

ROLA LOGISTYKI W ASPEKCIE ZABEZPIECZENIA FUNKCJONOWANIA SYSTEMÓW UZBROJENIA I TECHNIKI WOJSKOWEJ

Streszczenie: W artykule przedstawiono zadania procesu logistycznego przewidziane do realizacji w procesie eksploatacji systemów uzbrojenia i techniki wojskowej. Zadania te rozkładają się na poszczególne rodzaje podsystemów, ich realizacja przyczynia się do utrzymania wymaganego poziomu gotowości technicznej i operacyjnej systemu uzbrojenia.

1. Wstęp

W procesie eksploatacji uzbrojenia i techniki wojskowej używane jest pojęcie systemu. Otóż pod tym pojęciem rozumie się zbiór rodzajów i typów sprzętu uzbrojenia i środków bojowych oraz wzajemne ich współdziałanie w celu wykonywania zadań przypisanych dla tego systemu. Zadania przypisane dla systemu uzbrojenia wyrażają się utrzymaniem wymaganego poziomu gotowości technicznej i operacyjnej definiowanej za pomocą stosownych wskaźników. Wymienione systemy, w celu utrzymania ich wymaganych gotowości muszą mieć zapewnione niezbędne wspomaganie logistyczne. Wspomaganie to definiowane jest za pomocą systemu logistycznego S_L w sposób następujący.

$$S_L = \langle P_L, I_L \rangle \quad (1)$$

gdzie:

P_L – procesy wymagające wsparcia logistycznego

I_L – infrastruktura zabezpieczająca procesy logistyczne I_L

Do procesów wymagających zabezpieczenia logistycznego należą: broń małokalibrowa, sprzęt artyleryjski, raketowy i radiolokacyjny będący w gestii techniki uzbrojenia. Zabezpieczenie logistyczne wymienionych podsystemów powinno tak funkcjonować by wskaźnik efektywności każdego podsystemów i wskaźnik uogólniony $Q(t)$ przybierał wartości maksymalne zgodnie z zależnością.

$$Q(t) + \max R(t) \cap \max J(t) \cap \min T(t) \cap \min K(t) \quad (2)$$

gdzie :

$R(t)$ – różnorodność dystrybucyjna materiałów i środków bojowych do systemów uzbrojenia

$J(t)$ – jakość (niezawodność) materiałów i środków bojowych do zabezpieczenia funkcjonowania systemów

$T(t)$ – czas dystrybucji materiałów i środków bojowych do systemów uzbrojenia

$K(t)$ – koszty funkcjonowania zabezpieczenia logistycznego.

Wyrażenie postaci (2) stanowi postać logiczną udziału poszczególnych systemów w ogólnej postaci wskaźnika $Q(t)$.

2. Istota zabezpieczenia logistycznego

Dystrybucja materiałów i logistycznych środków bojowych powinna dotyczyć tych materiałów i środków, które spełniają wymagane parametry normatywne. Zanim nastąpi wymagana dystrybucja następuje sprawdzanie parametrów technicznych i w przypadku ich zgodności z wymaganiami następuje ich dostarczenie do odbiorcy.

2.1. Sprawdzenie parametrów broni strzeleckiej, hełmów i kamizelek osobistych

Broń strzelecka i produkowana dla niej amunicja pozyskiwane są z polskiego przemysłu zbrojeniowego. Zanim wyroby te trafią do procesu eksploatacji u użytkownika ich parametry sprawdzane są w laboratorium specjalistycznym WITU poprzez porównanie parametrów uzyskanych w wyniku strzelania z parametrami uznanymi za normatywne. W procesie badawczym sprawdzane są następujące parametry:

- a) w zakresie broni strzeleckiej
 - ogólny wygląd broni i jej dokumentacji produkcyjnej;
 - niezawodność działania broni strzeleckiej rozumiana jako dopuszczalna liczba uszkodzeń (zacięć) w ustalonej liczbie strzałów;
 - dopuszczalny czas strzelania oraz szybkostrzelność badanej broni.
- b) w zakresie amunicji
 - badanie niezawodności działania poszczególnych rodzajów i typów amunicji z uwzględnieniem uwarunkowań temperaturowych;
 - wyznaczenie funkcji niezawodności i funkcji zawodności badań amunicji na podstawie liczby jej uszkodzeń;
 - badanie stopnia uszkodzenia amunicji i ustalenie dopuszczalnej wartości średniej uszkodzeń w ustalonej liczności (partii).
- c) w zakresie hełmów i kamizelek kuloodpornych.

