

## POTRZEBA I MOŻLIWOŚCI ZABEZPIECZENIA LOGISTYCZNEGO SYSTEMÓW UZBROJENIA

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono zasadnicze wymagania stawiane przed systemem logistycznym, zadaniem którego jest zabezpieczenie funkcjonowania systemów uzbrojenia. W realizacji tych potrzeb uwzględniono wymagania i uwarunkowania armii państw NATO stawiane zaplecza logistycznemu. W artykule uwypuklono potrzeby podejmowania prac badawczo-rozwojowych wspomagających efektywne funkcjonowanie zaplecza logistycznego zabezpieczającego system uzbrojenia.

Słowa kluczowe: system, logistyka, zabezpieczenie eksploatacji, uzbrojenie

## REQUIREMENTS FOR THE WEAPON SYSTEMS LOGISTIC SUPPORT

**Abstract:** The article presents the fundamental conditions for the logistics system, the task of which is to protect the functioning of weapon systems. In pursuing these requirements and conditions take into account conditions of the NATO military logistics. Article highlights the need to make research and development supporting the effective operation of the logistics system, which protects the use of weapons systems in the armed forces.

Keywords: system, logistics, security operation, armament

### 1. Wstęp

Utrzymywanie sprawności operacyjnej SZRP uwarunkowane jest licznością i stanem technicznym wyposażenia w tym środków bojowych potrzebnych do realizacji zadań. Sprawne funkcjonowanie zabezpieczenia logistycznego wymaga dobrze funkcjonujących jego podsystemów takich jak proces planowania dostarczanego wyposażenia, jego transportu, magazynowania oraz oceny jego stanu technicznego. O skali potrzeb zabezpieczenia logistycznego eksploatowanych systemów uzbrojenia świadczy jego wskaźnik gotowości operacyjnej  $W_g(t)$  opisany zależnością

$$W_g(t) = R_g(t) = \exp(-\lambda(t) \cdot t); I \geq W_g(t) \geq 0 \quad (1)$$

Gdzie:  $R_g(t)$  – funkcja niezawodności urządzenia\*

$\lambda(t)$  – intensywność (liczność) uszkodzeń urządzenia w ustalonej jednostce czasu

t – czas eksploatacji urządzenia

Należy zauważyć, że w oparciu o wyrażenie (1) ustalana jest wartość gotowości urządzenia, co przekłada się na liczbę uszkodzeń w ustalonej jednostce czasu. Utrzymanie wartości wskaźnika na wymaganym poziomie możliwe jest dobrze funkcjonującym zabezpieczeniem logistycznym rozważanych systemów uzbrojenia.

Systemy uzbrojenia stanowią podstawę wartości bojowej jednostek Wojsk Lądowych, Sił Powietrznych, Marynarki Wojennej i Wojsk Specjalnych. Powinny spełniać wymagania normatywne. Środki bojowe przeterminowane powinny być poddawane badaniom parametrycznym w zależności od uzyskanych rezultatów i powinny być kierowane do określonych procesów obsługowo-normatywnych bądź wycofaniu z procesu eksploatacji.

