

INTEGRATED SYSTEM TO AID SUPERVISORY PROCESS OF TECHNICAL DEVICE

ZINTEGROWANY SYSTEM WSPOMAGAJĄCY PROCES NADZOROWANIA OBIEKTU TECHNICZNEGO

SZPYTKO Janusz ¹, SMOCZEK Jarosław ², KOCERBA Artur ³

(1, 2, 3) AGH University of Science and Technology, Faculty of Mechanical Engineering and Robotics
Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki
PL 30-059 Kraków, Poland

E-mail: (1) szpytko@agh.edu.pl, (2) smoczek@agh.edu.pl, (3) kocerba@agh.edu.pl

Abstract. The aim of the paper is integrated system to aid supervisory process of technical device taking into consideration required level of exploitation safety and dependability. Preservation of accepted technical state of the machines and devices requires from users proper decisions which are results of continuous as well as periodically monitoring exploitation parameters' changes. Essential problem is digital drawing and conversion information from process of object exploitation and creating multi-access databases.

Keywords: safety, dependability, technical object, decision- making support, engineering.

Streszczenie. Przedmiotem artykułu jest zintegrowany system wspomagający proces nadzorowania obiektu technicznego z uwzględnieniem wymaganego poziomu bezpieczeństwa i niezawodności eksploatacyjnej. Utrzymanie akceptowalnego stanu technicznego maszyn i urządzeń wymaga od użytkownika właściwych decyzji będących skutkiem ciągłego i okresowego monitorowania zmian ich parametrów eksploatacyjnych. Istotnym zagadnieniem jest cyfrowe pozyskiwanie danych z procesu eksploatacji obiektu i budowanie wielodostępnych baz danych.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo, niezawodność eksploatacyjna, obiekt techniczny, wspomaganie procesu decyzyjnego, inżynieria.

1. Introduction

The greater and greater requirements which are oriented towards exploitation safety and dependability are put before used nowadays transport devices. Informatics techniques begin to play crucial role to integrate issues which are orientated towards process and product. Quickly grows interest in transport devices with computer-aided supervisory systems for which are built data and knowledge bases about exploitation process of a device and systems of logical data processing for decision making requirements [5, 10]. Preservation of accepted technical state of the machines and devices requires from users continuous and periodically monitoring exploitation parameters' changes, where essential problem is digital data sampling and analyzing from exploitation process of object and creating multi-access database [3, 6].

Nowadays devices evolve in direction of maintenance type of preventive taking into consideration their technical state. Preventive approach to the process of machines and devices exploitation requires defined methods and tools giving possibility to investigate reasons and results of events occurred during system exploitation and make proper decisions. Essential in exploitation process of transport devices are decision making processes (control process) on a range of operational use and maintenance. In practice are used conventional solutions taking into consideration human (operator), tools type of SPC (*Statistical Process Control*), RCM (*Reliability Centered Maintenance*). Moreover new solutions are implemented which are based on artificial intelligence: neural network, fuzzy logic, genetic algorithms. Decision making process used in the SPC method is realized based on analysis of chosen events' trends

1. Wstęp

Eksplloatowanym obecnie środkiem transportu stawiane są coraz to większe wymagania ukierunkowane na bezpieczeństwo oraz niezawodność eksploatacyjną. Kluczową rolę w integracji zagadnień zorientowanych na proces i produkt zaczynają odgrywać techniki informacyjne. Szybko rośnie zainteresowanie środkami transportowymi ze wspomaganymi komputerowo systemami nadzorowania, dla których budowane są bazy wiedzy i danych o procesie eksploatacji urządzenia oraz układy logicznego przetwarzania informacji dla potrzeb decyzyjnych [5,10]. Utrzymanie akceptowalnego stanu technicznego maszyn i urządzeń wymaga od użytkownika ciągłego i okresowego monitorowania zmian ich parametrów eksploatacyjnych, gdzie istotnym zagadnieniem jest cyfrowe pozyskiwanie danych z procesu eksploatacji obiektu i budowanie wielo-dostępnych baz danych [3, 6].

W chwili obecnej urządzenia ewoluują w kierunku obsługiwanego typu prewencyjnego 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. Istotnymi w procesie eksploatacji środków transportowych są procesy decyzyjne (sterowania) w zakresie użytkowania i obsługiwanego. 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.

which are achieved in results of using given tools type of SPC, for example: block diagram, Pareto diagram, Ishikawa diagram, control cards, histograms, charts.

Preservation of accepted technical state of the machines and devices requires continuous, as well as periodically monitoring exploitation parameters' changes. Analysis of trends chosen monitored exploitation parameters' changes in technical object connected with knowledge about causes-effect relationships occurred in systems allows to take by operator effective operations. Those operations can be taken in real time or with not large delay.

Issues connected with supervisory process of transport devices used in materials handling processes are compound and multidimensional problem owing to structure and relationships occurred in human-machine systems. For this reason it seems essential to conduct works integrating useful methods and tools into ventures directed to improve device exploitation process using potential approach and computers techniques.

