

SYSTEMY INFORMATYCZNE WSPOMAGAJĄCE UTRZYMANIE RUCHU MASZYN

Paweł MIKOŁAJCZAK, Krzysztof LIGIER

Katedra Budowy, Eksploatacji Pojazdów i Maszyn, WNT, UWM w Olsztynie
ul. Oczapowskiego 11, 10-718 Olsztyn, tel.: 089-5234811, e-mail: pawel.mikolajczak@uwm.edu.pl

Streszczenie

Analizując wytyczne norm dotyczących zarządzania jakością w przedsiębiorstwach można zauważyć, że wiele zagadnień tam poruszanych związanych jest z oceną zdolności procesów, monitorowaniem stanu zasobów przedsiębiorstwa, prognozowaniem potencjalnych niezgodności i identyfikacją ich przyczyn. Nietrudno zauważyć, że zagadnienia te są związane z celami jakie przypisywane są utrzymaniu ruchu maszyn, a w tym diagnostyce technicznej. Wobec tego warto zastanowić się, czy przez wdrożenie odpowiednich systemów informatycznych (SI) klasy CMMS (Computerised Maintenance Management System) nie można osiągnąć spełnienia zaleceń norm odnośnie poprawienia jakości funkcjonowania maszyn, warunków pracy i wyrobu lub usługi? W pracy przedstawiono zalecenia zawarte w normie ISO 9004:2000, które mają ścisły związek z oceną stanu obiektów technicznych, podając jednocześnie przykłady SI wspomagających utrzymanie ruchu maszyn.

Słowa kluczowe: systemy informatyczne, utrzymanie maszyn, zarządzanie jakością, prognozowanie

INFORMATION SYSTEM SUPPORTING MACHINE MAINTENANCE

Summary

The analysis of the quality control standards in enterprises makes visible that great number of issues brought up there is connected with process efficiency evaluation, enterprise resources state monitoring, potential inconsistency prediction and identification of their reasons. It is not difficult to admit that the issues are connected with aims, which are attributed to machine maintenance, including technical diagnostics. One must consider, if implementation of the proper information systems (SI) of class CMMS (Computerized Maintenance Management System) makes it possible to fulfill demands of the standards in order to improve machine maintenance quality, work conditions and product or service? The paper includes the recommendations enclosed in ISO 9004:2000 standards, which refer closely to machine state evaluation, presenting also examples of SI that are supporting machine maintenance.

Keywords: information systems, machine maintenance, quality control, prediction

1. WPROWADZENIE

W nowoczesnych organizacjach gospodarczych i administracyjnych wyraźnie kształtuje się konieczność zastosowań systemów informatycznych wspomagających zarządzanie tymi organizacjami. Jest to związane przede wszystkim z dużą ilością informacji, która musi być odpowiednio przetworzona i wykorzystana w możliwie krótkim czasie. W przypadku utrzymania maszyn problem ten jest szczególnie ważny gdy eksploatowana jest znaczna ilość obiektów technicznych. Oprócz wewnętrznych potrzeb szybkiego dostępu do informacji, które mogą być w różny sposób określony w zależności od specyfiki przedsiębiorstwa, istnieje szereg zaleceń norm dotyczących wykorzystania informacji o zasobach (w tym zasobach technicznych). Na przykład norma [7] zaleca aby organizacje prowadziły pomiary:

- czasu reakcji na powstałe uszkodzenia,
- niezawodności,
- wykorzystania zasobów,

- alokacji kosztów i opracowanie metod ich zmniejszania,
- kosztów zapobiegania i oceny,
- kosztów niezgodności, kosztów uszkodzeń,
- kosztów cyklu życia maszyn.

Aby skutecznie oceniać zasoby przedsiębiorstwa należy prowadzić rejestr informacji o zdarzeniach eksploatacyjnych tych zasobów. Ze względu na treść można dokonać podziału informacji na [4]:

Informacje faktograficzne - opisujące stan zasobu w danym czasie *t*. Informacje faktograficzne stanowią podstawowe zasoby informacyjne w systemach ewidencyjnych, systemach informowania kierownictwa itp.

