

OBSŁUGIWALNOŚĆ – CECHA EKSPLOATACYJNA SAMOCHODÓW I CIĄGNIKÓW

Ryszard Jedliński

Katedra Techniki Ciepłej i Metrologii, Wydział Mechaniczny
Akademia Techniczno-Rolnicza
al. Prof. S. Kaliskiego 7

W artykule przedstawiono problematykę obsługiwalności pojazdów i ich elementów. Uwzględniono normy międzynarodowe IEC-706, wyniki badań literaturowych, jak również badań własnych autora. Omówiono genezę pojęcia obsługiwalności i związek z pozostałymi parametrami oceny niezawodności. Szczególną uwagę poświęcono problematyce normowania wskaźników obsługiwalności oraz metodom ich oceny. Artykuł zilustrowano niektórymi wynikami badań eksploatacyjnych ciągników rolniczych.

Słowa kluczowe: pojazdy, niezawodność, obsługiwalność, normowanie, procesy Markowa

1. WSTĘP

Współczesne pojazdy składają się z szeregu złożonych układów: mechanicznych, elektrycznych, elektronicznych, pneumatycznych i hydraulicznych. Bezpieczeństwo ruchu i efektywność eksploatacji wymagają systematycznej oceny ich stanu technicznego. Prowadzi to do budowy strategii eksploatacji pojazdów opartych na badaniach i diagnostyce tych pojazdów. Informacja o stanie pojazdu stanowi podstawę sposobu jego wykorzystania, co jest szczególnie ważne w podsystemie obsługiwań technicznych.

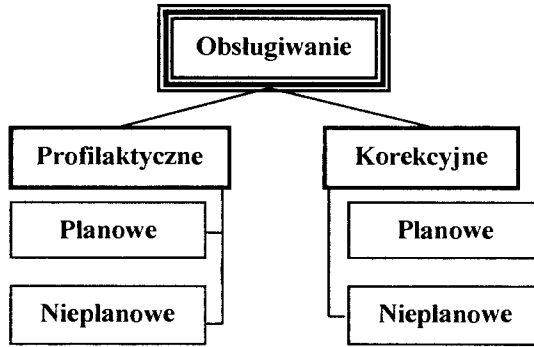
Poziom wykonywania bieżącej obsługi technicznej i napraw jest jednym z czynników wpływających na kształtowanie się przebiegu zużycia pojazdów. Na jakość wykonania obsługi technicznej i naprawy w decydującym stopniu wpływają: rozwiązania konstrukcyjne poszczególnych elementów czy zespołów, wyposażenie warsztatów zaplecza technicznego oraz poziom wykształcenia technicznego personelu obsługującego.

Technika obsługowo-naprawcza wymaga naukowego i kompleksowego uwzględnienia jej we wszystkich fazach powstawania konstrukcji, a szczególnie w fazach początkowych. Celowe jest więc zwiększenie wysiłków w sferze projektowania i produkcji na rzecz maksymalnego ograniczenia obsługi i napraw.

2. WPROWADZENIE TEORETYCZNE I WYNIKI BADAŃ

Pod pojęciem obsługiwania rozumieć należy zespół czynności technicznych i organizacyjnych włącznie z czynnościami nadzoru, mających na celu utrzymanie lub przy-

wrócenie takiego stanu obiektu, w którym może on wypełniać wymagane funkcje. Zgodnie z normą [3] obiekty techniczne mogą być poddawane czynnościom obsługowym, których nazwy przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Czynności obsługowe którym może być poddawany obiekt techniczny

Fig. 1. Maintenance activities which a technical object undergoes

Według normy PN-93/N-50191 [3] obsługiwalność jest charakteryzowana jako zdolność obiektu do utrzymywania lub odtwarzania w danych warunkach eksploatacji stanu, w którym może on wypełniać wymagane funkcje przy założeniu, że obsługa jest przeprowadzana w ustalonych warunkach z zachowaniem ustalonych procedur i środków. Ważnym uzupełnieniem cytowanej wyżej normy jest przewodnik dotyczący obsługiwalności urządzeń w postaci tłumaczenia norm międzynarodowych IEC-706.