2. Supervising device technical state

Conventional, most frequently used approach to the management of transport means exploitation processes was presented in Figure 1. Chosen events expressed by changes of chosen exploitation parameters which accompanied process of device operation use are recorded and used in real-time system (*on-line*) or frequently used as historical dates (*off-line*) during decisions which are orientated towards exploitation.

Observed and recorded dates are stored in databases B and compare with dates type of reference BR. As a result it could be possible to classify the technical state

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.

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 operatorowi na podejmowanie skutecznych działań. Działania te mogą być podejmowane w czasie rzeczywistym lub z niewielkim opóźnieniem.

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. Nadzorowanie stanu technicznego urządzenia

Tradycyjne, najczęściej spotykane w praktyce, podejście do zarządzania procesami eksploatacji środków transportu przedstawiono na rysunku 1. Wybrane zdarzenia towarzyszące procesowi użytkowania urządzenia wyrażone zmianami wybranych parametrów eksploatacyjnych są porównywane

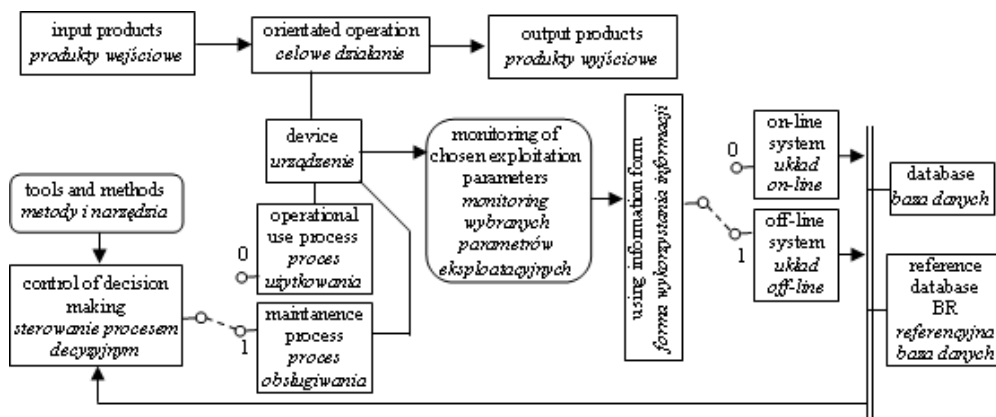


Fig. 1. Block diagram of conventional management system of device exploitation process [2, 9]

Rys. 1. Schemat blokowy tradycyjnego zarządzania procesem eksploatacji urządzenia [2, 9]

of a device (usable, unusable) and its attributing to one of the process: operation use or maintenance. The aim of maintenance is recondition device characteristics indispensable to realize specific operations, tasks in process of operation use according to user requirements. Operational use process can be aided by automatic control system using intelligent solutions (e.g. fuzzy logic, artificial neural networks, genetic algorithms).

Using SPC statistical tools can be possible to rationalize process of exploitation in expected by users way.

Nowadays qualitative users demands include requirements taking into consideration among other things, for example: exploitation costs, precision of realized tasks, environmental demands. In consequence it is aspiration to take ventures type of preventive taking into consideration actual technical state of the device. Important influence on decision - making process has got knowledge base of exploitation device which is subject of discussion as well as other's devices rated among given class.

z danymi typu referencyjnego BR. W rezultacie możliwa jest kwalifikacja stanu technicznego urządzenia (zdalny, niezdatny) i jego przypisanie do jednego z procesów: użytkowania lub obsługi. Celem obsługi jest przywrócenie urządzeniu jego właściwości niezbędnych do realizacji określonych działań w procesie użytkowania zgodnie z wymaganiami użytkownika. Proces użytkowania może być wspomagany układami automatycznego sterowania z wykorzystaniem rozwiązań typu inteligentnego (np. logika rozmyta, sieci neuronowe, algorytmy genetyczne). Z wykorzystaniem narzędzi typu statystycznego SPC, możliwa jest oczekiwana przez użytkowników racjonalizacja procesu eksploatacji.

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

In fact, maintenance process is realized in cases of complete and incomplete (limited) information about course of device operational use process [8]. For requirements of controlling devices' maintenance process it is necessity to apply methods and tools aided decision process including cause-effect approach.

Coming up to above requirements it is necessity to observe trends changes of chosen crucial device exploitation parameters and reacting in adequate time advance to events which are critical type. This approach is possible as a result of real-time monitoring crucial device exploitation parameters connected with changes of device technical state as well as input and output products changes related with operation of whale system, and next comparing occurred changes of exploitation parameters with reference database. As a result of real-time exploitation parameters monitoring it could be possible (using adequate methods and tools aided decision process, as well as telematics) to affect in automatic system on control process of device's operational use and maintenance according to the assumed operating strategy (Fig. 2).