Informacje semantyczne, które określają znaczenie (sens) zasobu - udzielają odpowiedzi na pytanie „Co znaczy zasób Z?”.

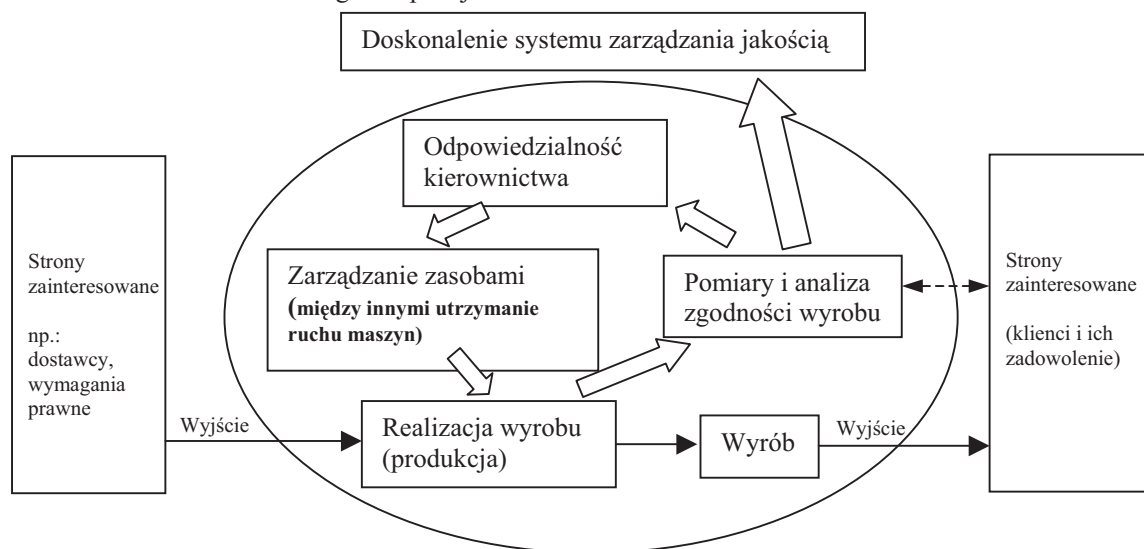
Informacje proceduralne - opisują sposób działania zasobu - służą do analizy i przetwarzania innych informacji.

Informacje klasyfikacyjne - stanowią kryteria przypisywania zasobu do określonej klasy lub rozpoznania tego zasobu w zadanym zbiorze.

Informacje strukturalne - opisują budowę (strukturę) zasobu.

Nowoczesne przedsiębiorstwa starają się przyjmować podejście procesowe podczas opracowywania, wdrażania i doskonalenia systemu zarządzania jakością. Oznacza to, że organizacje te powinny zidentyfikować powiązania pomiędzy różnymi działaniami (produkcją, utrzymaniem maszyn, obsługą klientów itp.). Zaletą takiego podejścia jest zapewnienie nadzoru nad poszczególnymi elementami w całym systemie procesów, jak też nad ich kombinacją i wzajemnym oddziaływaniem. Wydaje się, że bez odpowiednio opracowanego systemu informatycznego nie można skutecznie realizować takiego podejścia.

Dodatkowo, analizując podstawowe wymagania stawiane w tzw. *Dyrektywie Maszynowej 98/37/WE*, wdrożonej Rozporządzeniem Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 10.04.2003 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn i elementów bezpieczeństwa (Dz.U. Nr 91 poz.858) można sformułować podstawowy postulat dotyczący eksploatacji maszyn: każda organizacja (przedsiębiorstwo) musi podejmować działania mające na celu zapewnienie, że maszyny udostępniane pracownikom są właściwie przygotowane do pracy i mogą być użytkowane bez narażenia bezpieczeństwa pracowników. Na rys.1 przedstawiono model systemu zarządzania jakością, którego podstawą jest system procesów z uwzględnieniem miejsca utrzymania ruchu maszyn i urządzeń.



