

MOŻLIWOŚCI MODERNIZACJI SYSTEMÓW UZBROJENIA WOJSK LĄDOWYCH W ASPEKcie WYMOGÓW LOGISTYKI

THE POSSIBILITIES OF MODERNIZATION OF LAND FORCES' ARMAMENT SYSTEMS IN TERMS OF LOGISTIC REQUIREMENTS

Jan FIGURSKI

jan.figurski@wat.edu.pl

Wojskowa Akademia Techniczna

Wydział Bezpieczeństwa, Logistyki i Zarządzania

Instytut Logistyki

Jerzy NIEPSUJ

jerzy.niepsuj@wat.edu.pl

Wojskowa Akademia Techniczna

Wydział Bezpieczeństwa, Logistyki i Zarządzania

Instytut Bezpieczeństwa i Obronności

Streszczenie: W artykule przedstawiono zasadnicze uwarunkowania zmierzające do prowadzenia prac modernizacyjnych systemów uzbrojenia eksploatowanych w wojskach lądowych. Jako kryterium modernizacji przyjęto uwarunkowania czasowe, niezawodnościowe oraz parametry funkcjonalne sprzętu eksploatowanego w armiach „strony przeciwnej”. W procesie tym uwzględniono również uwarunkowania związane z efektywnością prac modernizacyjnych rozumianych jako uzyskiwanie korzyści w odniesieniu do ponoszonych nakładów. Szczególną uwagę w procesie modernizacji poświęcono modernizacji wynikającej z funkcji niezawodności doskonałego systemu i jego gotowości do wykonywania zadań. Przedstawiono uwarunkowania modernizacyjne wynikające ze struktury szeregowej i równoległej. W końcowej części artykułu przedstawiono praktyczne potrzeby modernizacji broni strzeleckiej i wybranych typów broni artyleryjskiej, w tym raketowej. Proces modernizacji powinien być prowadzony w krajowym przemyśle obronnym (w rodzimym przemysłowym potencjale obronnym). Przemysł ten powinien dysponować nowoczesnymi technologiami modernizacyjnymi.

Abstract: The article presents the basic conditions for conducting modernization works on weapon systems used in the land forces. The time, reliability, and functional parameters of equipment used in the opposing party's armies were adopted as the criterion of modernization. In this process, the conditions related to the effectiveness of modernization work are understood as obtaining benefits concerning the expenditures. Special attention in the modernization process was paid to modernization resulting from the reliability function of the improved system and its readiness to perform tasks. Modernization conditions resulting from the serial and parallel structure were presented. In the final part of the article practical needs of

modernization of small arms and selected types of artillery weapons, including missiles, are presented. The modernization process should be carried out in the national defense industry (in the domestic industrial defense potential). This industry should have modern technologies of modernization.

Słowa kluczowe: system, modernizacja, uzbrojenie, logistyka

Keywords: system, modernization, armament, logistics

WSTĘP

Wymagania dotyczące potrzeby utrzymywania gotowości i niezawodności funkcjonalnej systemów uzbrojenia stanowią podstawę do utrzymywania tych systemów w pełnej dyspozycyjności funkcjonalnej (Figurski, 2009). Uwarunkowania czasowe i postęp techniczny powodują i dowodzą, że dysponowane systemy uzbrojenia wymagają ciągłego doskonalenia parametrycznego (jakościowego) (Polak, Telep, 2002). Prowadzone programowe procesy, np. obsługowo-naprawcze, nie do końca spełniają wymagania dotyczące oczekiwanych i wymaganych parametrów (Figurski, Zieliński, 2019).

W dysponowanym sprzęcie zachodzi zatem potrzeba doskonalenia parametrycznego. Doskonalenie to jest w pełni uzasadnione zarówno za względów funkcjonalnych, jak i ekonomicznych (Polak, 2011). Względy funkcjonalne uzasadniają, że dysponowany sprzęt będzie charakteryzował się parametrami porównywalnymi ze sprzętem strony przeciwnej. Za modernizacją przemawiają również uwarunkowania ekonomiczne (Figurski, Niepsuj, 2018).

Konstrukcja nowego sprzętu uzbrojenia wymaga znaczących nakładów w zakresie badawczo-rozwojowym, konstrukcyjnym, jak i produkcyjnym (Polak, 2010). Wyprodukowany system po upływie określonego czasu, w którym nie podjęto procesu jego modernizacji, traci na wartości bojowej i ekonomicznej (Polak, 2010). Stąd zachodzi potrzeba zastępowania eksploatowanego systemu nowym bądź zmodernizowanym.

