

Stanisław NIZIŃSKI*
Włodzimierz KUPICZ

STEROWANIE UTRZYMANIEM I BEZPIECZEŃSTWEM WOJSKOWYCH POJAZDÓW MECHANICZNYCH

W pracy przedstawiono istotę utrzymania i bezpieczeństwa wojskowych pojazdów mechanicznych za pomocą zasad, metod i urządzeń diagnostyki technicznej. W systemie eksploatacji pojazdów mechanicznych wyróżniono podsystemy realizowania eksploatacji oraz podsystem sterowania eksploatacją. Wprowadzono pojęcie nadsystemu logistycznego pojazdów mechanicznych.

Opracowano algorytm diagnozowania i obsługiwaniania oraz oceny bezpieczeństwa pojazdów mechanicznych w walce. Zaproponowano, aby zawsze diagnozować system: pojazd – załoga - otoczenie. Zwrócono także uwagę na konieczność opracowania technologii diagnozowania i obsługiwaniania pojazdów mechanicznych.

Słowa kluczowe: *pojazdy wojskowe, system eksploatacji pojazdów wojskowych, bezpieczeństwo pojazdów wojskowych, system sterowania utrzymaniem i bezpieczeństwem pojazdów, algorytm diagnozowania obsługiwaniania pojazdów*

WPROWADZENIE

W systemie eksploatacji obok przekazywanych informacji jest istotne także gromadzenie, przetwarzanie oraz wykorzystywanie informacji do sprawnego działania. Przedmiot decyzyjny na podstawie otrzymanej informacji i odpowiedniego algorytmu przetwarzania wytwarza informację sterującą (decyzje). W naszym przypadku chodzi o sterowanie utrzymaniem wojskowych pojazdów mechanicznych w stanie zdatości funkcjonalnej i zadaniowej (rys. 1).

Funkcjonowanie podsystemu obsługiwaniania pojazdów, w tym podsystemu diagnostycznego, przebiega w czasie. Czas ten można podzielić na etapy. Przy tym podziale czasu proces decyzyjny jest procesem wieloetapowym i ma charakter dyskretny (rys. 2). Stąd też i decyzje są podejmowane w chwilach dyskretnych $t_0, t_1, t_2, \dots, t_k, \dots, t_m$. W chwili zakończenia przez obiekt k-tego etapu funkcjonowania, należy ustalić jego stan $w(t_k)$

* prof. dr hab. inż. Stanisław NIZIŃSKI, dr. inż. Włodzimierz KUPICZ – Wojskowy Instytut Techniki Panczernej i Samochodowej

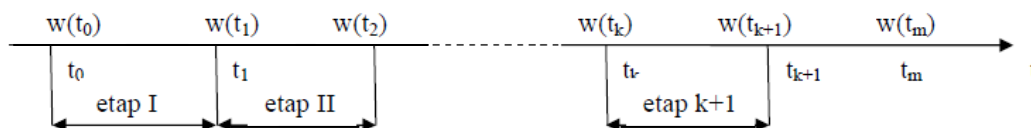
przynależny do zbioru stanów w możliwych do zaistnienia w chwili k -tego etapu. Mając ustalony stan w chwili t_k , ustala się stan obiektu w chwili t_{k+1} zakończenia $k+1$ etapu funkcjonowania, który jest stanem początkowym dla etapu następnego. W takim ujęciu decyzja jest podejmowana na podstawie informacji o aktualnym stanie pojazdu, tj. w danej dyskretnej chwili t_k .

Przewidywanie stanu pojazdu w chwili $t_p > t_0$ jest istotne z uwagi na konieczność ustalenia w chwili t_p (terminu) następnego diagnozowania, które w tym przypadku ma sens profilaktyczny, zapobiegający wystąpieniu przyszłych stanów niezdatności. Należy zwrócić uwagę na to, że termin następnego diagnozowania nie jest stały, gdyż jest on uwarunkowany stanem obiektu w chwili poprzedniej. Zatem istot zagadnienia odnosi się nie do wykrycia uszkodzeń, a do zapobieganiu ich występowania.



Rys. 1. Ilustracja graficzna miejsca i wykorzystania wojskowych pojazdów mechanicznych

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 2. Ilustracja graficzna etapów sterowania utrzymaniem pojazdów mechanicznych w stanie zdatności

Źródło: Opracowanie własne

Do sterowania utrzymaniem pojazdów w stanie zdatności funkcjonalnej i zadaniowej jest nieodzowny **algorytm sterowania**. Algorytm ten powinien zawierać trzy zasadnicze elementy badań diagnostycznych obiektów: **badania i ocenę stanów, ustalenie przyczyn zaistniałych stanów, przewidywanie rozwoju stanów** [2].