Rys.1. Model procesowy systemu zarządzania jakością z wyróżnieniem miejsca utrzymania ruchu maszyn
Opracowanie własne na podstawie [7]

Decyzja o wprowadzeniu nowego systemu informatycznego w przedsiębiorstwie jest zawsze decyzją trudną. Aby ją podjąć trzeba być przekonanym o jej słuszności. Kiedy zatem wprowadzenie systemu klasy CMMS (Computerised Maintenance Management System)? Można spróbować podjąć taką decyzję odpowiadając na przedstawione poniżej pytania [8].

- Czy pod opieką służb technicznych przedsiębiorstwa znajduje się znaczna liczba urządzeń? Czy ich obsługa jest złożona?
- Czy urządzenia podlegają planowym działaniom? Czy plany działań podlegają częstym modyfikacjom?
- Czy w przedsiębiorstwie prowadzone są prace modernizacyjne i inwestycyjne o dużym stopniu złożoności, wymagające szczegółowego planowania i nadzoru nad ich wykonaniem?
- Czy zarządzanie dokumentacją maszyn i urządzeń oraz procedur ich obsługi nie nastęrcza problemów?
- Czy nie występują problemy we współpracy służb technicznych ze służbami produkcyjnymi, polegające na słabym przepływie informacji?
- Czy nie pojawia się potrzeba wprowadzenia obiektywnych wskaźników oceny służb technicznych?
- Czy służby techniczne są zobowiązane do przeprowadzania okresowych analiz statystycznych swojej działalności?
- Czy nie ma potrzeby obniżenia zapasów magazynowych materiałów i części zamiennych? Czy jesteśmy zainteresowani śledzeniem stanów magazynowych, w tym także magazynków podręcznych?
- Czy istnieje potrzeba określania rzeczywistych kosztów pracy urządzeń, np. w celu ustalenia opłacalności produkcji?

- Czy nie ma potrzeby określenia stopnia zaangażowania pracowników służb technicznych w poszczególne prace?
- Czy są działania służb technicznych wykonywane siłami zewnętrznymi? Czy nie ma konieczności rozliczania tych prac i oceny ich opłacalności?
- Czy działalność służb technicznych odbywa się w ramach z góry zaplanowanych budżetów na poszczególne rodzaje prac? Czy trzeba na bieżąco śledzić rozplanowane i wydane środki?
- Czy służby techniczne uczestniczą w przygotowaniu budżetów na kolejne lata?
- Czy w przedsiębiorstwie funkcjonuje lub ma zostać wprowadzony system jakości? Czy w związku z tym nie jest konieczny stały i łatwy

dostęp do informacji o stanie technicznym urządzeń?

Jeżeli chociaż część odpowiedzi będzie twierdząca, będzie to oznaczało, że warto zainwestować w rozwiązanie informatyczne wspierające utrzymanie maszyn, cele wdrożenia powinny być zgodne z uzyskanymi odpowiedziami. Decydując się już na wdrożenie SI należy zastanowić się jeszcze nad jednym pytaniem: czy skorzystać z gotowej aplikacji oferowanej przez profesjonalne firmy informatyczne, czy budować SI od podstaw? Przyjęcie pierwszego lub drugiego rozwiązania niesie ze sobą pewne wady i zalety, których zestawienie przedstawiono w tab.1.

