

ANALIZA WPLYWU INFORMACJI DIAGNOSTYCZNEJ NA WYBRANE WSKAŹNIKI NIEZAWODNOŚCIOWE*

Lesław BĘDKOWSKI, Tadeusz DĄBROWSKI

Instytut Systemów Elektronicznych, Wydział Elektroniki
Wojkowska Akademia Techniczna, ul. S. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa, fax (22) 6839125
e-mail: lbedkowski@wel.wat.edu.pl, tdabrowski@wel.wat.edu.pl

Streszczenie

Artykuł poświęcony jest analizie zależności niezawodności obiektu funkcjonującego w systemie antropotechnicznym od efektywności procesu diagnozowania. Podstawowym celem przytoczonych rozważań jest odpowiedź na pytanie: *czy i w jakim zakresie informacja diagnostyczna wpływa na wartości wskaźników niezawodnościowych?*

W artykule analizowany jest wpływ diagnozowania i działań opartych na informacji diagnostycznej na:

- funkcję prawdopodobieństwa zrealizowania zadania;
- wartość oczekiwaną czasu zdatności zadaniowej.

Zależności te rozpatrywane są dla:

- obiektu nienaprawialnego, bez akumulacji efektu funkcjonowania;
- obiektu naprawialnego, z akumulacją efektu funkcjonowania i z rezerwą czasową nieuzupełnianą;
- obiektu naprawialnego, z akumulacją efektu funkcjonowania, posiadającego strukturalną rezerwę nieobciążoną oraz rezerwę czasową uzupełnianą.

Słowa kluczowe: informacja diagnostyczna, wskaźniki niezawodnościowe, nadmiar strukturalny, nadmiar czasowy

THE DIAGNOSTIC INFORMATION INFLUENCE ON CHOSEN RELIABILITY INDICES ANALYSIS

Summary

This article is sacrificed to, working in anthropotechnic system object reliability dependence from diagnostic process effectivities, analysis. The basic aim of quoted considerations is the answer on question: *whether and in which one diagnostic information range it influences the reliability coefficients values?*

In this article are analyzed: the diagnosis and activities leaning on diagnostic information influence on:

- realizing assignments probability function;
- assignment fitness expected time value.

These dependences are examined for:

- unreparable object, without working effect accumulation;
- reparable object, with working effect accumulation and with temporary reserve unsupplemented;
- reparable object, with working effect accumulation, possessing unbiased structural reserve and reserve temporary supplemented.

Keywords: diagnostic information, reliability coefficients, structural excess, temporary excess.

* Artykuł jest poprawioną i uzupełnioną wersją referatu pt. „Wskaźniki niezawodnościowe w aspekcie skuteczności procesu diagnozowania” wygłoszonego na XXXII Ogólnopolskim Sympozjum „Diagnostyka Maszyn”, Węgierska Górka, 28.02-05.03.2005

1. WPROWADZENIE

Należy zacząć od pytania:

– czy informacja diagnostyczna w postaci diagnozy może zmienić wartości wskaźników niezawodnościowych?

Jest oczywiste, że diagnozowanie (w ścisłym znaczeniu) nie może zmienić właściwości technicznych obiektu. W tym sensie diagnozowanie nie może – oczywiście – zmienić wartości wskaźników niezawodnościowych.

Przypomnijmy jednak, że diagnoza – czyli informacja o aktualnym stanie obiektu – stymuluje decyzje i działania podejmowane przez użytkownika i obsługownika, a mianowicie:

- informacja o tym, że obiekt jest zdalny – przynajmniej na początku realizacji zadania (informacja taka jest wynikiem diagnozowania wstępnego) – zwiększa przekonanie o pomyślnym ukończeniu zadania; miarą tego przekonania jest prawdopodobieństwo zdatości zadaniowej;
- informacja o tym, że obiekt jest niezdatny przed rozpoczęciem realizacji zadania (informacja taka jest wynikiem diagnozowania wstępnego) uzasadnia decyzję o użyciu innego, zdalnego obiektu lub decyzję o zrezygnowaniu z przystąpienia do realizacji zadania – co sprzyja uniknięciu zbędnych strat;
- informacja o tym, że obiekt utracił zdalność w trakcie realizacji zadania (informacja taka jest wynikiem dozoru) sprzyja możliwie bezzwłocznemu obsłużeniu obiektu i – ewentualnie – kontynuowaniu zadania;
- informacja o tym, że uszkodził się element obiektu (informacja taka jest wynikiem dozoru) pozwala – jeśli obiekt posiada elementy rezerwowe – uruchomić mechanizmy przełączające i zastąpić element niezdatny elementem rezerwowym, zdalnym;
- informacje o zagrożeniu przez czynniki wywołujące procesy destrukcyjne lub o tym, że rozpoczął się proces przyspieszonej destrukcji (informacje takie są wynikiem dozoru) pozwalają podjąć działania osłonowe oraz interwencyjne i kontynuować realizację zadania np. przy skorygowanym sterowaniu lub obciążeniu.