1. ISTOTA EKSPLOATACJI

Należy zdać sobie sprawę z istoty i znaczenia eksploatacji pojazdów mechanicznych w wojsku. Bez zrozumienia problematyki eksploatacji pojazdów przez decydentów bezpośrednich i pośrednich, nie ma co mówić i oczekiwać wysokiej gotowości technicznej UiSW, w tym gotowości bojowej wojsk. Ze względu na kierowanie eksploatacją pojazdów wyróżniono w systemie eksploatacji dwa podstawowe podsystemy: **podsystem realizowania eksploatacji** oraz **system sterowania eksploatacją** (rys. 3) [1, 2].

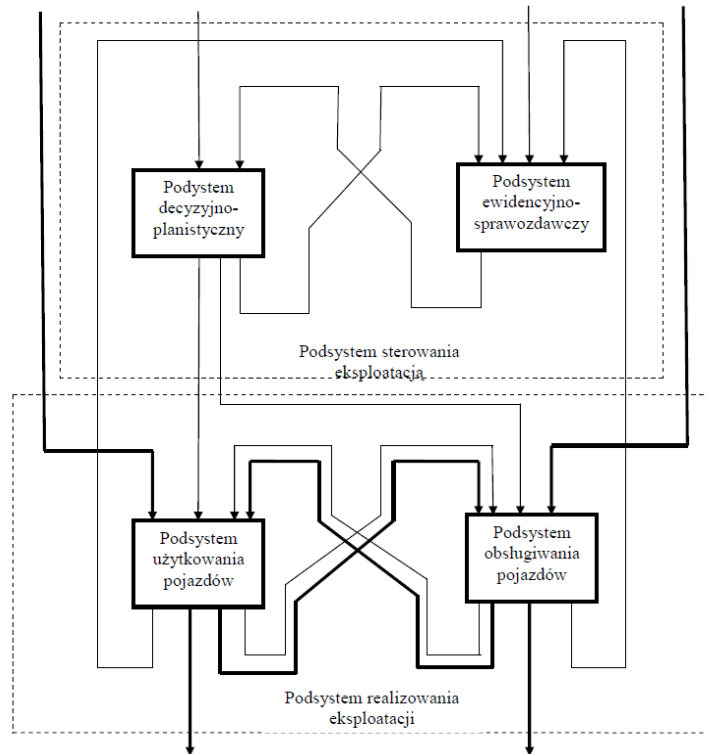
W skład systemu realizowania eksploatacji urządzeń wchodzi: podsystem użytkowania pojazdów (system podstawowy – roboczy) oraz podsystem obsługiwanego (utrzymania) pojazdów (podsystem zabezpieczający). W skład podsystemu sterowania eksploatacją pojazdów wchodzi: podsystem ewidencyjno-sprawozdawczy oraz podsystem decyzyjno-planistyczny. Te podsystemy służą przede wszystkim kierownikowi eksploatacji danego poziomu organizacyjnego.

System eksploatacji pojazdów jest sprzężony z dwoma innymi systemami: **systemem operacyjnym (szkolenia, walki)** i **systemem zaopatrzenia**. Obydwa te systemy dostarczają do systemu eksploatacji tego, czego wewnątrz nie ma, a mianowicie: informacji (szczególnie zadań do wykonania i innych decyzji) oraz zasileń (szczególnie energii i materiałów eksploatacyjnych).

Podsystemy: eksploatacji i zasilania tworzą system logistyczny pojazdów wojskowych (rys. 4).

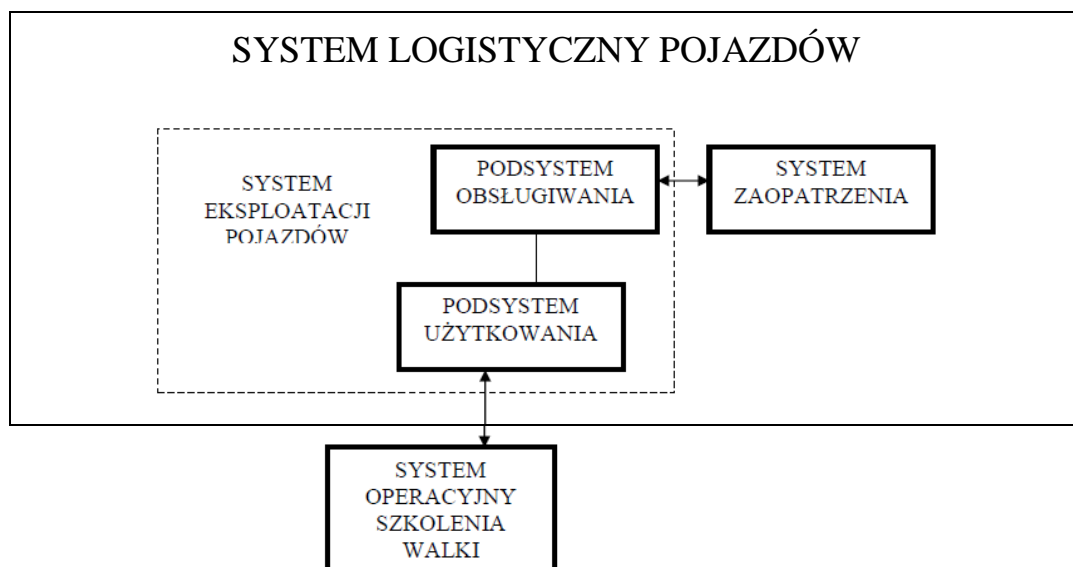
System eksploatacji pojazdów mechanicznych będzie rozpatrywany w aspekcie sterowania, czyli celowego oddziaływania na wejście systemu, tak aby na jego wyjściu uzyskać zrealizowanie ustalonych wcześniej zadań.