Tab.1. Zestawienie zalet i wad wariantów SI utrzymania ruchu maszyn

Wariant SI	Zalety	Wady
Gotowa aplikacja	<ul style="list-style-type: none"> - szybki termin wdrożenia; - system przetestowany i zweryfikowany; - na ogół system utworzony przez liczną grupę ekspertów; - możliwość zapoznania się z opiniami wcześniejszych użytkowników. 	<ul style="list-style-type: none"> - konieczność przetwarzania nadmiaru danych (niepotrzebnych informacji); - nieuwzględnienie wymogów szczególnych; - na ogół brak możliwości dokonywania zmian „na życzenie” w SI; - przepłacenie za część modułów nie używanych.
Według własnego projektu	<ul style="list-style-type: none"> - dobre dopasowanie do własnych potrzeb (kadrowych, specyfiki przedsiębiorstwa, stosowanych wskaźników cenowych, stosowanych określeń – terminologii itp.); - możliwość dokonania nawet istotnych zmian po etapie testowania; - możliwość uwzględniania najnowszych metod utrzymania ruchu maszyn 	<ul style="list-style-type: none"> - trudności w precyzyjnym określeniu terminu i kosztu wdrożenia; - konieczność prowadzenia szczegółowego testowania; - niezbędne zaangażowanie znacznej liczby pracowników z różnych działów w projekcie; - zagrożenie złego sprecyzowania celów projektu.

W przypadku podjęcia decyzji o budowie nowego SI klasy CMMS należy brać pod uwagę następujące zagadnienia[6]:

optymalnego kierowania eksploatacją maszyn: zasady planowania użytkowania maszyn, terminów obsług technicznych, organizacja systemu zbierania i przetwarzania informacji;

optymalizacji struktur organizacyjnych systemu eksploatacji: zasady prawidłowej współpracy systemu obsługi z systemem użytkownika, wybranie odpowiedniej strategii wykorzystania obiektów zaplecza technicznego;

optymalizacji własności eksploatacyjnych maszyn: sposób badania i kryteria oceny aktualnego stanu technicznego maszyn, wybór częstości i zakresu obsług technicznych, wybór miar trwałości maszyn, sposoby badania i oceny niezawodności maszyn.

W punkcie drugim przedstawiono przykładowe SI wykorzystywane w utrzymaniu ruchu maszyn, opisując tylko przykładowe moduły systemów bezpośrednio związane z tematem artykułu. Szczegółowe rozważania nt. SI eksploatacji obiektów technicznych można znaleźć np. w pracy: [6].

2. PRZYKŁADY SYSTEMÓW INFORMATYCZNYCH KLASY CMMS

2.1. System *plan9000*

Podrozdział opracowano na podstawie: [8].

System *plan9000* firmy „4TECH Systemy Informatyczne” jest systemem wspomagającym służby, których zakres działania to: gospodarka remontowa, utrzymanie ruchu, serwis, modernizacje i inwestycje. System ten składa się z modułu „Administratora” i czterech modułów funkcjonalnych:

- gospodarka remontowa;
- katalogi;
- kadry;
- ewidencje.

Każdy z wymienionych modułów oprócz szeregu swoich charakterystycznych funkcji zawiera bogate zestawienia raportów.

Moduł „Gospodarka remontowa” obsługuje funkcje:

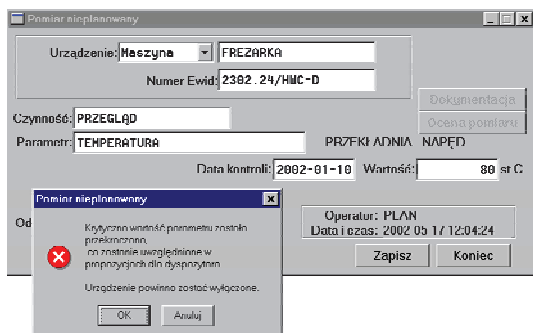
1. dyspozycje
2. plan czynności
3. zlecenia czynności
4. diagnostyka
5. zgłoszenia
6. definicje czynności obsługowych
7. zamówienia

ad. 1. Dyspozycje - przeznaczone do podejmowania decyzji dotyczących potrzeby wykonania czynności obsługowych, sygnałów diagnostycznych powstałych po stwierdzeniu przekroczenia dopuszczalnych/krytycznych parametrów pracy urządzenia.

