

## DESKRYPTORY DIAGNOSTYCZNEGO SYSTEMU EKSPLOATACJI MASZYN

Bogdan ŻÓŁTOWSKI

Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy, KMR i P  
85-763 Bydgoszcz, ul. Prof. S. Kaliskiego 7, bogzol@atr.bydgoszcz.pl

### Streszczenie

W tym opracowaniu przedstawiono wybrane problemy diagnostyki technicznej w budowie i eksploatacji maszyn. Omówiono sterującą rolę diagnostyki technicznej w kształtowaniu i podtrzymywaniu jakości w produkcji i eksploatacji maszyn. Na tle zadań diagnostyki technicznej wskazano na podstawowe wskaźniki poprawności funkcjonowania diagnostycznego systemu eksploatacji maszyn. Przedstawiono też zależności oceniające skuteczność znanych strategii eksploatacji.

Słowa kluczowe: diagnostyka techniczna, system eksploatacji, efektywność strategii.

### DESCRIPTORS OF DIAGNOSTIC SYSTEM IN EXPLOITATION OF MACHINES

#### Summary

In this study choose problems of technical diagnostic were introduced in building and exploitation of machines. Steering part of technical diagnostic was talked over in formation and supporting of quality in production and exploitation of machines. On background of assignments of technical diagnostic it was shew onto basic coefficients of correctness the functioning of diagnostic system of exploitation machines. Estimating dependence effectiveness of well-known strategy of exploitation was introduced also.

Keywords: technical diagnostic, system of exploitation, efficiency of strategy.

## 1. WPROWADZENIE

Zwiększające się zapotrzebowanie na metody i środki diagnostyki technicznej, będące wynikiem nowoczesnego sposobu kreowania "jakości" maszyn i urządzeń, wychodzi na przeciw współczesnym uwarunkowaniom działalności przedsiębiorstw, w tym szczególnie znacznie zużytego potencjału obiektów technicznych.

Zapotrzebowanie na diagnostykę zbiega się również z pojawieniem się nowych zastosowań osiągnięć mikroelektroniki, techniki komputerowej, teorii fraktali, sieci neuronowych i sztucznej inteligencji - skutecznie wspierających możliwości diagnostyki.

W inżynierii mechanicznej, w budowie i eksploatacji maszyn czynnikiem stymulującym bezpośrednio rozwój diagnostyki jest odpowiedzialność funkcji realizowanej przez maszynę, w tym szczególnie minimalizacja: zagrożeń zdrowia i życia ludzkiego, zagrożeń środowiska biologicznego i technicznego, zagrożeń wartości ekonomicznych (w tym i jakości).

Wskazanie nowej roli diagnostyki technicznej w zmieniającym się gospodarstwie kraju, w aspekcie nowych dokonań teoretycznych i aplikacyjnych jest zadaniem chwili i podejmowane jest z różnym skutkiem.

## 2. PROBLEMY GŁÓWNE DIAGNOSTYKI TECHNICZNEJ

*Diagnostyka techniczna* to zorganizowany zbiór metod i środków do oceny stanu technicznego (jego przyczyn, ewolucji i konsekwencji) systemów technicznych. W większości przypadków są to systemy działaniowe, celowo zaprojektowane dla wykonania określonej misji, generujące lub transformujące informacje, które są wykorzystywane do oceny ich stanu technicznego.

Charakterystyczna dla materii obiektywna właściwość odbicia przejawia się w powstawaniu i przekazywaniu określonych informacji o stanie obiektów świata materialnego. Informacja ta jest na równi z energią i substancją jedną z form istnienia materii, pozostaje w ścisłym związku z ruchem materii w przestrzeni i w czasie oraz z wszelkimi procesami materialnymi. Informacja, jako jeden z aspektów odbicia, przedstawia uporządkowane odbicie stanu świata realnego i istniejących w tym świecie związków przyczynowo-skutkowych.