Wszystkie te – i podobne – działania służą utrzymaniu zdatości zadaniowej obiektu, a więc zwiększają pośrednio wartości wskaźników niezawodnościowych. Efekt ten zależy istotnie od uzyskania dostatecznie wczesnej i dostatecznie dokładnej informacji diagnostycznej czyli od zastosowanych procedur diagnozowania i dozoru.

Dla uzasadnienia powyższego poglądu rozpatrzmy niżej przedstawione przypadki.

2. SKUTECZNOŚĆ DIAGNOZOWANIA W PRZYPADKU OBIEKTU NIENAPRAWIALNEGO, NIEAKUMULACYJNEGO

Przyjmijmy, że obiekt nieakumulacyjny¹ podlega jedynie uszkodzeniom losowym (nagłym) oraz, że nieuszkodzalność obiektu opisuje wyrażenie:

$$R(t) = R_0 \exp(-\lambda t) \quad (1)$$

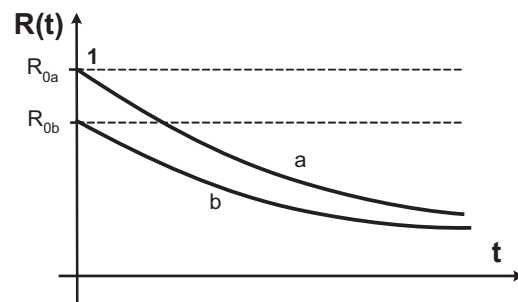
gdzie: λ – wskaźnik intensywności uszkodzeń,

$0 < R_0 \leq 1$ – prawdopodobieństwo zdatości obiektu w chwili rozpoczęcia realizacji zadania (prawdopodobieństwo początkowe).

Bez wstępnego diagnozowania prawdopodobieństwo to jest zazwyczaj mniejsze od I ponieważ użytkownik nie ma – na ogół – pewności czy obiekt okaże się zdalny w chwili rozpoczęcia zadania. Jeżeli użytkownik zarządzi diagnozowanie wstępne i dopuści do użycia tylko obiekt uznany za zdalny, to można przyjąć, że początkowe prawdopodobieństwo zdatości będzie bliskie I , czyli:

$$R_0 \approx 1$$

Można to zilustrować przykładem jak na rys. 1.



Rys. 1. Zależność $R(t)$ a) dla $R_{0a} = 1$; b) dla $R_{0b} < 1$

Uzasadnione jest – w myśl tego rozumowania – założenie, że funkcja nieuszkodzalności „po diagnozowaniu wstępnym” przebiega wyżej od funkcji nieuszkodzalności „bez diagnozowania wstępnego”.

Efektom diagnozowania wstępnego jest:

- ekonomiczny zysk użytkownika polegający na tym, że unika próby uruchomienia niezdatnego obiektu i związanych z tym strat;
- wzrost prawdopodobieństwa nieuszkodzalności;
- wzrost wartości oczekiwanej czasu zdatości zadaniowej.

Efekt diagnozowania wstępnego można określić ilorzem wartości oczekiwanych czasu do uszkodzenia wyznaczonych dla obu funkcji nieuszkodzalności:

¹ Obiekt nieakumulacyjny jest to obiekt, w którym uszkodzenie w czasie realizacji zadania wywołuje utratę efektu wytworzonego do chwili uszkodzenia

$$E_{DW} = \frac{\bar{T}_{0a}}{\bar{T}_{0b}} = \frac{\int_0^{\infty} R_{0a} \exp(-\lambda t) dt}{\int_0^{\infty} R_{0b} \exp(-\lambda t) dt} = \frac{R_{0a}}{R_{0b}} \quad (2)$$

(dla $\lambda < \infty$)

gdzie:

\bar{T}_{0a} – wartość oczekiwana czasu do uszkodzenia dla funkcji nieuszkodzalności $R_a(t)$;

\bar{T}_{0b} – wartość oczekiwana czasu do uszkodzenia dla funkcji nieuszkodzalności $R_b(t)$.

Efekt diagnozowania wstępnego E_{DW} zależy – jak widać – od przyrostu wartości R_0 . Przyrost ten zależy od wiarygodności diagnozy. Natomiast wiarygodność diagnozy zależy istotnie od zastosowanej procedury diagnozowania wstępnego oraz od dysponowanego czasu diagnozowania.

Zauważmy, że w rozpatrywanym przypadku wymagania dotyczące dysponowanego czasu diagnozowania są zazwyczaj dość łagodne. Diagnozowanie może się odbyć np. w czasie postoju obiektu. Przykładem może być diagnozowanie samolotu w czasie postoju na lotnisku.