System eksploatacji pojazdów nadsystemu logistycznego JW, to zbiór elementów roboczych (np. pododdziałów, pracowników cywilnych), infrastruktury eksploatacji, elementów kierowania oraz relacji między nimi. Infrastruktura systemu eksploatacji podsystemu logistycznego wojskowego systemu działania obejmuje: wojskowe zakłady naprawcze centralne i okręgowe, zmilitaryzowane warsztaty rejonowe i garnizonowe, stacje obsługiwanego JW, punkty pomocy technicznej, punkty zbiórki uszkodzonych pojazdów, parki uzbrojenia i sprzętu wojskowego, urządzenia naprawcze i obsługowe, urządzenia diagnostyczne, inne elementy.



Rys. 3. Struktura informacyjno-decyzyjna systemu eksploatacji pojazdów mechanicznych [1]

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 4. System eksploatacji pojazdów i jego otoczenie zabezpieczające

Źródło: Opracowanie własne

Cele systemu eksploatacji pojazdów mechanicznych JW można zdefiniować następująco [1, 2]:

- racjonalne użytkowanie pojazdów zgodnie z ich przeznaczeniem;
- utrzymanie pojazdów w stanach zdatności funkcjonalnej i zadaniowej, umożliwiającej ich prawidłowe funkcjonowanie, w zakresie wykonania zadań bo-

jowych postawionych JW, przy istniejących zasobach, ograniczeniach i zakłóceniach, w zadanych warunkach i czasie;

- racjonalne zarządzanie eksploatacją pojazdów.

2. ALGORYTM DIAGNOZOWANIA I OBSŁUGIWANIA ORAZ OCENY BEZPIECZEŃSTWA POJAZDÓW MECHANICZNYCH W WALCE

W walce zmniejszają się drastycznie warunki użytkowania wojskowych pojazdów mechanicznych, dlatego też ulegają zmianie ich kryteria wykorzystania. Tymi kryteriami są [3,4]:

- **stan techniczny;**
- **bezpieczeństwo.**

Nowym elementem procesu diagnozowania i obsługiwanego jest kryterium bezpieczeństwa, którego istotne, podstawowe pojęcia są następujące:

- 1) zagrożenia bezpieczeństwa** - oznacza potencjalną możliwość wystąpienia zdarzeń katastroficznych - jest to zatem stan systemu, w którym w sposób znaczny wzrasta liczba zdarzeń katastroficznych;
- 2) zdarzenia katastroficzne** - jest to zdarzenie, w którego wyniku nastąpiło:
 - utrata życia lub zdrowia przez człowieka (żołnierza) zajmującego się obsługiwaniem i użytkowaniem systemu, korzystającego z usług systemu, współpracującego z systemem,
 - samounicestwienie systemu,
 - zniszczenie systemów współistniejących,
 - zniszczenie środowiska;
- 3) czynniki wymuszające zagrożenie bezpieczeństwa** - są to zdarzenia (przyczyny) powodujące zagrożenie bezpieczeństwa. Przyczyną zagrożeń bezpieczeństwa może być uszkodzenie elementów systemu, błąd operatora lub inne czynniki;
- 4) bezpieczeństwo systemu** - jest to cecha systemu polegająca na odporności systemu na oddziaływanie czynników wymuszających (powodujących) występowanie zagrożeń bezpieczeństwa. Właściwość ta jest kształtowana w procesie badawczo-projektowo-konstrukcyjno-wdrożeniowym systemów technicznych;
- 5) niezawodność bezpieczeństwa** - jest to cecha dotycząca zachowania odporności przez system na uszkodzenia, których skutkami jest zagrożenie bezpieczeństwa, inaczej mówiąc, jest to **prawdopodobieństwo nie wystąpienia uszkodzeń**, których skutkami jest zagrożenie bezpieczeństwa.