Zasadniczym źródłem poznania naukowego jest informacja ilościowa pozyskiwana w eksperymentach pomiarowych, dostarczająca bezpośrednio liczbowych charakterystyk destrukcji badanego obiektu lub zmian jakościowych nadzorowanego zjawiska.

Potrzeba stosowania diagnostyki znajduje swoje uzasadnienie w modelu destrukcji obiektu, uwzględniającego związek zaawansowania zużycia proporcjonalny do energii dyssypacji, wiążący się z czasem istnienia obiektu, poziomem konstrukcji, nowoczesności technologii wytwarzania, intensywności użytkowania oraz jakości obsłużyć technicznych.

Patrząc syntetycznie na ogół możliwych zastosowań diagnostyki w kolejnych fazach istnienia obiektu, trzeba wyróżnić potrzebę znajomości wiedzy o obiekcie, o sygnałach, syndromach i symptomach oraz elementy teorii decyzji w zakresie wnioskowania diagnostycznego, niezbędnych do prawidłowej oceny stanu obiektu.

Przedstawiony zakres wiedzy formułuje obszar zagadnień definiujących podstawy diagnostyki technicznej oraz możliwości jej efektywnego wykorzystania.

**Cele diagnostyki są osiągane poprzez:**

- poznanie natury procesów fizyczno-chemicznych wykorzystywanych jako nośniki informacji o zmieniającym się stanie obiektów oraz ustalenie zbioru parametrów diagnostycznych (symptomów stanu);
- poszukiwania modelu diagnostycznego przedmiotu diagnozy dla określonych podzbiorów cech stanu i parametrów diagnostycznych,
- model diagnostyczny ustala algorytmy tzn. porządkuje zbiory sprawdzeń: diagnozowania, prognozowania i genezowania stanów;
- algorytmy: diagnozowania, prognozowania i genezowania stanów wymuszają odpowiednią podatność diagnostyczną obiektu technicznego (podatność diagnostyczna to: **diagnozowalność**

[model, metoda, skuteczność] i **technologiczność diagnostyczna** [punkty, dostęp, wygoda]);

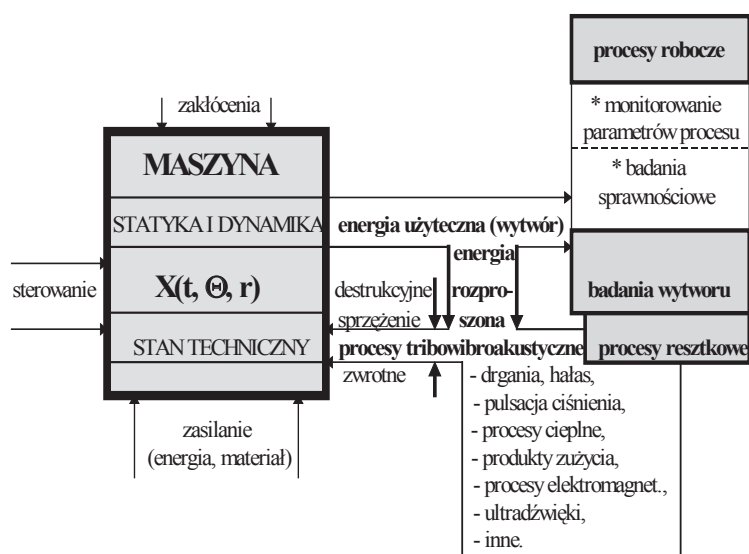
- opracowywanie zasadnych metod i urządzeń diagnostycznych;

- opracowywanie procesów technologicznych, czyli postępowania praktycznego w badaniach i ocenie stanów obiektów technicznych.

Wymienione elementy i diagnozy tworzą podsystem diagnostyczny usprawniający funkcjonowanie maszyn, pod warunkiem, że zostały określone: funkcja i sposób wykorzystania DT. Wdrożone systemy diagnostyczne podlegają ocenie w aspekcie: efektywności ekonomicznej, niezawodności i bezpieczeństwa funkcjonowania systemów działania.