3. SKUTECZNOŚĆ DIAGNOZOWANIA W PRZYPADKU OBIEKTU NAPRAWIALNEGO, AKUMULACYJNEGO Z REZERWĄ CZASOWĄ NIEUZUPEŁNIANĄ

Obiekt akumulacyjny jest to taki obiekt, którego niezdatność – pojawiająca się w trakcie realizacji zadania – nie powoduje utraty efektu wytworzonego do chwili uszkodzenia. Po naprawie można kontynuować realizację niewykonanej części zadania. Jeśli w ten sposób zadanie zostaje wykonane w wymaganej objętości i w wymaganym czasie, to z punktu widzenia użytkownika taki obiekt jest obiektem zdatnym zadaniowo. Użytkownika nie musi interesować czy w czasie przeznaczonym na zrealizowanie zadania obiekt był naprawiany.

Należy tu rozróżnić:

– czas T_{wym} **wymagany** przez użytkownika (decydenta, klienta); jest to czas od chwili złożenia zamówienia na wykonanie zadania do chwili ukończenia zadania ($T_{wym} = [0, t_{wym}]$);

– czas T_{zre} **niezbędny** do zrealizowania zadania; czas ten stanowi sumę przedziałów czasu niezbędnego – z uwagi na zadanie – funkcjonowania obiektu ($T_{zre} = [0, t_{zre}]$).

Z punktu widzenia operatora-wykonawcy zadania powinna istnieć różnica czasów:

$$T_{dys} = T_{wym} - T_{zre} > 0 \quad (3)$$

Różnica ta ($T_{dys} = t_{wym} - t_{zre}$) stanowi **dysponowaną rezerwę czasową** (nadmiar czasowy), która może być wykorzystana na obsłużenie obiektu w trakcie realizowania zadania.

Nadmiar czasowy jest często wykorzystywany w procesach eksploatacyjnych. Dlatego zagadnienie to omówimy nieco szerzej.

W przedziale czasowym T_{dys} może zawierać się suma czasów niezbędnych dla zrealizowania wymaganych czynności obsługowych, jak np. czasu:

- wykonania czynności związanych z diagnozowaniem i/lub dozowaniem obiektu;
- wykonania czynności terapeutycznych (tj. czynności naprawczych przywracających stan zdatności obiektu).

Zauważmy, że utrzymanie zdatności obiektu wymaga diagnozowania w trakcie realizacji zadania. W wielu przypadkach wymaga to chwilowego przerwania realizacji zadania. Rzecz jasna – wyczerpuje to dysponowaną rezerwę czasową.

Dodajmy jeszcze, że nie każde diagnozowanie skutkuje potrzebą wykonania naprawy obiektu, a sama naprawa – zwłaszcza w przypadku obiektów elektronicznych – może polegać jedynie na wymianie zespołu.

W rezultacie suma czasów napraw wykonywanych w trakcie realizowania zadania jest zwykle znacznie mniejsza niż suma czasów diagnozowania. Szacuje się, że – szczególnie w przypadku obiektów elektronicznych – diagnozowanie zajmuje nawet do 90% sumarycznego czasu obsłużenia. Dlatego **przyśpieszanie i skracanie procesów diagnostycznych ma istotne znaczenie dla efektywnego skracania czasu obsłużenia** – a w tym także dla „zmieszczenia” działań obsługowych w rezerwie czasowej.

Utrzymanie zdatności zadaniowej zależy od:

- użytkownika-decydenta, który narzucając wymagany czas realizacji zadania, determinuje rezerwę czasową;
- operatora obsługi, który powinien zastosować metody i procedury utrzymania zdatności obiektu, pozwalające „zmieścić się” w rezerwie czasowej;
- właściwości niezawodnościowych obiektu, wyrażające się np. intensywnością uszkodzeń.

W przypadku rezerwy czasowej nieuzupełnionej, nadmiar czasowy jest stały, a użytkownika nie interesuje ile razy w tym przedziale obiekt jest obsługiwany i jak długo trwają poszczególne usługi. Ważne, aby wymagane zadanie zostało zrealizowane w wymaganym czasie. O spełnieniu ostatniego wymagania decyduje warunek polegający na tym, by suma czasów usług nie przekroczyła dysponowanego nadmiaru czasowego.

Można to zilustrować przykładem pokazanym na rys. 2.

Jak pokazano na rys.2 – w przedziale czasowym $[t_0, t_1]$ obiekt funkcjonuje wytwarzając efekt $E(t_1)$. Stan obiektu jest dozowany. W przedziale $[t_1, t_2]$ odbywa się obsługiwanie, które „zużywa” rezerwę

czasową o wartość oczekiwaną czasu obsłużenia. W przedziale $[t_2, t_3]$ obiekt funkcjonuje ponownie, do chwili kolejnego uszkodzenia, wytwarzając efekt do poziomu $E(t_3)$. W przedziale $[t_3, t_4]$ następuje kolejne obsłużenie, zużywając dalszą część rezerwy czasowej. W chwili t_5 występuje kolejne uszkodzenie. Pozostałość rezerwy czasowej jest już niewystarczająca do następnego obsłużenia. Zatem chwila t_5 wyznacza wartość oczekiwaną czasu zadaniowej zdatności obiektu naprawialnego, pracującego z nieuzupełnianą rezerwą czasową.