Proces badania hełmów odbywa się zgodnie z normą PN-V-67001 i powinny być odporne na uderzenia pocisku z broni strzeleckiej oraz na odłamki. Natomiast kamizelki kuloodporne badane są zgodnie z normą PN-V-87000. Kamizelki powinny być odporne na pociski z broni strzeleckiej, odłamki pocisków i bomb.

W procesie badania hełmy dzielone są na trzy klasy odporności: klasa A, B, C. W klasach tych badania prowadzone są poprzez ich ostrzeliwanie pociskami o prędkościach $400 < V < 680$ [m/s]. W każdym wymienionych prędkościach, po uderzeniu pocisku ugięcie hełmu nie powinno być przekraczać 20mm. Jest to wgłębienie bezpieczne z punktu widzenia jego użytkownika (żołnierza). Parametry hełmów podlegających badaniom zestawiono w tabeli nr 1.

Tabela 1

Klasa odporności hełmów	Prędkość pocisku [m/s]	Ugięcie w [mm]
A	$400 < V < 500$	$U_g \leq 20$
B	$560 < V < 600$	$U_g \leq 20$
C	$600 < V < 680$	$U_g \leq 20$

Parametry przedstawione w tabeli nr 1 dotyczą hełmów nowo wyprodukowanych. Hełmy eksploatowane ze względu na ich czasokres użytkowania powinny być okresowo poddawane stosownym badaniom parametrycznym.

Podobnie jak w przypadku hełmów odbywa się proces badawczy kamizelek kuloodpornych. W wyniku ich ostrzeliwania bronią małokalibrową dokonuje się pomiaru wartości uszkodzenia (wgłębienia przestrzeliny) i po porównaniu z dopuszczalnymi wartościami normatywnymi, wydawane są decyzje co do użyteczności okresowych partii kamizelek. Wymagania odpornościowe badanych kamizelek przedstawiono w tabeli nr 2.

Tabela 2

L.p.	Klasa odporności kamizelek	Rodzaj broni	Masa pocisku [g]	Masa pocisku [g]	Prędkość uderzenia pocisku[m/s]	Liczba trafień [szt.]	Dopuszczalna głębokość wgięć [mm]
1.	1	9mm pistolet P-64	9 mm pocisk małokalibrowy z rdzeniem ołowianym	6	300	4	40
2.	2	9mm pistolet Glauberyt	9 mm pocisk parabellum z rdzeniem ołowianym	6	358	4	40
3.	3	7,62 mm pocisk z rdzeniem ołowianym	7,62 mm pocisk wz 33 TT	6,5	420	4	40
4.	4	7,62 mm pocisk PS	7,62 mm kbk AKM	7,9	710	4	40
5.	5	7,62 mm pocisk BZ	7,62 mm kbk AKM	7,7	725	1	40

Pomierzone parametry dotyczące dopuszczalnych głębokości wgięć wymagają ciągłego potwierdzania w procesie użytkowania kamizelek z uwagi na zachodzące procesy starzeniowe. Z uwagi na znaczącą liczbę eksploatowanych kamizelek w wojsku MSWiA oraz prywatnych użytkowników i znaczącej liczby (~ 20%) corocznie wycofywanych z użytkowania, zachodzi potrzeba ich ciągłego monitorowania (badania) w celu udokumentowania ich przydatności.