The feature of contemporary devices is automation of processes which accompany operation, in particular:

- monitoring, consists in observing process or device chosen exploitation parameters' changes; recorded exploitation parameters are the subject of transmission, conversion and visualization for operators needs,
- diagnosis which allow to estimate process realized by device and/or estimate technical state of a device using recorded dates, exploitation parameters and their comparison with acceptable values,
- supervising realized process and technical state of a device in real time

przedmiotowego urządzenia i innych zaliczanych do danej klasy. W rzeczywistości proces obsługiwaną jest realizowany dla przypadków niepełnej (ograniczonej) i pełnej informacji o przebiegu procesu użytkowania urządzenia [8]. Dla potrzeb sterowania procesem obsługiwaną 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 użytkowania i obsługiwaną urządzenia według przyjętej strategii użytkownika (rys. 2).

Cechą współczesnych urządzeń jest automatyzacja procesów towarzyszących działaniu, a w szczególności:

- monitorowania, polegającego na śledzeniu zmian wybranych parametrów eksploatacyjnych procesu i urządzenia; zarejestrowane parametry eksploatacyjne są przedmiotem

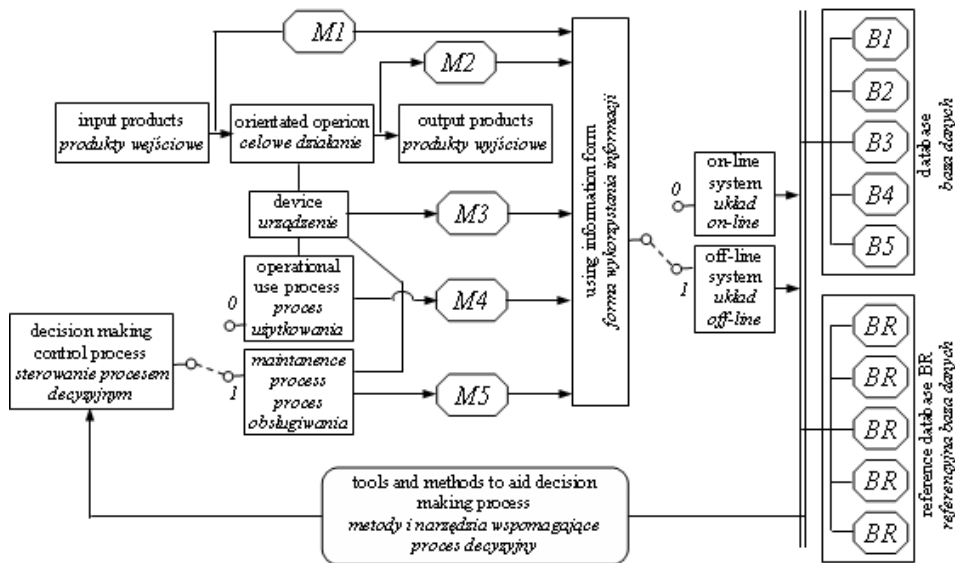


Fig. 2. Managing of device exploitation process block diagram [2]:
M – monitoring i -th parameter, B – i -th database, BR – i -th reference database
Rys. 2. Schemat blokowy zarządzania procesem eksploatacji urządzenia [2]:

M – monitoring i -tego parametru, B – i -ta baza danych;
BR – i -ta referencyjna baza danych

and possibilities for taking or initiating corrected or control operations directed to adaptation to new operation conditions.

Device exploitation process managing requires ventures realized on three levels [7] – Fig.3:

- operational use: monitoring process (data acquisition, oriented data conversion, visualization) and current estimation of system's technical state in aspect of realizing operation possibilities using base of knowledge (on a range of accepted change of system's exploitation potential [1, 6] expressed by tolerance zones of its exploitation parameters),
- maintenance: diagnosis and prognosis of system's technical state changes in preventive range using TPM type of techniques (*Total Productivity*

transmisji, przetwarzania i prezentacji dla operatorów,

- diagnostowania umożliwiającego ocenę procesu realizowanego przez urządzenie lub/ i ocenę stanu technicznego urządzenia z wykorzystaniem zarejestrowanych wybranych parametrów eksploatacyjnych i ich porównania z wartościami dopuszczalnymi,
- nadzorowania realizowanego procesu oraz stanu technicznego urządzenia w czasie rzeczywistym oraz właściwości podejmowania lub inicjowania działań korygujących lub sterujących ukierunkowanych na ich przystosowanie do nowych warunków.