Z analizy bezpieczeństwa techniki wynikają następujące podstawowe wnioski:

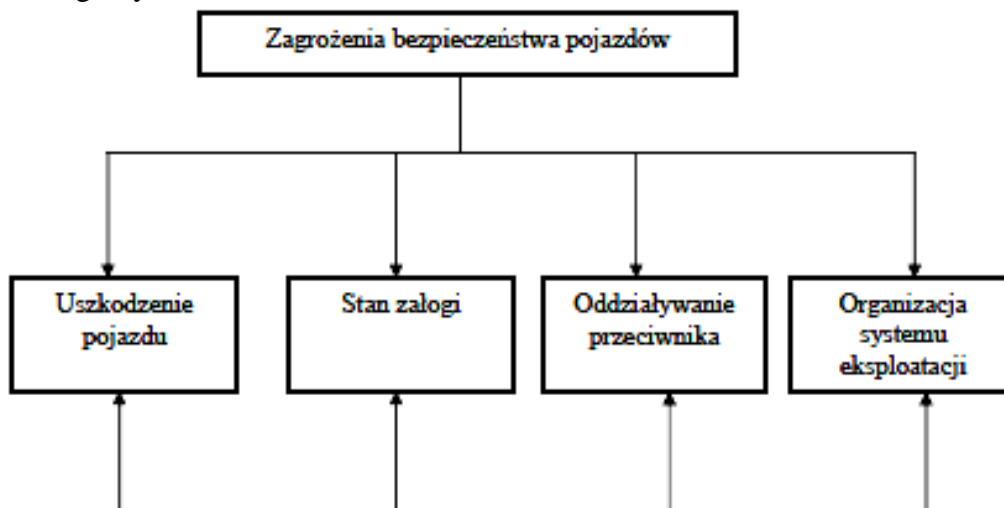
- 1) straty mogą pojawić się we wszystkich fazach życia pojazdu. Są one nie do uniknięcia, co najwyżej można i należy je kształtować w fazach ich projektowania i wytwarzania, a sterować nimi w fazie eksploatacji;
- 2) **bezpieczeństwo wojskowych pojazdów mechanicznych można i należy kształtować, w fazach ich projektowania i wytwarzania, a sterować nimi w fazie eksploatacji;**
- 3) **bezpieczeństwem można i należy zarządzać.**

Zagrożenia bezpieczeństwa pojazdów można generować przez (rys. 5):

- uszkodzenia;
- stan załogi;
- oddziaływanie przeciwnika;
- niewłaściwą organizację funkcjonowania systemu eksploatacji.

W pracy [3, 4] wprowadzono cztery kategorie bezpieczeństwa:

- **bezpieczeństwo akceptowalne**, w którym pojazd może być użytkowany bez dodatkowych warunków;
- **bezpieczeństwo tolerowane**, co oznacza, że pojazd może realizować zadania pod warunkiem odpowiedniego nadzoru przełożonych;
- **bezpieczeństwo nieakceptowalne - I** tzn. takie, w którym pojazd może wykonywać zadanie, pod warunkiem wprowadzenia przez dowódców zarządzeń minimalizujących poziom ryzyka;
- **bezpieczeństwo nieakceptowalne - II**, w którym pojazd może być użytkowany w działaniach bojowych typu: natarcie, działania nieregularne, antyterrorystyczne. Istnieje konieczność minimalizacji wartości ryzyka, pod szczególnym nadzorem dowództwa.