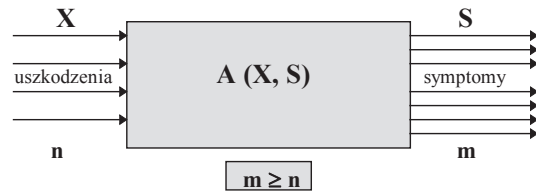
Zaawansowanie procesów zużyciowych determinuje jakość funkcjonowania każdego obiektu technicznego i nosi nazwę jego stanu technicznego. Ten **stan techniczny** można określić obserwując funkcjonowanie obiektu, tzn. jego wyjście główne przekształconej energii (lub produktu) oraz wyjście dyssypacyjne gdzie obserwuje się różnego typu procesy resztkowe (towarzyszące) jak: drgania, hałas, temperatura, zjawiska elektromagnetyczne itd. Obserwacja tych wyjść daje całą gamę możliwości diagnozowania stanu technicznego obiektu, co syntetycznie pokazano na rys.1.

Warto w tym miejscu w uproszczony sposób pokazać ogólną istotę diagnozowania maszyn, zakładającą poszukiwania związków pomiędzy stanem maszyny  $X_n$  a generowanymi sygnałami diagnostycznymi  $S_m$ , z pominięciem dla prostoty rozważań innych oddziaływań zewnętrznych (rys.2). W tablicy obserwacji (rys.3) z jednej strony mamy zestaw możliwych uszkodzeń



Rys.1. Maszyna jako system przetwarzania energii i jej możliwości diagnostowania

( $n$ ), reprezentowanych przez cechy stanu odwzorowujące rozwijające się uszkodzenia. Z drugiej zaś strony z pomiarów otrzymujemy zestaw symptomów ( $S_m$ ), charakterystyczny dla stanu rozwoju uszkodzeń w chwili pomiaru symptomów. Jak widać z rysunku o jednym uszkodzeniu może informować wiele symptomów, przy czym rozwiązanie problemu diagnostycznego wymaga spełnienia warunku:  $m \geq n$ . Operator  $A$ , wiążący cechy stanu obiektu  $X$  i jego symptomy  $S$  po zidentyfikowaniu, pozwala na bazie pomierzonych symptomów  $S$  wnioskować o stanie  $X$ .

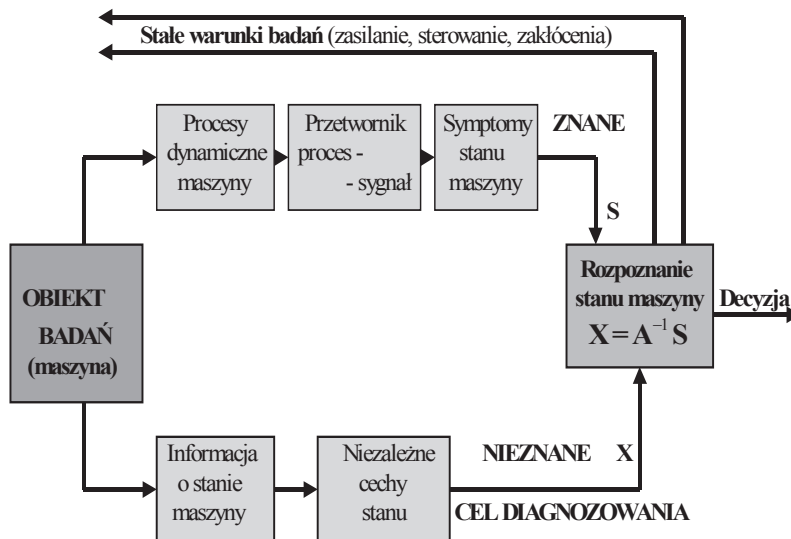


Rys. 2. Obserwacja stanu maszyny  $X$  za pomocą symptomów  $S$

Realizowane zadanie diagnostyczne można zatem przedstawić w postaci przykładowego algorytmu, pokazanego na rys. 4.