\* w dalszej części „urządzenie” – rozumiane jest jako system

## 2. Procesy zabezpieczenia logistycznego

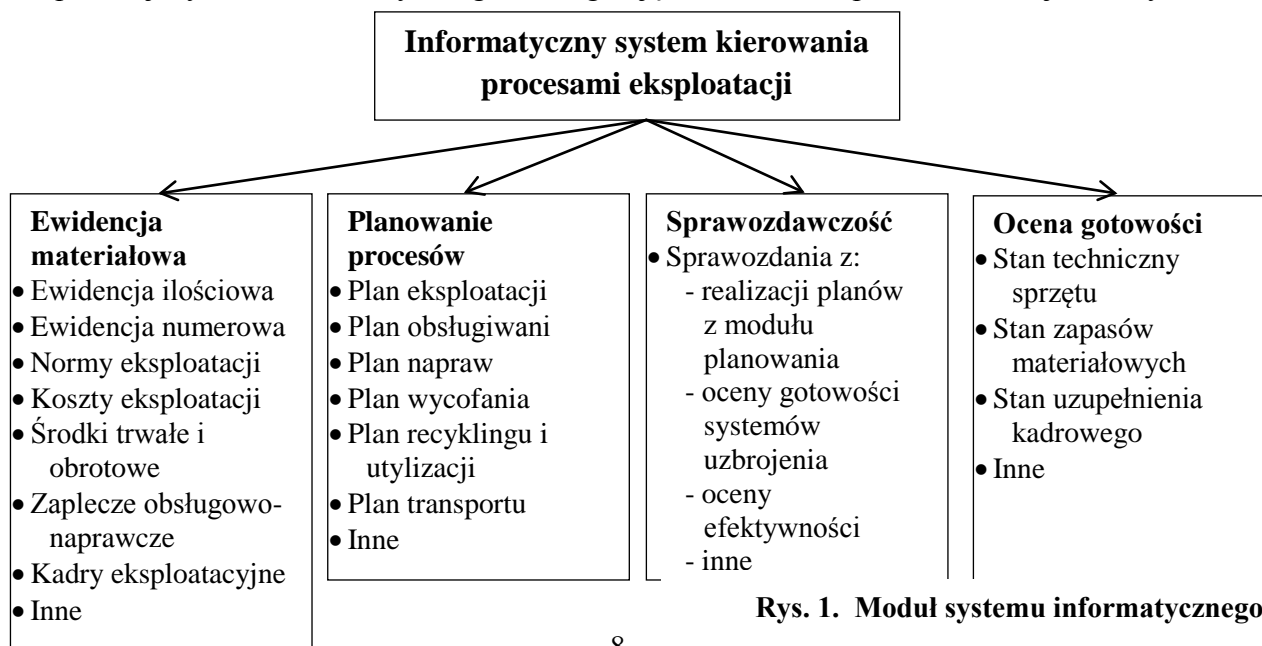
Zabezpieczając potrzeby operacyjne systemów uzbrojenia należy uwzględnić potrzeby ilościowe i jakościowe tego zabezpieczenia. Potrzeby te określane są w odniesieniu do konkretnych struktur organizacyjnych z uwzględnieniem uwarunkowań operacyjnych NATO, w tym:

- etatowego stanu ilościowego sprzętu uzbrojenia,
- ilości dysponowanego sprzętu w rozbiciu na strukturę wiekową i przepracowanych resursów,
- stanu ilościowego i jakościowego należnych środków bojowych,
- stanu ilościowego i jakościowego zaplecza obsługowo – naprawczego,
- stanu ilościowego i jakościowego kadry i pracowników cywilnych,
- stanu ilościowego i jakościowego środków trwałych i obrotowych.

Wymienione wyposażenie w zależności do wartości gotowości operacyjnej sprzętu zdefiniowanej za pomocą wskaźnika (1) wymaga zabezpieczenia logistycznego. Zabezpieczenie to powinno być realizowane za pomocą niżej wymienionego wspomaganie obejmującego:

1. System kierowania procesami eksploatacji;
2. System oceny stanu technicznego sprzętu i środków bojowych;
3. System oceny ekonomicznej wojsk, remontu sprzętu i gospodarki magazynowej.

W zakresie systemu kierowania procesami eksploatacji proponuje się wdrożenie do eksploatacji systemu informatycznego, którego ujęcie modułowe przedstawione jest na rys. 1.



