

TYLICKI Henryk¹
GORZELAŃCZYK Piotr¹

Automatyzacja procesu monitorowania stanu środków transportu

WSTĘP

Monitorowanie stanu środków transportu odbywa się obecnie na podstawie wiedzy użytkowników lub ograniczonej interpretacji stanów układów przez diagnostyczne urządzenie pokładowe. W celu zwiększenia efektywności eksploatacji środków transportu należy w konstrukcji pokładowego systemu monitorowania stanu wykorzystać nowoczesne narzędzia diagnostyki technicznej, a w tym przede wszystkim reguły wnioskowania diagnostycznego generowane przez odpowiednie procedury monitorowania stanu środków transportu. Powinno stanowić to podstawę do automatyzacji procesu monitorowania stanu oraz oceny bezpieczeństwa działania środków transportu. Przedstawione opracowanie stanowi próbę rozwiązania powyższych problemów.

1 CHARAKTERYSTYKA ZAGADNIENIA

Procesy fizyczne zachodzące podczas eksploatacji środków transportu mają istotny wpływ na zmianę ich stanu i mają związek z ich użytkowaniem i obsługiwaniem. Procesy te są źródłem emisji sygnałów diagnostycznych, których analiza pozwala generować informacje o stanie technicznym, jak i o stanie procesów zachodzących w ich układach, czego przykładem są opracowania w kraju (np. system DIADYN, system RSTM – System Rozpoznania Stanu Maszyn) i zagranicą (HUMS – Health and Usage Monitoring System).

W przypadku środków transportu rozwiązaniem problemu monitorowania stanu nie są stosowane obecnie urządzenia diagnostyki pokładowej OBD (On Board Diagnostic), pokładowe urządzenia rejestrujące OBR (On Board Recording) oraz rejestratory zdarzeń EDR (Event Data Recorder), które chociaż pozwalają na obserwację wybranych stanów układów, ale z uwagi na brak w tym względzie stosownych procedur:

- nie generują decyzji eksploatacyjnych (np. terminu kolejnego obsługiwania lub przyczyny zaistnienia uszkodzenia);
- zakres i charakter pozyskiwanych przez nie informacji określa diagnosta, którym przynajmniej w początkowym etapie diagnozowania jest najczęściej operator środka transportowego;
- przenośna aparatura badawcza pozwalająca pozyskiwać informacje np. z pamięci elektronicznych urządzeń diagnostycznych układów środków transportu, pomimo postępującej w tym zakresie unifikacji, dedykowana jest w zasadzie dla konkretnych obiektów i nie może być wykorzystywana przy monitorowaniu stanu układów innych środków transportu;
- w większości środków transportu urządzenia diagnostyki pokładowej generują informację o stanie elektrycznych i elektronicznych układów, zaś prawie całkowicie pomijane są zespoły mechaniczne;
- stosowane obecnie systemy monitorowania stanu środków transportu realizują tylko pojedyncze elementy proponowanych funkcji (np. stan paliwa, stan ładunku lub ocenę stanu technicznego niektórych układów środka transportu), brak jest jednak funkcji związanych z prognozowaniem i genezowaniem stanu generujących terminy obsługiwania środka transportu oraz szacowanie przyczyny uszkodzenia, co zmniejsza uniwersalność proponowanych rozwiązań.

Z powyższych ustaleń wynika, że monitorowanie stanu środków transportu realizowane za pomocą urządzeń diagnostycznych sprowadzają się obecnie do oceny danych pomiarowych w odniesieniu do stanu układów, na podstawie wiedzy posiadanej przez użytkowników lub ograniczonej interpretacji stanów układów przez diagnostyczne urządzenie pokładowe. Aby wyeliminować ten subiektywny czynnik należy w konstrukcji pokładowego systemu monitorowania stanu wykorzystać nowoczesne

¹ Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im. St. Staszica w Piile, Instytut Politechniczny, ul. Podchorążych 10, 64-920 Piła

narzędzia diagnostyki technicznej, a w tym przede wszystkim reguły wnioskowania diagnostycznego generowane przez odpowiednie procedury monitorowania stanu środków transportu.

Rozwiązanie zadań przedstawionej problematyki powinno stanowić podstawę do rozpoczęcia prac nad budową kompleksowego systemu monitorowania stanu oraz oceny bezpieczeństwa działania systemów transportowych, która może być przydatna do podnoszenia poziomu bezpieczeństwa w tego typu systemach. Zaproponowany sposób rozwiązania problematyki automatyzacji monitorowania stanu środków transportu jest spójny z założeniami programów GAMBIT (Zintegrowany Program Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego) i ZEUS (Zintegrowany Systemem Bezpieczeństwa Transportu). Stanowi on uzupełnienie tych projektów i może być wykorzystany jako dodatkowe narzędzie służące do podnoszenia bezpieczeństwa systemów poprzez analizę wpływu oddziaływań wszystkich czynników wymuszających na bezpieczeństwo działania systemów transportowych, jak również oceny funkcjonowania transportu drogowego w Polsce i wskazania dla stabilizacji w jego rozwoju infrastrukturalnym i przewozowym.

