

## COMPUTER-AIDED SUPERVISORY SYSTEM OF TRANSPORTATION DEVICES' EXPLOITATION PROCESS

**Janusz Szpytko, Jarosław Smoczek, Artur Kocerba**

*AGH University of Science and Technology in Krakow  
Faculty of Mechanical Engineering and Robotics  
Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Poland,  
tel.: +48 12 6173103, +48 12 6173104, fax. +48 12 6173531  
e-mail: szpytko@agh.edu.pl, smoczek@agh.edu.pl, kocerba@agh.edu.pl*

### **Abstract**

*Requirements put before means of transport are directed towards increasing exploitation's safety and dependability. It requires of evolution into preventive maintenance taking into consideration current technical state of a device. Preventive approach to the exploitation process of machines and devices requires specific methods and tools enable to study reasons and results of events occurred during exploitation as well as taking proper decision according to the scheduled strategy and environmental conditions. Keeping acceptable technical state of machines and devices is possible by applying continuous and periodic monitoring changes of exploitation parameters. Analysis of chosen exploitation parameters during monitoring technical object connected with knowledge about reason-result relationship allows taking effective actions.*

*The programming environment, built for the aim of supervising the exploitation process of devices used in works transport is presented in the paper. Realized application, using InTouch software package, enables to aid in user-operator decision process and monitoring and visualization of crane's transportation process and exploitation of the device.*

**Keywords:** *transport, transport means, exploitation, dependability, crane*

## WSPOMAGANY KOMPUTEROWO SYSTEM NADZOROWANIA PROCESU EKSPLOATACJI ŚRODKÓW TRANSPORTU

### **Streszczenie**

*Wymagania stawiane eksploatowanym środkom transportu są ukierunkowane na zwiększenie bezpieczeństwa i niezawodności eksploatacyjnej oraz obniżenie kosztów eksploatacji. Urządzenia ewoluują w kierunku obsługiwanego typu przewencyjnego z uwzględnieniem ich stanu technicznego. Prewencyjne podejście do procesu eksploatacji maszyn i urządzeń wymaga określonych metod i narzędzi umożliwiających badanie przyczyn i skutków zdarzeń zachodzących podczas eksploatacji systemu oraz podejmowanie właściwych decyzji, z uwzględnieniem przyjętych strategii i warunków otoczenia. Utrzymanie akceptowalnego stanu technicznego maszyn i urządzeń wymaga ciągłego i okresowego monitorowania zmian ich parametrów eksploatacyjnych. Analiza trendów zmian wybranych monitorowanych parametrów eksploatacyjnych obiektu technicznego w powiązaniu ze znajomością relacji przyczynowo-skutkowych w systemie, pozwala na podejmowanie skutecznych działań.*

*W artykule przedstawione zostało środowisko programowe zbudowane do celów nadzorowania procesu eksploatacji urządzeń transportu bliskiego. Zrealizowana aplikacja, z wykorzystaniem pakietu programowego InTouch umożliwia wspomaganie procesu decyzyjnego użytkownika-operatora oraz monitorowanie oraz wizualizację procesu transportowego realizowanego przez suwnice.*

**Słowa kluczowe:** *transport, środki transportu, eksploatacja, niezawodność, suwnica*

## 1. Wstęp

Operator podejmuje decyzje właściwe dla procesu eksploatacji urządzenia na podstawie posiadanej wiedzy i informacji uzyskanych z monitoringu wybranych parametrów eksploatacyjnych. W zależności od możliwości technicznych i wymagań jakościowych w zakresie użytkowania urządzenia, decyzje mogą być podejmowane w czasie rzeczywistym lub z niewielkim opóźnieniem czasowym na podstawie historycznych informacji z użyciem metod statystycznych typu SPC (ang. *Statistical Process Control*). Istotnym dla eksploatacji urządzenia jest możliwość pozyskiwania informacji w zakresie jego stanu technicznego i skutków ukierunkowanego działania oraz możliwość popełnienia błędów w procesie podejmowania decyzji [1, 3]. Zagadnienie minimalizacji błędów w podejmowaniu decyzji jest szczególnie istotne w zautomatyzowanych środkach transportu.

Procesowi eksploatacji środków transportu towarzyszy ich ciągła ocena przez użytkownika w zakresie realizacji oczekiwań typu działaniowego oraz jakościowego. Oczekiwania użytkownika urządzenia mają charakter ewolucyjny.