ad. 2. Plan czynności - można tworzyć „ręcznie” lub automatycznie zgodnie ze zdefiniowanym czasem trwania i odstępami między czynnościami.

ad. 3. Zlecenia czynności obsługowych są podstawą rejestracji wykonania prac. Przykładowo mogą informować o wymaganiach dotyczących części zamiennych, wykonawcach prac. Do zleceń dołączane są informacje o kosztach.

ad. 4. System umożliwia zaplanowanie i zarejestrowanie pomiarów charakterystycznych parametrów pracy urządzeń. Istnieje możliwość wykorzystywania danych zbieranych przez automatyczne czujniki. Przykład okna programu związanego z diagnostyką pokazano na rys.2.



Rys.2. Okno aplikacji *plan9000* – ostrzeżenie o awarii maszyny

ad. 5. Zgłoszenia powstają głównie na produkcji gdy nastąpi awaria. Mogą także dotyczyć m. in. potrzeby wykonania konserwacji czy modernizacji. Zgłoszenia są kierowane do „Dyspozytora”. Innym przykładem wykorzystania mogą być zgłoszenia kierowane do działu zaopatrzenia.

ad. 6. Dla każdego typu urządzenia można zdefiniować typowe czynności obsługowe. Czynnościom tym można nadać różne cechy. Mogą być automatycznie na określonych zasadach umieszczane w planie.

2.2. System Remontowy API Pro

Rozdział opracowano na podstawie: [9].

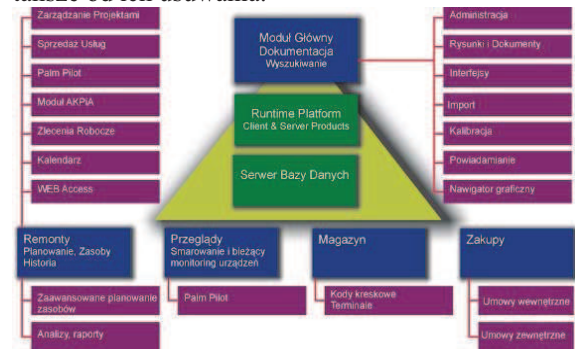
System informatyczny API Pro został opracowany przez firmę Api Maintenance Systems A/S, twórcy dedykowanego i specjalistycznego rozwiązania w zakresie systemów remontowych, a rozpowszechniany w Polsce przez firmę Betacom z Warszawy. Oferowane rozwiązanie opiera się na kompleksowej obsłudze procesu remontowego oraz utrzymania ruchu maszyn. Poszczególne moduły systemu przedstawiono na rys.3.

Moduł Dokumentacja jest rdzeniem systemu API. Jego elastyczność jest unikalna i możliwa do zastosowania w każdej firmie niezależnie od

wielkości i branży. Umożliwia kodyfikację urządzeń, tworzenie wielopoziomowych struktur technologicznych i funkcjonalnych, jest bazą wiedzy o historii urządzeń i zdarzeń. Pozwala na śledzenie kosztów w dowolnym przekroju. Zarządza dokumentacją techniczną posiadanych zasobów.

Moduł Remonty pozwala zarządzać wszystkimi rodzajami napraw i remontów, od usterek nieplanowanych poprzez planowanie przeglądów, remontów i kampanii remontowych. Funkcja *Zlecenia Robocze* pozwala śledzić i zarządzać wszystkimi zasobami przedsiębiorstwa. Posiada funkcjonalność zarządzania Projektami. Istnieje możliwość integracji z istniejącymi systemami pomiarowymi i sterującymi. Umożliwia dostęp poprzez Internet i intranet.

Moduł Przeglądy-Inspekcja jego istotą jest poprzez odpowiednie zaplanowanie, realizacją i kontrolę przeglądów urządzeń wyeliminowanie w jak największym zakresie nieprzewidzianych awarii. Zapobieganie awariom jest zdecydowanie tańsze od ich usuwania.



