

ZASTOSOWANIE PROGRAMOWANIA CAŁKOWITOLICZBOWEGO W UTRZYMANIU POJAZDÓW I MASZYN

Paweł Mikołajczak

Katedra Budowy, Eksploatacji Pojazdów i Maszyn
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Streszczenie. W artykule przedstawiono system informatyczny zarządzania utrzymaniem pojazdów i maszyn, należący do klasy CMMS (Computerized Maintenance Management System). Oprócz klasycznych modułów systemów CMMS opisano moduł optymalizacyjny z uwzględnieniem optymalizacji całkowitoliczbowej oraz moduł prognozowania zawierający różne postacie modeli prognostycznych. Uzupełnieniem artykułu są informacje ogólne o systemach informatycznych klasy CMMS.

Słowa kluczowe: system informatyczny, utrzymanie pojazdów i maszyn, optymalizacja, prognozowanie

WSTĘP

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 lub usługami, utrzymaniem pojazdów i 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.

Decyzja o wprowadzeniu nowego systemu informatycznego w przedsiębiorstwie jest zawsze trudna. Aby ją podjąć, trzeba być przekonanym o jej słuszności. Kiedy zatem wprowadzenie systemu klasy CMMS (gospodarka remontowa, utrzymanie ruchu, inwentyzacja, serwis) jest niezbędne? Można spróbować podjąć taką decyzję odpowiadając na następujące pytania [<http://www.4tech.com.pl>]:

Czy pod opieką służb technicznych przedsiębiorstwa znajduje się znaczna liczba pojazdów i maszyn?

Czy obiekty te podlegają stałej obsłudze technicznej?

Czy ich obsługa jest złożona?

Czy plany działań podlegają częstym modyfikacjom?

Czy w przedsiębiorstwie prowadzone są prace modernizacyjne i inwestycyjne o dużym stopniu złożoności, wymagające planowania?

Czy zarządzanie dokumentacją maszyn i urządzeń oraz procedur ich obsługi nie naszcza problemów?

Czy nie pojawia się potrzeba wprowadzenia obiektywnych wskaźników oceny służb technicznych, jak np. czas reakcji na zgłoszenie, średni czas międzyawaryjny, średni czas przestoju związanego z naprawą?

Czy służby techniczne są zobowiązane do przeprowadzania okresowych analiz statystycznych swojej działalności?

Czy nie ma potrzeby obniżenia zapasów magazynowych materiałów i części zamiennych?

Czy istnieje potrzeba określania rzeczywistych kosztów eksploatacji?

Jeżeli chociaż część odpowiedzi będzie twierdząca, będzie to oznaczało, że warto zainwestować w rozwiązanie informatyczne wspierające utrzymanie pojazdów i maszyn. Decydując się już na wdrożenie SI, należy zastanowić się nad odpowiedzią na jeszcze jedno pytanie: 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 tabeli 1.

Tabela 1. Zestawienie zalet i wad wariantów SI utrzymania pojazdów i maszyn

Table 1. Comparison of advantages and disadvantages of SI variants of vehicles and machines maintenance

Wariant SI	Zalety	Wady
Gotowa aplikacja	- szybki termin wdrożenia; - system przetestowany i zweryfikowany; - na ogół system utworzony przez liczną grupę ekspertów; - możliwość zapoznania się z opiniami wcześniejszych użytkowników	- konieczność przetwarzania nadmiaru danych (niepotrzebnych informacji); - nieuwzględnienie wymogów szczególnych; - na ogół brak możliwości dokonywania zmian „na życzenie” w SI; - przełączenie za część modułów nie używanych
Według własnego projektu	- dobre dopasowanie do własnych potrzeb (kadrowych, specyfiki przedsiębiorstwa, stosowanych wskaźników cenowych, stosowanych określeń – terminologii itp.); - możliwość dokonania nawet istotnych zmian po etapie testowania	- 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

CHARAKTERYSTYKA SYSTEMÓW WSPOMAGANIA DECYZJI

System wspomaganie decyzji (DSS – Decision Support Systems) umożliwia decydyntom dentyfikację problemu decyzyjnego oraz tworzenie i rozwiązywanie modeli decyzyjnych, aby podjąć właściwą decyzję. Systemy te są wykorzystywane we wspoma-

ganiu podejmowania decyzji strategicznych i taktycznych (długo- i średniookresowych), w problematyce: planowania działalności gospodarczej, inwestycji, zaopatrzenia, sprzedaży wyrobów i usług, gospodarki finansowej.

