

Tadeusz DĄBROWSKI, Lesław BĘDKOWSKI

Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa

DIAGNOZOWANIE I DOZOROWANIE STANU OBIEKTU EKSPLOATACJI

Słowa kluczowe

Diagnozowanie, dozоровanie, zdatność techniczna, zdatność funkcjonalna, system antropotechniczny, system eksploatacji.

Streszczenie

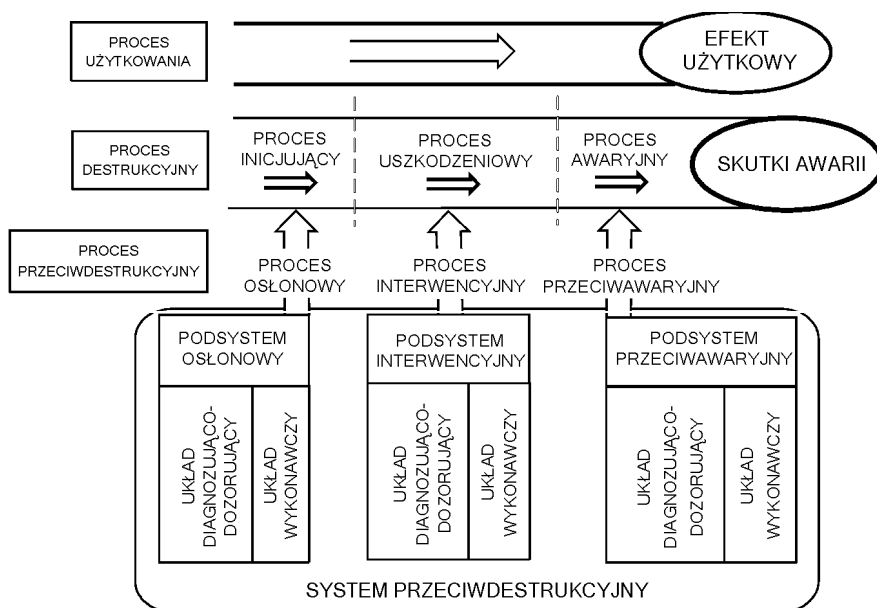
W artykule podjęto próbę uporządkowania niektórych pojęć spotykanych w praktyce eksploatacyjnej i diagnostycznej. Główną uwagę skupiono na pojęciach: stan techniczny, stan funkcjonalny, diagnozowanie stanu technicznego, diagnozowanie stanu funkcjonalnego, niepewność diagnozy. Omówiono różnice między diagnozowaniem sondującym a dozоровaniem stanu. Sformułowano wymagania odnośnie do struktury obiektu eksploatacji (np. systemu antropotechnicznego) oraz procedur diagnozowania i dozоровania w aspekcie zdatności zadaniowej systemu eksploatacji.

Wprowadzenie

Eksploatacja obiektu (systemu antropotechnicznego – SAT) to współistnienie co najmniej trzech złożonych procesów (rys. 1) [1, 2]:

- 1) procesu użytkowania, którego celem jest realizacja wymaganego zadania użytkowego, czyli wytwarzanie i wytworzenie wymaganego efektu użytkowego;
- 2) procesu destrukcyjnego, powodującego pogarszanie właściwości użytkowych obiektu (w konsekwencji efektu użytkowego), a niekiedy także częściowe lub całkowite zniszczenie obiektu i przerwanie procesu użytkowania;

- 3) procesu przeciwdestrukcyjnego, obejmującego pozyskiwanie informacji (przede wszystkim poprzez dozorowanie) i wszelkie działania hamujące lub przerywające proces destrukcyjny oraz naprawiające jego skutki (tj. terapię) w kolejnych fazach rozwoju procesu destrukcyjnego.