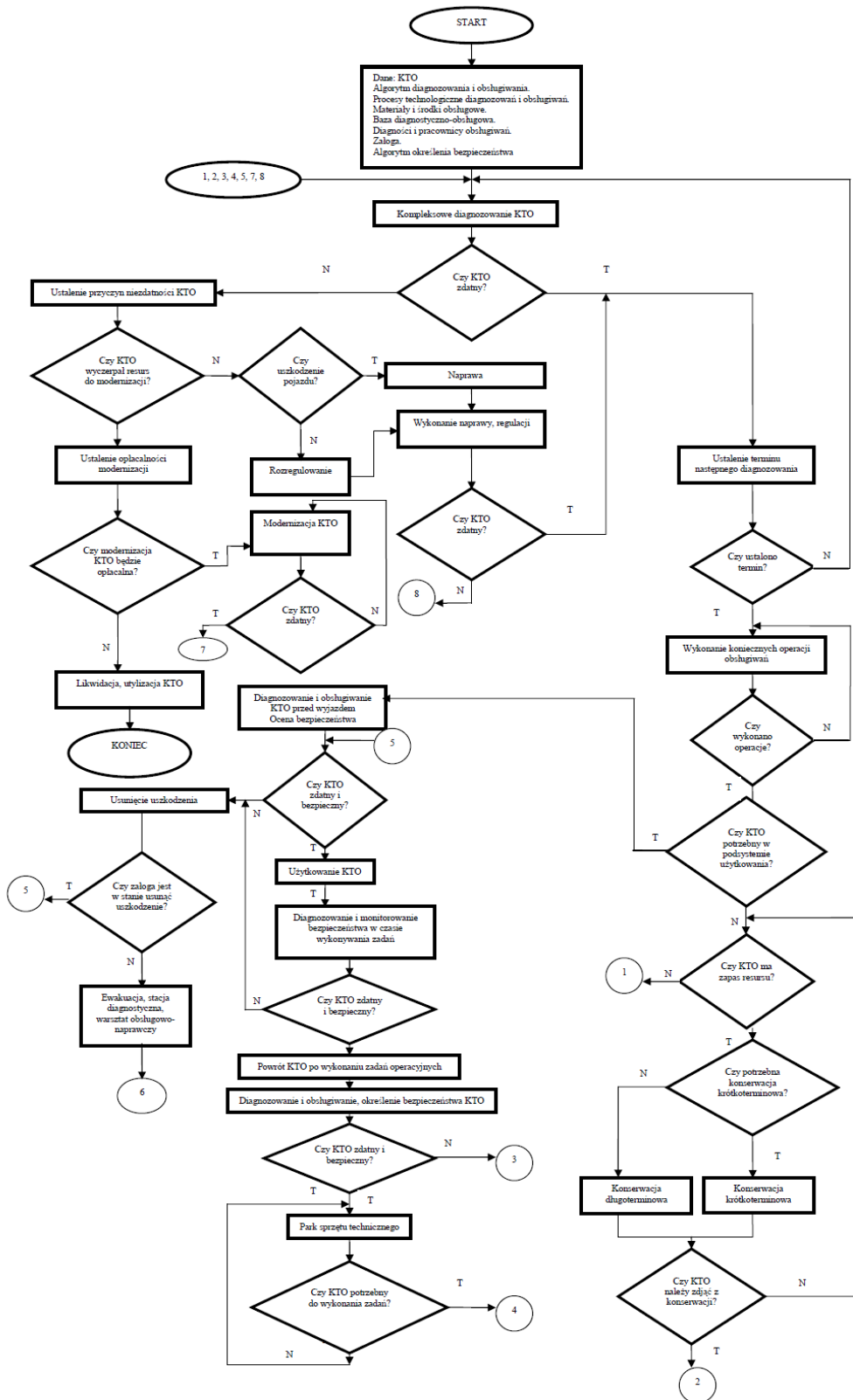


Rys. 5. Ilustracja zagrożeń bezpieczeństwa systemu: pojazd-załoga-otoczenie

Źródło: Opracowanie własne

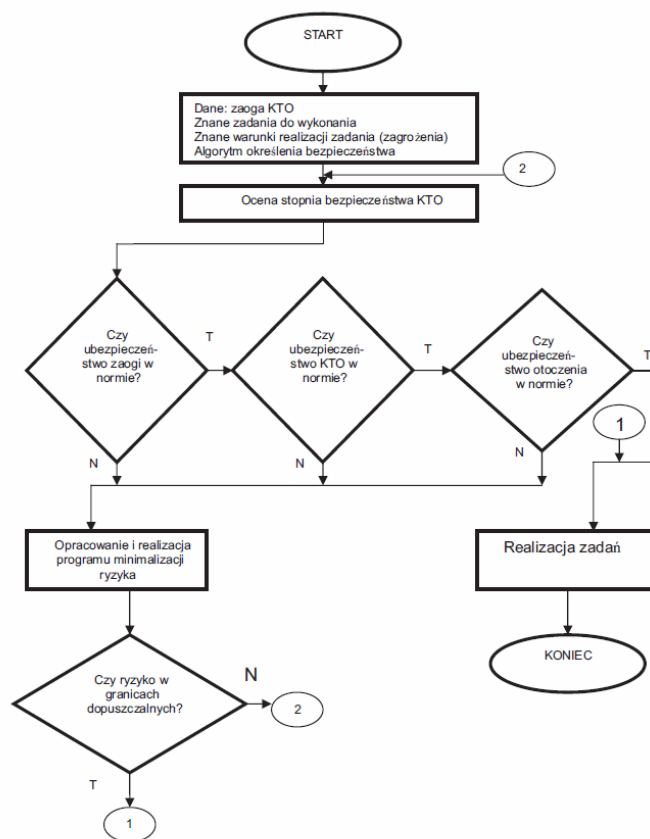
Bezpieczeństwem wojskowych pojazdów mechanicznych można sterować za pomocą pokładowo-zewnętrznych systemów diagnostycznych i systemów diagnostycznych jako elementów ich systemu eksploatacji, co przedstawiono na rysunku 6.

Nowością w tym algorytmie jest ocena nie tylko samego bezpieczeństwa pojazdu, lecz systemu: pojazd-załoga-otoczenie, którego uproszczony algorytm oceny stanu bezpieczeństwa przed realizacją zadań przedstawiono na rysunku 7.