Zarządzanie procesem eksploatacji urządzenia wymaga przedsięwzięć realizowanych na trzech poziomach [7] – rys.3:

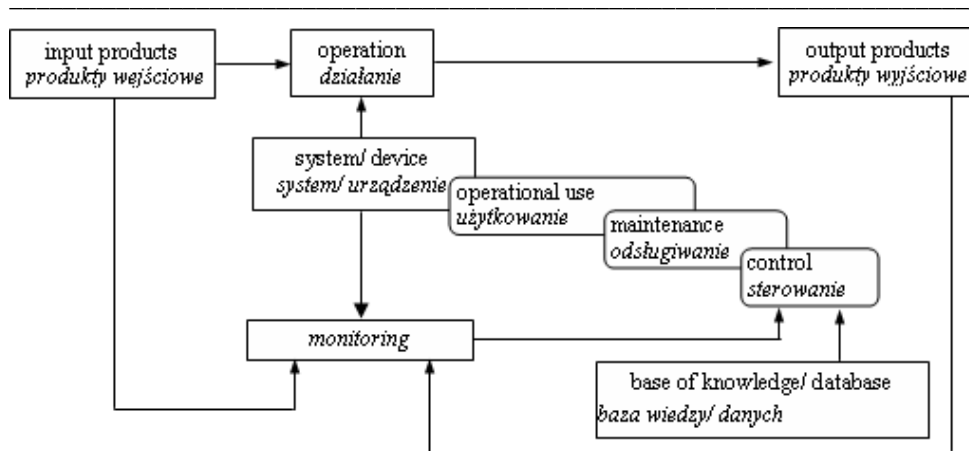


Fig. 3. Managing block diagram of the device exploitation process
Rys. 3. Schemat blokowy zarządzania procesem eksploatacji urządzenia

- Maintenance*); planning the resources indispensable for restoring the required system's exploitation potential,
- controlling process of operational use and maintenance: presentation trends of changes exploitation parameters for process operational use of system using SPC tools (*Statistical Process Control*), FMECA analysis (*Failure Modes, Effects and Criticality Analysis*), investigation of hazard level of unfavorable event appearance and exploitation potential changes (degradation) using HAZOP method (*Hazard and Operability Studies*) in aspect of possible effects, hazard of unfavorable event appearance analysis and identification of diagnostics symptoms and their points appearance using HACCP method (*Hazard Analysis and Critical Control Point*).
- Continuous assessment made by user in the area of realized expectations type of operations (useful functions) and qualitative (requirements which are orientated towards subject of operation, user or environment) accompanies process of transport means exploitation.
- użytkowania: monitoring procesu (gromadzenie danych, ich ukierunkowane przetwarzanie, wizualizacja) oraz bieżąca ocena stanu technicznego systemu w aspekcie możliwości realizacji działania z wykorzystaniem bazy wiedzy (w zakresie akceptowalnej zmiany potencjału eksploatacyjnego systemu [1,6] wyrażonego polami tolerancji jego parametrów eksploatacyjnych),
 - obsługiwanie: diagnozowania i prognozowania zmian stanu technicznego systemu w ujęciu prewencyjnym z wykorzystaniem technik typu TPM (ang. *Total Productivity Maintenance*); planowanie zasobów niezbędnych do przywrócenia wymaganego potencjału eksploatacyjnego systemu,
 - sterowania procesem użytkowania i obsługiwanie: prezentacji trendów zmian parametrów eksploatacyjnych procesu użytkowania systemu z wykorzystaniem narzędzi typu SPC (ang. *Statistical Process Control*), analizy rodzajów, skutków i krytyczności uszkodzeń FMECA (ang. *Failure Modes, Effects and Criticality*

Demands of device's user have evolutionary character and their realization is possible as a result of given ventures mainly made in the area of operational use and maintenance, also changes type of modernization (adaptation).

In process of device exploitation in large numbers are generated information which become useful when exist proper methodology of gaining, analyzing and synthesis chosen data for purposely orientated decision needs. Following methods and tools are used, type of: benchmarking, statistical type of SPC (*Statistical Process Control*), cause - effects FMEA (*Failure Mode And Effects Analysis*) and other. Essential issue is to develop proper strategies of realized ventures and satisfactory level of devices safety and dependability. More and more significance in process of devices exploitation becomes to play preventive approach to operational use of devices and assessment's methods of preventive and modernization works' effectiveness. Additional essential is fact that transport devices most frequently are the part of human-machine systems. Operator's role is not always appreciated in appropriately way and his importance is frequently not taken into consideration in exploitation researches [4].

In paper the pilot of dedicated software tool done at the AGH University of Science and Technology, Manufacturing Transport Division, Krakow, has been presented. The major part of this software tool is automation -aided decision making process on a range of transport device exploitation process supervising (Fig. 4).

3. The example of transport supervisory system

In automated industrial systems more and more significance in practices fulfill HMI/

Analysis), badania poziomu ryzyka zajścia zdarzenia niekorzystnego i zmian (degradacji) potencjału eksploatacyjnego HAZOP (ang. *Hazard and Operability Studies*) w aspekcie możliwych skutków, analizy ryzyka zajścia zdarzenia niekorzystnego i identyfikacji symptomów diagnostycznych i miejsc ich obserwacji (kontroli) HACCP (ang. *Hazard Analysis and Critical Control Points*).