Symptomy Cechy stanu obiektu $X_n$	Wartości mierzonych symptomów									
	C	K	I	P <sub>sk</sub>	...	F <sub>0</sub>	...	H <sub>v</sub>	...	m
1. Bicie										
2. Luz										
3. Zacisk										
...	Symptomy diagnostyczne w dziedzinie czasu, amplitud, częstotliwości. ( wymiarowe, bezwymiarowe )									
...										
...										
n. Ilość pracy										

Rys. 3. Tablica obserwacji mierzonych symptomów  $S_m$  dla wybranych cech stanu obiektu  $X_n$



Rys. 4. Kolejność postępowania podczas diagnozowania maszyny

Szansa oceny stanu technicznego maszyn podczas konstruowania, wytwarzania lub eksploatacji, często bez potrzeby wyłączenia ich z ruchu - a nawet w sposób bezkontaktowy,

umożliwia udzielenie odpowiedzi na podstawowe pytania:  
 - *jaka jest maszyna (element, zespół) podczas konstruowania?*

- *jaka jest maszyna po jej wytworzeniu?*
- *jaka jest maszyna w czasie użytkowania i / lub obsługiwaniana?*
- *jak przebiega proces technologiczny realizowany przez maszynę?*

Odpowiedzi na te pytania uzyskać można z opracowanych procedur diagnostycznych, zawierających szczegółowe algorytmy badania diagnostycznego, dających odpowiedzi na pytania użytkowników:

- *co mierzyć?* (jaki proces, dlaczego ten, w którym miejscu);
- *jak mierzyć?* (akwizycja sygnału, parametry procesu, cechy stanu, częstość pomiarów);
- *czym mierzyć?* (oprzyrządowanie, przygotowanie sygnału, sposób przetwarzania);
- *jak wnioskować?* (modele, stany graniczne, decyzje).

Określone metodami diagnostyki technicznej w procesie diagnozowania decyzje diagnostyczne o stanie maszyny są wyróżniane za pomocą różnego rodzaju wskaźników (cech, symptomów). Zawsze jednak ich forma prezentacji powinna być dostosowana do możliwości percepcyjnych, decyzyjnych i wykonawczych użytkowników diagnozowanego obiektu. Stąd dużą rolę przypisuje się w tym zakresie *nowoczesnym technologiom informatycznym*.

Przytoczone skrótowo powyżej treści główne, motywujące potrzebę i rozwój diagnostyki technicznej stanowią zręby podstaw składających się na nową dziedzinę wiedzy jaką jest uznana już diagnostyka techniczna.

Zawartość merytoryczna i metodologiczna diagnostyki porządkuje dostępne podejścia i formalizmy w kolejności ich występowania w szczegółowych zagadnieniach rozpatrywanych w diagnozowaniu maszyn. Tutaj dopiero widać całą złożoność strony naukowej diagnostyki, gdzie niezbędna wiedza sięga od konstruowania, wytwarzania i eksploatacji maszyn, modelowania i estymacji parametrów, do teorii eksperymentu, teorii informacji i statystyki w ujęciu nowoczesnych technologii informatycznych.

### 3. DIAGNOSTYCZNY SYSTEM ISTNIENIA MASZYN

Ustalenie miejsca i funkcji diagnostyki technicznej w systemie istnienia maszyn warunkuje potrzebę przywołania istniejących strategii eksploatacji, w oparciu o które realizowane są procesy użytkowania i obsługiwań technicznych maszyn w przedsiębiorstwach.

**Strategia eksploatacyjna** polega na ustaleniu sposobów prowadzenia użytkowania i obsługiwań maszyn oraz relacji między nimi w świetle przyjętych kryteriów.