W celu rozwiązania sformułowanego problemu badawczego należy opracować i rozwiązać ogólne zadania. Są to:

1. Opracowanie metodyki projektowania systemu monitorowania stanu środków transportu (ocena stanu układu – zdatny, niezdatny; lokalizacja uszkodzonego zespołu; termin kolejnego obsługiwanego; przyczyna zaistniałego uszkodzenia, stan i jakość paliwa, stan ładunku). Zakres badań w tym zakresie obejmuje:
 - a) zdefiniowanie zakresu identyfikacji diagnostycznej;
 - b) sposoby przygotowania sygnałów i cech stanu do badania diagnostycznego;
 - c) estymacja wartości symptomów i cech stanu;
 - d) stworzenie bazy danych wartości granicznych mierzonych wielkości;
 - e) opracowanie procedury oceny stanu;
 - f) opracowanie procedury wyznaczenia terminu kolejnego obsługiwanego;
 - g) opracowanie procedury określenia przyczyny zaistniałego uszkodzenia;
 - h) opracowanie procedury określenia stanu i jakości paliwa;
 - i) opracowanie procedury określenia stanu zabezpieczenia ładunku;
 - j) badania weryfikacyjne opracowanej metodyki.
2. Opracowanie koncepcji wykorzystania opracowanej metodyki do budowy pokładowych systemów monitorowania stanu środków transportu na podstawie wniosków z weryfikacji metodyki dla wybranych układów: elektryczny układ wtrysku paliwa silnika spalinowego ZS, układy ABS i ESP środka transportu, układ poziomu i jakości paliwa, układ zabezpieczenia ładunku naczepy i skrzyni ładunkowej i inne układy. Zakres badań w tym zakresie obejmuje opracowanie wytycznych do budowy pokładowego systemu monitorowania stanu środków transportu.
3. Opracowanie koncepcji pokładowego systemu monitorowania stanu (PSMS) środków transportu. Zakres badań w tym zakresie obejmuje:
 - a) opis systemu monitorowania stanu;
 - b) przebieg procesu monitorowania stanu;
 - c) wizualizacja przebiegów procesu monitorowania stanu;
 - d) wykorzystanie systemu monitorowania stanu w eksploatacji środków transportu.

2 CHARAKTERYSTYKA POKŁADOWEGO SYSTEMU MONITOROWANIA STANU

Pokładowy System Monitorowania Stanu środków transportu powinien umożliwiać [5,8]:

- a) kontrolę stanu;
- b) prognozowanie stanu w przypadku zdatności środka transportu, co w praktyce sprowadza się do ustalenia terminu jego następnego obsługiwanego;
- c) lokalizację uszkodzeń w przypadku niezdatności środka transportu;
- d) genezowanie stanu i określenie prawdopodobnej przyczyny wystąpienia zlokalizowanego uszkodzenia.

Zasadnicze wymagania, które powinien spełniać system PSMS środka transportu to:

- a) niezawodność;
- b) duża szybkość działania;
- c) unifikacja;
- d) ekonomiczność (niskie koszty produkcji i eksploatacji).

Ponadto system PSMS środka transportu ponadto powinien charakteryzować się:

- a) prostym, optymalnym algorytmem funkcjonowania;
- b) uniwersalnością, tzn. możliwościami rozpoznawania stanu różnych typów środków transportu;
- c) automatycznym generowaniem diagnoz;
- d) jednoznacznością i czytelnością przedstawiania diagnoz;
- e) prostotą obsługiwanian.

System PSMS środka transportu powinien zapewniać diagnoście możliwość ingerowania w jego działanie tylko w przypadku:

- a) zmiany przedmiotu diagnozy stanu;
- b) zmiany algorytmu diagnozowania, prognozowania i genezowania stanu;
- c) usunięcia wykrytych automatycznie uszkodzeń PSMS w zakresie oprogramowania jak i sprzętu systemu.

Ponadto system PSMS środka transportu powinien spełniać wymagania dotyczące jakości wyrobów zgodnie z obowiązującymi normami.

W nawiązaniu do przedstawionych w opracowaniu analizy wyników badań ewolucji stanu maszyn koncepcja systemu PSMS powinna obejmować następujące zagadnienia z obszaru projektowania, wytwarzania i eksploatacji maszyn [1,2,3,5,6,8]:

- a) cechy funkcjonalne;
- b) cechy konstrukcji;
- c) warunki użytkowania i obsługiwanian;
- d) potencjał zaplecza obsługowego;
- e) rachunek ekonomiczny.