Procesowi eksploatacji środków transportu towarzyszy ich ciągła ocena przez użytkownika w zakresie realizacji oczekiwań typu działaniowego (funkcje użyteczne) oraz jakościowego (wymagania zorientowane na przedmiot działania, użytkownika lub otoczenie). Oczekiwania użytkownika urządzenia mają charakter ewolucyjny, a ich spełnienie jest możliwe w rezultacie określonych przedsięwzięć przede wszystkim w obszarach użytkowania i obsługiwanego, w tym zmian typu modernizacyjnego (dostosowawczego).

W procesie eksploatacji urządzenia generowane są liczne informacje, które stają się przydatne, gdy istnieje właściwa metodyka pozyskiwana, analizy i syntezy wybranych danych dla zorientowanych celowo potrzeb decyzyjnych. Wykorzystywane są narzędzia i metody typu: porównawczego (ang. *Benchmarking*), statystyczne typu SPC (ang. *Statistical Process Control*), przyczynowo – skutkowe FMEA (ang. *Failure Mode And Effects Analysis*) i inne. Istotnym zagadnieniem jest wypracowanie właściwych strategii realizowanych przedsięwzięć oraz zadawalającego poziomu bezpieczeństwa i niezawodności eksploatacyjnej urządzeń. Coraz większe znaczenie w procesie eksploatacji urządzeń zaczyna odgrywać prewencyjne podejście do ich obsługiwanego oraz metody oceny skuteczności

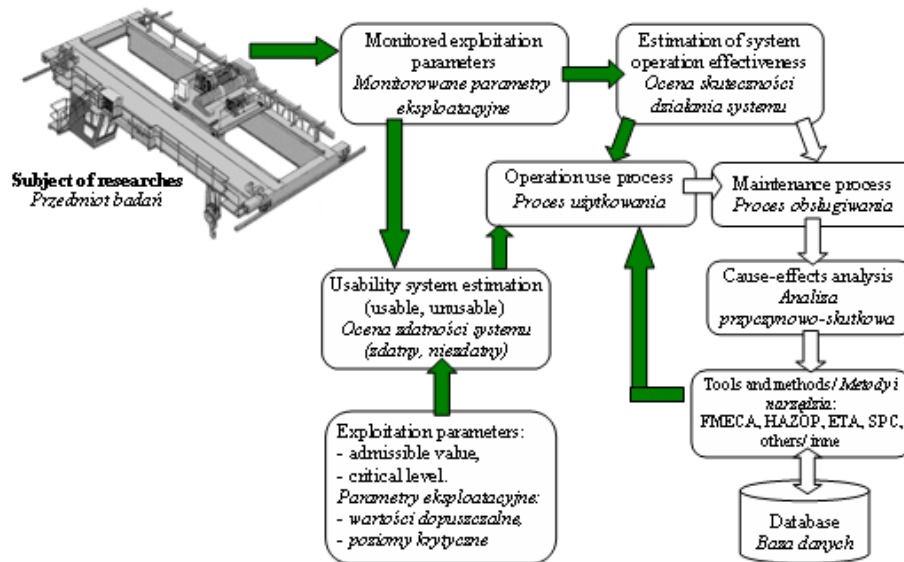


Fig. 4. The supervising process of the device technical state
Rys. 4. Nadzorowanie stanu technicznego urządzenia

SCADA systems (*Human Machine Interface/ Supervisory Control And Data Acquisition*) which are direct communication systems between operator and manage by him process or chosen its aspects. Mentioned systems are higher levels of control and managing systems which allow to short the time realized in industrial process tasks, monitoring and controlling of its chosen elements and fast reaction to possible occurred problems which require effective responses. Contemporary HMI/ SCADA interfaces realize more and more compound tasks not only on a range of controlling, visualization and data acquisition but also equipped in tools allow to realize diagnostics and monitoring functions, alarming and reporting about disadvantageous occurrences appeared in supervised process or other mechanisms and tools to aid human decision-making processes.

Presented in Figure 5 diagram of supervisory and monitoring system used for

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 przedstawiono pilot specjalnego oprogramowania wykonanego w Akademii Górniczo-Hutniczej, Zespół Transportu Technologicznego, którego istotą częścią jest automatyzacja wspomaganie procesu decyzyjnego w zakresie nadzorowania procesu eksploatacji środków transportu (rys. 4.).

3. Przykład systemu nadzorowania transportu bliskiego

W zautomatyzowanych systemach produkcyjnych coraz większe praktyczne

transport process realized by the overhead traveling crane is an example of operator - process - machine complex interface built using *InTouch Wonderware* software environment. The aim of created application was to aid decision-making user's process who supervised works transport realized by overhead traveling crane, visualization of process and its chosen aspects, monitoring chosen parameters of the process, data acquisition and generating alarms and reports about disadvantageous occurrences appeared in process.

The important element of application is base of knowledge about supervised process presented in form of natural language. Base of knowledge is built base on heuristic experienced process's operator or engineer. It could be created and modified during system exploitation. Base of knowledge has tree structure which presents causes-effects relationships. Upper branches allow user to decompose considered system or systems on subsystems and their components. In the next step user can define occurrences within the confines of selected subsystem or its component, which can occurred during system exploitation, their reasons, dangers and methods of prevention or eliminating appeared event's effects (Fig. 6).