Rys. 6. Ilustracja graficzna systemu sterowania utrzymaniem i bezpieczeństwem pojazdu z wykorzystaniem podsystemu diagnostycznego na przykładzie KTO

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 7. Schemat uproszczonego algorytmu oceny bezpieczeństwa systemu: pojazd-załoga-otoczenie przed realizacją zadań, na przykładzie KTO

Źródło: Opracowanie własne

3. TECHNOLOGIA DIAGNOZOWANIA I OBSŁUGIWANIA POJAZDÓW MECHANICZNYCH

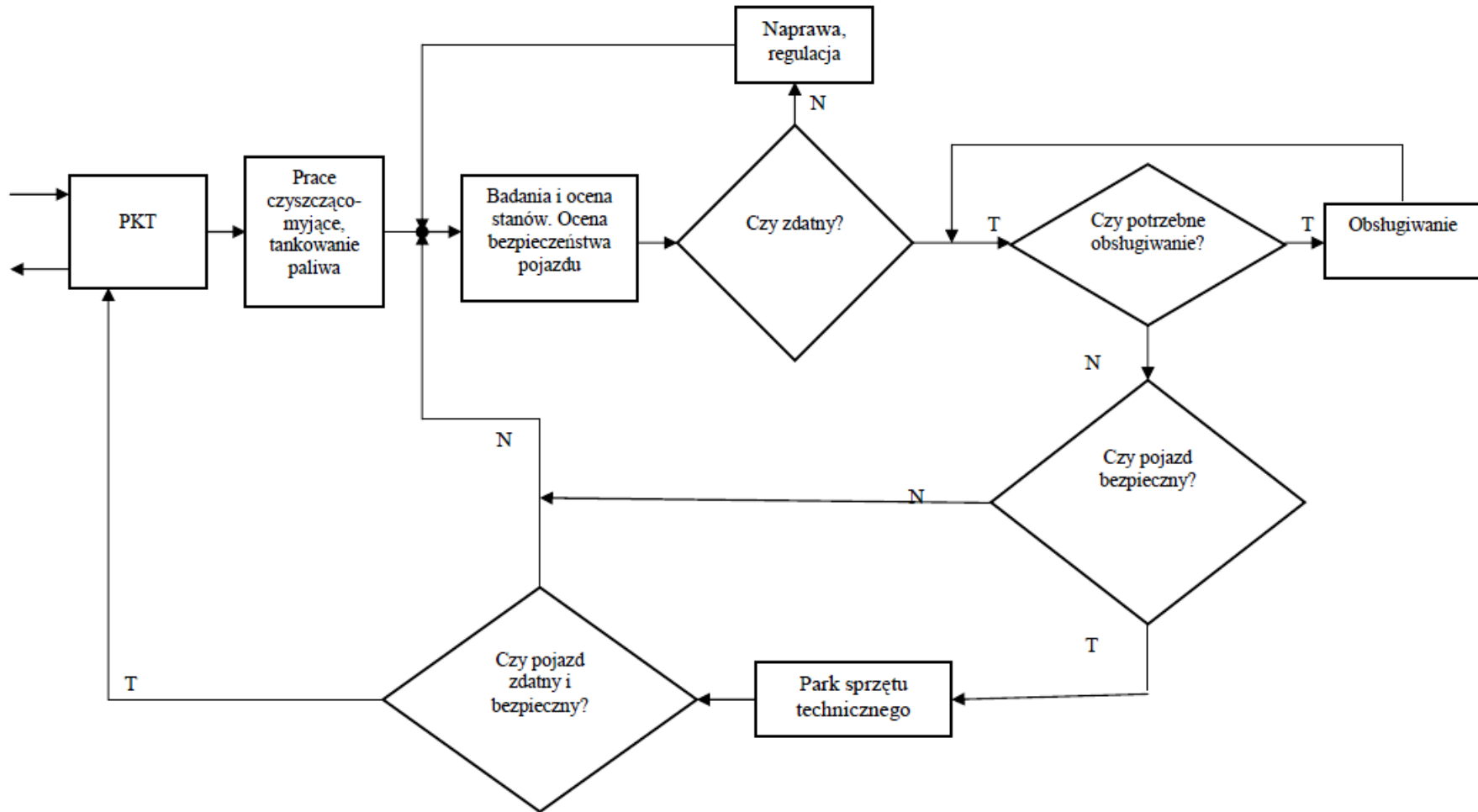
Właściwe funkcjonowanie podsystemu obsługiwanego wojskowych pojazdów mechanicznych wymaga dysponowania dobrą technologią ich utrzymania, obejmującą [2]:

- procesy technologiczne;
- organizację przebiegu realizacji procesu technologicznego;
- infrastrukturę;
- zespół pracowników.