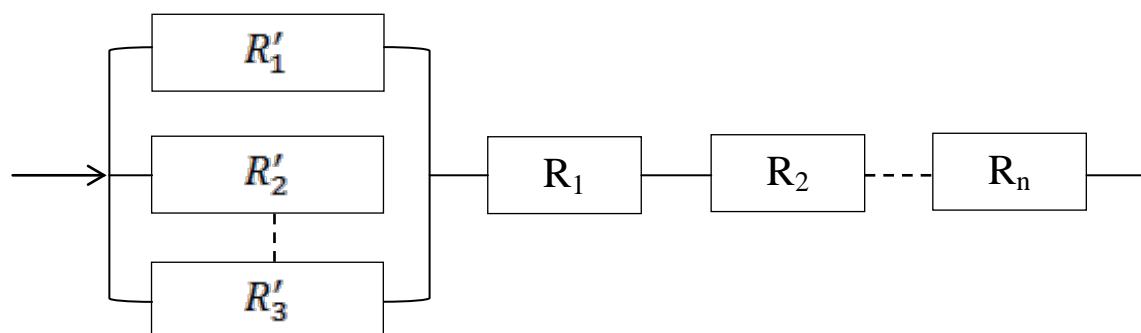
Rys. 1. Moduł systemu informatycznego

Jak wynika z rysunku 1 w procesie kierowania obszarami zabezpieczenia będą dostarczane informacje do wyróżnionych szczebli kierowania. Informacje te obejmują procesy systemu ewidencyjnego dysponowanych środków planowania przedsięwzięć transportowych i dystrybucyjnych, sprawozdawczości z realizacji planów oraz oceny gotowości rozpatrywanego systemu. Zakresy dostarczanych informacji mogą być dostarczane formą tradycyjną oraz formą elektroniczną. Rodzaje i ich zakresy zostaną ustalone z użytkownikami w pracach projektowych. Należy zauważyć, że przed podjęciem prac projektowych należy przeprowadzić analizę identyfikacyjną dotyczącą funkcjonowania istniejących systemów kierowania procesami eksploatacji.

W procesie oceny stanu technicznego sprzętu i środków bojowych użytkownicy wyposażenia logistycznego, zainteresowani są jego funkcjonowaniem na wymaganym poziomie z uwarunkowaniami normatywnymi. Wymagania te dotyczą istotnych parametrów niezawodnościowo-funkcjonalnych, gwarantujących przydatność systemu do realizacji przewidzianych zadań. Parametry te mogą być oceniane przy pomocy badań diagnostycznych i przyspieszonych. Badania przyspieszone przydatne są wówczas kiedy:

- zachodzi pilna potrzeba wprowadzenia środka bojowego (amunicji) przechowywanego w magazynie – na pole walki;
- zachodzi pilna potrzeba wprowadzenia sprzętu technicznego na pole walki;
- zachodzi potrzeba wprowadzenia sprzętu do procesu eksploatacji;
- zachodzi potrzeba wycofania sprzętu z procesu eksploatacji i skierowania go do recyklingu bądź utylizacji.

Przystępując do badań gotowości (niezawodności) sprzętu (środków bojowych) należy przeanalizować jego strukturę funkcjonalno-eksploatacyjną. Przykład takiej struktury przedstawiono na rys. 2.



**Rys. 2. Model struktury funkcjonalnej urządzenia**

Jak wynika ze schematu (rys.2.) rozpatrywane urządzenie posiada strukturę niezawodnościową szeregowo-równoległą. W praktyce występują bardziej złożone struktury typu mieszanego bądź „k” z „n”. W procesie obliczeniowym niezawodności systemu o zróżnicowanych strukturach stosowane są podobne metody obliczeniowe, z uwzględnieniem stosownych rozkładów uszkodzeń.

Wyznaczając gotowość do pracy (niezawodność) urządzenia o strukturze niezawodnościowo-funkcjonalnej przedstawionej na rys.2., posługujemy się wskaźnikiem gotowości  $W'_g(t)$  przedstawionym zależnością:

$$W'_g(t) = \int_0^T R(t)A(t)dt \quad (2)$$

Gdzie:  $R(t)$  – wartość funkcji niezawodności analizowanego urządzenia przed i po dokonaniu naprawy;

$A(t)$  – prawdopodobieństwo uruchomienia urządzenia przed i po przeprowadzonej naprawie;

$T$  – wartość czasu w którym urządzenie podlegało eksploatacji i naprawie.