Problematyka nadzorowania procesu eksploatacji środków transportu bliskiego jest zagadnieniem wielowymiarowym i złożonym z uwagi na strukturę i relacje zachodzące w systemach typu człowiek - maszyna. Dlatego też istotne jest podejmowanie prac integrujących przydatne metody i narzędzia w przedsięwzięcia ukierunkowane na doskonalenie procesu eksploatacji urządzenia z wykorzystaniem podejścia potencjałowego oraz technik komputerowych.

## 2. System nadzorowania stanu technicznego urządzenia

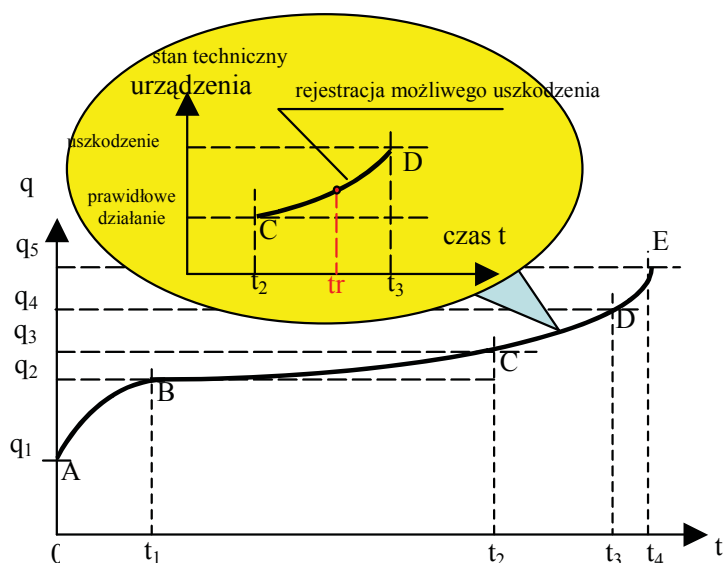
System nadzorowania urządzenia ma służyć podniesieniu niezawodności oraz umożliwić minimalizację czasu postojów. Połączenie *on-line* z maszyną pozwala na zdalne monitorowanie jej stanu technicznego, przez co możliwe jest wcześniejsze zareagowanie przed wystąpieniem awarii. Dla rozproszonych środków transportu umożliwia również optymalizację odnośnie pracy w określonej przestrzeni roboczej, co wpływa na obniżenie kosztów użytkowania. Posiadanie komunikacji z maszynami daje użytkownikom możliwość wcześniejszego zareagowania przed awarią poprzez wcześniejsze wykonanie odpowiednich czynności obsługowych.

W procesie eksploatacji urządzenia następują zmiany charakterystyki  $q$  eksploatowanego urządzenia i wyróżniane są fazy docierania oraz ustabilizowanych i przyspieszonych zmian jego parametrów eksploatacyjnych (rys. 1) [9]:

1. faza docierania ( $0 \leq t < t_1$ ), w której: punkt  $A$  określa charakterystykę  $q_1$  urządzenia nabytą w rezultacie procesu wytwarzania, punkt  $B$  określa charakterystykę  $q_2$  urządzenia uzyskaną po dotarciu jego zespołów,
2. faza ustabilizowanych zmian (degradacji) parametrów eksploatacyjnych urządzenia ( $t_1 \leq t < t_2$ ), w której punkt  $C$  określa wartość akceptowalnej charakterystyki  $q_3$  urządzenia; przekroczenie punktu  $C$  zagraża jego bezpiecznemu użytkowaniu oraz obniża się jakość, szybko rosną koszty obsługi,
3. faza przyspieszonych zmian parametrów eksploatacyjnych urządzenia ( $t_2 \leq t \leq t_4$ ): punkt  $D$  jest punktem krytycznym (charakterystyka  $q_4$  urządzenia wyklucza je z dalszego użytkowania z uwagi na możliwość wystąpienia awarii), punkt  $E$  określa taki stan techniczny urządzenia, który kwalifikuje je do kasacji.

Charakter zmian parametrów eksploatacyjnych urządzenia podczas eksploatacji jest najczęściej losowy i zależy od warunków użytkowania. Po upływie pewnego czasu parametry eksploatacyjne urządzenia osiągają wartości krytyczne, w rezultacie przekroczenia których system jest w stanie niezdatności. Wartości krytyczne przyjmuje się jako stałe dla danej klasy urządzeń i podaje się je w wymaganiach technicznych. Chwilę przejścia urządzenia do fazy przyspieszonych zmian jego parametrów eksploatacyjnych określa się najczęściej w wyniku badań statystycznych. Praktyka potwierdza jednak, że różnorodność zjawisk wpływających na bezawaryjną pracę zespołów

urządzenia jest tak duża, że powyższe podejście nie jest zawsze prawidłowe. Jest ono uzupełniane oceną stanu technicznego urządzenia w czasie rzeczywistym z użyciem układu monitoringu. Zastosowanie ciągłego monitoringu urządzenia pozwala na prewencyjne podejście do procesu jego obsługi.