W literaturze znane są następujące **strategie eksploatacji maszyn** [1]:

- **według niezawodności,**
- **według efektywności ekonomicznej,**
- **według ilości wykonanej pracy,**
- **według stanu technicznego,**
- **autoryzowana strategia eksploatacji maszyn.**

Najczęściej w oparciu o jedną z powyższych strategii buduje się **system eksploatacji przedsiębiorstwa**, przy czym elementy pozostałych strategii są często jego uzupełnieniem. W praktyce przemysłowej występują więc najczęściej **strategie eksploatacji mieszane**, dostosowane do wymagań i warunków eksploatowanych maszyn.

Zalecaną jest **strategia według stanu**, która opiera się na podejmowanie decyzji eksploatacyjnych na podstawie bieżącej oceny stanu technicznego maszyn, ich zespołów lub elementów (rys.5). **Aktualny stan techniczny maszyny, odwzorowany wartościami mierzonych symptomów stanu, jest podstawą decyzji eksploatacyjnej.** Poprawna realizacja tej strategii wymaga skutecznych metod i środków diagnostyki technicznej oraz przygotowanego personelu technicznego.

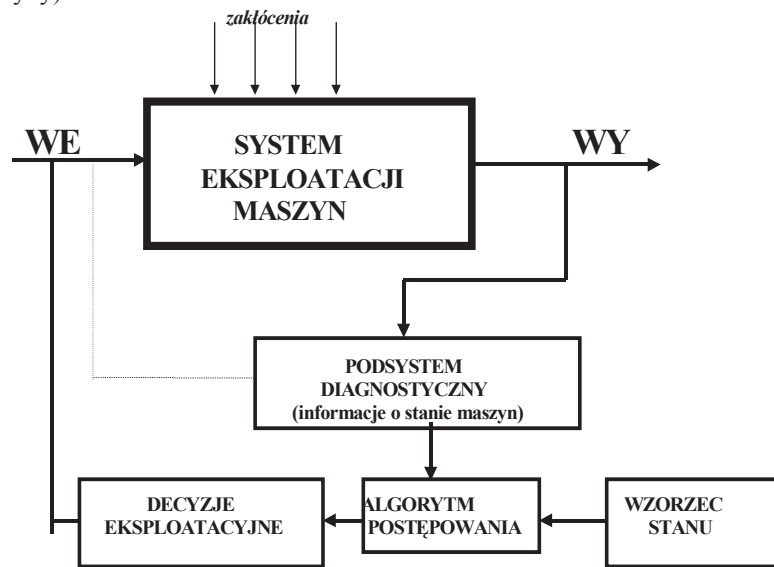
Wymaga też przewyższenia nieufności decydentów co do efektywności takiego sposobu eksploatacji. Efekty ekonomiczne z takiego sposobu eksploatacji są niewspółmiernie wyższe niż w innych strategiach, co warunkuje powodzenie i ogromne zainteresowanie tym rozwiązaniem.

Podstawowym warunkiem powodzenia tej strategii jest dostępność prostych i skutecznych metod diagnostycznych, najlepiej wkonstruowanych w produkowane maszyny, które z kolei są nadzorowane w systemie monitorowania stanu.

W oparciu o wymienione strategie eksploatacji maszyn w praktyce przemysłowej budowane są **systemy obsługiwań technicznych maszyn**. Do najbardziej rozpowszechnionych należą :

- **system wymian profilaktycznych;** budowany głównie w oparciu o strategię eksploatacji według efektywności; (dla obiektów jednostkowych, odpowiedzialnych - gdzie prowadzi się wymiany profilaktyczne dla uniknięcia awarii),
- **planowo - zapobiegawczy system obsługiwań technicznych;** budowany w oparciu o strategię według ilości wykonanej pracy; (z góry zaplanowany zakres i częstotliwość obsługiwań technicznych, niezależnie od aktualnego stanu, czyli potrzeb),
- **planowo - zapobiegawczy system obsługiwań technicznych z diagnozowaniem;** (jak wyżej, lecz wspomagany częściowym diagnozowaniem stanu maszyny),
- **system obsługiwań technicznych według stanu;** (czynności obsługowe - częstotliwość i zakres -

wyznaczane są w oparciu o aktualny stan techniczny maszyny).