Za pomocą wskaźnika (2) decydent sprzętu ustala wartość wymaganej gotowości sprzętu. Wartość tą ustala się stosując współczynnik „ $\beta$ ”, którego wartość ustala się w przedziale  $0 \leq \beta \leq 1$ .

Uwzględniając wymienione ustalenia, wskaźnik postaci (2) przyjmuje postać.

$$W_g'(t) = \int_0^T R(t) \cdot A(t) dt \leq 1 - \beta \quad (3)$$

przyjmując  $\beta=0,1$ ;  $W_g'(t) = 0,9$  (4)

Ustalona wartość postaci (3), dotycząca całego urządzenia, rozkłada się na poszczególne jego elementy składowe przedstawione za pomocą struktury niezawodnościowo-funkcjonalnej (rys.1.).

Wskaźnik gotowości  $W_g''(t)$  dla struktury równoległej przyjmuje postać

$$W_g''(t) = \int_0^T Q(t) \cdot A(t) dt \leq \beta \quad (5)$$

Gdzie:  $Q(t)$  – funkcja zawodności urządzenia

Do oceny wartości wskaźników gotowości postaci (4,5) występują funkcje: niezawodności i zawodności, adekwatne do struktury szeregowej i równoległej.

Uzyskane wartości pozwolą wyznaczyć wartości wskaźników porównanie których z wartościami ustalonymi przez decydenta pozwala na realizację wymian poszczególnych elementów składowych.

Szacowanie wartości  $R(t)$  i  $Q(t)$  odbywa się według poniższych etapów.

Dla struktury szeregowej

1. Do badań niezawodnościowych wybiera się „ $n$ ” elementów.
2. Każdy z badanych elementów oceniany jest według charakteru uszkodzeń porównując ich wartości parametryczne z parametrami normatywnymi. Stosuje się kwalifikacje:
  - $x$  - niezgodności dyskwalifikujące partię wyrobów ze względu na procedury bezpieczeństwa,
  - $y$  - niezgodności istotne, decydujące o prawidłowości działania urządzenia,
  - $z$  - niezgodności mało istotne i mogą być pomijane.
3. Szacowanie parametrów  $R(t)$  dla rozkładu wykładniczego uwzględniając parametry tego rozkładu.

Obliczenia pozwalają na ustalenie aktualnych wartości funkcji niezawodności urządzenia funkcjonującego według szeregowej struktury niezawodnościowej. Uwzględniając wymienione wartości w zależności (3,4) oraz fakt, że prawdopodobieństwo  $R(t) = 1$ , wymianie podlegają urządzenia w których występują dwa i trzy uszkodzenia ponieważ ustalenia decydenta dotyczą  $W_g''(t) \geq 0,9$ .

Uwzględniając równoległe połączenie elementów urządzenia, funkcja niezawodności takiego połączenia opisana jest zależnością:

$$R_{rs}(t) = 1 - \prod_{j=1}^z ( \exp \lambda_j(t) \cdot t ) \quad (6)$$

gdzie:  $z$  – oznacza liczbę zespołów (podsystemów) w rozpatrywanej strukturze

Obliczając wartości funkcji niezawodności urządzenia składającego się z dwóch zespołów z których jeden wykazał jedną niezgodność, a drugi wykazał dwie niezgodności, uzyskuje się wartość:

$$R_{12}(t) = 1 - (0.0328 \cdot 0.0645) = 0.9979 \quad (7)$$

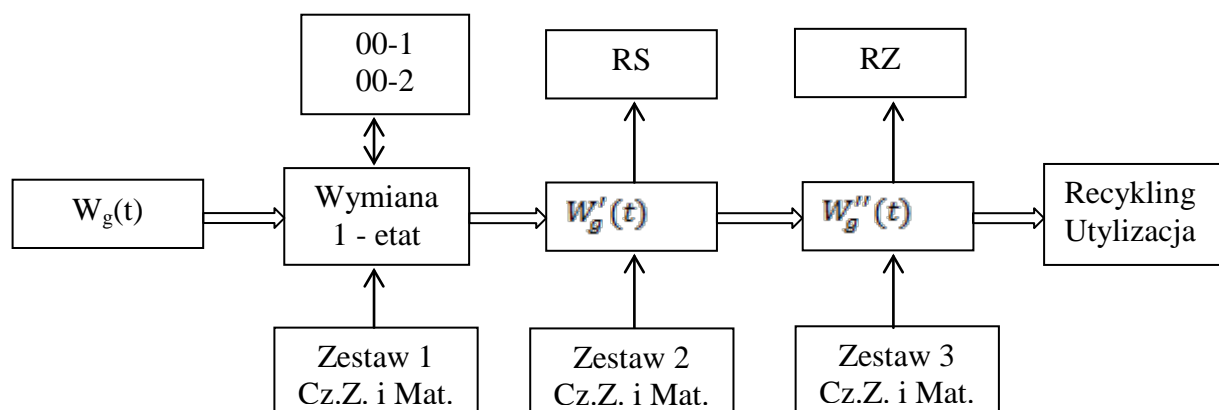
Porównując uzyskany rezultat (7) z wymaganiami decydenta systemu podejmuje się decyzje co do czynności obsługowo-naprawczych danego urządzenia.

W zakresie zabezpieczenia materiałowo-technicznego zabezpieczeniem tym zainteresowane są organy obsługowo-naprawcze odpowiedzialne za procesy utrzymywania sprzętu uzbrojenia na wymaganym poziomie operacyjnym. Do realizacji tego zabezpieczenia potrzebne są zestawy części zamiennych i materiałów eksploatacyjnych.

Najprostszym sposobem zabezpieczenia ilościowego i nomenklaturowego części i materiałów jest dostarczenie ich w takich ilościach jakie zostały zużyte w poprzednim okresie sprawozdawczym. Metoda ta obciążona jest podstawową wadą wynikającą z tego, że realizacja potrzeb nie uwzględnia dynamiki procesu obsługowo-naprawczego.

Idea modyfikacji istniejącego zabezpieczenia polega na wykorzystaniu wskaźnika gotowości operacyjnej urządzenia opisanego za pomocą zależności (3,4,5).

Ustalona wartość wymienionych wskaźników nakłada na podsystemy (elementy) i wymagania dotyczące spełnienia poziomów niezawodnościowych. Spełnienie to determinuje proces realizacji wymian profilaktycznych według schematu (rys.3.).



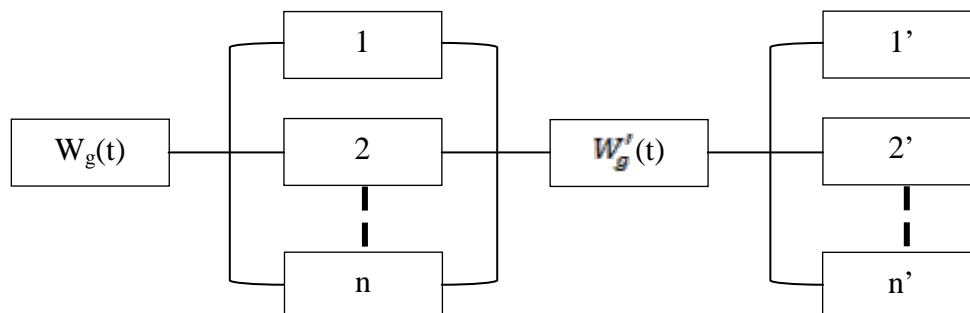
**Rys. 3. Proces realizacji wymian profilaktycznych i napraw**

Jak wynika z rysunku 3 w wyniku realizacji ustaleń za pomocą wskaźników gotowości operacyjnej urządzenia następuje cały proces przedsięwzięć obsługowo-naprawczych zapewniających spełnienie podstawowych wymagań.