Uwzględniając wyniki badań [8] uznano, że:

- a) system PSMS środka transportu powinien wykorzystywać zbiory parametrów diagnostycznych na podstawie analizy wartości wag parametrów diagnostycznych maszyny;
- b) uzupełnieniem powyższego powinno być uwzględnienie parametrów diagnostycznych preferowanych przez użytkownika środka transportu maszyny, np. w aspekcie bezpieczeństwa jego eksploatacji;
- c) system PSMS powinien zapewnić kontrolę stanu i lokalizację uszkodzeń środka transportu;
- d) w przypadku zdatności środka transportu maszyny (pozytywny wynik realizacji testu kontroli stanu) system powinien zapewnić prognozowanie stanu środka transportu, co przekłada się na wyznaczeniu terminu jego obsługiwanian;
- e) w przypadku niezdatności środka transportu (negatywny wynik realizacji testu kontroli stanu) realizacja testu lokalizacji uszkodzeń system powinien zapewnić genezowanie stanu, co przekłada się na określenie prawdopodobnej przyczyny zlokalizowanego w czasie realizacji testu uszkodzenia środka transportu.

Uwzględniając powyższe ustalenia, warunki eksploatacji maszyn oraz analizy wyników badań ewolucji stanu maszyn etapy opracowania systemu PSMS obejmują:

1. analizę przedsięwzięcia – dotyczy analizy potrzeb i możliwych rozwiązań problemu, analizy rachunku ekonomicznego obejmującego budowę systemu, a także analizy wymagań funkcjonalnych, technicznych, informatycznych i ekonomicznych obejmujących relację kosztów wytworzenia i eksploatacji systemu a uzyskanych korzyści w wyniku jego zastosowania;
2. projektowanie systemu PSMS w zakresie sprzętu (architektura mikroprocesora, modułów, interfejsów i innych części składowych) oraz w zakresie oprogramowania w aspekcie spełniania cech użytkowych systemu obejmujących:
 - projekt logiczny – dotyczący logicznych aspektów organizacji systemu oraz procesów i przepływu informacji,

- projekt funkcjonalny – dotyczący opisu funkcji elementów składowych systemu oraz ich współdziałania,
 - projekt konstrukcyjny – dotyczący opisu struktury elementów systemu (np.: procesora, pamięci, komunikacji, wejść i wyjść, zegara, zasilania);
3. budowę symulatora pracy systemu PSMS – jego celem jest zapewnienie wstępnej oceny pracy systemu przy symulowanych stanach środka transportu;
 4. implementację systemu – celem jest opracowanie i budowa modelu fizycznego spełniającego założone funkcje systemu;
 5. zapewnienie jakości systemu – dotyczy testowania programów i badań eksploatacyjnych;
 6. wykonanie dokumentacji systemu – obejmujących budowę, wymagania i ograniczenia, funkcjonowanie i procedury obsługowe.

Etapy pierwszy i drugi dotyczy analizy podjętego przedsięwzięcia w aspekcie oceny spełnianych funkcji przez system PSMS środka transportu odniesionych do poniesionych nakładów na ich realizację. Przyjmuje się, że zastosowanie takiego systemu będzie miało wpływ na eksploatację środka transportu. Nakłady poniesione na opracowanie i wdrożenie systemu będą miały wpływ na koszty wytworzenia i sprzedaży maszyny. Wszystko to razem powoduje, iż konieczne staje się udzielenie odpowiedzi na pytanie: czy efekty użytkowe wynikające z zastosowania systemu PSMS środka transportu są zasadne w odniesieniu do oczywistych relacji ekonomicznych? W nawiązaniu do powyższego, istotnym staje się również udzielenie odpowiedzi na pytanie: czy i na ile zmniejszy się zagrożenie bezpieczeństwa ludzi i otoczenia? Można np. przyjąć, że koszt PSMS nie powinien przekraczać (5-8)% wartości środka transportu, jednak powinien być zdecydowanie mniejszy, ponieważ stanowi tylko część całego systemu sterującego - diagnostycznego środka transportu. Ponadto uwzględniając ciągły wzrost wymagań odnoszących się do produkowanych środków transportu można przyjąć, że zastosowanie w nich systemów PSMS zwiększy ich atrakcyjność handlową.

Etapy trzeci i czwarty obejmuje analizy możliwości wytworzenia systemu PSMS odniesione do relacji: potencjał narzędzi diagnostycznych – założenia techniczno – ekonomiczne. W etapie tym tworzona jest koncepcja systemu PSMS zawierająca projekt logiczny i konstrukcyjny. Projekt logiczny odnosi się do podstawowych, elektronicznych układów funkcjonalnych systemu PSMS. Powinien on obejmować następujące moduły:

- a) zasilania;
- b) wejścia/wyjścia;
- c) elektroniki cyfrowo – analogowej;
- d) wizualizacji i sygnalizacji;
- e) wnioskowania diagnostycznego;
- f) sterowania.