User makes possibility of event's appearance, its type (alarm or event) and priority depended on exceeding or deviation one (simple event or alarm) or more (compound event or alarm) nominal values of measured input quantity as well as alarm appearance could be associated with occurring several disadvantageous for process exploitation events. Base of knowledge characterizes open structure and could be built using questionnaires achieved from polled experienced operators and engineers and next modified and

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 5 schemat systemu nadzorowania i monitorowania zastosowanego do procesu transportowego realizowanego przez suwnicę jest przykładem rozbudowanego interfejsu operator - proces - maszyna zbudowanego z wykorzystaniem środowiska programowego *InTouch Wonderware*. Celem wykonanej aplikacji jest wspomaganie procesu decyzyjnego użytkownika nadzorującego system transportu wewnątrzzakładowego realizowanego przez suwnicę, wizualizacja procesu i jego wybranych aspektów, monitorowanie wybranych parametrów procesu i akwizycja danych oraz alarmowanie i raportowanie o zaistniałych w procesie zdarzeniach.

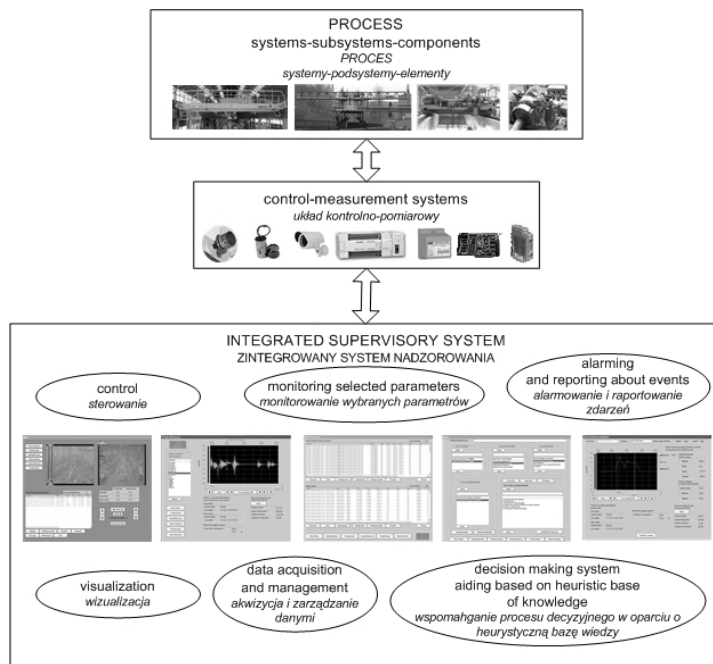


Fig. 5. Supervisory system of the device exploitation process
 Rys. 5. System nadzorowania procesu eksploatacji urządzenia

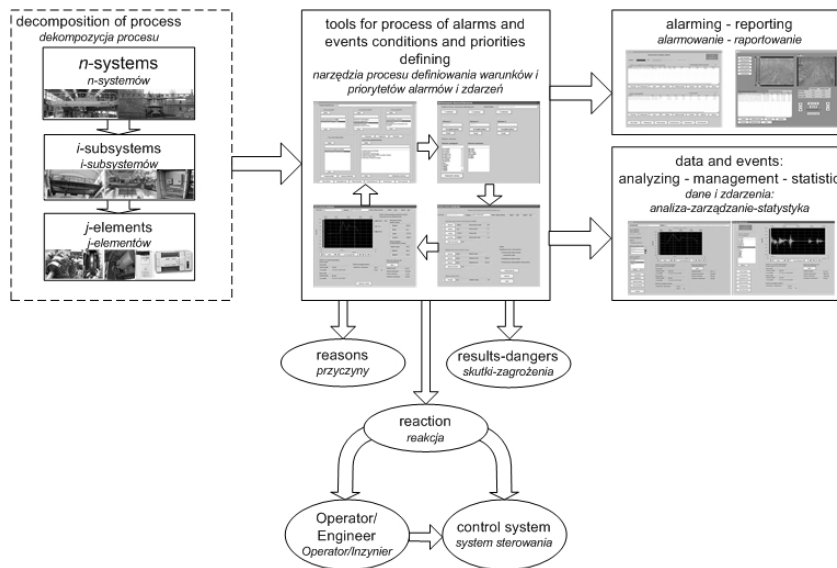


Fig. 6. Diagram of decision making process aiding using heuristic base of knowledge about supervising process of the device
 Rys. 6. Schemat systemu wspomagania procesów decyzyjnych z wykorzystaniem heurystycznej bazy wiedzy o nadzorowanym procesie urządzenia

evolved during system exploitation and exported and imported from/ to similar working systems.

Presented example of operator-exploitation process's interface was equipped in tools enable to visualization of supervised process, mechanisms of alarming and reporting about disadvantageous events occurred during process exploitation and tools for analyzing their reasons, example in form of real-time and historical trends and tools allow to analyze input signals changes which cause events of given types (e.g. mean values changes, standard deviation in chosen time period) - Fig. 7.

