że ich opis był przechowywany w relacyjnej bazie danych. Aplikacje tego typu,

oparte na interfejsach sieciowych, pozwalają użytkownikowi łatwo wybierać interesujące go dane z jednego lub wielu źródeł i mogą dotyczyć wielu zastosowań. Wszystko to ma być pomocą we właściwym podejmowaniu decyzji już na poziomie zarządzania przedsiębiorstwem (np. PKP PLK S.A.).

Systemy wspomagające w zakresie eksploatacji urządzeń srk mogą gromadzić jedynie niewielką część wiedzy eksperta służącą do rozwiązania problemów w określonym zakresie. Dlatego powinny być one tworzone jako systemy doradcze dotyczące węższej grupy zagadnień i współpracujące z użytkownikiem w trybie interaktywnym [2, 7].

Alternatywą modeli decyzyjnych w inżynierii niezawodności są sieci neuronowe (*neural network*) i zbiory rozmyte (*fuzzy logie*), które stwarzają alternatywę dla statycznych układów decyzyjnych, a ich kombinacja pozwala uzyskać wysoką szybkość, elastyczność, elementy ludzkiej inteligencji, logiczne decyzje. System może reagować na oddziaływania otoczenia, jako zakłócenia. Indywidualne decyzje, pochodzące od pojedynczych sensorów, są gromadzone w logicznie rozmytym wyjściowym sygnale w celu podjęcia ostatecznej decyzji. Na bazie rozmyto-neuronowej hybrydy możliwa jest budowa systemu decyzyjnego, w którym sieci neuronowe wykorzystywane są w obróbce sygnałów wejściowych, a logiczny system zbiorów rozmytych jest punktem wyjściowym do podjęcia decyzji [1, 12].



Rys. 5. Typowa architektura hybrydy typu fuzzy-neural [12]

Typowa konfiguracja architektury hybrydy typu fuzzy-neural zawiera (rys. 5):

- sensor wejściowy,
- blok przetwarzający sygnał wejściowy z wykorzystaniem sieci neuronowych: wejściowy sensor obróbki, stan oceny, stan przewidywania, system identyfikacji prowadzący do uczenia się procesu,
- blok przetwarzający sygnał wejściowy z wykorzystaniem zbiorów rozmytych: sterowanie, podjęcie decyzji, adaptacja,
- blok sterowania, wyjście decyzyjne.

Sieci neuronowe są szczególnie przydatne w rozwiązywaniu problemów, w których opis matematyczny jest uciążliwy. Wykorzystują one informacje pochodzące z eksploatowanego systemu (urządzenia) w celu uczenia się lub dla potrzeb sterowania (zdolność uczenia się, optymalizacja). Zastosowanie sterowników typu fuzzy znajduje zastosowanie w sterowaniu procesami nieliniowymi, w systemach trudno opisywanych przy użyciu zależności matematycznych, złożonych systemach z wieloma niezależnymi procesami wspierającymi podejmowanie decyzji. Technika logicznych zbiorów rozmytych często używa ustnych lub słownych informacji od ekspertów. Analiza literatury fachowej pozwala zauważyć, że system bazujący na przetworniku typu FLC (*Fuzzy Logic Controller*) posiada znacznie lepsze charakterystyki eksploatacyjne w porównaniu do konwencjonalnych systemów sterowania [1, 12].

### 3. STRATEGIE EKSPLOATACYJNE URZĄDZEŃ SRK

Strategia eksploatacyjna jest to sposób postępowania z urządzeniami i maszynami, którego celem jest osiągnięcie pożądanego stanu systemu eksploatacji. Pojęcie strategii dotyczy ustalenia metod użytkowania i obsługiwanego obiektu, a w szczególności określenia relacji między tymi procesami. W badaniach eksploatacyjnych istotnym czynnikiem jest stan techniczny urządzenia. Z tego powodu strategia eksploatacji powinna być modyfikowana lub zmieniana w zależności od stanu i czasu pracy maszyny lub urządzenia.

Odnowa urządzeń srk, która jest ważnym etapem ich eksploatacji, może być wykonywana wg różnej strategii eksploatacyjnej, w której sprecyzowane powinny być m.in. rodzaj, kolejność, chwile rozpoczęcia i zakończenia (lub czas trwania), sposób wykonania niezbędnej obsługi oraz kwalifikacje pracowników (np. nastawniczego, dyżurnego ruchu, pracownika sekcji eksploatacji, czy operatora urządzeń srk) i ich liczebność gwarantująca właściwą realizację danej obsługi. Najtrudniej jest ustalić chwilę rozpoczęcia określonej obsługi, która zapobiegłaby zajściu uszkodzenia.