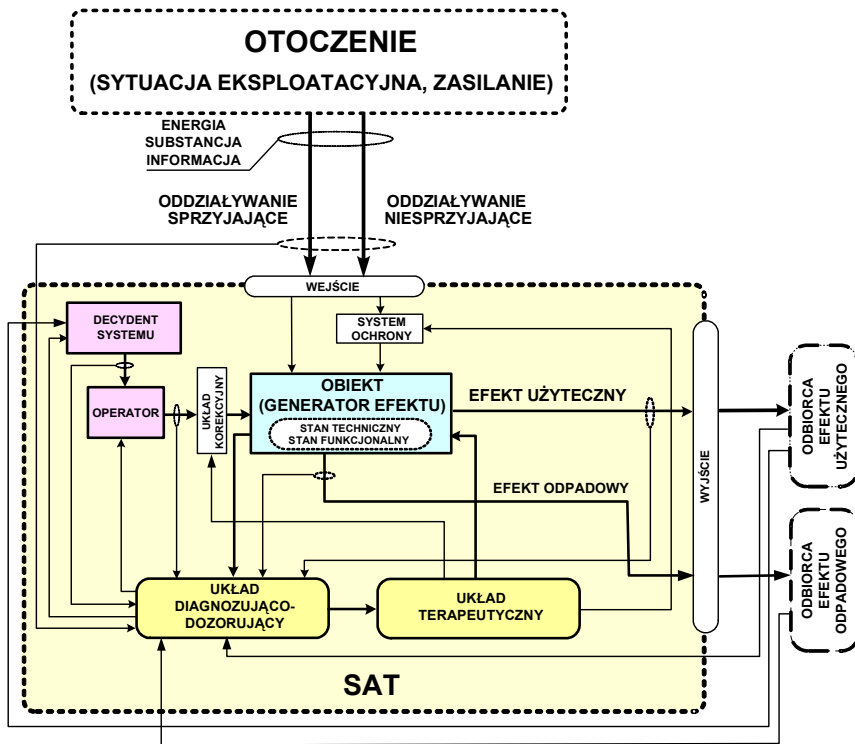


Rys. 1. Trójwarstwowy model procesu eksploatacji (tu: użytkowania) obiektu w systemie antropotechnicznym zawierającym układ diagnozująco-terapeutyczny (tj. system przeciwdestrukcyjny)

Głównym zadaniem systemu eksploatacji jest utrzymywanie w stanie zdolności funkcjonalnej system antropotechniczny (SAT) wytwarzający efekt użytkowy (rys. 2).

Zauważmy, że:

- **użytkowanie** polega na generowaniu przez SAT użytecznych efektów użytkowych zgodnych z wymaganiami, przy równoczesnym utrzymaniu warunków dotyczących odpadowych efektów użytkowych;
- **użyteczny** efekt użytkowy to produkt wytwarzany przez SAT, nadający się do dalszego wykorzystania i służący zaspokojeniu potrzeb użytkowych odbiorcy tego efektu (np. decydenta systemu).
- **odpadowy** efekt użytkowy to produkt wytwarzany przez SAT w trakcie użytkowania – ale nieprzydatny (a nawet szkodliwy) z punktu widzenia potrzeb odbiorcy efektu użytecznego.



Rys. 2. Obraz struktury systemu antropotechnicznego w fazie eksploatacji

Efektywne, niezawodne i bezpieczne funkcjonowanie tak złożonej struktury, jaką jest system antropotechniczny, nie jest – w zasadzie – możliwe bez podsystemu regulacyjno-zabezpieczającego. Elementami takiego podsystemu są:

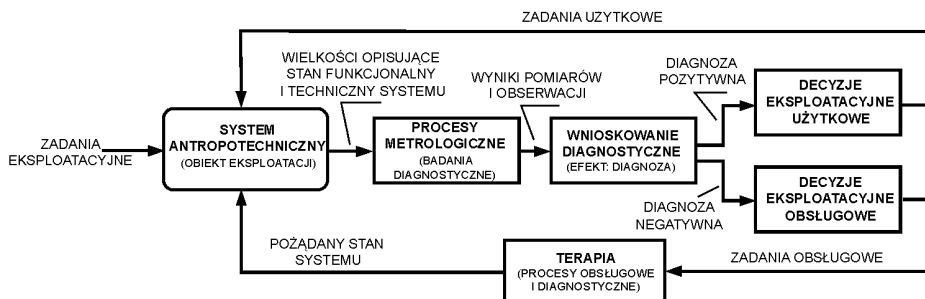
- układ diagnozująco-dozorujący,
- układ terapeutyczny,
- układ korekcyjny,
- system ochrony (bezpieczeństwa).