2.2. Sprawdzanie parametrów artyleryjskich środków bojowych

Rakietowe środki bojowe – ich parametry sprawdzane są w warunkach dynamicznych na poligonie w Drawsku Pomorskim. W procesie badawczym sprawdzane są:

- parametry lotu pocisku do punktu trafienia (celu), parametry lotu rejestrowane są za pomocą teodolitów, które rejestrują czasy międzylotów pocisków;
- niezawodność działania badanych pocisków rakietowych i wyznaczenie na podstawie liczby zaobserwowanych uszkodzeń funkcji niezawodności (zawodności);
- oceny jakości konstrukcyjnej pocisków i stopnia przygotowania do strzelania bojowego

Procesom badawczym podlegają:

- badania strzelaniem do imitatora, celu powietrznego rakiet przeciwlotniczych kierowanych, krótkiego zasięgu cechujących się:
 - maksymalnym zasięgiem skutecznym – do 6 km;
 - zasięgiem maksymalnym (w locie balistycznym) – do 14 km;
 - sektorem rozrzutu w locie kierowanym (przy zasięgu

- maksymalnym lotu balistycznego 14 km) mierząc od kierunku startu obiektu - $\pm 35^\circ$;
- pułapem - do 10 km;
- przyspieszenia w początkowej fazie startu - do 300 m/s^2 ;
- maksymalna prędkość lotu - do 600 m/s;
- wymagany parametr lotu celu, przy strzelaniu raketami do celu na kursach pościgowych, w stosunku do stanowiska startowego - od 400 do 2000 m;
- wymagany parametr lotu celu, przy strzelaniu raketami do celu na kursach spotkaniowych, w stosunku do stanowiska startowego - od 1500 do 2000 m;
- b) badania strzelaniem raketami przeciwlotniczymi małego zasięgu do stacjonarnych tarcz-celów (odległość do celu od stanowiska startowego 2000 m, wysokość zawieszenia celu do 12 m);
- c) badania w strzelaniu do celu przeciwpancernymi pociskami kierowanymi (zasięg strzelania do 4 km);
- d) badania strzelaniem niekierowanym oraz pocisków artyleryjskich cechujących się:
 - zasięgiem maksymalnym - do 13 km;
 - pułapem - do 10 km;
 - przyspieszenia w początkowej fazie startu - do 300 m/s^2 ;
 - maksymalna prędkość lotu - do 500 m/parametrów;
- e) badania w locie i określenie parametrów lotu obiektów latających typu:
 - samoloty, śmigłowce;
 - bomby lotnicze (zrzucane parametrów samolotów);
 - inne obiekty.

Dokładność określania:

- odległość minięcia, przy odległościach od KFT - do 5 km: $\leq 15 \text{ cm}$;
- współrzędnych, przy odległościach od KFT - 5 km: $\leq 30 \text{ cm}$.

2.3. Sprawdzanie parametrów środków bojowych po długoletnim składowaniu

Proces sprawdzania parametrów środków bojowych po długoletnim składowaniu jest procesem złożonym i odpowiedzialnym z uwagi na problem bezpieczeństwa eksploatacji. Złożoność badawcza polega na tym, że procesom oceny parametrycznej podlegają wszystkie elementy składowe badanego środka bojowego i dopiero iloczyn logiczny uzyskanych wartości staje się podstawą do wydania pozytywnej oceny do dalszej eksploatacji. Tak więc ocena stanu technicznego ST wyróżnionego środka technicznego dokonywana jest według zależności

$$S_T = S_{TS} \cap S_{TE} \quad (3)$$

gdzie:

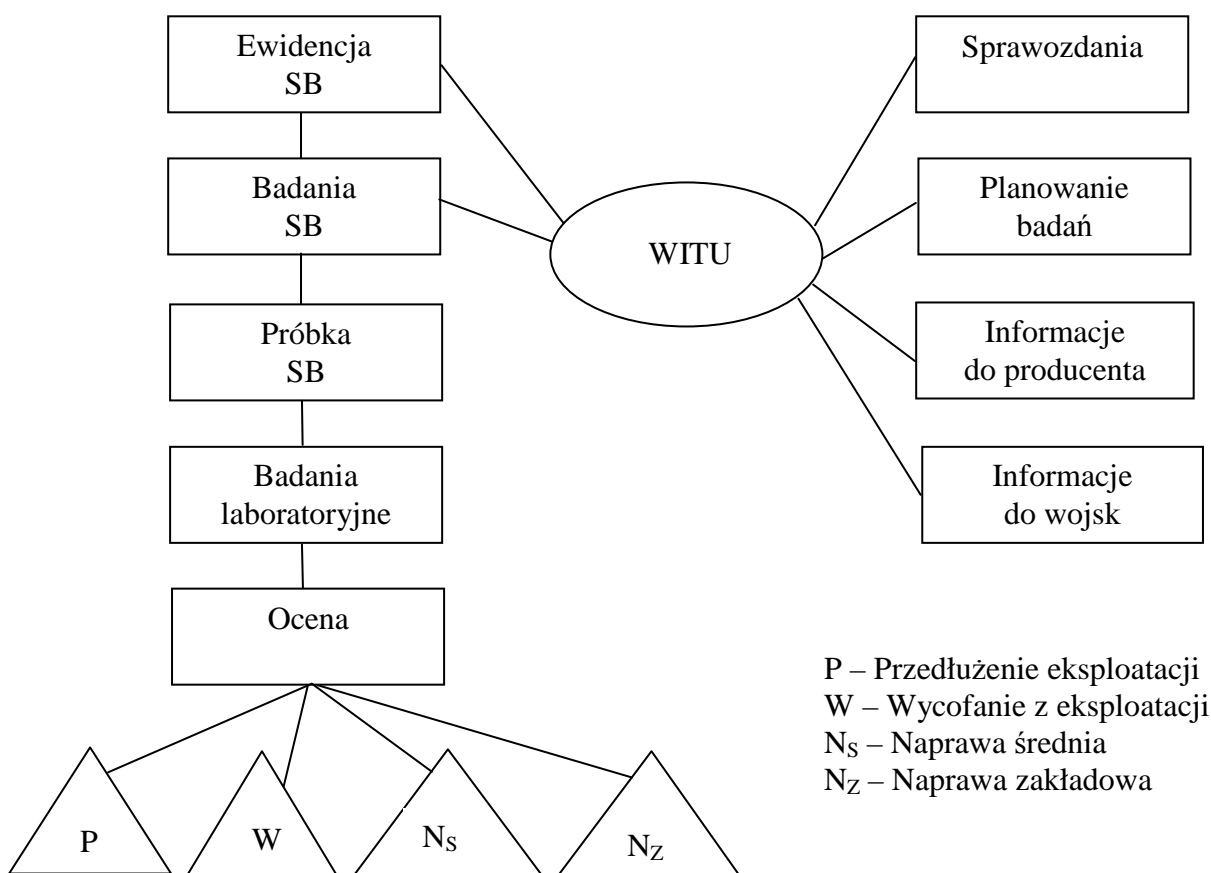
S_{TS} – stan techniczny badanego środka bojowego

S_{TE} – stan techniczny jego elementów

Badania elementów środków bojowych odbywają się za pomocą specjalistycznej aparatury laboratoryjnej.

Z uwagi na wielorakość elementów środków bojowych, przydatność do dalszej eksploatacji podzielono te środki na pięć klas A,B,C,D,E i w zależności od liczby cech wadliwych badany środek bojowy klasyfikowany jest do określonych rodzajów napraw, wycofania z eksploatacji bądź przedłużany jest jego czas dalszej eksploatacji. Cały proces

pozyskiwania środków bojowych do badań parametrycznych odbywa się według schematu przedstawionego na rys. nr 1



Rys. 1.