Przyjmuje się, że skonfigurowany według wyznaczonych wymagań system PSMS środka transportu powinien działać dwufazowo:

- a) wstępnie, tj. od momentu włączenia zasilania elektrycznego i realizowane będzie testowanie systemu;
- b) zasadniczo, tj. od chwili zakończenia testowania i uruchomienia zasadniczych funkcji diagnostycznych.

Istota działania systemu PSMS środka transportu powinno polegać:

1. W obszarze Oceny Stanu na wnioskowaniu o stanie środka transportu w oparciu o relacje między mierzonymi wartościami zbioru parametrów diagnostycznych i ich wartościami granicznymi na podstawie opracowanego testu kontroli stanu oraz na wnioskowaniu o lokalizacji stanu maszyny w oparciu o relacje między mierzonymi wartościami zbioru parametrów diagnostycznych i wartościami granicznymi na podstawie opracowanego testu lokalizacji uszkodzeń.
2. W obszarze Genezowania Stanu na wnioskowaniu o prawdopodobnej przyczynie zlokalizowanego stanu niezdatności środka transportu w oparciu o analizę odległości genezowanych wartości parametru diagnostycznego z przedziałem błędów genezy od wartości granicznej parametru według algorytmu:
 - a) optymalny parametr diagnostyczny (maksymalna wartość wagi);

- b) optymalna metoda genezowania (minimalna wartość błędu genezy);
 - c) minimalna wartość odległości wartości parametru diagnostycznego z przedziałem błędu genezy od wartości granicznej parametru diagnostycznego d_{\min} ;
 - d) korelacja minimalnej wartości odległości d_{\min} ze stanami niezdatności środka transportu s_i , przy jednoczesnym badaniu okoliczności i warunków eksploatacji ich wystąpienia, jako ewentualnej przyczyny zlokalizowanego stanu niezdatności.
3. W obszarze Prognozowania Stanu na szacowaniu terminu kolejnego terminu obsługiwanego środka transportu Θ_d (przyjęcie minimalnej wartości terminu Θ_{d1} , Θ_{d2}) na podstawie analizy wartości terminów wygenerowanych przez dwie metody prognozowania terminu kolejnego obsługiwanego Θ_{d1} i Θ_{d2} według algorytmu:
- a) optymalny parametr diagnostyczny (maksymalna wartość wagi);
 - b) optymalna metoda prognozowania (minimalna wartość błędu prognozy);
 - c) minimalna wartość terminu kolejnego obsługiwanego Θ_d .

Do realizowania powyższych funkcji systemu powinno wykorzystywać się procedury programowania obiektowego. Wówczas podstawowym modułem systemu PSMS środka transportu jest baza wiedzy: <OBIEKT, ATRYBUT (cecha stanu) – WARTOŚĆ>. Obiektem definiowanym w systemie PSMS będą zespoły i układy środka transportu. Atrybutami będą natomiast dane, które określone za pomocą wartości wybranych parametrów diagnostycznych określać będą ich stan. Struktury relacji mogących zachodzić między obiektami definiowane są na etapie projektowania. Obiekty zdefiniowane w systemie mogą zawierać zbiory informacji o podobnych strukturach. Powoduje to, że najpierw konieczne staje się tworzenie bazy danych, a następnie łączenie wybranych obiektów systemu z określonymi zasobami bazy, np. za pomocą dedykowanych odpowiednim grupom zespołom i układom środków transportu reguł wnioskowania diagnostycznego. Informacje o stanie środka transportu mają strukturę hierarchiczną, gdzie ogólne informacje zajmują poziom najwyższy, np. dla Oceny Stanu (kontrola stanu), a poziomy niższe przeznaczone są dla informacji szczegółowych (lokalizacja uszkodzeń układu).

Kolejny etap zawiera opracowanie wstępnego projektu (logicznego i funkcjonalnego) systemu PSMS środka transportu, budowę i badania jego modelu, oraz opracowanie projektu technicznego systemu uwzględniającego analizę wyników zrealizowanych badań. Opracowanie projektu funkcjonalnego systemu PSMS środka transportu powinno ujmować następujące warianty jego pracy:

- a) użytkowy, dotyczy nadzorowania pracy środka transportu w czasie jej użytkowania według testu kontroli stanu na podstawie Oceny Stanu;
- b) diagnostyczno – obsługowy, obejmuje monitorowanie stanu środka transportu oraz realizację jego obsługiwanego według wyznaczonych terminów na etapie Prognozowania Stanu oraz zakresu jego obsługiwanego według określonych stanów niezdatności na etapie lokalizacji uszkodzeń i genezowania stanów na podstawie Oceny Stanu i Genezowania Stanu;
- c) informacyjny, dotyczy tworzenia bazy danych historii eksploatacji środka transportu zapewniającej:
 - określanie rodzajów uszkodzeń (stanów niezdatności) odniesionych do czasu eksploatacji,
 - wyznaczanie alertowych terminów obsługiwanego Θ_d (na podstawie Prognozowania Stanu) odniesionych do bezpieczeństwa eksploatacji środka transportu (przede wszystkim bezpieczeństwa ludzi i otoczenia),
 - informowanie eksploatatora o osiągnięciu alertowego terminu obsługiwanego przez środka transportu (i stanu bezpośredniego zagrożenia bezpieczeństwa ludzi i otoczenia).

Zastosowanie przedstawionej koncepcji systemu PSMS zapewni realizację następujących zadań:

- a) ciągłego nadzoru parametrów diagnostycznych w zakresie oceny stanu;
- b) rejestrowania i archiwizacji wartości parametrów diagnostycznych;
- c) przetwarzania zebranych danych na decyzje zapewniające, na podstawie opracowanej metodyki, efektywną eksploatację środka transportu;
- d) bieżącego lub sekwencyjnego informowania o stanie środka transportu oraz alarmowania o jego stanach niezdatności z prawdopodobną przyczyną ich wystąpienia;

- e) bieżącego lub sekwencyjnego informowania o terminie obsługiwanian;
- f) sekwencyjnego informowania o stanie środka transportu oraz alarmowania o jego stanach niezdatności.

Reasumując przedstawione powyżej rozważania system PSMS środka transportu powinien spełniać oddzielnie lub łącznie następujące funkcje określone na podstawie, dedykowanych dla różnych typów i rodzajów środków transportu, reguł wnioskowania diagnostycznego w obszarach:

- a) optymalizacji zbioru parametrów diagnostycznych;
- b) kontroli stanu i lokalizacji uszkodzenia;
- c) prognozowania stanu;
- d) genezowania stanu.

Spełnianie wymienionych funkcji jest możliwe następującymi sposobami:

1. Realizacja algorytmu kontroli stanu, algorytmu prognozowania stanu maszyny, a w przypadku jego niezdatności algorytmu lokalizacji uszkodzeń i genezowania stanu odbywa się za pomocą oddzielnych modułów systemu PSMS. Diagnosta na podstawie zbioru wyników sprawdzeń podejmuje decyzje o stanie środka transportu. W tym przypadku koszt badań diagnostycznych jest wysoki.
2. System PSMS realizuje algorytm kontroli stanu, a w przypadkach koniecznych również algorytm lokalizacji uszkodzeń. Diagnosta bierze również udział w podejmowaniu decyzji o stanie środka transportu. Istotnie skraca się czas i koszty diagnozowania obiektu. Jednak jest wyższy koszt systemu PSMS.
3. System PSMS realizuje łącznie uprzednio wymienione cztery funkcje. Zatem do funkcji kontroli stanu i lokalizacji uszkodzeń dochodzi funkcja prognozowania stanu oraz genezowania stanu. Z racji spełnionych funkcji system można nazwać systemem uniwersalnym. Rola diagnosty sprowadza się do podjęcia ostatecznej decyzji o stanie środka transportu i wykonaniu pewnych operacji pomocniczych. Zwiększa się wiarygodność diagnozy, zmniejsza się czas i koszt badań diagnostycznych, oraz niestety rosną koszty systemu.

Idealny system PSMS to system spełniający funkcje kontroli stanu, prognozowania stanu, lokalizacji uszkodzeń obiektu oraz genezowania stanu. W tym przypadku wzrasta koszt środka transportu, jednak efektywność eksploatacji staje się wyższa, bowiem realizowane są wszystkie funkcje diagnozy stanu. Takie rozwiązanie systemu PSMS może być odpowiednie dla specjalnych środków transportu.

Rozwiązaniem mniej kosztownym jest system PSMS, który spełnia tylko funkcje kontroli stanu. W tym przypadku zewnętrzny system monitorowania (stacjonarny) mógłby prognozować stan lub lokalizować uszkodzenia obiektu i szacować przyczynę uszkodzenia. Może to być system uniwersalny wykorzystywany do badań diagnostycznych różnych środków transportu.

Innym rozwiązaniem jest zewnętrzny system PSMS środka transportu dołączany na czas badań, do gniazda diagnostycznego środka transportu z możliwością oceny stanu, prognozowania stanu i genezowania stanu. Może to być system uniwersalny lub specjalizowany wyłącznie do diagnozowania stanu określonych środków transportu.