Niezmierzalnie ważne jest ustalenie, jak dobrać właściwie metodę odnowy systemów sterowania ruchem kolejowym. Racjonalna polityka eksploatacyjna powinna: przeciwdziałać uszkodzeniom, przewidywać liczbę uszkodzeń, którym się uda zapobiec, usuwać skutki uszkodzeń przez naprawę lub wymianę urządzeń na nowe, przy najmniejszych możliwych nakładach finansowych [6, 8].

Optymalizacja obsługi obiektów technicznych, w tym także urządzeń srk, pozwala wyodrębnić modele odnowy, w których podczas procesów zużywania się zachodzi [4]:

1. Sprawność techniczna z czasem użytkowania maleje i utrzymanie obiektów w stanie pełnej zdatości wymaga nakładów finansowych m.in. na konserwacje, przeglądy i remonty. W miarę upływu czasu koszty eksploatacji rosną, ponieważ coraz częściej dokonuje się napraw. W praktyce okres eksploatacji takich obiektów jest bardzo długi. Do tych metod należą:
  - strategia wg stanu technicznego,
  - strategia wg resursu,
  - strategia mieszana,
  - strategia autoryzowana.
2. Zachowują stałą sprawność techniczną i nie wymagają większych nakładów finansowych na utrzymanie obiektów w stanie zdatości. Nie podlegają naprawom i remontom, a wystąpienie awarii wymusza wycofanie obiektu z eksploatacji. Do tych metod należy głównie strategia wg efektywności ekonomicznej.

Jeśli właściwości procesu eksploatacji i odnowy zbiorowości obiektów nie wskazują jednoznacznie, którą ze strategii wybrać, należy wybrać politykę wymagającą niższych kosztów. Zależnie od typu obiektów, charakteru ich życia i kosztów odnowy należy stosować taką strategię, która w konkretnych warunkach jest z ekonomicznego punktu widzenia najbardziej opłacalna.

Za kryterium opłacalności polityki odnowy ze względu na specyficzne funkcje i przeznaczenie, jakie spełniają systemy sterowania ruchem kolejowym (bezpieczeństwo ludzi) jako kryteria doboru strategii odnowy należy przyjąć odpowiednie parametry eksploatacyjno-niezawodnościowe.

Wśród najbardziej rozpowszechnionych systemów obsługiwań technicznych urządzeń należy wskazać *system planowo-zapobiegawczy* budowany w oparciu o strategię wg resursu, gdzie z góry zaplanowany jest zakres i częstotliwość obsługiwań technicznych, niezależnie od aktualnego stanu (potrzeb) oraz *system obsługiwań technicznych wg stanu*, gdzie czynności obsługowe, tj. częstotliwość i zakres, wyznaczone są w oparciu o aktualny stan techniczny urządzenia. Jakościowa analiza wskaźników efektywności tych metod obsługi obiektów technicznych preferuje strategię wg stanu technicznego, ponieważ jej wskaźniki efektywności są dużo wyższe od wskaźników strategii wg resursu [2, 5].

Wybór strategii eksploatacji urządzeń sterowania ruchem kolejowym odbywa się w zależności od możliwych w danym momencie kryteriów doboru metody (przeprowadzenie optymalizacji odnowy urządzeń, posiadanych danych eksploatacyjnych) i tak zaproponowana strategia powinna być dostosowana do panujących warunków eksploatacji tych systemów.

## WNIOSKI

Analiza wielu prac odnoszących się do tematyki strategii eksploatacji obiektów technicznych oraz konieczność uwzględnienia obowiązującej w PKP PLK S.A. polityki eksploatacyjnej, odbywającej się zgodnie z uproszczoną strategią wg resursu (ustalonych harmonogramów i poleceń naczelnika sekcji na terenie Zakładu Linii Kolejowych) pozwala wnioskować, że racjonalne dla urządzeń sterowania ruchem kolejowym strategie obsług umożliwiają ich odnowę w dwóch głównych wariantach:

- wg ustalonego resursu systemu srk (tak jak dotychczas),



– wg stanu technicznego urządzeń srk (bardziej efektywna – przyszłościowa).

Stosowana w PKP PLK S.A. uproszczona strategia eksploatacji wg rezerwu ułatwia zarządzanie, poprzez znaczące ograniczenie problemów decyzyjnych. Wymaga mniejszej ilości informacji eksploatacyjnych oraz służy strukturę systemu informacyjno-decyzyjnego stosowanego do zarządzania procesem obsługi obiektów srk. Jej wadą jest natomiast mała efektywność oraz duże koszty utrzymywania urządzeń srk w wymaganym stanie technicznym.