Wyniki badań parametrycznych poszczególnych elementów środka bojowego (jako reprezentanta populacji danego typu środków) dają podstawę do wyznaczenia intensywności uszkodzeń λ_U . Intensywność tą wyznacza się jako stosunek liczby C – cech wadliwych badanego środka bojowego do czasu t jego eksploatacji. Wyrażenie na intensywność uszkodzeń opisywana zależnością:

$$\lambda_U = \frac{C}{t} \quad (4)$$

Wyrażenie (4) może być wykorzystane do oszacowania rozkładu występującego uszkodzenia. Przyjmując założenie że proces uszkodzeń ma charakter wykładniczy, wówczas funkcja niezawodności badanego środka bojowego przyjmuje postać:

$$R(t) = e^{-\lambda_U \cdot t} \quad (5)$$

Wyrażenie postaci (5) może być wykorzystywane do wyznaczania funkcji prognozy wartości niezawodności badanego środka bojowego. Należy zauważyć, że wraz ze wzrostem czasu eksploatacji środka bojowego t (według wyrażenia 5) jego funkcja niezawodności maleje. Malejąca wartość funkcji niezawodności staje się podstawą do nowego ujęcia procesu prognozowania.

Wymienione nowe podejście prognostyczne polega na tym że:

1. Użytkownik środków bojowych (raket) ustala (w postaci wymagań) wartości funkcji niezawodności $R_U(t)$ poszczególnych środków bojowych za pomocą nierówności

$$R_U(t) \geq 1 - \beta_U \quad (6)$$

Uwzględniając wyrażenie (5), wymaganie użytkownika przyjmuje postać

$$R_U(t) = e^{-\lambda_U t} \geq 1 - \beta_U \quad (7)$$

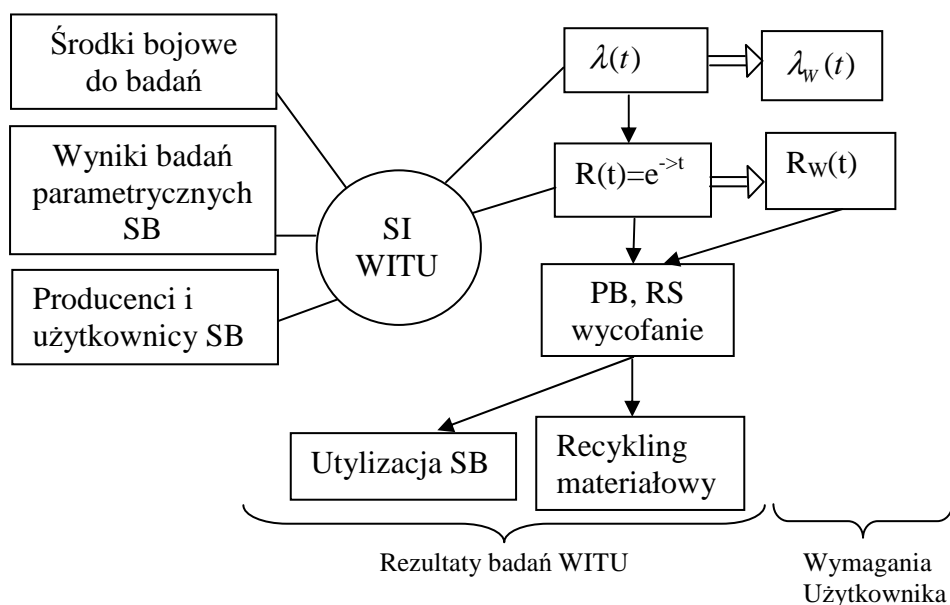
gdzie:

β_U – ustalona przez użytkownika wartość o postaci $1 \geq \beta \geq 0$. Wyrażenie postaci (7) może dotyczyć konkretnej wartości funkcji niezawodności środka bojowego. Przyjmując wartość $R_U(t) = 0,9000$ w ciągu 5 lat dla ustalonego środka bojowego, wówczas wymaganie to rozkłada się na poszczególne elementy składowe środka. Wówczas producenci środków bojowych są zobowiązani do produkcji elementów o wysokiej niezawodności.