Rys.3. Struktura systemu API Pro

2.3. System IMPACT xp

Rozdział opracowano na podstawie: [10].

System jest autorstwa brytyjskiej firmy Soft Solution Group Ltd. W Polsce dystrybutorem aplikacji IMPACTxp jest Centrum Przemysłowo-Usługowe ZETO Sp. z o.o. w Jeleniej Górze. System może być skonfigurowany z wymienionych niżej modułów:

- Podstawowy moduł serwisowy
- Budżet i koszty
- Sterowanie zapasami
- Zakupy serwisowe
- Pulpit pomocy
- Zarządzanie przebiegami
- Zarządzanie narzędziami
- Zarządzanie kontraktami
- Zarządzanie projektem
- Monitorowanie
- Kontrola kalibracji
- Dokumentacja
- Zdjęcia i rysunki CAD
- Baza wiedzy
- Kody paskowe

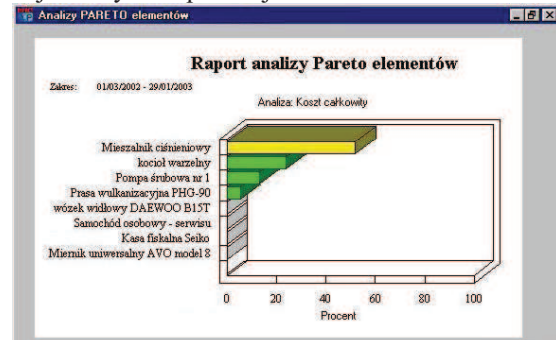
- Interfejs podstawowy
- Interfejs MFG/PRO
- Katalogi
- Generator raportów

Moduł Monitorowanie umożliwia dokonywanie bieżących pomiarów parametrów charakterystycznych dla pracy danej grupy maszyn tj. temperatura, ciśnienie, napięcie elektryczne, itp. następnie zestawia je z wielkościami zawartymi w bazie. Proces monitorowania oparty jest na charakterystycznych cechach związanych z każdą częścią maszyny, które same lub w powiązaniu z innymi, mogą dostarczyć informacji diagnostycznych.

Wskaźnik warunku może być dowolnego typu pod warunkiem, iż jest zapisywany w sposób cyfrowy. Do zadań pracownika technicznego należy wybranie najbardziej stosownych wskaźników, które zostaną następnie wyszczególnione w IMPACTxp wraz z zakresem (definiującym dopuszczalną tolerancję warunków działania). Zgodnie z ustalonymi wcześniej cyklami, do systemu doprowadzane są wyniki odczytów z poszczególnych urządzeń: ręcznie lub automatycznie (import danych z zewnętrznego systemu monitorowania). Następnie IMPACTxp analizuje odczyty i biorąc pod uwagę zakres założonych tolerancji alarmuje, gdy którekolwiek

urządzenie wykaże odmienne zachowanie lub prawdopodobnie zmierza do stanu awaryjnego.