W strukturze systemów wspomagania decyzji można wyróżnić następujące zasadnicze elementy [Nowicki (red.) 1995]:

1. **podsystem komunikacji** – umożliwia porozumiewanie się użytkownika z systemem w języku wyższego poziomu, w tym zbliżonym do języka naturalnego stanowiącego tzw. język dialogu;
2. **podsystem rozwiązywania problemów** – zapewnia automatyczną bądź we współpracy z użytkownikiem obsługę pytań związanych z podejmowaniem decyzji;
3. **podsystem zarządzania bazą danych i bazą modeli** – umożliwia racjonalne gospodarowanie zasobami informacyjnymi;
4. **baza danych** – to zbiór danych dotyczących funkcjonowania danego systemu działania (np. produkcyjnego, usługowego, handlowego), niezbędnych do rozwiązywania problemów decyzyjnych;
5. **baza modeli** obejmująca zbiór: modeli prognostycznych i planistycznych; modeli optymalizacyjnych; modeli symulacyjnych; scenariuszy decyzyjnych, ułatwiających rozpoznawanie problemów decyzyjnych i wybór decyzji; problemów decyzyjnych wraz ze schematami ich rozwiązywania.

W przypadku podjęcia decyzji o wdrożeniu nowego systemu informatycznego klasy CMMS, należącego do zbioru systemów DSS, należy brać pod uwagę następujące zagadnienia [<http://www.4tech.com.pl>]:

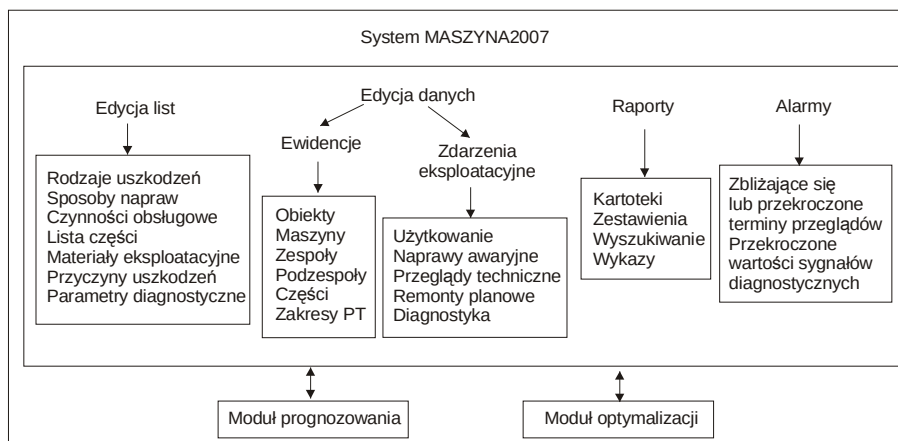
- **optymalnego kierowania utrzymaniem pojazdów i maszyn**: zasady planowania użytkowania, planowanie terminów obsług technicznych i napraw, organizacja systemu zbierania i przetwarzania informacji, kształtowanie rozkładów intensywności użytkowania poszczególnych urządzeń technicznych;
- **optymalizacji struktur organizacyjnych systemu eksploatacji**: zasady prawidłowej współpracy systemu obsługi z systemem użytkowania, wybranie odpowiedniej strategii wykorzystania obiektów zaplecza technicznego;
- **zasady organizacji serwisu obsługowego**;
- **optymalizacji własności eksploatacyjnych pojazdów i maszyn**: sposób badania i kryteria oceny aktualnego stanu technicznego, wybór częstości i zakresu obsług technicznych, wybór miar trwałości oraz sposobów jej zwiększania bez zmian konstrukcyjnych i technologicznych, sposoby badania i oceny niezawodności.

SYSTEM INFORMATYCZNY MASZYNA2007

System wspomagający utrzymanie pojazdów i maszyn MASZYNA2007 (rys.1) jest modyfikacją aplikacji MASZYNA opisanej między innymi w pracy Mikołajczaka [2001]. System ten różni się od poprzedniej wersji dwoma nowymi modułami dotyczącymi prognozowania i optymalizacji.