Zadaniem **układu diagnozująco-dozorującego** jest zbieranie i przetwarzanie informacji o procesach toczących się w obiekcie i w pozostałych elementach systemu antropotechnicznego oraz w jego otoczeniu.

W oparciu o te informacje **układ terapeutyczny** generuje odpowiednie działania zapobiegawczo-naprawcze (rys. 3).

Należą do nich m.in. **działania korygujące** (za pośrednictwem układu korekcyjnego) relacje między operatorem a obiektem, działania uaktywniające (za pośrednictwem **systemu ochrony**) procedur uodparniania obiektu na niesprzyja-

jące oddziaływania otoczenia oraz – przede wszystkim – działania korygujące stan obiektu (zarówno stan funkcjonalny, jak też stan techniczny).



Rys. 3. Miejsce i rola procesów diagnostyczno-terapeutycznych w procesie eksploatacji

1. Stan techniczny i stan funkcjonalny obiektu eksploatacji

Zauważmy, że istnieją następujące rodzaje stanów obiektu eksploatacji:

- **stan techniczny**, zdeterminowany techniczną strukturą wewnętrzną, właściwościami technologicznymi elementów, oprogramowaniem itp.; zbiór wartości wielkości opisujących stan techniczny;
- **stan funkcjonalny aktualny**, zdeterminowany rodzajem funkcji realizowanej przez obiekt (niekiedy nazywany stanem operacyjnym); zbiór wartości wielkości opisujących aktualny stan funkcjonalny;
- **stany funkcjonalne realizowalne**, zdeterminowane rodzajem funkcji realizowalnych (potencjalnie możliwych) przy aktualnym stanie technicznym, aktualnych kwalifikacjach i motywacjach operatora oraz istniejących oddziaływaniach zewnętrznych.

Przypomnijmy, że **zdatność funkcjonalna** obiektu to stan, w którym obiekt jest zdolny do uzyskania i utrzymania stanu funkcjonalnego, niezbędnego do wytworzenia wymaganego, użytecznego efektu użytkowego, jeśli obiekt jest:

- 1) zdatny technicznie,
- 2) odpowiednio sterowany,
- 3) podlega wymaganemu oddziaływaniu otoczenia (co m.in. oznacza, że otrzymuje wymagane zasilanie: materiałowe, energetyczne, informacyjne).

Z kolei **zdatność techniczna** obiektu oznacza stan, w którym obiekt jest zdolny ze względów technicznych (tj. np. strukturalnych, materiałowych, technologicznych) – przy spełnieniu warunków 2) i 3) – do wytworzenia i utrzymania niezbędnego stanu funkcjonalnego.

Łatwo zauważyć, że stan funkcjonalny $S_F(t)$ jest funkcjonalem co najmniej czterech wielkości (z których każda zazwyczaj jest jeszcze funkcją czasu t):

- technicznego stanu obiektu $S_T(t)$;
- zasilania $L_z(t)$;
- pobudzeń sterujących $S_o(t)$;
- warunków użytkowania $W_u(t)$.

Zatem:

$$S_F(t) = F(S_T(t), L_z(t), W_u(t), S_o(t)) \quad (1)$$

Najbardziej pożądaną formą diagnozowania (bo umożliwiającą eksploatację według stanu) jest **dozorowanie**. Opiera się ono przede wszystkim na śledzeniu zmian stanu funkcjonalnego obiektu eksploatacji. Wynika to z faktu, że wielkości opisujące stan funkcjonalny są dostępne w czasie funkcjonowania obiektu i – na ogół – ich pomiar nie zakłóca procesu eksploatacji. Inaczej przedstawia się diagnozowanie polegające na obserwacji zmian stanu technicznego. Procedury pomiaru wielkości opisujących stan techniczny wymagają często przerywania procesu użytkowania i dekompozycji obiektu w celu uzyskania informacji o aktualnych wartościach wielkości symptomowych. Trudno – w tym przypadku – traktować takie sondujące diagnozowanie jako dozorowanie – przynajmniej w aspekcie klasycznej definicji dozorowania i występujących opóźnień czasowych w pozyskiwaniu informacji o zmianach stanu obiektu eksploatacji.