Rys. 1. Zmiany charakterystyki  $q$  eksploatowanego urządzenia [8]  
Fig. 1.  $q$ -function's changes of exploited device [8]

Dla oceny stanu technicznego urządzenia istotna jest informacja o zmianach jego wybranych parametrów eksploatacyjnych pozyskiwanych w procesie użytkowania. Dla potrzeb pozyskiwania informacji o zdarzeniach zachodzących w procesie eksploatacji należy posiadać odpowiednie czujniki (sensory) i układy rejestracyjne, które umożliwiłyby obserwacje zmian wybranych parametrów eksploatacyjnych, zarówno w układach *off-line* i *on-line*.

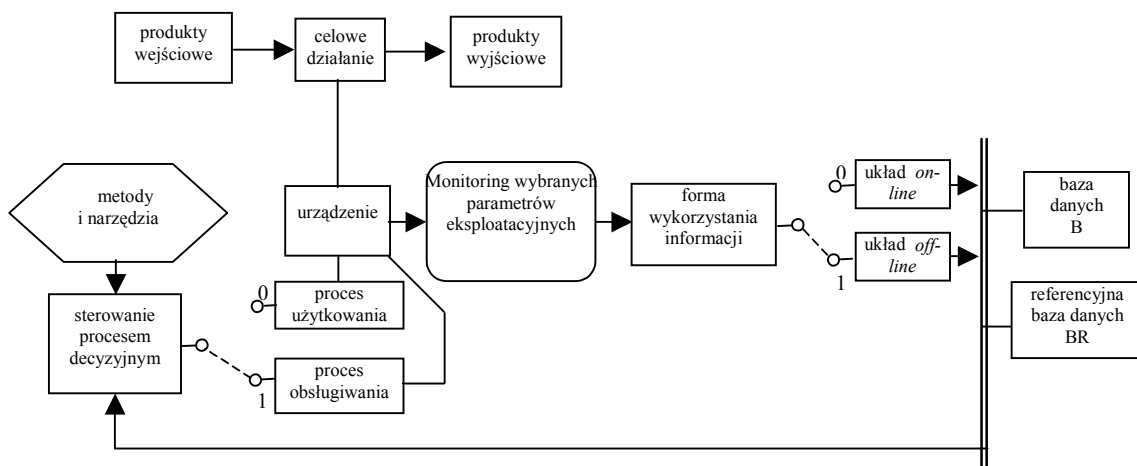
W chwili obecnej w eksploatacji środków transportu bliskiego (np. suwnic pomostowych) obowiązuje najczęściej tradycyjne podejście do procesu ich obsługi: w określonych przedziałach czasu realizowane są przeglądy i konserwacje oraz naprawy wyszczególnionych zespołów i elementów. Równocześnie wszelkie nieprawidłowości zauważone w procesie użytkowania urządzenia są zgłaszane przez operatorów właściwym służbą utrzymania ruchu. Stwierdzone nieprawidłowości w urządzeniu, awarie, a ponadto podjęte usługi są zapisywane w książkach właściwych służb (raportowa książka zmianowego utrzymania ruchu, dziennik konserwacji mechaników i elektryków, raportowa książka zmianowa elektryków, mechaników i operatorów urządzeń). Kwalifikacja podsystemu/zespołu/elementu suwnicy pomostowej do stanu niezdatności następuje w rezultacie porównania zarejestrowanego (najczęściej w rezultacie niezależnie wykonanych badań) parametru eksploatacyjnego z wartościami granicznymi (GGK - górna granica kontrolna, DGK - dolna granica kontrolna). Przykładowe odchyłki dla wybranych parametrów eksploatacyjnych suwnic przedstawione są w normach [2, 5, 6, 7].