Edycja list – ten moduł programu stworzony został w celu standaryzacji używanej terminologii i oznaczeń. Zapewnia to możliwość jednoznacznego wyszukiwania w bazie żądanych rekordów i nie występuje groźba popełnienia błędów przy wielokrotnym wprowadzaniu tych danych, które powinny być identyczne w różnych kartotekach, np. nazwy i oznaczenia części i materiałów eksploatacyjnych.

Edycja danych – ten moduł podzielono na dwie grupy: *Ewidencje* – dane proceduralne, klasyfikujące i strukturalne oraz *Zdarzenia eksploatacyjne* – dane faktograficzne [Wrycza 1999].



Rys. 1. Struktura systemu MASZYNA2007
Fig. 1. Structure of the system MACHINE 2007

Zdarzenia eksploatacyjne. W przypadku danych dotyczących użytkowania i napraw awaryjnych są to dane, których się nie przewiduje (dane losowe) i wprowadza dopiero do bazy na podstawie wypełnionych kart użytkowania i napraw awaryjnych. W szczególności karty te zawierają: datę i godzinę włączenia i wyłączenia maszyny z ruchu; ilość wykonanej pracy; nr porządkowy naprawy; rodzaj uszkodzenia; przyczynę uszkodzenia; sposób naprawy; czas trwania naprawy; czas przebywania maszyny (pojazdu) w naprawie; informacje o wymienionych częściach; informacje o wykonawcy naprawy; informacje nt. kosztów.

Kartoteki PT, remontów planowych (RP) i badań diagnostycznych mają charakter planowy, dla których jednak wymagane jest potwierdzenie wykonania planu. Dlatego też przewidziano dwuetapowe wypełnianie tych kartotek.

W pierwszym etapie (kartoteki otwarte) wprowadza się dane będące wytycznymi do wykonania przewidywanych czynności, np. termin, zakres, koszt. Następnie po ich wydrukowaniu (w formie odpowiedniej karty) i rozdysponowaniu, oczekuje się na realizację wytyczonych działań eksploatacyjnych. Po otrzymaniu karty uzupełnionej o faktyczną datę wykonania, zakres, koszt, zużycie części i materiałów, wyniki pomiarów diagnostycznych itd. przechodzi się do drugiego etapu elektronicznego wypełniania tych kartotek, po którego realizacji można daną kartotekę zamknąć.

Raporty i Alarmy – moduły te stanowią zasadniczą część wspomaganie w zarządzaniu systemem utrzymania pojazdów i maszyn. Procesy informatyczne realizowane tutaj pozwalają na tworzenie raportów zawierających informacje o planowanych i faktycznych kosztach, zużyciach części i materiałów, stanie technicznym maszyn, wskaźnikach eksploatacyjnych oraz terminach realizacji poszczególnych *działań* w systemie utrzymania maszyn.

PROGRAMOWANIE CAŁKOWITOLICZBOWE

Programowanie całkowitoliczbowe jest częścią programowania matematycznego, którego zadanie w ogólnej, abstrakcyjnej postaci można przedstawić jako:

$$\max f(x), x \in S \subseteq R^n, \quad (1)$$

gdzie: R^n jest zbiorem wszystkich n -wymiarowych wektorów o składowych rzeczywistych, f jest funkcją rzeczywistą określoną na S . Zbiór S jest nazywany zbiorem ograniczeń, a f jest funkcją celu. Każde $x \in S$ nazywa się rozwiązaniem dopuszczalnym zadania (1). Jeżeli można wskazać $x^o \in S$, które spełnia warunek:

$$\infty > f(x^o) \geq f(x) \text{ dla wszystkich } x \in S,$$

to x^o jest rozwiązaniem optymalnym zadania (1).

Zadanie programowania całkowitoliczbowego należy traktować jako zadanie programowania matematycznego, w którym:

$$S \subseteq Z^n \subseteq R^n, \quad (2)$$

gdzie: Z^n jest zbiorem wszystkich n -wymiarowych wektorów o składowych całkowitoliczbowych.