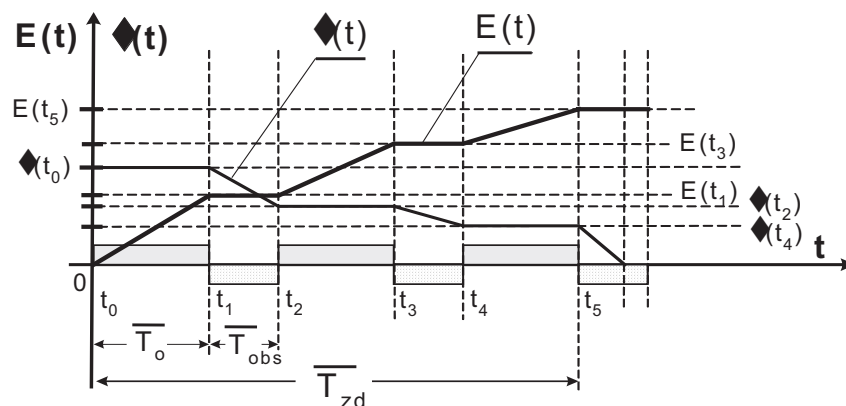
Z punktu widzenia użytkownika obiekt jest zdalny, jeśli efekt uzyskany do chwili t_5 jest nie mniejszy od efektu wymaganego, czyli

$$E_{wym} \leq E(t_5).$$

Zauważmy jeszcze, że w omówionym przykładzie rezerwa czasowa wystarcza na wykonanie dwu obsłóg. Z tego wynika, że w trakcie realizacji zadania obiekt można uruchomić trzykrotnie. Jest to sytuacja podobna do użycia obiektu zawierającego trzy elementy, pracujące w układzie rezerwy nieobciążonej.

Załóżmy, że:

- rozkład czasu do pierwszego uszkodzenia obiektu jest rozkładem wykładniczym o intensywności uszkodzeń λ ;
- rozkład czasu naprawienia obiektu jest rozkładem wykładniczym o intensywności napraw μ ;
- wartość oczekiwaną czasu zdalności między kolejnymi uszkodzeniami jest taka sama jak wartość oczekiwaną czasu zdalności do pierwszego uszkodzenia; odnowa obiektu po uszkodzeniu jest pełna;



Rys. 2. Model eksploatacji obiektu w przypadku nadmiaru czasowego, nieuzupełnianego;

\bar{T}_0 – oczekiwany czas do uszkodzenia obiektu; \bar{T}_{obs} – oczekiwany czas obsłużenia; \bar{T}_{zd} – oczekiwany czas utrzymania zadaniowej zdalności obiektu; $\tau(t)$ – rezerwa czasowa; $E(t)$ – wytworzony efekt

Prawdopodobieństwo utrzymania zdalności obiektu do chwili $t_{zd} = t_{zre}$, w której możliwe jest pomyślne ukończenie realizacji zadania, można (w przybliżeniu) wyrazić w postaci:

- wartość oczekiwaną czasu utrzymania zdalności zadaniowej obiektu \bar{T}_{zd} jest dużo większa od wartości oczekiwanej czasu obsłużenia \bar{T}_{obs} ;
- przedział czasu realizacji zadania T_{zre} jest dużo większy od wartości oczekiwanej czasu funkcjonowania między uszkodzeniami \bar{T}_0 .

W takim przypadku – jak wiadomo – słuszne są poniższe zależności:

- wartość oczekiwaną czasu do uszkodzenia:

$$\bar{T}_0 = \frac{1}{\lambda} \quad (4)$$

- wartość oczekiwaną czasu obsłużenia:

$$\bar{T}_{obs} = \frac{1}{\mu} \quad (5)$$

W [4] wykazano, że wartość oczekiwaną czasu utrzymania zdalności zadaniowej obiektu (tj. do wyczerpania rezerwy czasowej) przedstawia wyrażenie:

$$\bar{T}_{zd} = \frac{1 + \mu\tau}{\lambda} = \bar{T}_0 \left(1 + \frac{\tau}{\bar{T}_{obs}} \right). \quad (6)$$

$$R(t_{zd}; \mu, \tau, \lambda) \approx \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^Y e^{-\frac{1}{2}x^2} dx \quad (7)$$

$$\text{gdzie: } Y = \frac{\mu\tau - \lambda t_{zd}}{\sqrt{2\lambda t_{zd}}} \quad (8)$$

Wartość całki (7) wyznaczyć można posługując się tablicą rozkładu normalnego na podstawie wyliczonej wartości Y ze wzoru (8).