The aim of decision's mechanism included in system's base of knowledge is to aid operator of the process in identification, preventing and reacting to events disadvantageous for system or device exploitation. By connection with control devices, inference process can automatically generates changes of control process's parameters adequate to dangers connected with arisen problems (e.g. switching off or limiting velocity of given movement mechanism, changing starting up characteristic or movement trajectory modification).

Software - hardware architecture of the supervising system enables to realize system with distributed structure. The example of measurement - control architecture used with PLC controller type of FX was presented in the Figure 8.

The higher level of control system is interface created in InTouch program which allow to supervise and monitoring exploitation process and supplying mechanisms for process controlling by communication with different types of control devices realized using OPC client-server standard (*Object Linking and Embedding (OLE) for process control*).

Ważnym 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. 6).

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 z wykorzystaniem doświadczonych inżynierów 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

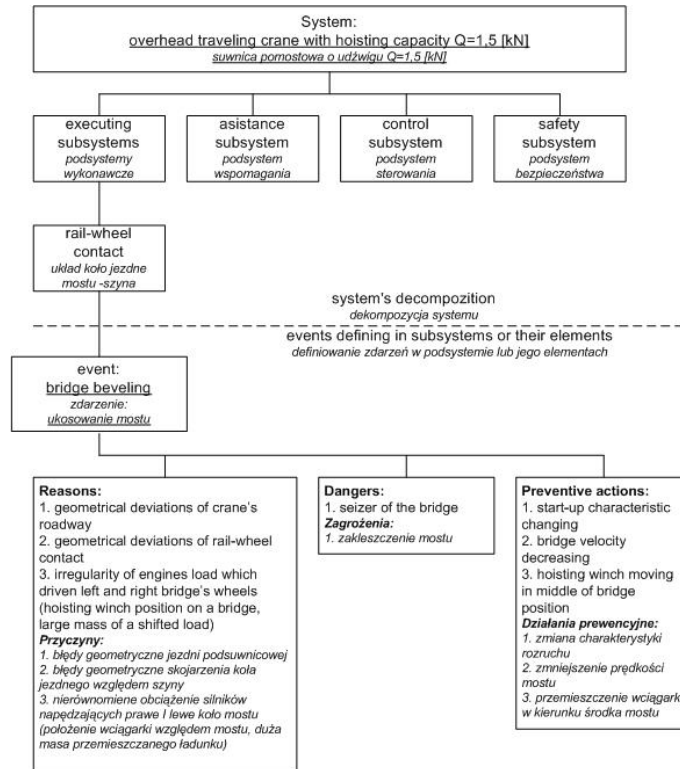


Fig. 7. Base of knowledge supervisory process structure example
Rys. 7. Przykład struktury bazy wiedzy systemu nadzorowania

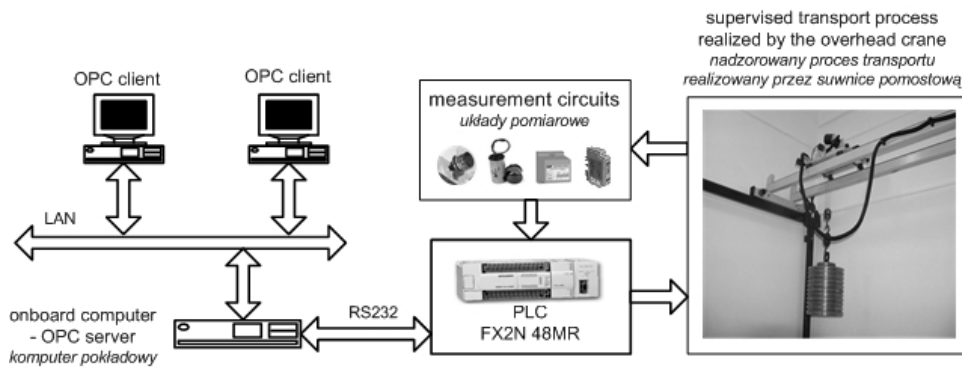


Fig. 8. Software-hardware architecture of the supervisory system
Rys. 8. Architektura sprzętowo-programowa systemu nadzorowania

In supervisory system was assumed that source of information about process are output signals from measurement circuits, e.g. from sensors: positions and velocity of movement mechanisms, angle of load's swing, ultrasonic sensors for bridge beveling measuring, bridge construction and rope deflection, as well as signals from limit switches. Measurement circuits, proposed for control and diagnostic purposes can be developed by employing in systems further sensors, for example vibration and voice sensors. Presented in the paper operator - process interface can be realized as single (industrial computer operated by operator) or multi - position system – PC computers wireless connected with on-board computer which communicates with control devices (e.g. with PLC controllers using RS connector).