Istotnymi w procesie eksploatacji środków transportowych są procesy decyzyjne (sterowania) w zakresie użytkowania i obsługi. W praktyce stosowane są tradycyjne rozwiązania z udziałem człowieka (operatora), narzędzi typu SPC (ang. *Statistical Process Control*), RCM (ang. *Reliability Centered Maintenance*), a ponadto wprowadzane są nowe rozwiązania z udziałem sztucznej inteligencji, przykładowo: sieci neuronowe, logika rozmyta, algorytmy genetyczne. W metodzie SPC decyzje są podejmowane na podstawie analizy trendów wybranych zdarzeń uzyskanych w rezultacie zastosowania określonych narzędzi typu SPC, przykładowo: schematu blokowego, diagramu Pareto, diagramu Ishikawy, kart kontrolnych, histogramów, wykresów.

Tradycyjne, najczęściej spotykane w praktyce, podejście do zarządzania procesami eksploatacji środków transportu przedstawiono na rysunku 2. Wybrane zdarzenia towarzyszące procesowi użytkowania urządzenia wyrażone zmianami wybranych parametrów eksploatacyjnych

są rejestrowane i wykorzystane w układzie czasu rzeczywistego (*on-line*) lub najczęściej jako dane historyczne (*off-line*) podczas decyzji zorientowanych na eksploatację.

Obserwowane i rejestrowane informacje są gromadzone w bazach danych B i są przedmiotem porównania z danymi typu referencyjnego BR. W rezultacie możliwa jest kwalifikacja stanu technicznego urządzenia (zdalny, niezdatny) i jego przypisanie do jednego z procesów: użytkownika lub obsługi. Celem obsługi jest przywrócenie urządzeniu jego właściwości niezbędnych do realizacji określonych działań w procesie użytkownika zgodnie z wymaganiami użytkownika. Proces użytkownika może być wspomagany układami automatycznego sterowania z wykorzystaniem rozwiązań typu inteligentnego (np. logika rozmyta, sieci neuronowe, algorytmy genetyczne). Z wykorzystaniem narzędzi typu statystycznego SPC (schematy blokowe, diagramy Pareto, diagramy Ishikawy, histogramy, karty kontrolne, wykresy zmiennych), możliwa jest oczekiwana przez użytkowników racjonalizacja procesu eksploatacji.



Rys. 2. Schemat blokowy tradycyjnego zarządzania procesem eksploatacji urządzenia  
 Fig. 2. Block diagram of conventional device's exploitation process managing

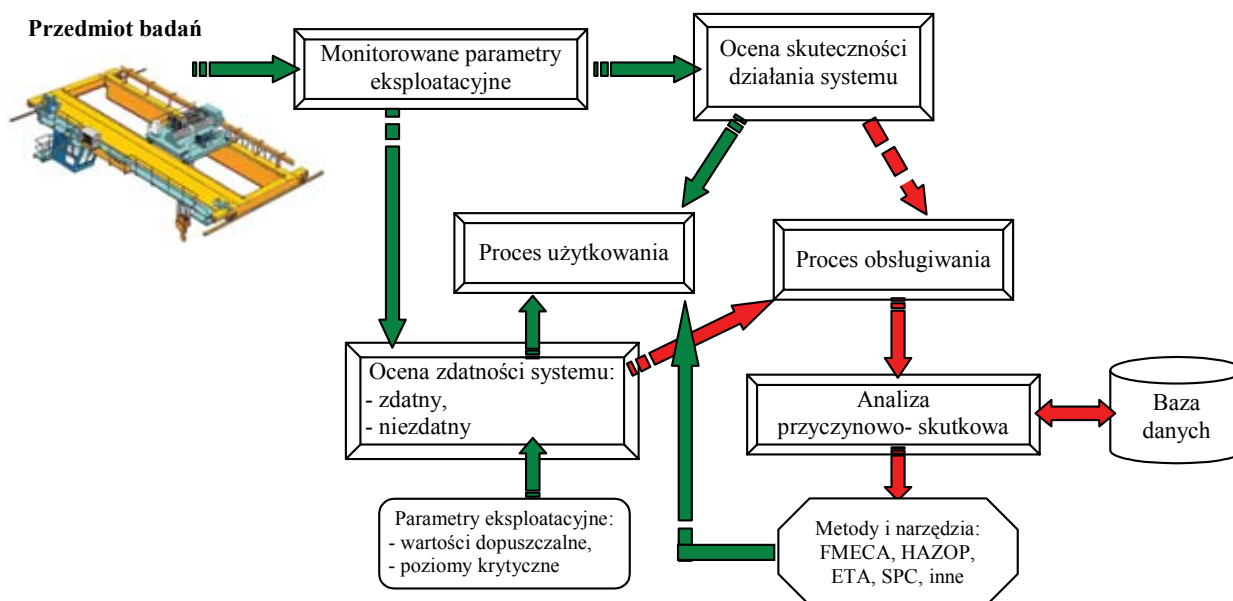
Obecnie jakościowe oczekiwania użytkowników obejmują wymagania uwzględniające między innymi: koszt eksploatacji, dokładność realizacji działania, wymagania środowiskowe. Konsekwencją jest dążenie do podejmowania przedsięwzięć typu prewencyjnego z uwzględnieniem aktualnego stanu technicznego urządzenia. Na skuteczność procesu decyzyjnego istotny wpływ ma baza wiedzy w zakresie eksploatacji przedmiotowego urządzenia i innych zaliczanych do danej klasy. W rzeczywistości proces obsługi jest realizowany dla przypadków niepełnej (ograniczonej) i pełnej informacji o przebiegu procesu użytkownika urządzenia [10]. Dla potrzeb sterowania procesem obsługi urządzeń niezbędne są metody i narzędzia wspomagające proces decyzyjny z uwzględnieniem podejścia typu przyczyna-skutek.