Rys. 5 Diagnostyczne sterowanie systemem eksploatacji maszyn.

#### 4. WSKAŹNIKI DIAGNOSTYCZNEGO SYSTEMU EKSPLOATACJI MASZYN

Poprawne funkcjonowanie diagnostycznego systemu eksploatacji maszyn wymaga znajomości:

- symptomów stanu maszyny:  $s_1, s_2, \dots, s_m$ ;
- wartości granicznych symptomów stanu:

$$S_{gr} = s + \sigma \sqrt{\frac{P_g}{2A}};$$

- okresowości badań diagnostycznych:

$$T_D = \frac{(1 - P_g)(S_{gr} - S_m)}{S_m} \theta_m.$$

Przedstawione deskrytory diagnostycznego systemu eksploatacji maszyn zostały zdefiniowane i uzasadnione we wcześniejszych pracach autora [1, 2, 3, 7].

#### 5. OCENA ISTNIEJĄCYCH STRATEGII

Uwzględniając dostępne warianty stosowanych strategii eksploatacji maszyn można ich praktyczną przydatność ocenić przy pomocy użytecznych wskaźników efektywności. Dla ich wyznaczenia przyjmuje się, że:

- czas pracy maszyny do uszkodzenia określa funkcja niezawodności:

$$R(t) = P(T_U > t) = \int_t^{\infty} f(t) dt$$

- oczekiwany czas pracy:

$$O_{Cp} = \int_0^{\infty} R(t) dt$$

- przeciętny rzeczywisty czas pracy (główny dla zadań utrzymania maszyn w ruchu):

$$P_{RZCp} = \int_0^t R(t) dt$$

Pozwala to zdefiniować - współczynnik wykorzystania maszyny  $W_W$ :

$$W_W = \frac{P_{RZCp}}{O_{Cp}} \text{ „kryterium jakości strategii”}$$

Według tego kryterium można dokonać oceny poszczególnych strategii eksploatacji maszyn i dalej ich przydatności w praktyce przemysłowej.

I. Strategia od „awarii do awarii” (znana też jako: *od uszkodzenia do uszkodzenia*) stosowana dla uszkodzeń o małych skutkach ekonomicznych i bez następstw zagrożenia bezpieczeństwa:

$$W_{AA} = \frac{P_{RZCp}(Usz)}{O_{Cp}} = 1,$$

gdyż :

$$O_{Cp} = PRZCp(\text{uszkodzenie}) = \int_0^{\infty} R(t) dt$$

Jest to zatem strategia najbardziej efektywna ekonomicznie, a zadania obsługowo-naprawcze inicjowane są uszkodzeniem.

II. Strategia „według ilości pracy” (obligatoryjna), w której przedsięwzięcia obsługowo-naprawcze są zaplanowane po z góry określonej ilości wykonanej pracy (statystyczne oszacowania słabych ogniw i czasu do awarii):

$$R(t_p) = P(O_{Cp} > t_p) \cdot R_{RZ}$$

gdzie:  $R_{RZ}$  - wymagany poziom niezawodności,  $t_p$  - czas OT zapobiegawczej ze względu na koszt, bezpieczeństwo.



$$P_{RZCp}(t_p) = \int_0^{t_p} R(t) dt$$

$$OCp = PRZCp(t_p) + PNCp$$

Wskaźnik efektywności w tej strategii:

$$W_{t_p} = \frac{P_{RZCp}(t_p)}{O_{Cp}} \ll 1$$

Wskaźnik niewykorzystanego czasu pracy PNCp:

$$W_{NCP} = \frac{1 - P_{RZCp}(t_p)}{O_{Cp}} - \text{wskazuje potrzebę}$$

zmiany strategii.