Na rys. 3 pokazane są wykresy zależności prawdopodobieństwa R zrealizowania zadania od ilorazu wartości oczekiwanych \bar{T}_{obs}/\bar{T}_0 . Zależności te wyznaczono przy założeniu, że:

$$\bar{T}_0 = 200, \tau = 33.$$

Jak wynika z rys. 3, dla względnie długich czasów obsłużenia charakterystyka ta jest mało wrażliwa na zmiany wartości tych czasów. Natomiast dla krótkich czasów obsłużenia T_{obs} – prawdopodobieństwo zrealizowania zadania gwałtownie wzrasta.

Przypomnijmy, że przedział czasu obsłużenia jest sumą przedziałów czasu diagnozowania i czasu naprawy:

$$T_{obs} = T_D + T_N \quad (9)$$

Ponieważ – jak już wcześniej zauważono – coraz częściej spotyka się przypadki, w których czas diagnozowania stanowi główną część czasu obsłużenia (nawet 80÷90 %), to wnioski dotyczące znaczenia czasu obsłużenia można odnieść w przybliżeniu wyłącznie do czasu diagnozowania. Wynika z tego, że **skracanie przedziału czasu diagnozowania ma istotny wpływ na wartość prawdopodobieństwa zrealizowania zadania użytkowego.**

Konkluzja: Zwiększanie wartości wskaźników niezawodnościowych poprzez poprawianie właściwości technicznych bywa na ogół trudne i kosztowne – zwłaszcza w przypadku obiektów już istniejących. Natomiast pożądanego efektu można także uzyskać modyfikując procedury diagnostyczne, tak by czas diagnozowania był krótszy a diagnozy wiarygodniejsze.

Rys. 4 przedstawia wykresy zależności prawdopodobieństwa zrealizowania zadania od ilorazu

τ/\bar{T}_{obs} . Tu również jest wyraźnie widoczne jak duże znaczenie ma skracanie czasu wykrycia niezdatności i sformułowania diagnozy obsługowej.

Interesujące wnioski można również wyprowadzić z analizy zależności (6) i wynikającej z niej funkcji (10).

$$\frac{\bar{T}_{zd}}{\bar{T}_0} = f\left(\frac{\tau}{\bar{T}_{obs}}\right) = 1 + \frac{\tau}{\bar{T}_{obs}} \quad (10)$$

Funkcja ta wykazuje, że wartość oczekiwana czasu zdatności zadaniowej obiektu jest (w przybliżeniu) tyle razy większa od wartości oczekiwanej czasu do uszkodzenia ile razy wartość oczekiwana czasu diagnozowania (obsłużenia) jest mniejsza od rezerwy czasowej τ .

Dla porównania na rys. 5 pokazana jest zależność:

$$\frac{\bar{T}_{zd}}{\bar{T}_0} = f\left(\frac{\bar{T}_{obs}}{\bar{T}_0}\right) \quad (11)$$

Wyraźnie widać – na tym wykresie – szczególną wrażliwość wskaźnika (11) na skracanie przedziału czasu obsłużenia, zwłaszcza przy małych wartościach tych czasów.

Dla porównania na rys.6 pokazana jest zależność $R(t_{zd})$. Na podstawie tych krzywych można wnioskować jak powinien reagować diagnosta-obsługownik na rosnące wymagania użytkownika-klienta dotyczące czasu zrealizowania zadania. Utrzymanie wysokiej wartości wskaźnika $R(t_{zd})$ można uzyskać skracając czas diagnozowania.

4. SKUTECZNOŚĆ DIAGNOZOWANIA W PRZYPADKU OBIEKTU AKUMULACYJNEGO ZE STRUKTURALNĄ REZERWĄ NIEOBciążONĄ ORAZ REZERWĄ CZASOWĄ UZUPEŁNIANĄ

Model takiego obiektu przedstawia rys. 7.

Jak wiadomo w przypadku takiego obiektu do pracy włączane są – w miarę konieczności – kolejne elementy zdadne w miejsce elementów, które uległy uszkodzeniu. Rozpoznawanie niezdatności i przełączanie elementów realizuje system dozorczo-terapeutyczny (SD-T). Po dokonaniu operacji diagnostyczno-terapeutycznej system D-T jest znowu gotowy do pracy, a wymagany czas rozpoznania i przełączenia jest taki sam jak poprzednio. Jest to równoznaczne z szybkim uzupełnieniem rezerwy czasowej.

Rozpatrzmy – w tym kontekście – prosty przykład obiektu zawierającego trzy elementy.

Prawdopodobieństwo zdatności zadaniowej takiego obiektu w przedziale czasowym $[0, t]$, wyraża się wzorem:

$$R_{RN0}(t) = \left(1 + P_{D-T}(1 - P_{D-T})\lambda t + P_{D-T}\lambda t + \frac{1}{2}P_{D-T}^2\lambda^2 t^2\right) R_0 e^{-\lambda t} \quad (12)$$

gdzie: R_0 – prawdopodobieństwo zdatności wszystkich elementów w chwili rozpoczęcia realizacji zadania; przyjmijmy, że początkowe prawdopodobieństwo zdatności elementów oczekujących na włączenie nie zmienia się w czasie realizacji zadania;

P_{D-T} – prawdopodobieństwo zaistnienia iloczynu zdarzeń: uzyskania prawidłowej diagnozy, zrealizowania poprawnego przełączenia funkcji na zdadny element oraz zdarzenia polegającego na tym, że suma czasów zrealizowania odpowiednich czynności nie przekracza rezerwy czasowej.