Aby spełnić powyższe wymagania należy obserwować trendy zmian istotnych wybranych parametrów eksploatacyjnych urządzenia i reagować z odpowiednim wyprzedzeniem czasowym na zdarzenia typu krytycznego. Takie podejście jest możliwe w rezultacie monitorowania w czasie rzeczywistym istotnych parametrów eksploatacyjnych urządzenia związanych ze zmianą jego stanu technicznego oraz produktami wejściowymi i wyjściowymi powiązanych z działaniem samego systemu, a następnie porównywania zachodzących zmian parametrów eksploatacyjnych z referencyjną bazą danych. W rezultacie monitorowania zmian parametrów eksploatacyjnych w czasie rzeczywistym istnieje możliwość (wykorzystując odpowiednie metody i narzędzia wspomagające proces decyzyjny, w tym również telematyki) wpływania w układzie automatyki na sterowanie procesem użytkownika i obsługi urządzenia według przyjętej strategii użytkownika.

Przedsięwzięcia w zakresie sterowania procesem eksploatacji środków transportu nie są realizowane najczęściej w układach czasu rzeczywistego. Coraz większe znaczenie w procesie

eksploatacji urządzeń zaczyna odgrywać prewencyjne podejście do ich obsługi oraz metody oceny skuteczności wykonywanych prac zapobiegawczych i modernizacyjnych. Dodatkowo istotnym jest fakt, że urządzenia transportowe najczęściej stanowią system (układ) złożony z pary operator- urządzenie. Rola operatora nie zawsze jest należycie doceniana, a jego znaczenie w badaniach eksploatacyjnych maszyn i urządzeń nie jest często uwzględniana [4].

W artykule podjęto próbę przedstawienia specjalnego oprogramowania, którego istotą częścią jest automatyzacja wspomagania procesu decyzyjnego w zakresie nadzorowania procesu eksploatacji środków transportu (rys. 3.).



Rys. 3. Nadzorowanie stanu technicznego urządzenia  
Fig. 3. Technical state of the device supervisory

### 3. Przykład systemu nadzorowania procesu transportu bliskiego

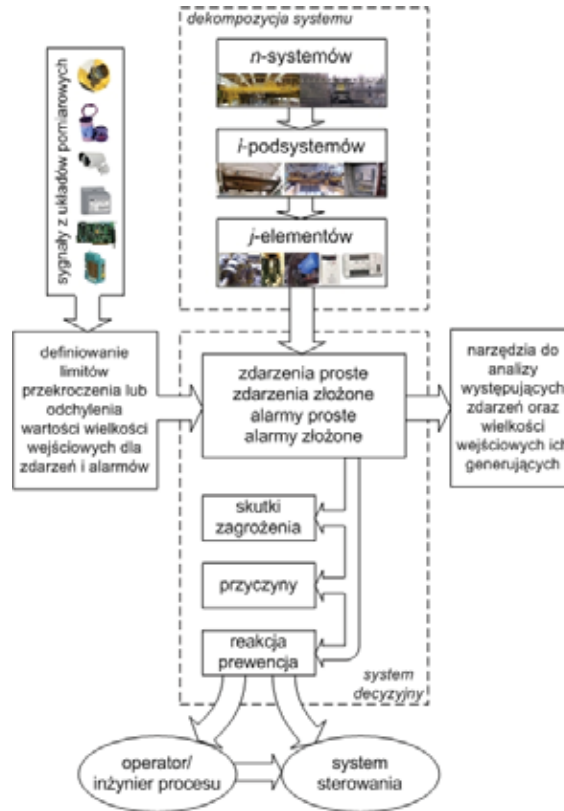
W zautomatyzowanych systemach produkcyjnych coraz większe praktyczne znaczenie odgrywają systemy typu HMI (ang. *Human Machine Interface*) oraz SCADA (ang. *Supervisory Control And Data Acquisition*) będące modułami bezpośredniej komunikacji pomiędzy operatorem, a nadzorowanym przez niego procesem lub wybranymi jego aspektami. Wyróżnione systemy stanowią wyższy poziom sterowania i zarządzania, których zadaniem jest skrócenie czasu realizowanych zadań w procesie produkcyjnym, monitorowanie i kontrolowanie jego wybranych elementów oraz szybką reakcją na możliwe problemy wymagające skutecznej reakcji zwrotnej. Współczesne interfejsy HMI/SCADA realizują coraz bardziej złożone zadania związane nie tylko z samym sterowaniem, wizualizacją oraz akwizycją danych, ale także wyposażane są w narzędzia umożliwiające realizację funkcji diagnostycznych, monitorowania, alarmowania o pojawiających się w nadzorowanym procesie przemysłowym niekorzystnych zdarzeniach czy też mechanizmy wspomagające proces decyzyjny człowieka.