III. Strategia „według stanu technicznego”, w której zakres i częstotliwość czynności obsługowo- naprawczych limituje stan techniczny, w wersji:

- inspekcyjnej, ze stałym okresem kontroli stanu,
- kontroli stanu wg prognozowanej zmiany stanu.

$$P_{RZCp}(T_1) = \int_0^{T_1} \left[ \int_{S_0}^{S_{gr}} f_{RZCp}(t)(x) dx \right] dt$$

$$P_{RZCp} = \int_{T_1}^{\infty} \left[ \int_{S_0}^{S_{gr}} f_{RZCp}(t)(x) dx \right] dt$$

Wskaźnik efektywności tej strategii:

$$W_{DT} = \frac{P_{RZCp}(T_1) + P_{RZCp}}{O_{Cp}} < 1$$

Jakościowa analiza przedstawionych wskaźników wskazuje, że ich uszeregowanie w postaci:  $WAA > WDT > W_{t_p}$  preferuje, poza strategią uszkodzeniową, **strategię według stanu technicznego**. Przedstawione wskaźniki dobrze ilustrują efektywność działań obsługowo-naprawczych w różnych strategiach utrzymania maszyn.

## 6. FUNKCJA STERUJĄCA DIAGNOSTYKI

Rola i znaczenie diagnostyki technicznej w każdej z faz istnienia maszyny jest bardzo istotna, a ukazana na tle zadań spełnianych przez wytwór

w poszczególnych strategiach eksploatacji określa funkcję sterującą diagnostyki.

Na podstawie zebranej informacji z badań diagnostycznych istnieje możliwość :

- oceny stanu maszyny w chwili badania "t" (zdatna, niezdatna),
- wskazania na uszkodzone elementy w przypadku niezdatności,
- zlokalizowania uszkodzonych elementów w przypadku niezdatności,
- prognozowanie przyszłego stanu maszyny w chwili „ $t_p = t + \Delta t$ ”,

- określenia czasu pracy maszyny do naprawy głównej,
- ustalenia czasu rezerwowego do likwidacji maszyny,
- wyznaczenia terminu następnego diagnozowania maszyny.

Proces postępowania z maszyną jest więc następujący :

- w przypadku maszyny zdatnej:** badanie stanu - wykonanie niezbędnie koniecznych zabiegów obsługowych - prognozowanie stanu - ustalenie terminu następnego badania;
- w przypadku maszyny niezdatnej:** badanie stanu - ustalenie niezdatności (rozregulowanie, uszkodzenie, wykonana praca do naprawy głównej lub likwidacji) - usunięcie uszkodzenia - ocena jakości wykonanej naprawy - wykonanie niezbędnych czynności obsługowych - prognozowanie - termin kolejnego diagnozowania.

**Funkcja sterująca diagnostyki** w utrzymaniu zdatności maszyn polega więc na:

- ocenie aktualnego stanu maszyn, określającego możliwości dalszej ich pracy,
- eliminacji niezdatnych, a więc i niebezpiecznych maszyn z użytkowania,
- zapobieganiu uszkodzeniom lub awariom maszyn, dzięki uprzedzającej ocenie stanu,
- przewidywaniu przyszłych stanów maszyn, stwarzając podstawy planowania materiałowo-technicznego i zadaniowego dla systemu eksploatacji.

Biorąc za podstawę przedstawione możliwości diagnostyki w zakresie nadzorowania zmienności stanów maszyn, zasadne są propozycje metody obsługiwanie maszyn według stanu technicznego. Doskonalenie tej przyszłościowej strategii opiera się o skuteczne metody diagnozowania stanu maszyn, o opracowania pokładowych i stacjonarnych układów diagnostycznych, wspieranych techniką komputerową i dokonaniem sztucznej inteligencji.

## 7. PODSUMOWANIE

Kształtowanie i ocena jakości maszyn metodami diagnostyki technicznej wiąże się ściśle z koniecznością utrzymania na odpowiednim poziomie ich cech użytkowych w określonych warunkach eksploatacji. Cechy te, spełniające wymogi reprezentatywnych dla stanu obiektu, winny być określone już na etapie konstruowania a weryfikowane podczas wytwarzania i eksploatacji.