Na podstawie wniosków z teorii i praktyki obsługiwalności obiektów technicznych można stwierdzić, że do podstawowych wskaźników **oceny obsługiwalności** należą [1, 2, 4]:

- średni czas T_o wykonania obsługi (profilaktycznej, korekcyjnej),
- prawdopodobieństwo $P_o(t)$ wykonania obsługi w zadanym czasie,
- średnia pracochłonność, jak również koszt wykonania czynności obsługowych.

W przypadku jeśli znany jest typ rozkładu średni czas obsługi (T_o) obliczamy z zależności:

$$T_o = M[t_o] = \int_0^{\infty} t f_o(t) dt \quad (1)$$

gdzie:

$f_o(t)$ – gęstość rozkładu prawdopodobieństwa czasu obsługiwania.

Znacznie większą informatywnością charakteryzuje się wskaźnik określający prawdopodobieństwo wykonania obsługi w zadanym czasie. Wskaźnik ten w zależności od dysponowanej informacji wyznacza się z równania:

$$P_o(t) = \int_0^t f_o(t) dt \quad (2)$$

Dla potrzeb kompleksowej oceny stosuje się szereg innych wskaźników i ocen ilościowych oraz jakościowych, obejmujących między innymi analizę kosztów, kwalifikacje personelu, wyposażenie obsługowe oraz inne czynniki techniczne i organizacyjne wpływające na wskaźniki gotowości i wykorzystania technicznego obiektów badań.

Z kolei analiza (rys.2) struktury czasu trwania czynności obsługowych (z uwzględnieniem nieuszkodzalności) daje możliwość kształtowania konstrukcji maszyn w aspekcie obsługiwalności [1]. Ogólny czas obsługiwanego T_o zawiera następujące składowe: T_1 - czas lokalizacji uszkodzonego elementu (zespołu), T_b - czas balastowy (demontaż i montaż pokryw, osłon i innych elementów celem uzyskania dostępu do miejsca obsługiwanego), T_p - podstawowy (aktywny) czas obsługiwanego, T_k - czas kontroli.

Lp.	Wyszczególnienie	Oznaczenie	Czas trwania			
1.	Czas lokalizacji	T_1				
2.	Czas balastowy	T_b				
3.	Czas podstawowy	T_p				
4.	Czas kontroli	T_k				
5.	Czas ogólny	T_o				

Rys. 2. Struktura jednostkowego czasu obsługiwanego

Fig. 2. The structure of unit maintenance time

Znajomość struktury czasu obsługiwanego umożliwi wyznaczenia następujących wskaźników obsługiwalności [1]:

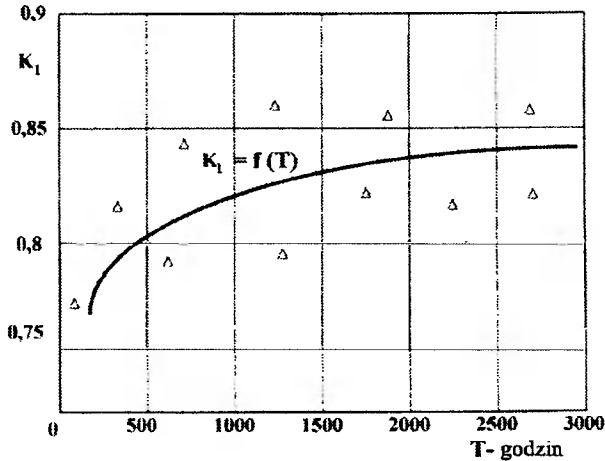
- K_l - przystosowania do lokalizacji uszkodzonych elementów wyznaczanego za pomocą równania:

$$K_l = 1 - \frac{T_1}{T_o - T_k} \quad (3)$$

- K_d - dostępu do zespołu lub elementu wymagającego przeprowadzenia czynności obsługiwanego technicznego:

$$K_d = \frac{T_p}{T_o - T_1 - T_k} \quad (4)$$

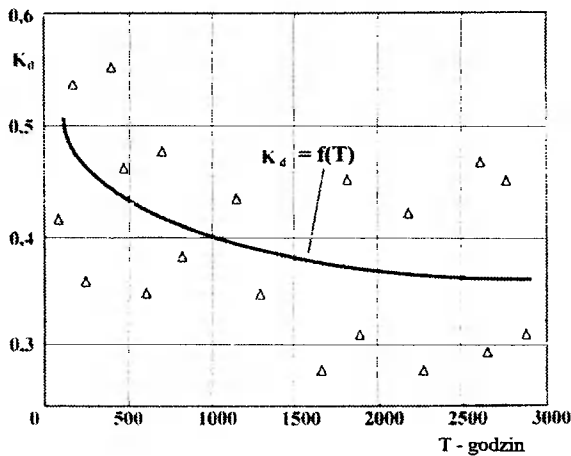
Przeprowadzone badania eksploatacyjne ciągników rolniczych Ursus 1224 [1] wykazały, że wartość wskaźnika K_l zwiększa się w miarę upływu czasu eksploatacji (rys.3). Jest to następstwem rosnącego doświadczenia personelu obsługującego przejawiającego się podwyższeniem wskaźnika trafności diagnozy, jak również zastosowania nowoczesnej aparatury diagnostycznej.



Rys. 3. Zmiana wskaźnika K_L w procesie eksploatacji ciągników Ursus 1224

Fig. 3. The index K_L change during the using process Ursus 1224 tractors

Z kolei jak wykazały badania eksploatacyjne wartość wskaźnika K_d ulegała stopniowemu obniżeniu, co można tłumaczyć zwiększeniem udziału czasu balastowego (dodatkové czynności demontażowo- montażowe). Było to następstwem nieodpowiedniej jakości elementów konstrukcyjnych, braku odpowiedniego zabezpieczenia antykorozyjnego oraz narzędzi.

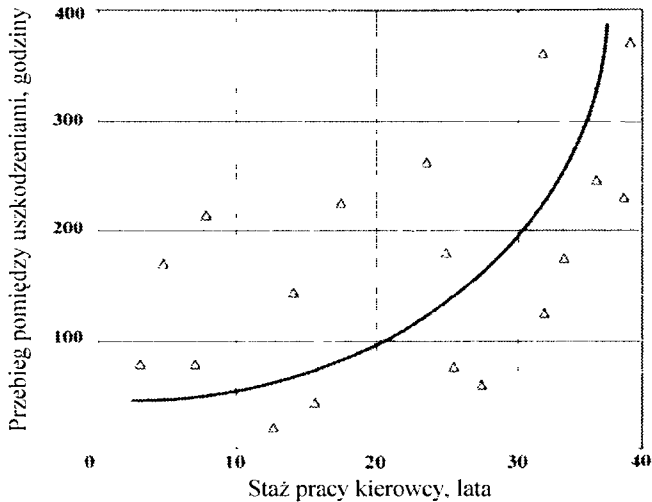


Rys. 4. Charakter zmian wskaźnika dostępu K_d w procesie eksploatacji ciągników Ursus 1224

Fig. 4. The character of the access index K_d changes during the using process Ursus 1224 tractors

Czynniki mające istotny wpływ na charakterystyki obsługiwalności mogą być ujawnione w wyniku obróbki statystycznej danych z eksploatacji (eksperyment pasywny), oraz w wyniku przeprowadzenia eksperymentów aktywnych i specjalnych. Przy planowaniu i statystycznej analizie danych tych eksperymentów znajduje zastosowanie analiza dyspersji i wieloczynnikowa analiza regresji. Analiza dyspersji pozwala na ocenę wpływu czynników ilościowych i jakości-

wych na badany parametr wynikowy. Przykładem mogą być badania eksploatacyjne, które pozwoliły na ustalenie zależności ilościowej pomiędzy uszkodzalnością badanych ciągników Ursus 1224 a kwalifikacjami kierowców mierzonymi stażem ich pracy w zawodzie (rys.5).



Rys. 5. Wpływ stażu pracy kierowcy na wartość średniego przebiegu pomiędzy uszkodzeniami ciągników

Fig. 5. The influence of the drivers job seniority on the value of the mean mileage between the tractors failures

Proces kształtowania obsługiwalności polega na wzajemnym powiązaniu działań w zakresie konstruowania, technologii wytwarzania oraz badań pasywnych, aktywnych i laboratoryjnych. Wzajemne powiązania i relacje pomiędzy wymienionymi działaniami zobrazowano na rysunku 6.