Przedstawiony na rysunku 4 schemat systemu nadzorowania i monitorowania zastosowanego do procesu transportowego realizowanego przez suwnice jest przykładem rozbudowanego interfejsu operator-maszyna zbudowanego z wykorzystaniem środowiska programowego *InTouch Wonderware*. Celem wykonanej aplikacji jest wspomaganie procesu decyzyjnego użytkownika nadzorującego system transportu wewnątrzzakładowego realizowanego przez suwnice.

Głównym elementem aplikacji jest baza wiedzy zawierająca informację o nadzorowanym procesie przedstawioną w postaci języka naturalnego, lingwistyki. Baza wiedzy budowana jest w oparciu o wiedzę heurystyczną doświadczonego operatora lub inżyniera procesu i może być

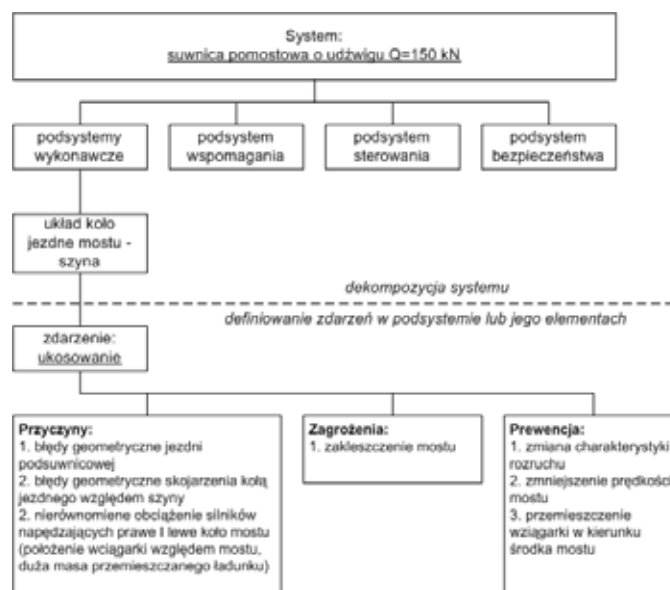


tworzona i modyfikowana w trakcie eksploatacji systemu. Baza wiedzy ma strukturę drzewa przedstawiającego zależności przyczynowo-skutkowe. Górne rozgałęzienia pozwalają użytkownikowi na przeprowadzenie dekompozycji rozpatrywanego systemu lub systemów na podsystemy i ich elementy składowe. Następnie użytkownik w ramach danego podsystemu lub jego elementów definiuje zdarzenia, które mogą zaistnieć w czasie eksploatacji danego systemu, ich przyczyny, zagrożenia oraz metody zapobiegania czy usuwania skutków zaistniałego zdarzenia (rys. 5).