Zależność (12) pokazano na rys.8 dla:

$$P_{D-T} = 1, \quad P_{D-T} = 0,6, \quad P_{D-T} = 0,3$$

Wartość P_{D-T} zależy istotnie od jakości obsługi, a w tym od czasu i wiarygodności diagnozowania. Jak widać – można znacznie podnieść wartość prawdopodobieństwa zdatności zadaniowej dzięki zastosowaniu „dobrego” diagnozowania.

Zauważmy, że prawdopodobieństwo udanej operacji diagnostyczno-terapeutycznej zależy zazwyczaj od stosunku długości przedziału czasu obsługi T_{obs} i dysponowanej rezerwy czasowej τ .

Jeśli dzięki zastosowaniu szybkiej i dokładnej procedury diagnozowania uzyskamy:

$$P_{D-T} = 1; \quad R_0 = 1$$

to otrzymujemy wyrażenie opisujące nieuszkodzalność obiektu w przedziale czasowym $[0, t]$ w postaci:

$$R_{RN1}(t) = \left(1 + \lambda t + \frac{1}{2} \lambda^2 t^2 \right) e^{-\lambda t} \quad (13)$$

Efekt działania systemu dozoru i terapeutycznego – w takim przypadku (dla $t < \infty$ oraz $\lambda < \infty$) – można wyrazić ilorazem:

$$E_{D-T} = \frac{R_{RN0}}{R_{RN1}} = \frac{1 + P_{D-T}(1 - P_{D-T})\lambda t + P_{D-T}\lambda t + \frac{1}{2} P_{D-T}^2 \lambda^2 t^2}{1 + \lambda t + \frac{1}{2} \lambda^2 t^2} \quad (14)$$

Przeanalizujmy wpływ diagnozowania na wartość oczekiwaną czasu utrzymania zdatności przez opisany wyżej obiekt.

Wartość oczekiwana czasu zdatności zadaniowej dla wyżej opisanego obiektu wyraża się wzorem:

$$\bar{T}_{zd} = R_0 \bar{T}_0 (1 + P_{D-T} + P_{D-T}^2) \quad (15)$$

Dla $R_0 = 1$ otrzymujemy:

$$P_{D-T} \rightarrow 1 \Rightarrow \bar{T}_{zd} \rightarrow 3 \cdot \bar{T}_0 \quad (16)$$

oraz

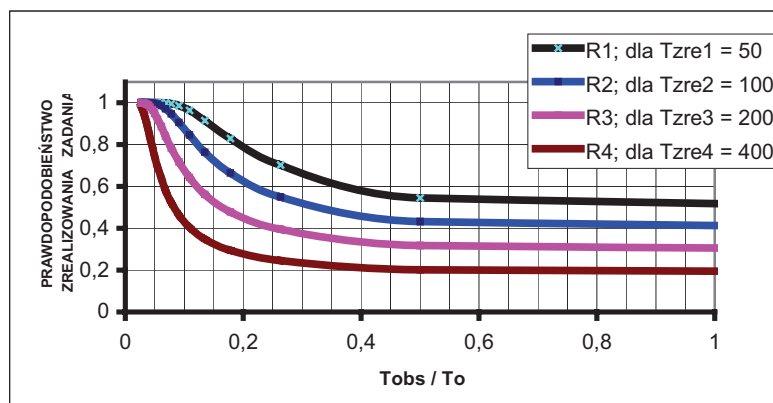
$$P_{D-T} \rightarrow 0 \Rightarrow \bar{T}_{zd} \rightarrow 1 \cdot \bar{T}_0 \quad (17)$$

Zatem – idealnie działający system dozoru i terapeutycznego (tzn. SD-T taki, że: $P_{D-T} = 1$) zapewnia pełne wykorzystanie całego nadmiaru strukturalnego.

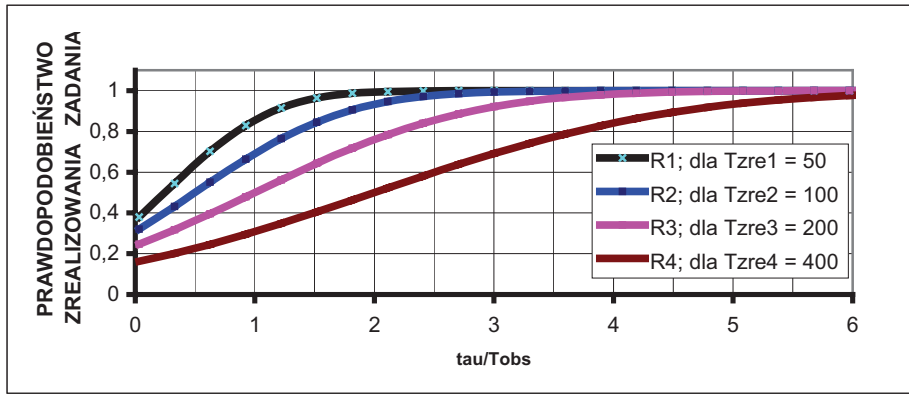
Jeśli SD-T nie funkcjonuje ($P_{D-T} = 0$) to nadmiar strukturalny pozostaje niewykorzystany, a obiekt zachowuje się tak, jakby nie posiadał rezerwy strukturalnej.