Na rysunku 8 przedstawiono uproszczony algorytm badań i oceny stanów oraz bezpieczeństwa jako podstawy funkcjonowania udoskonalonego systemu eksploatacji wojskowych pojazdów mechanicznych, zaś na rysunku 9 schemat organizacji ich procesu technologicznego. Można wyróżnić następujące strefy:

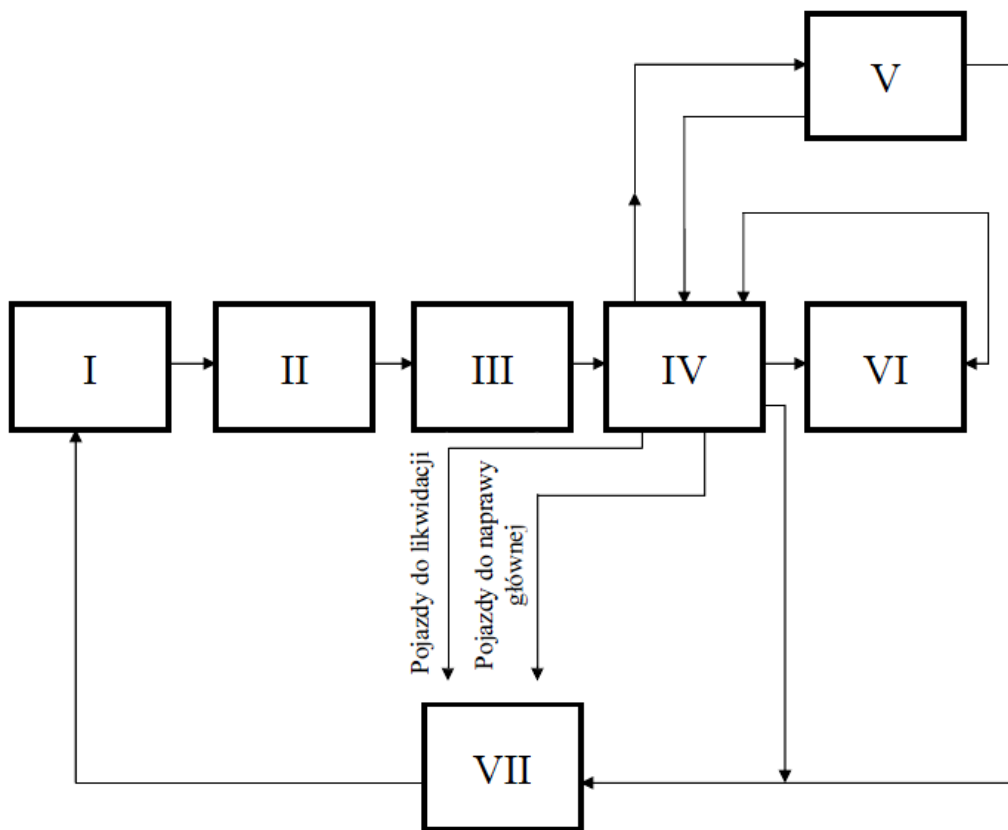
- 1) punkt kontrolno-techniczny (PKT), na którym następuje rejestracja wyjeżdżających i powracających pojazdów;
- 2) mycia i czyszczenia;
- 3) uzupełniania paliwa;

- 4) diagnozowania i oceny bezpieczeństwa. W strefie tej są wykonywane następujące operacje:
- kontrola stanu, tzn. wykonanie czynności sprawdzających wynikających z ustalonych algorytmów kontroli stanu;
 - prognozowanie stanu według ustalonych algorytmów, czyli określenie terminu następującego diagnozowania pojazdu, pod warunkiem, że znajduje się on w stanie zdatności;
 - ocena bezpieczeństwa wykorzystania pojazdu, pod warunkiem, że znajduje się on w stanie zdatności i ma wykonane operacje obsługiwanie;
 - sprawdzenie według ustalonego algorytmu, czy pojazd wyczerpał resurs do likwidacji. Jeżeli warunek ten zostanie spełniony, to pojazd należy usunąć z systemu eksploatacji;
 - sprawdzenie według ustalonego algorytmu, czy pojazd wyczerpał resurs do naprawy głównej. Jeżeli warunek ten jest spełniony, pojazd trzeba przekazać do naprawy głównej;
 - lokalizacja uszkodzeń, np. rozregulowań, tzn. wykonanie sprawdzeń wynikających z ustalonych algorytmów lokalizacji uszkodzeń;
- 5) obsługiwać, gdy pojazd jest zdalny i ustalono termin jego następnego diagnozowania, jest on kierowany do tej strefy, w której realizuje się operacje obsługiwać niezbędnych i koniecznych;
- 6) napraw bieżących, w przypadku zlokalizowania uszkodzenia o dużej pracochłonności w strefie tej są wykonywane naprawy bieżące (NB). Po usunięciu uszkodzenia pojazd przemieszcza się do strefy IV, w której jest dokonywana ocena stanu i bezpieczeństwa wykorzystania pojazdu;
- 7) park sprzętu technicznego, do tej strefy trafia pojazd zdalny i bezpieczny.