Rys. 4. Schemat systemu nadzorowania procesu transportowego oraz eksploatacji suwnicy

Fig. 4. Supervisory system of transportation and crane's exploitation processes

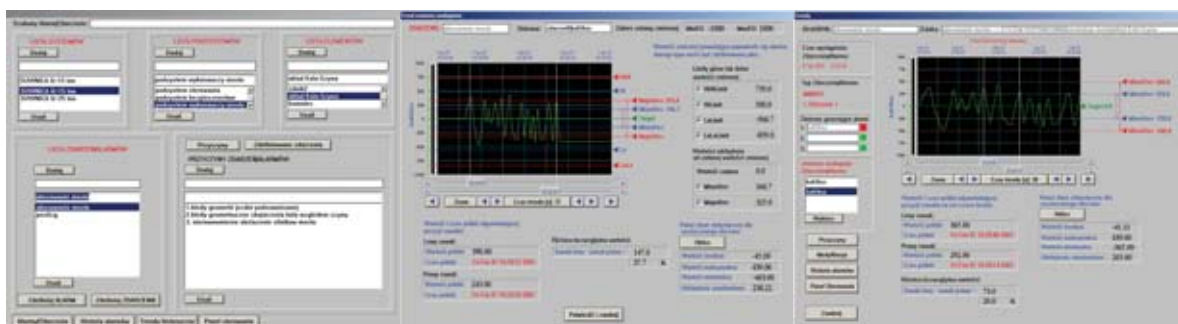


Rys. 5. Przykład struktury bazy wiedzy systemu nadzorowania

Fig. 5. Example of knowledge base in supervisory system

Wystąpienie zdarzenia, jego typ (alarm lub zdarzenie) oraz priorytet, użytkownik uzależnia od przekroczenia lub odchylenia wartości zadanych wielkości wejściowych systemu z układów pomiarowych. Wystąpienie danego zdarzenia lub alarmu spowodowane być może odchyleniem od wartości zadanej jednej (zdarzenie lub alarm prosty) lub więcej (zdarzenie lub alarm złożony) wielkości wejściowej z układów pomiarowych, jak również wystąpienie alarmu może być związane z wystąpieniem równocześnie kilku niekorzystnych dla procesu eksploatacji zdarzeń. Baza wiedzy ma strukturę otwartą. Zbudowana może zostać na podstawie ankiet przeprowadzonych na doświadczonych inżynierach procesu, a następnie modyfikowana i rozbudowywana w czasie eksploatacji systemu oraz eksportowana i importowana do/z podobnie działających systemów.

Przedstawiony przykład interfejsu operator-proces eksploatacji wyposażony został w narzędzia umożliwiające wizualizację nadzorowanego procesu, mechanizmy alarmowania o zaistniałych, niekorzystnych dla procesu eksploatacji zdarzeniach oraz analizę przyczyn ich wystąpienia w postaci wykresów trendów bieżących i historycznych oraz narzędzia umożliwiające analizę zmian wartości sygnałów wejściowych systemu generujących zdarzenie danego typu (m.in. zmiany wartości średnich, odchylenia standardowego w zadanym odstępie czasu, w którym pojawiły się niekorzystne zdarzenia) (rys. 6).

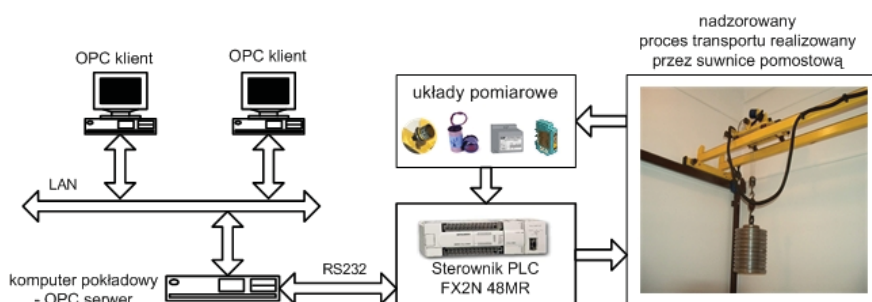


Rys. 6. Widok okien aplikacji umożliwiających kolejno definiowanie zdarzeń w systemie oraz analizę statystyczną danych historycznych

Fig. 6. View of the application tools enable respectively to events defining and statistical analyzing historical dates

Mechanizm decyzyjny zawarty w bazie wiedzy systemu ma za zadanie wspomaganie operatora procesu w procesie identyfikacji, prewencji i reagowania na zdarzenia niekorzystne dla eksploatacji urządzenia czy systemu. Proces wnioskowania, poprzez połączenie z urządzeniami kontrolnymi może automatycznie generować zmiany parametrów procesu sterowania adekwatne do zagrożeń związanych z zaistniałymi zdarzeniami (np. wyłączenie lub ograniczenie prędkości danego mechanizmu ruchu, zmiana charakterystyki rozruchu czy modyfikacja trajektorii ruchu).