Zauważmy, że bez diagnozowania wstępnego, nawet przy idealnie działającym systemie dozoru i terapeutycznym (SD-T), wartość oczekiwana czasu zdatności zadaniowej jest mniejsza.

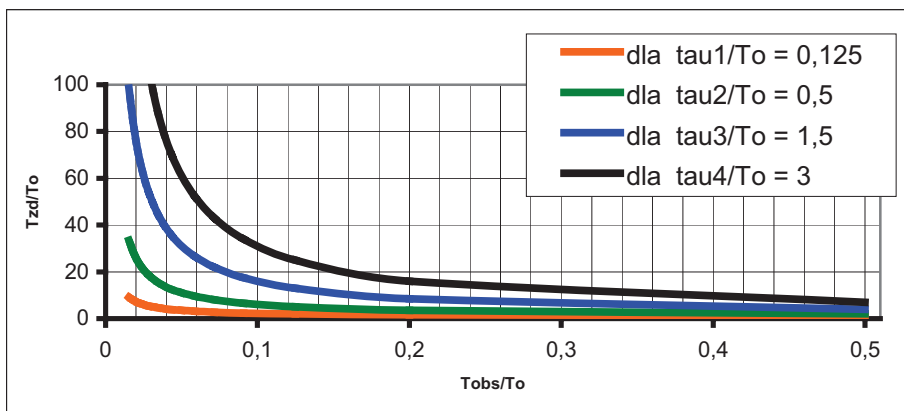
Zatem: **brak diagnozowania wstępnego również może spowodować niedostateczne wykorzystanie nadmiaru strukturalnego.**



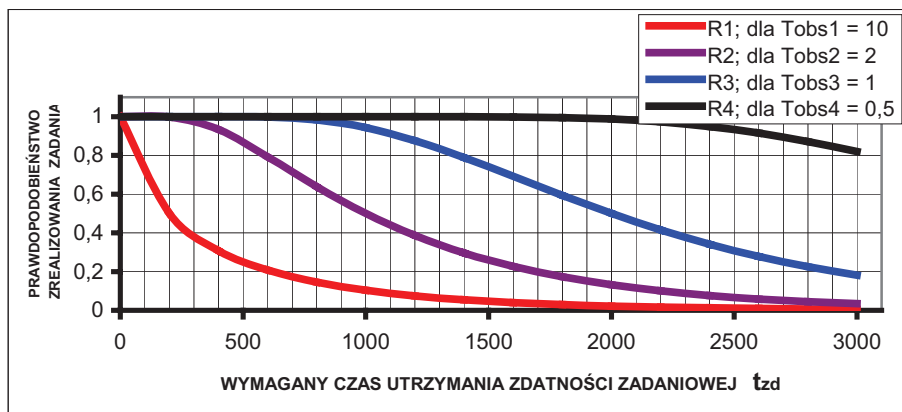
Rys. 3. Prawdopodobieństwo zrealizowania zadania przez obiekt naprawialny, akumulacyjny z nadmiarem czasowym nieuzupełnianym – w funkcji ilorazu wartości oczekiwanej czasu obsługi i wartości oczekiwanej czasu do uszkodzenia



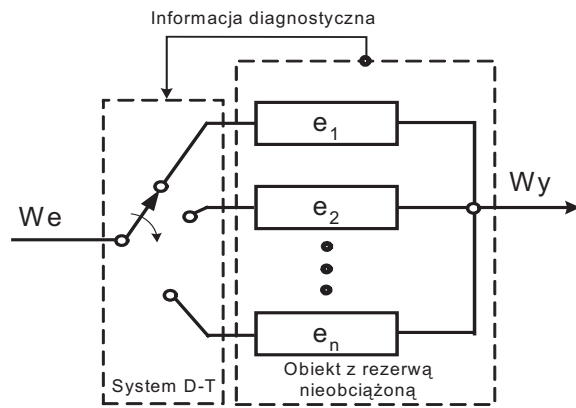
Rys. 4. Prawdopodobieństwo zrealizowania zadania przez obiekt naprawialny, akumulacyjny z nadmiarem czasowym nieuzupełnianym – w funkcji stosunku wartości rezerwy czasowej do wartości oczekiwanej czasu obsłużenia