W przypadku stosowania obsługi typu prewencyjnego możliwe jest osiągnięcie wielu korzyści, które są szczególnie widoczne i przydatne w sektorach o dużej koncentracji urządzeń, a w szczególności w przemyśle maszynowym, hutnictwie i przemyśle petrochemicznym. Widoczne rezultaty z wdrożenia systemu obsługi typu prewencyjnego obserwowane są w takich obszarach jak: polepszenie dyspozycyjności maszyn i urządzeń (ok. 93%), zmniejszenie kosztów obsługi (87%), zwiększenie jakości produktów (77%), zwiększenie bezpieczeństwa pracowników (61%), itp. [12].

### Streszczenie

Efektami procesów starzenia i zużycia może być błędne działanie systemów sterowania ruchem kolejowym. Systemy te często pracują w trudnych warunkach środowiskowych, a ich działanie ma duży wpływ na bezpieczeństwo poruszających się pociągów. Informacja o niekorzystnej zmianie stanu technicznego jest ważna i powoduje wystąpienie problemu decyzyjnego. Jego rozwiązanie dotyczy głównie działań obsługowych, określenia terminu i zakresu ich realizacji. Dlatego szczególnie istotne jest racjonalne zarządzanie procesem eksploatacji urządzeń sterowania ruchem kolejowym powodujące redukcję kosztów eksploatacji, polepszenie gotowości działania, wydłużenie czasu bezawaryjnej pracy, zmniejszenie kosztów odnowy, itp. Do efektywnego kierowania procesem eksploatacji przydatne są zaawansowane systemy wspomagania decyzji.

**Słowa kluczowe:** zarządzanie, eksploatacja, odnowa, proces, sterowanie ruchem kolejowym, bezpieczeństwo, decyzje, strategia

### Management of railway traffic control systems exploitation

#### Abstract

The result of wear and aging processes may be malfunctioning signaling systems. These systems often work in harsh environmental conditions and their performance has a big impact on the safety of moving trains. Information about adverse change in the technical condition is very important and results in a decision problem. Its solution focuses on maintenance operations, the timing and extent of their implementation. Therefore, it is particularly important to rationally manage the process of traffic control devices exploitation. It will reduce operating costs, improve the readiness activities, uptime the failure-free work, reduce health costs, etc. Advanced systems of decisions support are useful for effective management of exploitation process.

**Keywords:** management, exploitation, renovation, process, railway traffic control, safety, decisions, strategy

#### BIBLIOGRAFIA

1. Chwiałkowska E.: Sztuczna inteligencja w systemach eksperckich. MICOM, Warszawa 1991.
2. Dyduch J., Maciejewski A.: System ekspercki w planowaniu procesu eksploatacji urządzeń srk. Warszawa, CNTK 1997.
3. Dyduch J., Moczarski J.: Podstawy eksploatacji systemów sterowania ruchem kolejowym. Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 2008.
4. Kornaszewski M.: Modelowanie odnowy systemów sterowania ruchem kolejowym w procesie eksploatacji. Monografia Nr 179. Wydawnictwo UTH Radom, 2013.
5. Kornaszewski M.: Eksploatacja systemów sterowania ruchem kolejowym. Technika Transportu Szynowego t.10/2013.
6. Kornaszewski M.: Modelowanie eksploatacji urządzeń sterowania ruchem kolejowym. Logistyka 6/2014.
7. Kornaszewski M., Pniewski R.: Komputerowe wspomaganie procesu eksploatacji systemów srk. Logistyka 6/2014.

8. Koźniewska I., Włodarczyk M.: Modele odnowy, niezawodności i masowej obsługi. PWN, Warszawa 1978.
9. Leszczyński J.: Optymalne decyzje w procesach transportowych. WKiŁ, Warszawa 1981.
10. Moczarski J.: Struktura procesu informacyjno-decyzyjnego w obsługiwaniu urządzeń sterowania ruchem kolejowym. XIV Międzynarodowa Konferencja Naukowa „TRANSCOMP 2010”, Zakopane 2010.
11. Mulawka J.: Systemy ekspertowe. WNT, Warszawa 1996.
12. Szpytko J.: Kształtowanie procesu eksploatacji środków transportu bliskiego. Biblioteka problemów eksploatacji. Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji, Kraków – Radom 2004.