Do wyróżnienia, oceny i podtrzymywania cech użytkowych wykorzystuje się:

- możliwości diagnostyki technicznej, w tym konstruowanie diagnostyczne, ocenę jakości wytworów, diagnostykę eksploatacyjną, metody

- i środki diagnostyki technicznej, wspomaganie badań diagnostycznych techniką komputerową;
- badania niezawodności maszyn w fazach: przedprodukcyjnej, produkcyjnej i poprodukcyjnej przy wykorzystaniu badań stanowiskowych, modelowania deterministycznego i stochastycznego czynników wymuszających, wspomaganie komputerowego badań niezawodności;
  - metodologię kształtowania „jakości” maszyn przez „jakościowy system sterowania przedsiębiorstwem” z uwzględnieniem kryteriów norm jakości EN serii 29 000;
  - możliwości regeneracji części maszyn, w tym regenerację wielokrotną, badania zmęczeniowe i modelowanie obciążeń części regenerowanych, nowe techniki i technologie odtwarzania jakości części maszyn;
  - badania technologiczności obsługowej i naprawczej maszyn, kształtowanie intensywności starzenia i zużywania się elementów maszyn, kształtowanie podatności maszyn oraz ocenę efektywności eksploatacji maszyn.

Powyższe grupy tematyczne stanowią obszar zainteresowań szerokiego grona społeczności eksploatacyjnej, przyczyniając się do rozwoju metod i metodologii kształtowania i podtrzymywania jakości maszyn.

## 8. LITERATURA

- [1] Żółtowski B.: Podstawy diagnostyki maszyn. Wyd. ATR. Bydgoszcz 1996 (s.467).
- [2] Żółtowski B., Ćwik Z.: Leksykon diagnostyki technicznej. Wyd. ATR. Bydgoszcz 1996.
- [3] Żółtowski B., Tylicki H.: Osprzęt elektryczny pojazdów mechanicznych. Wyd. ATR. Bydgoszcz 1999 (s.158).
- [4] Niziński S., Żółtowski B.: Informatyczne systemy zarządzania eksploatacją obiektów technicznych. ISBN – 83-916198-0-X, Olsztyn-Bydgoszcz, 2001 s.334.
- [5] Niziński S., Żółtowski B.: Zarządzanie eksploatacją obiektów technicznych za pomocą rachunku kosztów. ISBN – 83-916198-0-X, Olsztyn-Bydgoszcz, 2002 s.156.
- [6] Żółtowski B.: Elementy dynamiki maszyn. ISBN-83-916198-1-8, Bydgoszcz, 2002 s.258.
- [7] Żółtowski B.: Badania dynamiki maszyn. ISBN – 83-9, 16198-3-4, Bydgoszcz, 2002 s.335.



Prof. dr hab. inż. **Bogdan Żółtowski** jest pracownikiem naukowym Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy i kierownikiem Katedry Maszyn Roboczych i Pojazdów, Wydziału Mechanicznego tej uczelni. Działalność naukową prowadzi w dziedzinie wibroakustyki i diagnostyki technicznej, dynamiki maszyn, metrologii i eksploatacji pojazdów, zarządzania eksploatacją obiektów technicznych. Ma w dorobku ponad 300 publikacji, jest autorem i współautorem 18 opracowań zwartych. Współpracuje z ośrodkami naukowymi w kraju (Politechnika Poznańska, Politechnika Śląska, AGH w Krakowie, WAT w Warszawie) i za granicą (Akademia w Mińsku, UWE Bristol, Birmingham Politechnic, Technion-Hajfa). W swoje dotychczasowej działalności naukowej wypromował wielu doktorów, magistrów i inżynierów. W czasie wolnym zajmuje się techniką motoryzacyjną, uprawia żeglarstwo i narciarstwo