Rys. 8. Ilustracja graficzna uproszczonego algorytmu badań i oceny stanów oraz bezpieczeństwa jako podstawy funkcjonowania udoskonalonego systemu eksploatacji wojskowych pojazdów mechanicznych

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 9. Schemat organizacji procesu technologicznego diagnozowania i obsługiwojowych pojazdów mechanicznych

Źródło: Opracowanie własne

Podstawą właściwego funkcjonowania systemu eksploatacji pojazdów są **właściwie ustalone terminy ich diagnozowania i obsługiwojowych pojazdów mechanicznych**. Terminy te winny być ustalone indywidualnie dla każdego pojazdu. Z uwagi na dużą różnorodność pojazdów i ich warunków eksploatacji jest trudno podać ogólne zasady ustalania terminów ich diagnozowania. Istnieją następujące możliwości wyboru terminów wykonywania technicznych pojazdów mechanicznych [2]:

- 1) z częstotliwością dotychczasową OT-2 z uwzględnieniem starzenia pojazdów. Należy uwzględnić starzenie pojazdów mechanicznych w czasie, wprowadzając współczynnik korelacji skracania terminów wykonania obsługiwojowych pojazdów mechanicznych, o wartość:
 - do pięciu lat $\xi_s = 1$;
 - po pięciu latach $\xi_s = 0,8$;
 - po dziesięciu latach $\xi_s = 0,65$;
- 2) z częstotliwością terminów wymiany olejów silnikowych z uwzględnieniem starzenia pojazdów (współczynnik ξ_s);
- 3) według sumarycznego zużycia paliwa, z uwzględnieniem starzenia pojazdów. Wartość sumarycznego zużycia paliwa i współczynnik ($\chi_p > 1$) zwiększenia zużycia paliwa, z uwzględnieniem starzenia się pojazdów należy ustalić na podstawie badań eksperymentalnych;

4) za pomocą metod prognozowania stanów na przykład:

- szacowania trendu parametrów diagnostycznego;
- zmian wartości symptomów.

Nieodzownym elementem efektywnej realizacji procesu technologicznego diagnozowania, obsługiwania i oceny bezpieczeństwa pojazdów mechanicznych jest nowoczesna infrastruktura systemu eksploatacji, obejmująca:

- strefę kontroli technicznej (PKT);
- mycia i czyszczenia;
- strefę MPS;
- stację diagnostyczną;
- stację obsługiwań;
- park sprzętu technicznego;
- urządzenia diagnostyczne;
- urządzenia obsługowe;
- ruchome środki zabezpieczenia technicznego.

PODSUMOWANIE

Biorąc pod uwagę rozpatrzone zagadnienia, można stwierdzić, że:

- do sterowania utrzymaniem i bezpieczeństwem pojazdów mechanicznych jest nieodzowny algorytm sterowania, zawierający trzy zasadnicze elementy badań diagnostycznych obiektów: badania i oceny stanów, ustalenie przyczyn zaistniałych stanów, przewidywanie rozwoju zmian stanów;
- celem systemu eksploatacji wojskowych pojazdów mechanicznych jest utrzymanie ich w stanach zdatności funkcjonalnej i zadaniowej, przy istniejących zasobach, ograniczeniach i zakłóceniach, w zadanych warunkach i czasie;
- bezpieczeństwo wojskowych pojazdów mechanicznych można i należy kształtować, w fazach ich projektowania i wytwarzania, a sterować nim w fazie eksploatacji;
- bezpieczeństwem pojazdów można i należy zarządzać;
- w chwili obecnej diagnostyka techniczna jest jednym z podstawowych narzędzi sterowania utrzymaniem i bezpieczeństwem wojskowych pojazdów mechanicznych, w czasie pokoju, zagrożenia i wojny.

LITERATURA

- [1] Hebda M., Mazur T., Pelc H., *Teoria eksploatacji pojazdów*, WKiŁ, Warszawa 1977.
- [2] Niziński S., *Eksploatacja obiektów technicznych*, ITE, Radom 2002.
- [3] Niziński i inni, *System, analiza i ocena systemu eksploatacji kołowego transportera opancerzonego ROSOMAK*, Sprawozdanie nr 38/SS/2009, WITPiS, Sulejówek 2009.
- [4] Niziński i inni, *Systemy diagnostyczne wojskowych pojazdów mechanicznych* (rękopis).

**MAINTENANCE AND SAFETY
CONTROL OF MILITARY MOTOR VEHICLES**

Summary

The paper presents the essence of the maintenance and safety of military vehicles with the use of rules, methods and devices of technical diagnostics. Within the system of motor vehicles maintenance, the subsystems of maintenance performance and maintenance control are distinguished. The notion of the logistic supersystem of motor vehicles is introduced.

The article presents an algorithm for diagnosing and evaluating the safety of motor vehicles in combat. It has been suggested that one should always diagnose the following system: the vehicle – the crew – the environment. It has also been emphasised that there is a need to develop technologies to diagnose and maintain motor vehicles

Key words: *military vehicles, military vehicles maintenance system, military vehicles safety, system of controlling maintenance and safety of vehicles, algorithm of vehicle diagnostics and maintenance*

Artykuł recenzował: prof. dr hab. inż. Andrzej BUCHACZ