3 SCHEMAT WYKORZYSTANIA POKŁADOWEGO SYSTEMU MONITOROWANIA STANU ŚRODKÓW TRANSPORTU

Zadania rozwiązywane przez procedury PSMS to:

- a) wybór „najlepszych” parametrów diagnostycznych opisujących aktualny stan i oraz analiza zmian ich wartości w czasie eksploatacji środka transportu;
- b) wyznaczenie testu diagnostycznego;
- c) wyznaczenie wartości prognozowanej parametru diagnostycznego $y_{jp}(\Theta_b + \tau_1)$ dla horyzontu prognozy τ_1 , za pomocą „najlepszej” metody prognozowania i wyznaczenie terminu kolejnego obsługiwanian Θ_o ;

- d) wyznaczenie wartości genezowanej parametru diagnostycznego $y_{jG}(\Theta_b - \tau_2)$ dla horyzontu genezy τ_2 , za pomocą „najlepszej” metody genezowania i wyznaczenie przyczyny uszkodzenia środka transportu stwierdzonego podczas realizacji testu diagnostycznego.

Przystępując do realizacji procedur należy dysponować danymi uzyskanymi podczas badań eksploatacyjnych lub stanowiskowych maszyny. Są to [8,9,10,11]:

- zbiór wartości parametrów diagnostycznych maszyny $\{y_j(\Theta_i)\}$ wraz ze zbiorem wartości granicznych $\{y_{jg}\}$ i wartości nominalnych $\{y_{jn}\}$;
- zbiór wartości parametrów procesowych maszyny $\{y_n(\Theta_i)\}$, zbiór wartości parametrów otoczenia $\{y_k(\Theta_i)\}$ oraz zbiór zdarzeń dodatkowych $\{z_d(\Theta_i)\}$;
- zbiór stanów maszyny $\{s_m(\Theta_i)\}$ zaistniałych podczas jej eksploatacji.

Etap pierwszy to wyznaczenie optymalnego zbioru parametrów diagnostycznych Y^0 . W tym etapie określana jest wartość wagi w_{ij} . Znajdują tu zastosowanie reguły wnioskowania z obszaru optymalizacji zbioru parametrów diagnostycznych. Dzięki temu uzyskuje się zbiory jednoelementowe lub wieloelementowe, przy czym zgodnie z właściwością modułu Optymalizacja Parametrów Diagnostycznych operator systemu może „ręcznie” kształtować elementy zbioru Y^0 , jak i wartości wagi w_j .

Etap drugi to wyznaczenie testu diagnostycznego, który następnie można realizować „ręcznie” lub zaprogramować jego wykonanie przez PSMS. W celu jego wyznaczenia należy:

- określić zbiór stanów według kryterium wartości prawdopodobieństwa $p(s_m)$,
- określić zbiór stanów (kryterium wartości czasu eksploatacji $s_i(\Theta_i) \in S$,
- wyznaczyć macierz diagnostyczną MD;
- wyznaczyć test kontroli stanu T_{KS} i określić sposób interpretacji wartości logicznych „0” i „1”;
- określić sposób interpretacji wartości logicznych „0” i „1” - test kontroli stanu T_{KS} ,
- określić sposób interpretacji wartości logicznych „0” i „1” - test lokalizacji uszkodzeń T_{LU} ;

Etap trzeci to genezowanie stanu maszyny poprzez:

- wyznaczenie metody genezowania wartości parametrów diagnostycznych poprzez minimalizację błędu genezy;
- określenie sposobu wyznaczenia odległości minimalnej d_{min} pomiędzy wartością genezowaną parametru diagnostycznego $y_j \in Y^0$ z błędem genezy od wartości granicznej parametru y_{jg} ;
- określenie sposobu interpretacji d_{min} w zależności od jej wartości ($d_{min}=0$, $d_{min}>0$, $d_{min}<0$) oraz ich występowania w czasie występowania stanów ($d_{min}^s = d_{min}$);
- określenie przyczyny uszkodzenia maszyny poprzez interpretację wartości d_{min} , stowarzyszone z wartościami d_{min} stany maszyny $\{s_m(\Theta_i)\}$ oraz wartości parametrów procesowych maszyny $y_n(\Theta_i)$ i zbiór wartości parametrów otoczenia $y_k(\Theta_i)$.
- określenie, dla zbioru wieloelementowego parametrów diagnostycznych, sposobu interpretacji wartości ważonej wartości d_{min} poprzez uwzględnienie wag w_j .

4. Etap czwarty działania procedur PSMS dotyczy prognozowania stanu maszyny poprzez:

- wykorzystanie optymalnego zbioru parametrów diagnostycznych (zbiór jednoelementowy, zbiór wieloelementowy);
- określenie metody prognozowania wartości parametrów diagnostycznych poprzez minimalizację błędu prognozy;
- określenie metody wyznaczania terminu kolejnego obsługiwanego Θ_d poprzez jego minimalizację,
- określenie, dla zbioru wieloelementowego parametrów diagnostycznych, sposobu interpretacji wartości ważonego terminu kolejnego obsługiwanego Θ_{dw} poprzez uwzględnienie wag w_j .