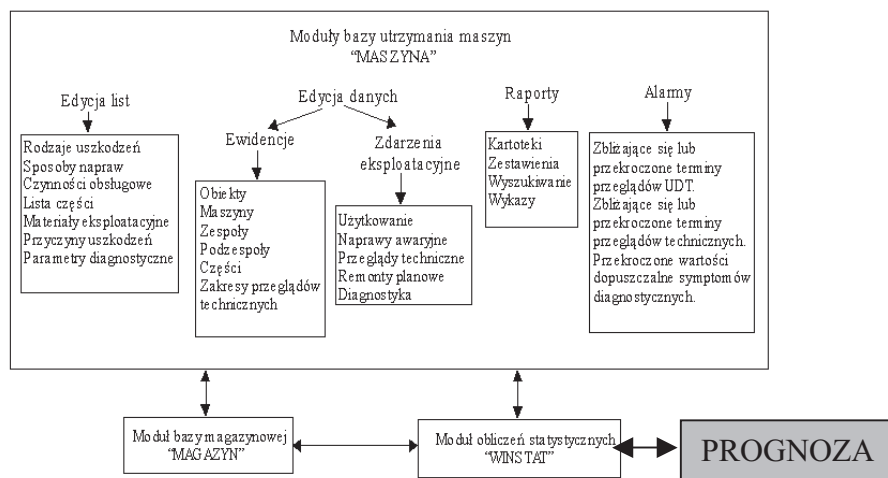
Jako przykład okna systemu IMPACTxp podano na rys.4 raport z wykorzystaniem analizy PARETO, w którym określa się grupę urządzeń dla których w danym okresie wykonano najwięcej prac, wartość robocizny, materiałów lub kosztów całkowitych była największa lub też wystąpił najdłuższy czas przestoju.



Rys.4. Przykład raportu systemu IMPACTxp

5.3. System „MASZYNA”

System wspomagający utrzymanie ruchu maszyn MASZYNA został opisany w pracy [2]. Jego strukturę przedstawiono na rys.5.



Rys.5. Struktura aplikacji MASZYNA wspomagający utrzymanie ruchu obiektów technicznych

W porównaniu do opisu systemu przedstawionego w [2], obecnie został dobudowany moduł PROGNOZA, który pozwala na dokonanie analizy prognozowania wg modeli szeregów czasowych [3]. W szeregu czasowym wyróżnia się składową systematyczną oraz składową przypadkową (wahania okresowe). W przypadku, gdy występuje składowa systematyczna w postaci stałego poziomu i wahania przypadkowe, do prognozowania w programie zastosowano modele ze stałym poziomem zmiennej prognozowanej, wykorzystując przy tym trzy metody: naiwną,

średniej ruchomej prostej oraz średniej ruchomej ważonej. Budując prognozy na podstawie tych metod, prognoza przyjmuje zasadę *status quo*, postawę pasywną wobec prognozowanego zjawiska oraz regułę podstawową. Metody te pozwalają na wyznaczenie prognozy tylko na jeden okres.

W przypadku, gdy w szeregu czasowym obserwuje się trend zmiany wartości badanego zjawiska i wahania przypadkowe, do prognozowania wykorzystano modele analityczne, przewidziane dla tendencji rozwojowych. Modele te należy stosować do prognozowania zjawisk,

które charakteryzowały się w przeszłości regularnymi zmianami, dającymi się opisać za pomocą funkcji czasu. Zakłada się tu nie tylko niezmiennosc kierunku trendu, ale również stałość charakteru zmian zjawiska wyrażoną przez niezmiennosc postaci analitycznej funkcji trendu. W systemie uwzględniono postać liniową, potęgową oraz wykładniczą.

Do prognozowania wartości szeregów czasowych z wahaniami okresowymi wykorzystano również trzy postacie analityczne (liniowy, potęgowy, wykładniczy), przy jednoczesnym podziale na modele addytywne i multiplikatywne. W pierwszym przypadku model przyjmuje postać ogólną:

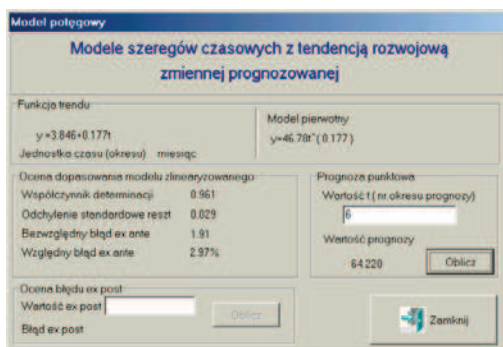
$$y_{it} = \hat{y}_t + c_i + e_t, \quad t = 1, \dots, n, \quad i = 1, \dots, r.$$