W eksploatacji pojazdów i maszyn często staje się konieczne znalezienie rozwiązania optymalnego, spełniającego warunek całkowitoliczbowy, np. optymalna liczba obsługa technicznych o określonej pracochłonności przypadająca na jedną zmianę pracy, optymalna liczba kursów pojazdów o danych długościach trasy, przypadająca na określony czas pracy kierowcy itp. W celu wyznaczenia rozwiązań optymalnych (w wielu przypadkach) dobre rezultaty uzyskuje się przy zastosowaniu programowania liniowego (zadanie PL):

$$f(x) = cx \quad (3)$$

i

$$S = \{x | Ax = b, x \geq 0\}. \quad (4)$$

gdzie: A jest macierzą o wymiarach $m \times n$, b jest m -wymiarowym wektorem, c jest n -wymiarowym wektorem, a 0 oznacza n -wymiarowy wektor zerowy.

W przypadku zadania programowania całkowitoliczbowego liniowego (zadanie PCL), funkcja $f(x)$ dana jest wzorem (3) oraz:

$$S(x) = \{x | Ax = b, x \geq 0 \text{ i całkowitoliczbowy}\}. \quad (5)$$

Niekiedy zamiast maksymalizacji funkcji celu żąda się jej minimalizacji. Nie stwarza to nowego problemu, gdyż dla $x \in S$:

$$-\min(-f(x)) = \max f(x). \quad (6)$$

W module *optymalizacja* systemu MASZYNA2007 zastosowano algorytm simpleks [Garfinkel i Nemhauser 1978] z wykorzystaniem wielokryterialnej ograniczoności zmiennych oraz warunku całkowitoliczbowego rozwiązania. Wyniki optymalizacji generowane są na podstawie klasycznego algorytmu simpleks, a następnie zaokrąglane do liczby całkowitej. Ponieważ zaokrąglanie w górę lub w dół zmiennych optymalizowanych zmienia wartość funkcji celu, wybierany jest wariant zaokrąglenia, dla którego wartość funkcji celu jest maksymalna (lub minimalna) i nie przekracza wartości jej ograniczeń.

W uproszczeniu algorytm takiej optymalizacji można przedstawić w następujących punktach:

- wprowadzenie danych;
- optymalizacja algorytmem simpleks;
- wprowadzenie warunku całkowitoliczbowego rozwiązania (zaokrąglenie);
- optymalizacja dla warunku całkowitoliczbowego rozwiązania.

PRZYKŁAD OPTYMALIZACJI CAŁKOWITOLICZBOWEJ

Poniżej podano przykład optymalizacji liczby usług technicznych dla 7 maszyn przemysłu spożywczego, obsługiwanych przez 3 zmiany pracowników [Bałdyga 2006].

Oznaczenia: Y^I – fundusz czasu pracy I zmiany, Y^{II} – fundusz czasu pracy II zmiany, Y^{III} – fundusz czasu pracy III zmiany, $n_1 \div n_5$ – liczba przeglądów codziennych dla maszyn 1÷5, n_6 – liczba przeglądów okresowych, n_7 – liczba napraw, $t_{PC1} \div t_{PC5}$ – czas przeglądu codziennego dla maszyn 1÷5, $\overline{t_{PO}}$ – średni czas przeglądu okresowego, $\overline{t_N}$ – średni czas naprawy awaryjnej. Liczba rzymska w indeksie górnym oznacza numer zmiany.

Założenia: przyjęty okres ustalenia ilości usług technicznych – 1 miesiąc, $n_1 \div n_7$ – liczby całkowite. Pozostałe warunki zostały przedstawiono w tabeli 2.

Funkcja celu:

$$Y^I = n_1^I t_{PC1} + n_2^I t_{PC2} + n_3^I t_{PC3} + n_4^I t_{PC4} + n_5^I t_{PC5} + n_6^I \overline{t_{PO}} + n_7^I \overline{t_N} \rightarrow \max$$

$$Y^{II} = n_1^{II} t_{PC1} + n_2^{II} t_{PC2} + n_3^{II} t_{PC3} + n_4^{II} t_{PC4} + n_5^{II} t_{PC5} + n_6^{II} \overline{t_{PO}} + n_7^{II} \overline{t_N} \rightarrow \max$$

$$Y^{III} = n_1^{III} t_{PC1} + n_2^{III} t_{PC2} + n_3^{III} t_{PC3} + n_4^{III} t_{PC4} + n_5^{III} t_{PC5} + n_6^{III} \overline{t_{PO}} + n_7^{III} \overline{t_N} \rightarrow \max$$