Przedstawiony powyżej schemat wykorzystania procedur PSMS umożliwi, dla różnych dowolnych środków transportu różniących się zbiorami: wartości parametrów diagnostycznych, wartości parametrów procesowych, wartości parametrów otoczenia, zdarzeń dodatkowych oraz stanów maszyn, uzyskanie dedykowanych wyników rozwiązań na każdym etapie działania procedur. Wynika to z następujących przesłanek [7-13]:

1. Na etapie wyznaczenia optymalnego zbioru parametrów diagnostycznych do oceny stanu środka transportu, prognozowania i genezowania wartości parametrów diagnostycznych i na ich podstawie monitorowanie stanu środka transportu poprzez możliwość uzyskiwania zbiorów jednoelementowych i wieloelementowych z wartościami wagi w_j .
2. Na etapie wyznaczenia testu oceny stanu technicznego środka transportu poprzez:
 - a) wyznaczenie macierzy relacji: stan techniczny – czas eksploatacji – wartość parametru diagnostycznego;
 - b) możliwość wyznaczenia różnorodnych postaci testów kontroli stanu i testów lokalizacji uszkodzenia uzależnionych tylko od relacji macierzy diagnostycznej MD przypisanej dla dowolnego środka transportu.
3. Na etapie genezowania stanu maszyny poprzez:
 - a) wyznaczenie metody genezowania wartości parametru diagnostycznego według funkcji błędu genezy dla metod aproksymacyjnych stopnia drugiego i interpolacyjnych metodą funkcji sklepanych stopnia drugiego i trzeciego,
 - b) szacowanie przyczyny uszkodzenia maszyny stwierdzonego w chwili badania poprzez wykorzystanie różnych relacji d_{\min} oraz zbioru różnorodnych zbiorów parametrów procesowych środka transportu i parametrów otoczenia powiązanych z zbiorem stanów maszyny.
4. Na etapie prognozowania stanu środka transportu poprzez:
 - a) wyznaczenie metody prognozowania wartości parametru diagnostycznego według funkcji błędu prognozy ze zbioru: metody Browna –Mayera rzędu pierwszego i drugiego oraz metody Holta;
 - b) określenie metody wyznaczenia terminu kolejnego obsługiwania z zbioru: metoda poziomowania wartości błędu prognozy i metoda prognozowania wartości granicznej parametru diagnostycznego.

PODSUMOWANIE

Przeprowadzona prezentacja różnych procedur i algorytmów monitorowania stanu środków transportu pozwala na sformułowanie następujących wniosków:

1. Wszystkie prezentowane procedury i algorytmy pozwalają wyznaczyć optymalne, ze względu na przyjmowane kryterium:
 - a) zbiór parametrów diagnostycznych;
 - b) test kontroli stanu i lokalizacji uszkodzeń;
 - c) genezę wartości parametrów diagnostycznych i oszacowanie przyczyny stanu;
 - d) prognozę wartości parametrów diagnostycznych i oszacowanie terminu obsługiwania;
2. Ze względu na powyższe w celu wyznaczenia zbioru parametrów diagnostycznych, testu kontroli stanu i lokalizacji uszkodzeń oraz genezy i prognozy przedstawione powyżej procedury i algorytmy mogą stanowić podstawę do wyznaczania reguł wnioskowania w zakresie:
 - a) wyznaczenia optymalnego zbioru parametrów diagnostycznych;
 - b) wnioskowania o stanie obiektu i lokalizacji jego uszkodzeń;
 - c) szacowania wartości parametrów diagnostycznych w przeszłości i oszacowanie przyczyny stanu obiektu w chwili badania;
 - d) szacowania wartości parametrów diagnostycznych w przyszłości i oszacowanie terminu następnego obsługiwania obiektu.
3. Zastosowanie przedstawionej koncepcji Pokładowego Systemu Monitorowania Stanu powinno zapewnić realizację następujących zadań w eksploatacji środków transportu:
 - a) ciągły nadzór parametrów diagnostycznych reprezentatywnych dla określonych układów środków transportu;
 - b) rejestrowanie i archiwizacja wartości parametrów diagnostycznych;
 - c) przetwarzanie zebranych danych na decyzje zapewniające sprawne funkcjonowanie środków transportu (kontrola stanu i lokalizacja uszkodzenia, termin obsługiwania maszyny, określenie przyczyny uszkodzenia);

- d) bieżące informowanie o stanie środków transportu oraz alarmowania o stanach awaryjnych ich układów;
- e) wspomaganie procesu wnioskowania decyzji eksploatacyjnych, dotyczących informacji doradczych w zakresie obsługi i naprawy środków transportu.