Dozorowanie polegające na bieżącym monitoringu zmian wielkości opisujących stan funkcjonalny dostarcza informacji o stanie funkcjonalnym S_F – a pośrednio także informacji o stanie technicznym S_T obiektu eksploatacji. Możliwe są tu jednak następujące przypadki:

$$S_F^1 \Leftrightarrow S_T^1 \quad (2)$$

$$S_F^0 \Leftrightarrow S_T^0 \quad (3)$$

$$S_T^0 \Rightarrow S_F^1 \quad (4)$$

np. dzięki istniejącym nadmiarom m.in. strukturalnym,

$$S_T^1 \Rightarrow S_F^0 \quad (5)$$

np. z powodu nieodpowiedniego sterowania, zasilania, oddziaływań zakłócających,

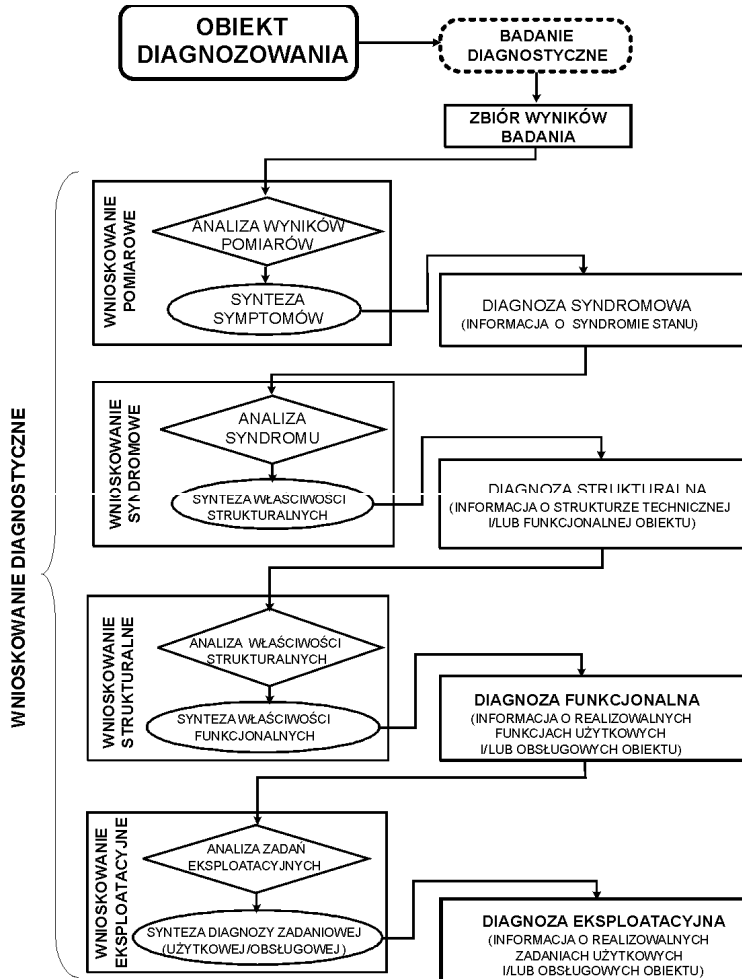
gdzie: S_F^1 , S_T^1 – stan zdatności funkcjonalnej, stan zdatności technicznej,

S_F^0 , S_T^0 – stan niezdatności funkcjonalnej, stan niezdatności technicznej.

Z powyższego wynika, że diagnozy uzyskiwane w procesie dozorowania (czyli oparte na wynikach obserwacji wielkości funkcjonalnych) mogą być niedostatecznie wiarygodne dla identyfikacji stanu technicznego obiektu eksploatacji.