Tabela 2. Początkowe warunki optymalizacji
Table 2. Initial conditions for optimization

Dla przeglądów codziennych:	Dla funduszu czasu pracy	Dla przeglądów okresowych	Dla napraw awaryjnych
$n_1^I + n_1^{II} + n_1^{III} = n_1^C = 63$	$Y^I \leq 708$	$n_6^I + n_6^{II} + n_6^{III} = 16$	$n_7^I + n_7^{II} + n_7^{III} = 10$
$n_2^I + n_2^{II} + n_2^{III} = n_2^C = 21$	$Y^{II} \leq 708$		
$n_3^I + n_3^{II} + n_3^{III} = n_3^C = 21$	$Y^{III} \leq 1061$		
$n_4^I + n_4^{II} + n_4^{III} = n_4^C = 21$			
$n_5^I + n_5^{II} + n_5^{III} = n_5^C = 21$			

Warto zauważyć, że optymalizacja dla trzech zmian pracy musi być prowadzona etapowo, tzn. wyniki uzyskane dla I zmiany muszą być uwzględnione przy optymalizacji II zmiany, a warunki ograniczeń dla III zmiany muszą uwzględniać wcześniejsze wyniki optymalizacji dla I i II zmiany.

Na rysunku 3 pokazano okno wprowadzania danych w module *optymalizacja* – „zdefiniowanie problemu”, tzn. określenie funkcji celu oraz warunków ograniczających, zaś na rys. 4 przedstawiono okno wyników optymalizacji.

Okno z wprowadzonymi danymi dla I zmiany

Rys. 3. Okno z wprowadzonymi danymi dla I zmiany

Fig. 3. Window with data introduced for shift I

Okno kończące optymalizację podstawową (bez warunku całkowitoliczbowego) dla I zmiany

Rys. 4. Okno kończące optymalizację podstawową (bez warunku całkowitoliczbowego) dla I zmiany

Fig. 4. Window finishing basic optimization (without integer condition) for shift I

W tabeli 3 przedstawiono narastające warunki ograniczeń dla II i III zmiany, uwzględniające ustalone wyniki optymalizacji. Tabela 4 zawiera wyniki optymalizacji w

postaci przydzielonej liczby obsług poszczególnym zmianom, uzyskane wartości funkcji celu dla warunku całkowitoliczbowego (Y_c) oraz wartości współczynnika k_c zdefiniowanego w następujący sposób:

$$k_c = \frac{Y_c}{Y} \cdot 100 \% , \quad (7)$$

gdzie:

Y_c – wartości funkcji celu dla warunku całkowitoliczbowego,

Y – wartości funkcji celu dla bez zachowania warunku całkowitoliczbowego.

Tabela 3. Warunki ograniczeń dla II i III zmiany
Table 3. Conditions of limitations for shift II and III

Warunki ograniczeń dla II zmiany	Warunki ograniczeń dla III zmiany
$n_1^C - n_1^I = 63 - 0 = 63$	$n_1^C - n_1^I - n_1^{II} = 63 - 0 - 0 = 63$
$n_2^C - n_2^I = 21 - 0 = 21$	$n_2^C - n_2^I - n_2^{II} = 21 - 0 - 0 = 21$
$n_3^C - n_3^I = 21 - 0 = 21$	$n_3^C - n_3^I - n_3^{II} = 21 - 0 - 3 = 18$
$n_4^C - n_4^I = 21 - 0 = 21$	$n_4^C - n_4^I - n_4^{II} = 21 - 0 - 0 = 21$
$n_5^C - n_5^I = 21 - 15 = 6$	$n_5^C - n_5^I - n_5^{II} = 21 - 15 - 6 = 0$
$n_6^C - n_6^I = 16 - 1 = 15$	$n_6^{III} = n_6^C - n_6^I - n_6^{II} = 16 - 1 - 15 = 0$

Tabela 4. Wyniki optymalizacji
Table 4. Optimisation results

	I zmiana	II zmiana	III zmiana
n_1	0	0	63
n_2	0	0	21
n_3	0	3	18
n_4	0	0	21
n_5	15	6	0
n_6	1	15	0
n_7	3	3	4
Y_c	707	705	1070
$k_c, \%$	99,86	99,58	99,72