W literaturze można spotkać dwa podstawowe podejścia do zagadnienia normowania wskaźników obsługiwalności [1] [4]:

- kiedy wartości wskaźników określane są na podstawie obliczeń przybliżonych,
- gdy zadanie formułuje się jako ekstremalne i dla wyznaczenia wartości wskaźników obsługiwalności wykorzystuje się metody i aparat optymalnych rozwiązań.

Opis matematyczny zadań ekstremalnych zakłada otrzymanie wyrażenia dla funkcji celu Y:

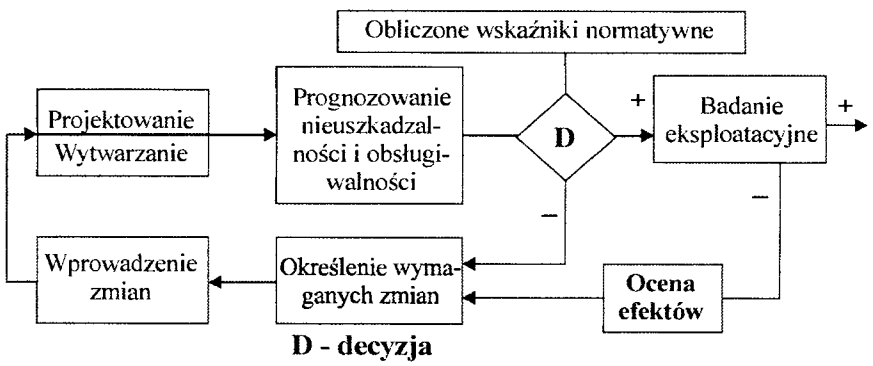
$$Y = y(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (5)$$

wartość której maksymalizuje się lub minimalizuje w zależności od rodzaju rozwiązywanego zadania poprzez dobór wartości zmiennych $x_i (i = 1, 2, \dots, n)$ i uzyskanie rozwiązania dla m ograniczeń:

$$g_j(x_1, x_2, \dots, x_n) \{<, =>\} b_j \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (6)$$

gdzie:

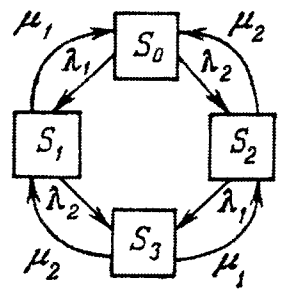
b_j - ograniczenie ilościowe j-go rodzaju.



Rys. 6. Czynności w procesie projektowania i wytwarzania obsługiwanych maszyn [1]
 Fig. 6. Activities in the design and manufacture process

Dla oceny efektów wynikających z podwyższenia wartości wskaźników charakteryzujących niezawodność i obsługiwalność obiektów technicznych posłużono się zależnościami wynikającymi z procesów losowych Markowa ze stanami dyskretnymi i czasem ciągłym [5].

Zakładamy, że uszkodzenia elementów zestawu transportowego są uszkodzeniami niezależnymi.



Rys. 7. Graf stanów dla zestawu transportowego: λ_1, λ_2 - odpowiednio intensywność uszkodzeń elementów systemu: μ_1, μ_2 - odpowiednio intensywność naprawy elementów systemu

Fig. 7. Graph of agrimotor's aggregate states: λ_1, λ_2 respectively, the system's elements damage intensity. μ_1, μ_2 - respectively, the systems elements repair intensity

Możliwe stany systemu składającego się z ciągnika i przyczepy scharakteryzowano następująco (rys. 7):

- S_0 – oba elementy (samochód i przyczepa) sprawne,
- S_1 – samochód w naprawie, przyczepa sprawna,
- S_2 – samochód sprawny, przyczepa w naprawie,
- S_3 – oba elementy (samochód i przyczepa) w naprawie.