4. CONCLUSIONS

Contemporary software-hardware solutions give possibility to create complex systems which integrate in one digital platform the all data gathered from supervised process and convert them in real-time into information use to assess exploitation quality considered process and its components. Nowadays complex software tools allow to built systems type of HMI/SCADA which enable to realize control functions, visualization, diagnostic and to aid human decision - making processes.

Presented in the paper supervisory system of device exploitation process used in works transport characterizes open's structure which allows for user to individual creating and modifying base of knowledge about exploited process or device basis on experience or/and historical data which analysis could be made using tools available in application. Created application is the tool in which heuristic is

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. 7.

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 8.

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 klient - serwer.

using for proper device exploitation shaping purposes.

The research project is financed from the Polish Science budget for the years 2005-2008.

References/ Literatura

1. Dąbrowski T.M.: *Diagnozowanie systemów antropotechnicznych w ujęciu potencjałowo-efektywnym*. Wojskowa Akademia-Techniczna, nr 2676/2001, Warszawa, 2001
2. Kocerba A.: *Zintegrowany system nadzorowania procesu eksploatacji suwnic pomostowych*. Praca doktorska, AGH, 2007.
3. Mikołajczyk P.: *Komputerowa baza utrzymania maszyn, wspomagająca zarządzanie systemem eksploatacji*. Materiały 9 Kongresu Eksploatacji Urządzeń Technicznych, Krynica 25-28.09.2001, t.2, s.101-108, ITeE, Radom, 2001.
4. Oziemski S. (red): *Człowiek w maszynie: podstawy antropocentrycznego projektowania stanowisk operatorów maszyn*. Instytut Technologii Eksploatacji, Radom-Warszawa, 2004.
5. Redmer A., Sawicki P., Żak J.: *Ustalenie optymalnego harmonogramu wymiany pojazdów w przedsiębiorstwach transportowych*. Materiały 9 Kongresu Eksploatacji Urządzeń Technicznych, Krynica 25-28.09.2001, t.2, s.191-202, ITeE, Radom, 2001.
6. Szpytko J.: *Kształtowanie procesu eksploatacji środków transportu bliskiego*. Monografia, Biblioteka Problemów Eksploatacji, ITE, s.254, Kraków - Radom, 2004.
7. Szpytko J., Kocerba A., Tekielak M.: *Komputerowo wspomagany system oceny trwałości i niezawodności obiektu technicznego*. Niekonwen-

W systemie nadzorowania założono, że źródłem informacji o procesie są sygnały wyjściowe z układów pomiarowych m.in. pozycji, prędkości mechanizmów ruchu, kątów 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 czujniki, 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 ich 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 funkcje 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

- cjonalne metody oceny trwałości i niezawodności, XXXIV Zimowa Szkoła Niezawodności, PAN, s. 307-314, Szczyrk, 2006
8. Szpytko J., Salamonowicz T., Żurek J.: *System wnioskowania decyzyjnego w zakresie obsługiwanego urządzenia. Zagadnienia Eksploatacji Maszyn*, PAN, z.2, Warszawa, 2003
 9. Szpytko J., Smoczek J., Kocerba A.: *Computer-aided supervisory system of transportation devices' exploitation process*. Journal of Kones, Powertrain and transport, vol.14, no. 2, p. 449-456, Warsaw, 2007
 10. Żak J., Włodarczyk H., Kiciński M.: *Wielokryterialny ranking systemów eksploatacji obiektów technicznych*. Materiały 9 Kongresu Eksploatacji Urządzeń Technicznych, Krynica 25-28.09.2001, t.2, s.231-239, ITeE, Radom, 2001



Prof. dr hab. inż. **Janusz SZPYTKO**, Akademia Górniczo - Hutnicza (AGH University of Science and Technology), Faculty of Mechanical Engineering and Robotics. Specialist in designing and exploitation of transport systems and devices, automatics, safety and reliability, monitoring and diagnostics, decision making systems, telematics. Author or co-author of more than 300 publications, both in Polish and English. Member of: STST KT PAN, TC IFAC, SEFI, ISPE, PTD, PTB, PSRA, ISA, SITPH and others. Visiting professor at the universities in: UK, France, Canada, Italy, Greece, Canada, Laos. Coordinator and member of several R&D projects both national and international. Organiser and member of several scientific and programme committees of international and national conferences and symposiums.

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 2005-2008 jako projekt naukowo - badawczy.



Dr inż. **Jarosław SMOCZEK**, Akademia Górniczo-Hutnicza, (AGH University of Science and Technology), Faculty of Mechanical Engineering and Robotics. Specialist in designing and exploitation of transport systems and devices, automatics, monitoring and diagnostics. Author or co-author of more than 30 publications, both in Polish and English.



Dr inż. **Artur KOCERBA**, Akademia Górniczo - Hutnicza, (AGH University of Science and Technology), Faculty of Mechanical Engineering and Robotics. Specialist in designing and exploitation of transport systems and devices, safety and reliability, monitoring and diagnostics, telematics. Co-author of more than 25 publications, both in Polish and English.