2. W procesie badawczym WITU byłyby wyznaczana funkcja niezawodności $R_U(t)$ i porównywana z funkcją wymaganą przez użytkownika. W przypadku zaniżania wartości funkcji środek bojowy byłby kierowany do określonego rodzaju remontu czy obsługiwań technicznych.
3. Rola WITU uzyskałaby wyższy nowoczesny status wyznaczania funkcji niezawodności i ciągłego monitorowania istniejącego stanu niezawodności i porównywania z wymaganiami użytkownika.

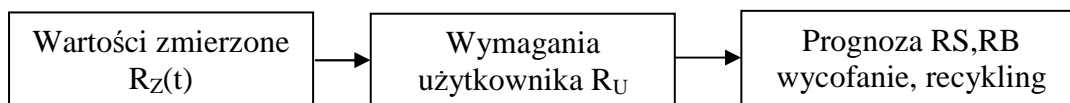
Koncepcja informatyczna systemu.

Badania parametryczne systemów wyszczególnionych w punkcie 2 są rejestrowane na użytek opracowania wyników sprawozdawczych. Wydaje się celowym, by informacje o wynikach badań były oprócz sprawozdań przekazywane do systemu badań środków bojowych funkcjonujących w WITU. W konsekwencji w trybie późniejszym badane środki będą podlegały procedurom przewidzianym dla środków przechowywanych. Wcześniejsza ewidencja badanych środków pozwoli na wypracowanie ich funkcji niezawodności a w konsekwencji ich zakwalifikowanie do określonych rodzajów remontów i wycofania z użytkowania. Zmodyfikowany system oceny stanu technicznego środków bojowych przedstawiono na rys. 2. Należy zauważyć, że dotychczasowy proces badań laboratoryjnych środków bojowych nie ulegnie zmianie. Badania te są konieczne z uwagi na potrzebę wyznaczania intensywności uszkodzeń λ i funkcji niezawodności $R(t)$



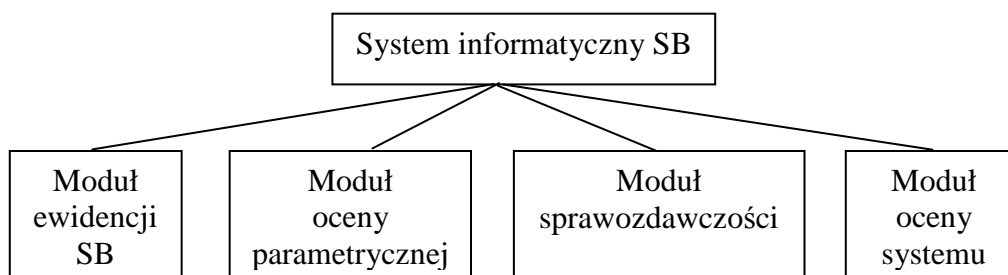
Rys.2. Zmodyfikowany schemat badania środków bojowych

W rezultacie funkcjonowania systemu uzyskuje się zmodyfikowaną koncepcję programowania prac obsługowo-naprawczych według relacji (rys.3.).



Rys.3. Prognozowanie prac obsługowo-naprawczych

Funkcjonowanie procesu badań środków bojowych i ocena ich parametrów możliwa jest przy funkcjonowaniu zmodyfikowanego systemu informatycznego, którego koncepcję przedstawiono na rys. 4.



Rys.4. Moduły systemu informatycznego

W module ewidencji identyfikowane są:

- ewidencja środków bojowych (nazwa, typ, rok produkcji, producent itp.);
- parametry środków bojowych (wartości katalogowe);
- parametry normatywne SB;
- producenci SB;
- użytkownicy SB.

Należy zauważyć, że im więcej czynników będzie umiejscowionych w module ewidencji tym więcej informacji będzie mogło być wyemitowane w następnych modułach informatycznych.