Rys. 5. Zależność wartości oczekiwanej czasu zdatności zadaniowej obiektu od wartości oczekiwanej czasu obsłużenia – odniesiona do wartości oczekiwanej czasu do uszkodzenia ($\bar{T}_o = 200$)



Rys. 6. Prawdopodobieństwo zrealizowania zadania przez obiekt naprawialny, akumulacyjny z nadmiarem czasowym nieuzupełnianym – w funkcji wymaganego czasu utrzymania zdatności zadaniowej ($\bar{T}_o = 200$)



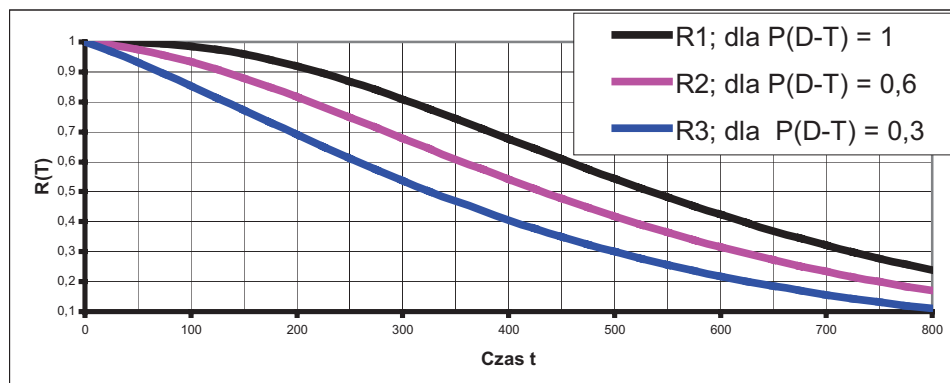
Rys. 7. Model obiektu ze strukturalną rezerwą nieobciążoną oraz uzupełnianą rezerwą czasową wyposażony w system dozorująco-terapeutyczny

5. PODSUMOWANIE

Przedstawiony w artykule punkt widzenia i jego uzasadnienie pozwala sformułować odpowiedź na postawione na wstępie pytanie: *czy informacja diagnostyczna wpływa na wartości wskaźników niezawodnościowych?*

Nie ulega wątpliwości, że informacja o stanie obiektu nie zmienia jego właściwości (jego stanu). W tym sensie diagnoza nie wpływa na wartości tych wskaźników niezawodnościowych, które charakteryzują wyłącznie właściwości techniczno-technologiczne obiektu.

Jeśli jednak uznamy, że **pojęcie niezawodności wyraża zaufanie operatora** (decydenta), iż obiekt wykona wymagane zadanie (czyli, że w określonych warunkach i czasie zachowa zdolność zadaniową) to nie można odmówić słuszności poglądu, że **na to zaufanie ma wpływ informacja diagnostyczna** i możliwe dzięki niej działania utrzymujące lub przywracające stan zdolności zadaniowej obiektu.



Rys. 8. Funkcja zdolności zadaniowej dla 3-elementowego obiektu o niezawodnościowej strukturze równoległej z rezerwą strukturalną nieobciążoną oraz rezerwą czasową uzupełnianą

Logicznym następstwem takiego stanowiska jest wniosek, że niezawodność obiektu działającego w określonym otoczeniu (w systemie antropotechnicznym) kształtowana jest nie tylko przez właściwości obiektu ale także przez oddziaływanie otoczenia oraz operatora – a nawet decydenta systemu eksploatacji. Właściwa informacja diagnostyczna ułatwia decydentowi wybór odpowiednich – możliwych do zrealizowania w realnych warunkach – zadań, a operatorowi obiektu umożliwia takie sterowanie procesem realizacji zadania by zostało ono wykonane zgodnie z zapotrzebowaniem. Kompatybilne działania wszystkich komponentów systemu eksploatacji obiektu sprzyjają utrzymywaniu obiektu w stanie zdolności zadaniowej – a tym samym sprzyjają utrzymywaniu się zaufania, że obiekt wykona postawione zadanie – czyli, że **okaże się niezawodny**. Liczbowo wyraża się to wzrostem wartości niektórych wskaźników niezawodnościowych.

LITERATURA

- [1] Będkowski L., Dąbrowski T.: Nadmiarowość dynamicznie sterowana. Zagadnienia Eksploatacji Maszyn, PAN, Nr 2/2004. ss. 49-64.
- [2] Będkowski L.: Wielopoziomowe systemy dozorująco-terapeutyczne. Biuletyn WAT nr 5/2004. Warszawa 2004. ss. 5-17.
- [3] Będkowski L., Dąbrowski T.: Znaczenie decyzji diagnostycznych w procesach eksploatacyjnych. Biuletyn WAT nr 7/2004. Warszawa 2004. ss. 19-30.
- [4] Ważyńska-Fiok K., Jaźwiński J.: Niezawodność systemów technicznych. PWN Warszawa 1990, ss. 340.
- [5] Bobrowski D.: Modele i metody matematyczne teorii niezawodności. WNT Warszawa 1985, ss. 266.