2. Niepewność diagnoz stanu technicznego i stanu funkcjonalnego

W praktyce diagnostycznej dają się wyróżnić następujące rodzaje diagnoz (rys. 4):



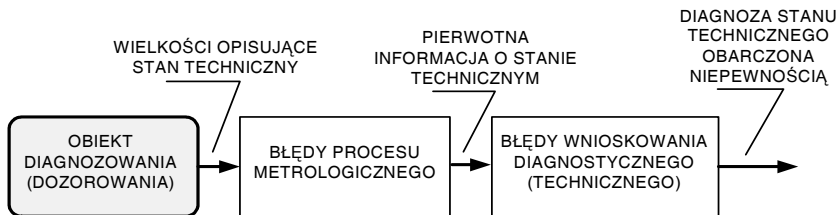
Rys. 4. Klasyczne poziomy (etapy) procesu diagnozowania

- **diagnoza syndromowa:** informacja o wartościach stwierdzonych symptomów stanu obiektu (wstępna, ogólna diagnoza o stanie obiektu);
- **diagnoza strukturalna:** informacja o stanie obiektu (dokładniej: skonkretyzowana informacja o stanie wyróżnionych modułów technicznych i/lub funkcjonalnych obiektu);
- **diagnoza funkcjonalna:** informacja o aktualnych możliwościach i właściwościach użytkowych (lub obsługowych) obiektu – **diagnoza chwilowa**;

- **diagnoza eksploatacyjna:** informacja o zadaniowych możliwościach użytkowych (lub wymaganych czynnościach obsługowych) obiektu – **diagnoza zadaniowa** (z elementami prognostycznymi).

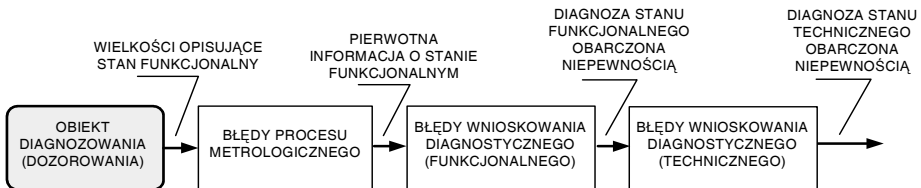
Łatwo zauważyć, że każdy etap procesu diagnozowania charakteryzuje się skończoną wiarygodnością. Skutkuje to, w efekcie, określoną niepewnością diagnozy końcowej [3, 4].

Przyczyny niepewności diagnozy stanu technicznego w diagnozowaniu opartym na wielkościach opisujących stan techniczny ilustruje rys. 5.



Rys. 5. Źródła niepewności diagnozy opartej na symptomach stanu technicznego

Przyczyny niepewności diagnozy stanu technicznego w diagnozowaniu opartym na wielkościach opisujących stan funkcjonalny ilustruje Rys. 6.



Rys. 6. Źródła niepewności diagnozy opartej na symptomach stanu funkcjonalnego

Zdając sobie sprawę ze źródeł i przyczyn niepewności diagnoz będących wynikiem diagnozowania stanu technicznego oraz dozоровania stanu funkcjonalnego obiektu eksploatacji (tj. obiektu technicznego lub systemu antropotechnicznego) można sformułować wytyczne co do struktury obiektu eksploatacji i procedur eksploatacyjnych, sprzyjające obniżeniu ryzyka braku pożądanego efektu procesu eksploatacji.

Do ważniejszych wymagań – w tym aspekcie – należy zaliczyć:

- odpowiednią strukturę systemu antropotechnicznego (rys. 2);
- efektywnie działający układ diagnozująco-dozorujący (realizujący przede wszystkim dozоровanie stanów funkcjonalnych);
- efektywnie działający system przeciwdestrukcyjny (system ochrony);
- właściwie dobrane procedury metrologiczne i wnioskowania diagnostyczne (zapewniające minimalizację niepewności diagnoz) (rys. 5, rys. 6);

- właściwie dobrany stosunek liczby procedur diagnozowania stanów technicznych i dozoru stanów funkcjonalnych elementów systemu antropotechnicznego (zapewniający maksymalizację wiarygodności diagnoz przy minimalizacji opóźnienia w ich pozyskiwaniu) (rys. 2).

Rozbudowany system dozoru oraz możliwość wprowadzania korekty pobudzeń sterujących (generowanych przez operatora) pozwalają utrzymać zdolność techniczną i funkcjonalną obiektu w czasie użytkowania. W sposób oczywisty podnosi to niezawodność i bezpieczeństwo obiektu technicznego i całego systemu eksploatacji.