W module oceny parametrycznej następuje:

- wyznaczanie wartości intensywności uszkodzeń $\lambda(t)$;
- wyznaczanie wartości funkcji niezawodności $R(t) = e^{-\lambda t}$ środków bojowych;
- porównywanie wyznaczonej wartości funkcji $R(t)$ z zadaną (wymaganą) wartością funkcji niezawodności;
- modyfikacja rzeczywistej wartości funkcji niezawodności poprzez kierowanie środków bojowych do naprawy średniej, , naprawy zakładowej czy wycofanie z procesu eksploatacji.

W module sprawozdawczości są realizowane:

- sprawozdania z wykonanych prac z obszaru wyznaczania funkcji niezawodności środków bojowych;
- sprawozdania do odbiorców z obszaru zarządzania i produkcji środków bojowych;
- sprawozdania ilościowe i jakościowe za wybrane typy środków bojowych, o ilości wprowadzonych do wojsk środków oraz o ich wycofaniu z procesu eksploatacji;
- sprawozdania o liczbie i typach środków bojowych, które zostały poddane recyklingowi bądź utylizacji.

W module oceny systemu następuje:

- ocena podatności badawczej środków bojowych rozumianej jako stosunek przebadanych środków w skali roku do możliwych do przebadania;
- ocena czasu realizacji badań środków bojowych w stosunku do oczekiwanego czasu badań;
- ocena wskaźnika gotowości badawczych środków bojowych rozumianych jako stosunek sprawnych środków (danego typu) do liczby środków będących w procesie badawczym i oczekujących na badania.

3. Podsumowanie i wnioski

W artykule przedstawiono koncepcję wykorzystania procesów logistycznych do zabezpieczenia wskaźnika efektywności systemu uzbrojenia i środków bojowych opisanych zależnością (2). Otóż by utrzymać wymagany poziom wskaźnika należy do środków walki (środków strzeleckich, artyleryjskich itd.) dostarczać amunicje i środki bojowe o wymaganym wskaźniku niezawodności. Zabezpieczenie tego wskaźnika wymaga prowadzenia badań sprawdzających parametry deklarowane przez producenta, a przewidziane w wymaganiach normatywnych. Informacje te odnoszą się do środków bojowych nowo produkowanych przez przemysł zbrojeniowy. W artykule przedstawiono uogólniony zestaw parametrów sprawdzanych i przypisanych broni strzeleckiej i amunicji, amunicji artyleryjskiej, hełmom i kamizelkom kuloodpornym. Pomiary parametrów wymienionych środków bojowych zostały wybrane przykładowo dla zilustrowania złożonych procesów badawczych ukierunkowanych na zabezpieczenie logistyczne systemów uzbrojenia i techniki wojskowej.

Analizując procesy badań parametrów środków bojowych po długoletnim składowaniu w celu przedłużenia ich używalności proponuje się procesy przedłużenia bądź kierowania do określonych rodzajów obsługiwań czy remontów realizować za pomocą wartości funkcji niezawodności w kontekście wartości wymaganych przez decydenta systemu.

Z uwagi na zróżnicowaną licznosc środków bojowych, w celu wnikliwego wyznaczenia ich parametrów ocenowych niezbędna jest potrzeba funkcjonowania systemu informatycznego.

Uwzględniając powyższe uwarunkowania wysuwa się następujące wnioski:

- 1) Efektywne funkcjonowanie systemów uzbrojenia wymaga wspomagania logistycznego w postaci dystrybucji środków bojowych o parametrach zgodnych z wymaganiami normatywnymi.
- 2) Sprawdzanie parametrów środków bojowych wymaga stosowania specjalistycznej aparatury i procedur metodycznych ujętych w instrukcji metodycznej.
- 3) W wyniku rozważań analitycznych przedkłada się propozycje modyfikacji metody przedłużania eksploatacji środków bojowych oraz ich kwalifikowania do określonego rodzaju napraw bądź wycofania z wojska, w oparciu o porównanie uzyskanych wartości funkcji niezawodności z wartościami ustalonymi przez użytkownika systemu.

Literatura

- [1] J. Figurski, Cybernetyka eksploatacji parku maszynowego, Ossolineum, Wrocław 1997.
[2] J. Figurski, Ekonomia logistyki, Warszawa 2009.