Należy zauważyć, że większość krajów dysponujących systemami uzbrojenia kontynuuje procesy modernizacji. Kończą się one jednak po pewnym czasie z uwagi na procesy żywotności materialnej podstawowych układów funkcjonalnych (Figurski, Niepsuj, Ząbkowski, 2012; Polak, 2010).

1. METODY MODERNIZACJI

Uważa się, że program modernizacji systemów uzbrojenia powinien być na stałe priorytetowym programem – zadaniem funkcjonującym w Siłach Zbrojnych RP.

Metody modernizacji systemów uzbrojenia mają wielokryterialny charakter. Jako kryterium modernizacji przyjmuje się:

- uwarunkowania czasowe $U_c(t)$ systemu (rok produkcji),
- uwarunkowania niezawodnościowo-gotowościowe $U_n(t)$,

- uwarunkowania parametryczne $U_p(t)$,
- możliwości wykonawcze (ekonomia, przemysł) $U_e(t)$.

Wymienione parametry można zapisać w postaci funkcji celu $F_c(t)$:

$$F_c(t) = f(U_c(t)) \cap U_n(t) \cap U_p(t) \cap U_e(t) \Rightarrow \max \quad (1)$$

Wymienione parametry mają z natury funkcjonalne zróżnicowane funkcje wagowe wartości, które powinny być określone przez użytkowników systemu. Każdy z nich jednak wnosi swoje udziały do funkcjonowania eksploatowanego systemu.

Analizując uwarunkowania czasowe wpływające na proces modernizacji systemów uzbrojenia, zauważa się, że w procesie tym należy uwzględnić dwa podstawowe parametry obejmujące:

- wartość czasu wprowadzenia systemu do eksploatacji (ew. rok produkcji),
- wartość resursu (napracowania) systemu w procesie jego eksploatacji.

Wartości te opisywane są za pomocą wskaźnika gotowości w postaci:

$$W_g(t) = \frac{T_e(t)}{T_e(t) + T_w(t)} \quad (2)$$

Jak wynika z zależności (2), wartość gotowości systemu maleje z uwagi na wzrost wartości czasu $T_e(t)$ przeznaczanego na procesy obsługowo-naprawcze. Z wartością tego wskaźnika wiążą się licznosc procesu wzrastającego resursu (napracowania) oraz wartości wykonanej pracy opisanej zależnością:

$$L_p(t) = \sum Q(t) \cdot D(t) \quad (3)$$

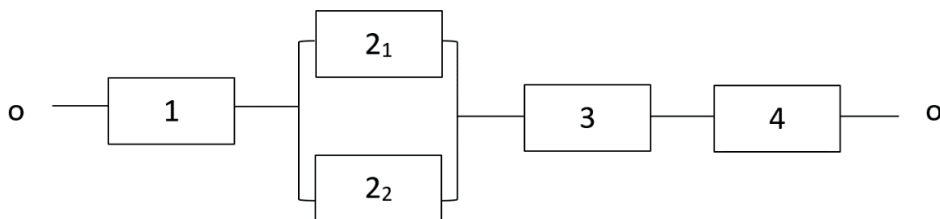
Z zależności (3) wynika, że wraz ze wzrostem czasu wzrasta wartość pracy wykonanej, w tym przemieszczonego ładunku $L_p(t)$ na odległość przez system, co wpływa na pomniejszanie jego gotowości punktowanej.

Powyższe rozważania pokazują, że wraz ze wzrostem czasu eksploatacji systemów spada ich stopień stosowalności, co przekłada się na spadek gotowości. W celu ich usprawnienia, zgodnie z przeznaczeniem, zachodzi zatem potrzeba prowadzenia prac modernizacyjnych.

Bardzo szczegółowym programem modernizacji systemów uzbrojenia jest program umożliwiający wykorzystanie uwarunkowań gotowościowo-niezawodnościowych. Stosowanie tych uwarunkowań polega na analizie struktur niezawodnościowych systemu i wyznaczaniu podsystemów, które nie spełniają uwarunkowań utrzymywania niezawodności bądź gotowości analizowanych systemów.

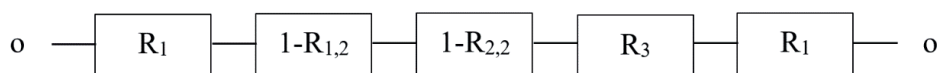
W procesie analitycznym wykorzystuje się najczęściej strukturę niezawodnościową szeregową, równoległą oraz strukturę mieszaną. Rozpatrywanie procesów strukturalnych jest konieczne ze względu na utrzymywanie analizowanych systemów

w wymaganej gotowości. Proces wyznaczania tej gotowości rozpatrywany jest na przykładzie szeregowo-równoległej struktury niezawodnościowej przedstawionej na rysunku 1.