Architektura sprzętowo-programowa systemu nadzorowania umożliwia realizację systemu o strukturze rozproszonej. Przykład zastosowanej architektury kontrolno-pomiarowej z wykorzystaniem sterownika PLC serii FX został przedstawiony na rysunku 7.



Rys. 7. Architektura sprzętowo-programowa systemu nadzorowania  
Fig. 7. Hardware and software architecture of supervisory system

Wyższy poziom systemu sterowania stanowi interfejs zbudowany w programie InTouch umożliwiający nadzorowanie i monitorowanie procesu eksploatacji, dostarczający mechanizmów do sterowania procesem poprzez komunikację z różnego typu urządzeniami kontrolnymi wykonaną w standardzie OPC klien-serwer.

W systemie nadzorowania założono, że źródłem informacji o procesie są sygnały wyjściowe z układów pomiarowych m.in. pozycji, prędkości mechanizmów ruchu, katów wychylenia liny, mocy czynnej, czujnika ultradźwiękowego kąta ukosowania mostu suwnicy, odkształceń konstrukcji mostu suwnicy oraz liny, a także czujników krańcowych pozycji mechanizmów ruchu. Zaproponowane i zrealizowane do potrzeb sterowania urządzeniem i diagnostyki układy pomiarowe mogą być rozbudowane o dalsze czujnik, m.in. drgań oraz hałasu. Prezentowany interfejs operator-proces może zostać zrealizowany jako jedno (komputer pokładowy obsługiwany przez operatora procesu) lub wielostanowiskowy - komputery klasy PC połączone siecią bezprzewodową z komputerem pokładowym komunikującym się ze sterownikiem PLC poprzez złącze RS.

#### 4. Wnioski

Współczesne rozwiązania sprzętowo-programowe umożliwiają budowanie złożonych systemów integrujących w jednej platformie cyfrowej całość danych pozyskiwanych z nadzorowanego procesu oraz przetworzenie jej w czasie rzeczywistym na informację wykorzystywaną do oceny jakości eksploatacji rozpatrywanego procesu i jego elementów. Rozbudowane obecnie narzędzia programistyczne umożliwiają budowę systemów typu HMI/SCADA pozwalających realizować funkcję kontrolne, wizualizacyjne, diagnostyczne oraz wspomagających procesy decyzyjne człowieka.

Przedstawiony w artykule system nadzorowania procesu eksploatacji urządzenia transportu bliskiego ma strukturę otwartą pozwalającą użytkownikowi na samodzielną budowę oraz modyfikację bazy wiedzy o eksploatowanym procesie czy urządzeniu na podstawie doświadczenia lub/i danych historycznych, których analizę umożliwiają dostępne w aplikacji narzędzia. Zbudowana aplikacja jest narzędziem wykorzystującym heurystykę do celów kształtowania poprawnej eksploatacji urządzenia.

*Praca naukowa finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2005-2007 jako projekt badawczy.*

#### Literatura

- [1] Dąbrowski, T. M., *Diagnozowanie systemów antropotechnicznych w ujęciu potencjałowo-efektowym*, Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa, 2001.
- [2] *ISO 8306, 1985. Cranes – Overhead traveling cranes and portal bridge*, 1985.
- [3] Jadźwiński, J., Ważyńska-Fiok, K., *Bezpieczeństwo systemów*, PWN, Warszawa, 1993.
- [4] Oziemski, S. (red), *Człowiek w maszynie: podstawy antropocentrycznego projektowania stanowisk operatorów maszyn*, Instytut Technologii Eksploatacji, Radom-Warszawa, 2004.
- [5] *PN-77/B-060200. Dopuszczalne odchyłki parametrów geometrycznych nowych jezdni suwnicowych*, 1977.
- [6] *PN-90/M-45531. Dźwignice. Suwnice pomostowe i kolumnowe. Wymagania i badania*.
- [7] *PN-91/M-45457. Dźwignice. Tory jezdne suwnic pomostowych. Wymagania*.
- [8] Szpytko, J., *Zintegrowany system nadzorowania wybranych parametrów eksploatacyjnych wielkogabarytowych szynowych urządzeń transportowych na przykładzie zautomatyzowanej suwnicy pomostowej*. UWND AGH, nr 46, Kraków, 1996.
- [9] Szpytko J., *Integrated decision making supporting the exploitation and control of transport devices*, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków, 2004.
- [10] Szpytko, J., Salamonowicz, T., Żurek, J., *System wnioskowania decyzyjnego w zakresie obsługiwanego urządzenia*. Zagadnienia Eksploatacji Maszyn, PAN, z. 2, Warszawa, 2003.