Przedsięwzięcia te realizowane są w sposób dynamiczny i każdorazowo następuje aktualizacja wskaźnika gotowości operacyjnej. Wynika to z faktu, że w procesie realizacji czynności do układu funkcjonalnego urządzenia wprowadzane są nowe elementy o zerowym resursie eksploatacyjnym. Pozostałe elementy struktury funkcjonalnej urządzenia pracują nadal, posiadając dotychczasowy zasób pracy. W procesie analitycznym należy uwzględnić procentowy ubytek niezawodności funkcjonowania elementów, które nie zostały wymienione w procesie kolejnych operacji wymian profilaktycznych. Prowadzone prace przedstawione w [2] uwiadcniają, że urządzenie po okresie gwarancyjnym, przy zachowaniu dotychczasowej intensywności eksploatacji traci średnio na wartości niezawodności każdego z elementów o 10%, po dwóch latach eksploatacji o 18%, a po trzech latach eksploatacji o 25%. Wymienione wartości funkcji niezawodności powinny być uwzględnione w dynamicznej modyfikacji wskaźnika gotowości operacyjnej.

Uwzględniając wymienione uwarunkowania, procesy realizacji wymian profilaktycznych mają charakter dynamiczny, uwzględniający każdorazowo zmiany w wymienianych elementach struktury funkcjonalnej urządzenia. Zmiany te powinny być każdorazowo przeliczane po przeprowadzeniu operacji wymian elementów w trakcie obsługiwani czy napraw.

Proces dynamiczny wymian przedstawiony jest na rys. 4.



Legenda: 1,2,...n – etapy wymian profilaktycznych elementów urządzenia  
1',2',n' – rodzaje napraw urządzenia

**Rys. 4. Proces realizacji wymian profilaktycznych i napraw urządzenia**

Uwzględnienie procesu realizacji wymian profilaktycznych w trakcie obsługiwani technicznych i napraw powoduje utrzymywanie w gotowości sprzętu przy zoptymalizowanych łącznościach części zamiennych i materiałów eksploatacyjnych.

#### 4. Podsumowanie i wnioski

W artykule przedstawiono zasadnicze potrzeby i możliwości zabezpieczenia logistycznego systemów uzbrojenia. Potrzeby te nie ujmują nomenklatur ilościowych sprzętu, lecz jego możliwości utrzymywania na wysokim poziomie gotowości operacyjnej.

Wskaźnikiem wymienionej gotowości jest wskaźnik definiowany jako prawdopodobieństwo realizacji planowanych zadań przez urządzenie w określonym przedziale czasu. Ustalona wartość tego wskaźnika powoduje potrzebę prowadzenia wymian profilaktycznych i napraw sprzętu, a to staje się powodem zabezpieczenia w zestawy części zamiennych i materiałów eksploatacyjnych. W wyniku realizacji pracy powinna nastąpić:

1. Modyfikacja dotychczasowych ustaleń dotyczących procesu planowania i realizacji obsługiwani technicznych i napraw z uwzględnieniem wymaganego stopnia gotowości operacyjnej sprzętu.
2. Zmniejszenie nakładów na proces zabezpieczenia wymaganej gotowości sprzętu i zmiana w filozofii gromadzenia zasobów materiałowych do zabezpieczenia procesu obsługiwani i napraw.
3. Modyfikacja aktualnego zaplecza aparaturowego ukierunkowana na uszczuplone procesy obsługowo-naprawcze analizowanego sprzętu.

#### Literatura:

- [1] J. Figurski, *Ekonomika logistyki*, WAT 2011;  
[2] D. Ampuła, *Rozprawa doktorska*, ITWL 2006.