PROGNOZOWANIE ZDARZEŃ EKSPLOATACYJNYCH

Moduł PROGNOZA pozwala na dokonanie analizy prognozowania wg modeli szeregów czasowych [Radzikowska (red.) 2000]. W szeregu czasowym wyróżnia się składową systematyczną oraz składową przypadkową (wahania okresowe). W przypadku, gdy występuje składowa systematyczna w postaci stałego poziomu i wahań przypadkowych, 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:

$$y_{ti} = \hat{y}_t + c_i + e_t, \quad t = 1, \dots, n, \quad i = 1, \dots, r. \quad (8)$$

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

$$y_{ti} = \hat{y}_t c_i e_t, \quad t = 1, \dots, n, \quad i = 1, \dots, r, \quad (9)$$

gdzie:

- y_{ti} – 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.

Rys. 5. Przykładowe okno programu PROGNOZA
Fig. 5. Sample window of the programme PREDICTION

Oczywiście modele potęgowe i wykładnicze przyjmą odpowiednią dla siebie postać [Cielak (red.) 2002].

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

WNIOSKI

Analizując metody zarządzania utrzymaniem pojazdów i maszyn w nowoczesnych przedsiębiorstwach oraz rozwój systemów informatycznych, które wspomagają to zarządzanie, nasuwają się następujące spostrzeżenia:

1. Praktycznie nie ma możliwości, aby system utrzymania pojazdów i maszyn w dużym, nowoczesnym przedsiębiorstwie mógł funkcjonować sprawnie i niezawodnie bez wsparcia informatycznego.
2. Planując wdrożenie SI klasy CMMS należy traktować utrzymanie pojazdów i maszyn jako jeden z elementów zarządzania przedsiębiorstwem, czyli stosować podejście procesowe.
3. Ważne jest precyzyjne określenie celów, jakie ma spełniać SI, co ma związek z wyborem niezbędnych modułów oferowanych SI.
4. Racjonalna eksploatacja obiektów technicznych jest źródłem oszczędności surowców, energii i nakładów kapitałowych, zatem wdrożenie przemyślanego dla celów przedsiębiorstwa SI klasy CMMS przynosi zyski, które pozwalają na zwrot poniesionych kosztów na wdrożenie i utrzymanie SI w stosunkowo krótkim czasie.
5. Analizując tendencje rozwojowe SI CMMS można zauważyć, że coraz częściej stosowane jest w nich podejście 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 ważniejsze dla inżynierów działów utrzymania ruchu staje się zagadnienie prognozowania (stanu technicznego, kosztów, pracochłonności) oraz optymalizacji. Wobec tego decydując się na wdrożenie SI, warto zastanowić się czy system ten to odpowiedni moduł prognozy i optymalizacyjny.

PIŚMIENNICTWO

- Cielak (red.) 2002: Prognozowanie gospodarcze. PWN, Warszawa.
- Bałdyga D. 2006: Opracowanie optymalnego planu przeglądów i napraw wybranej produkcyjnej linii technologicznej. Praca magisterska WNT, Olsztyn.
- Garfinkel R., Nemhauser G. 1978: Programowanie całkowitoliczbowe. PWN, Warszawa.
- Mikołajczak P. 2001: Komputerowa baza utrzymania maszyn MASZYNA, wspomagająca zarządzanie systemem eksploatacji. IX Kongres Eksploatacji Urządzeń Technicznych, tom 2, Krynica.
- Nowicki A. (red.) 1995: Podstawy informatyki dla ekonomistów, PWN, Warszawa.
- Radzikowska B. (red.) 2000: Metody prognozowania. Wyd. Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego. Wrocław.

- Wrycza S. 1999: Analiza i projektowanie systemów informatycznych zarządzania. PWN, Warszawa.
- Żółtowski B. 1996: Podstawy diagnostyki maszyn. Wyd. ATR., Bydgoszcz.
- <http://www.4tech.com.pl> – Materiały informacyjne, nt. systemu „plan9000”.

INTEGER PROGRAMMING IN MAINTENANCE OF VEHICLES AND MACHINES

Summary. In the paper there was presented the computer maintenance system of vehicles and machines involving optimization and prognosis method, belonging to CMMS class systems (Computerised Maintenance Management System). The classic modules of CMMS systems were described and the module of integer optimisation and also the prognosing module including different prognosis models.

Key words: computer system, vehicles machines and maintenance, optimisation, prognosing