Podsumowanie

1. Informacji o aktualnym stanie funkcjonalnym obiektu eksploatacji dostarcza przede wszystkim proces dozoru.
2. Informacja o stanie funkcjonalnym (aktualnym oraz potencjalnie możliwym) niezbędna jest przede wszystkim użytkownikowi-operatorowi obiektu (i decydentowi systemu użytkowania).
3. Diagnozowanie (dozorowanie) stanu funkcjonalnego to przede wszystkim diagnozowanie użytkowe.
4. Informacji o aktualnym stanie technicznym dostarcza przede wszystkim diagnozowanie sondujące (interioryczne).
5. Informacja o stanie technicznym niezbędna jest przede wszystkim obsłudżącemu obiekt (i decydentowi systemu obsługiwanego).
6. Diagnozowanie stanu technicznego to przede wszystkim diagnozowanie obsługowe.
7. Niepewność diagnoz stanu technicznego tworzonych w oparciu o wartości opisujące stan funkcjonalny jest z zasady większa niż niepewność diagnoz stanu technicznego tworzonych w oparciu o wartości opisujące stan techniczny.
8. Zaniedbanie rozróżnienia – w procesach diagnozowania – wielkości funkcjonalnych od wielkości technicznych oraz stanów funkcjonalnych od stanów technicznych może być źródłem istotnej niepewności diagnoz i znaczących błędów decyzji eksploatacyjnych.
9. Diagnoza funkcjonalna (jako efekt wnioskowania strukturalnego, rys. 4) może być sformułowana w oparciu o stwierdzone wartości wielkości opisujących stan funkcjonalny – ale także w oparciu o stwierdzone wartości wielkości opisujących stan techniczny.
10. Diagnoza eksploatacyjna (jako efekt wnioskowania eksploatacyjnego, rys. 4) może być sformułowana przede wszystkim w oparciu o stwierdzone wartości wielkości opisujących stan techniczny.
11. Prognoza i geneza tworzone są na podstawie informacji o stanie technicznym obiektu.

Bibliografia

1. Dąbrowski T., Będkowski L., Bednarek M.: Diagnostowanie statystyczne efektu wytwarzanego w systemie antropotechnicznym. Biuletyn WAT nr 3/2009. Warszawa 2009, s. 223–238.
2. Będkowski L., Dąbrowski T.: Podstawy eksploatacji, cz. 2 Podstawy niezawodności eksploatacyjnej. Wyd. WAT, Warszawa 2006, s. 188.
3. Będkowski L., Dąbrowski T.: Niepewność w procesach diagnostowania i dozorowania. Diagnostyka, Vol. 1(49)/2009, s. 123–129.
4. Będkowski L., Dąbrowski T.: Analiza niezawodności użytkowej systemu antropotechnicznego. XXXVII Zimowa Szkoła Niezawodności „Niezawodność systemów antropotechnicznych”, Szczyrk, 12–17.01.2009, s. 18.
5. Będkowski L., Dąbrowski T.: Diagnostowanie funkcjonalne podstawą bezpieczeństwa systemów eksploatacji. XXXVIII Zimowa Szkoła Niezawodności „Ryzyko w eksploatacji systemów technicznych”, Szczyrk, 11–16.01.2010, s. 5–15.

Recenzent:

Bogdan ŻÓŁTOWSKI

The diagnosing and supervising of the state of an object during exploitation

Key words

Diagnosing, supervising, the technical fitness, the functional fitness, the human engineering system, the system of the exploitation.

Summary

In the article, an attempt was made to arrange concepts found during exploitive and diagnostic practice. The article focused on the following: the technical state, the functional state, the troubleshooting of the technical state, the troubleshooting of the functional state, and the uncertainty of the diagnosis. The differences between troubleshooting and supervising of the state of an object were discussed. The requirements in relation to the structures of the object of exploitations (e.g. of the human engineering system) and procedures of the troubleshooting and supervising in the aspect of the assignment applicability of the system of the exploitation were formulated.