Poniżej przedstawiono zestaw równań Kołmogorowa (7), w których z lewej strony znajdują się pochodne prawdopodobieństwa i -tego stanu, a z prawej suma iloczynów prawdopodobieństw wszystkich stanów i intensywności poszczególnych strumieni zdarzeń minus sumaryczna intensywność wszystkich strumieni wyprowadzających system z danego stanu pomnożona przez prawdopodobieństwo danego (i -tego) zdarzenia.

$$\begin{aligned}
 \frac{dp_0}{dt} &= \mu_1 p_1 + \mu_2 p_2 - (\lambda_1 + \lambda_2) p_0 \\
 \frac{dp_1}{dt} &= \lambda_1 p_0 + \mu_2 p_3 - (\lambda_2 + \mu_1) p_1 \\
 \frac{dp_2}{dt} &= \lambda_2 p_0 + \mu_1 p_3 - (\lambda_1 + \mu_2) p_2 \\
 \frac{dp_3}{dt} &= \lambda_2 p_1 + \lambda_1 p_2 - (\mu_1 + \mu_2) p_3 \\
 p_0 + p_1 + p_2 + p_3 &= 1
 \end{aligned} \tag{7}$$

W równaniach tych prawdopodobieństwa P_1, P_2, P_2, P_3 oznaczają odpowiednio średni względny czas przebywania systemu w stanach S_0, S_1, S_2, S_3 .

Znajomość tych prawdopodobieństw pomaga w ocenie efektywności pracy systemu oraz pozwala na zaplanowanie odpowiedniej organizacji służb obsługowych.

Intensywność uszkodzeń i naprawy elementów systemu [1, 5] wyznaczono na podstawie znajomości średnich czasów pracy pomiędzy uszkodzeniami ciągnika (T_{muc}) i przyczepy (T_{mup}), oraz średnich czasów ich naprawy (T_{nc}, T_{np}).

I tak, jeśli podstawimy: $T_{muc} = 170$ godz., $T_{mup} = 50$ godz., $T_{nc} = 20$ godz., $T_{np} = 10$ godz. to otrzymamy: $p_0 = 0,74$; $p_1 = 0,09$; $p_2 = 0,15$; $p_3 = 0,02$. Oznacza to, że w granicznym stacjonarnym reżimie system S będzie się znajdował średnio 74% czasu w stanie S_0 - oba elementy sprawne; ok. 9% czasu w stanie S_1 - ciągnik w naprawie, przyczepa sprawna; ok. 15% czasu w stanie S_2 - ciągnik sprawny, przyczepa w naprawie; ok. 2% czasu w stanie S_3 - ciągnik i przyczepa w naprawie [1].

Znajomość tych prawdopodobieństw umożliwia zaprojektowanie dla konkretnego przedsiębiorstwa zaplecza obsługowego oraz zatrudnienia niezbędnej ilości specjalistów.

3. PODSUMOWANIE

Przedstawione rozważania nie wyczerpują oczywiście całkowicie problematyki obsługiwalności maszyn i ich elementów. Istotne znaczenie posiada opracowanie systemu kształtowania omawianej cechy na poszczególnych etapach powstawania maszyny obejmujących:

- projekt wstępny i wykonanie modelu,
- wykonanie prototypu i jego badania laboratoryjne,
- wykonanie i badanie serii próbnej,
- opracowanie dokumentacji technicznej dla produkcji seryjnej,
- produkcja seryjna,
- badania eksploatacyjne.

LITERATURA

- [1] Jedliński R., 1990. Naprawialności ciągników rolniczych produkcji polskiej. MIISP Moskwa.
- [2] Jedlinski R., 2003. Basic Problems of Machine Maintainability Theory and Practice in Design and Operating Vehicles and their Elements. III Międzynarodowa Konf. Nauk.-Techn. EXPLO-DIESEL & GAS TURBINE '03. Gdańsk - Międzyzdroje - Lund (Szwecja).
- [3] PN-93/N-50191. Słownik terminologiczny elektryki. Niezawodność. Jakość usługi.
- [4] Wolkow P. N., 1975. Рiemontoprigodnost' maszyn. Maszynostrojenije, Moskwa.
- [5] Вентцель Е. С., 1988. Исследование операций. Москва "Наука".

MAINTAINABILITY – USING FEATURE OF CARS AND TRACTORS

Summary

This article deals with the problems connected with maintainability of vehicles and their elements. International IEC – 706 norm have been taken into consideration as well as literature research results and the author's own research. The origin of the term maintainability has been discussed as well as its connection with reliability evaluation parameters. The problems of maintainability indexes standardization have been specially emphasized as well as their evaluation methods. The article has been illustrated with some using test results for agricultural tractors.

Keywords: vehicles, reliability, maintainability, norming, Markow process