W modelu multiplikatywnym przyjmuje się, że obserwowane wartości zmiennej prognozowanej są iloczynem składowych szeregu czasowego. Wówczas postać ogólną modelu można zapisać jako:

$$y_{it} = \hat{y}_t c_i e_t, \quad t = 1, \dots, n, \quad i = 1, \dots, r,$$

gdzie: y_{it} - rzeczywista wartość prognozowanej zmiennej zmierzona w chwili t w i -tej fazie cyklu, \hat{y}_t - teoretyczna wartość prognozowanej zmiennej zmierzona w chwili t wyznaczona z modelu, c_i - wskaźnik sezonowości, e_t - reszta w czasie t , r - liczba faz cyklu. Oczywiście modele potęgowe i wykładnicze przyjmą odpowiednią dla siebie postać [1].

Na rys.6 podano przykład okna programu, w którym została wyznaczona prognozowana wartość czasu trwania przeglądu technicznego wentylatora w 6 miesiącu roku kalendarzowego.



Rys.6. Przykładowe okno programu PROGNOZA

3. PODSUMOWANIE

Analizując tendencje rozwojowe SI CMMS można zauważyć, że coraz częściej stosowane jest w nich podejście procesowe, uwzględniające różne aspekty utrzymania maszyn. Wiąże się to z tym, że w gospodarce rynkowej trudno oddzielić od siebie zagadnienia techniczne od ekonomicznych czy organizacyjnych. Wydaje się również, że coraz ważniejszym dla inżynierów działów utrzymania ruchu staje się zagadnienie prognozowania (stanu technicznego, kosztów,

pracochłonności), wobec tego decydując się na wdrożenie SI warto zastanowić się czy system ten jest odpowiedni do i posiada moduł prognostyczny.

LITERATURA

1. Cielak M. i inni. Prognozowanie gospodarcze. PWN Warszawa 2002r.
2. Mikołajczak P. Komputerowa baza utrzymania maszyn MASZYNA, wspomagająca zarządzanie systemem eksploatacji. IX Kongres Eksploatacji Urządzeń technicznych, tom 2. Krynica 2001r.
3. Radzikowska B. i inni. Metody prognozowania. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego. Wrocław 2000r.
4. Wrycza S. Analiza i projektowanie systemów informatycznych zarządzania. PWN. Warszawa 1999r.
5. Żółtowski B. Podstawy diagnostyki maszyn. Wyd. ATR. Bydgoszcz 1996r.
6. Żółtowski B. Niziński S. System informatyczny eksploatacji pojazdów mechanicznych. PWSZ im Stanisława Staszica. Piła 2004r.
7. PN-EN ISO 9004. Systemy zarządzania jakością. Wytyczne doskonalenia funkcjonowania. PKN 2001.
8. <http://www.4tech.com.pl> - Materiały informacyjne nt.: systemu „plan9000”.
9. <http://www.betacom.com.pl> - Materiały informacyjne nt.: systemu remontowego „API Pro”.
10. <http://www.impactxp.com.pl> - Materiały informacyjne nt.: systemu wspomagającego zarządzanie gospodarką remontową i służbami utrzymania ruchu IMPACTxp.

Dr inż. Paweł Mikołajczak pracuje na stanowisku adiunkta w Katedrze Eksploatacji i Pojazdów i Maszyn Wydziału Nauk Technicznych UWM w Olsztynie. Od wielu lat zajmuje się diagnostyką wibroakustyczną, jest autorem wielu artykułów i ekspertyz z tego zakresu. Członek PTDT, redaktor „Diagnostyki”.



Mgr inż. Krzysztof Ligier jest asystentem w Katedrze Eksploatacji Pojazdów i Maszyn Wydziału Nauk Technicznych UWM w Olsztynie. Jest członkiem Polskiego Naukowo-Technicznego Towarzystwa Eksploatacji, redaktorem czasopisma „Diagnostyka”.

Zajmuje się problemami eksploatacji i diagnostyki maszyn i urządzeń technicznych.