Pozwala to sformułować ogólny wniosek, że opracowana koncepcja systemu PSMS umożliwi dla dowolnego środka transportu wyznaczyć wyników działania procedur w zakresie oceny stanu oraz genezowania i prognozowania stanu. Stwarza to także podstawę do sformułowania stwierdzenia o uniwersalności opracowanego narzędzia, co powinno zwiększyć efektywność użytkowania i obsługi środków transportu oraz spowodować szerokie zastosowanie PSMS w ich eksploatacji.

Streszczenie

W opracowaniu przedstawiono problematykę procesu automatyzacji monitorowania stanu środków transportu, której rozwiązanie będzie stanowiło podstawę do opracowania pokładowego systemu monitorowania. W opracowaniu sformułowano główne zadania problemu badawczego oraz przedstawiono algorytm ich rozwiązania, tzn.: Opracowanie metodyki projektowania systemu monitorowania stanu środków transportu (ocena stanu układu – zdatny, niezdatny; lokalizacja uszkodzonego zespołu; termin kolejnego obsługiwanie; przyczyna zaistniałego uszkodzenia, stan i jakość paliwa, stan ładunku); Opracowanie koncepcji wykorzystania opracowanej metodyki do budowy pokładowych systemów monitorowania stanu środków transportu na podstawie wniosków z weryfikacji metodyki dla wybranych układów: elektryczny układ wtrysku paliwa silnika spalinowego ZS, układy ABS i ESP środka transportu, układ poziomy i jakości paliwa, układ zabezpieczenia ładunku naczepy i skrzyni ładunkowej i inne układy; Opracowanie koncepcji pokładowego systemu monitorowania stanu środków transportu.

Automation of the process monitoring of the transportation vehicles condition

Abstract

The paper presents the automating problem for the process of monitoring the transportation vehicles condition presenting a solution which will form the basis for the development of on-board monitoring system. The study formulates the main tasks of the research problem and presents an algorithm to solve them, ie .: designing the methodology for monitoring system of transportation vehicles condition (the evaluation of the system - operational, non-operational, localization of the defective unit, date of the next service; cause of occurring damage, the condition and quality of fuel, condition of the cargo); Development of the concept of using the developed methodology for the construction of on-board monitoring systems for transport on the basis verified methodology for selected systems: electronic fuel injection for combustion engines, ABS and ESP, level and quality of fuel, cargo semitrailer and loading chest protection system and other systems; Development of the concept of on-board monitoring system for transportation vehicles.

BIBLIOGRAFIA

1. Cholewa W., Kaźmierczak J., *Data processing and reasoning in technical diagnostics*. WNT, Warszawa 1995.
2. Korbicz J., *Metody sztucznej inteligencji w diagnostyce maszyn*, Kongres Diagnostyki Technicznej, tom I ZD SPE KBM PAN, Gdańsk 1996.
3. Mulawka J., *Systemy ekspertowe*. WNT, Warszawa 1996.
4. Niziński S., Wierzbicki S., *Zintegrowany system diagnostyczny sterowania pojazdów*. Kongres Diagnostyki, Politechnika Poznańska, Poznań 2004.
5. Niziński S., *Pokładowy i stacjonarny system rozpoznawania stanu maszyn*. Opracowanie niepublikowane, UWM Olsztyn 2006, s.17-24.
6. Merkiś J., Mazurek S., *Pokładowe systemy diagnostyczne pojazdów samochodowych*. WKŁ, Warszawa 2007.
7. Staszewski W.J., Boller C., Tomlinson G.R.: *Health Monitoring of Aerospace Structures*. John Wiley & Sons, Ltd. Munich, Germany 2004.

8. Tylicki H., *Problemy rozpoznawania stanu maszyn*, 3rd International Congress of Technical Diagnostics, Diagnostics 2004, Poznań 2004.
9. Tylicki H., *Monitorowanie stanu środków transportowych*. TRANSCOMP 2009 – International Conference Computer Systems Aided Science, Industry and Transport. Zakopane 2009.
10. Williams E.J., Messina A., *Applications of the Multiple Damage Location Assurance Criterion*, Proceedings of the International Conference on Damage Assessment of Structures (DAMAS 99), Dublin, Ireland, 1999 pp.256-264.
11. Zienkiewicz O.C., Zhu J.U.: A simple error estimation and adaptive procedure for practical engineering analysis. International Journal for Numerical Methods in Engineering., vol. 24 (1987), pp. 337-357.
12. Żółtowski B., *Diagnostic system for the metro train*. ICME, Science Press, Chengdu, China, 2006, s.337-344.
13. Żółtowski B., Castaneda L., *Sistema Portail de Diagnostico para el Sistema Metro de Medellin*. VIII Congreso Internacional de Mantenimiento, Bogota, Columbia 2006.