Rys. 1. Szeregowo-równoległa struktura niezawodnościowa systemu
Źródło: Opracowanie własne

Proces obliczania niezawodności i gotowości systemu wygodniej jest przeprowadzać, sprowadzając strukturę szeregowo-równoległą do struktury szeregowej, przedstawionej na rysunku 2.



Rys. 2. Struktura szeregowa systemu
Źródło: Opracowanie własne

Jak wynika z rysunku 2, podsystemy 1, 2 ze struktury równoległej zostały zastąpione funkcją zawadności $Q(t)=1-R(t)$.

Zgodnie ze strukturą przedstawioną na rysunku 2 funkcja niezawodności systemu o strukturze szeregowej ma postać:

$$R_s(t) = R_1(t) \cdot (1 - R_1(t)) \cdot (1 - R_2(t)) \cdot R_3(t) \cdot R_4(t) \quad (4)$$

przy czym funkcja niezawodności w zależności (4) opisuje zależność:

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

Do wyznaczenia wartości poszczególnych podzespołów systemu potrzebne jest wyznaczenie intensywności uszkodzeń $\lambda(t)$ tych poszczególnych z zależności:

$$\lambda(t) = \frac{n(t)}{T} \quad (6)$$

przy czym $n(t)$ to liczba uszkodzeń analizowanych podzespołów w określonym przedziale czasu $T = 1,10\alpha$.

Przyjmując do dalszych obliczeń analitycznych wartości (liczby) uszkodzeń poszczególnych podzespołów systemu, otrzymuje się wartości intensywności ich uszkodzeń, które są wykorzystywane do wyznaczania funkcji niezawodności tych podzespołów i całego analizowanego systemu.

Przykładową licznosc uszkodzeń podzespołów systemu przedstawiono w tabeli nr 1.

Tabela 1. Licznosc uszkodzeń podzespołów systemu

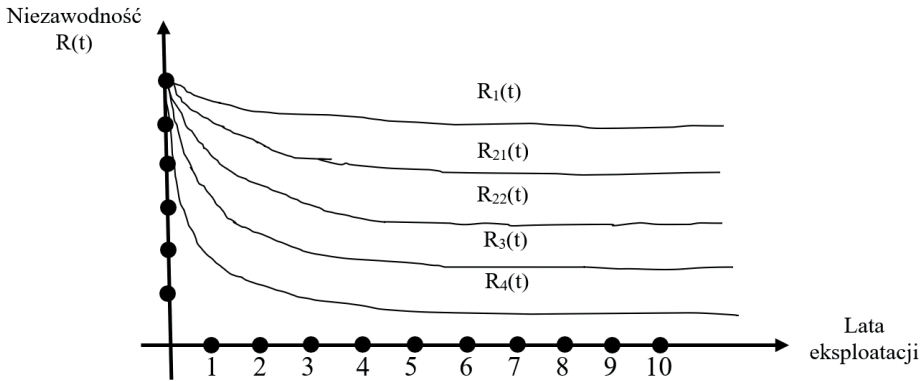
Lp.	Numer elementu	Liczba uszkodzeń	Intensywnosc $\lambda(t)$
1	$R_1(t)$	1	$\lambda_1(t) = \frac{1}{T}$
2	$R_{21}(t)$	2	$\lambda_{21}(t) = \frac{2}{T}$
3	$R_{22}(t)$	2	$\lambda_{22}(t) = \frac{2}{T}$
4	$R_3(t)$	3	$\lambda_3(t) = \frac{3}{T}$
5	$R_4(t)$	4	$\lambda_4(t) = \frac{4}{T}$

Źródło: Opracowanie własne

Dysponując wartościami funkcji niezawodności przedstawionymi w tabeli nr 1, wyznacza się wartości funkcji niezawodności podzespołów i całego systemu. Funkcja niezawodności przybiera postać zgodnie z zależnością:

$$R_s(t) = R_1(t) e^{-\lambda_1(t)} \cdot (1 - R_{21}(t) e^{-\lambda_{21}(t)}) \cdot (1 - R_{22}(t) e^{-\lambda_{22}(t)}) \cdot R_3(t) e^{-\lambda_3(t)} \cdot R_4(t) e^{-\lambda_4(t)} \quad (7)$$

Jak wynika z zależności (7), przy uwzględnieniu wartości intensywności uszkodzeń $\lambda(t)$, najmniejszą wartością funkcji niezawodności charakteryzują się podzespoły $R_3(t)$ i $R_4(t)$. Charakteryzują się one największą licznoscia uszkodzeń, a tym samym najmniejszą funkcją niezawodności. Podzespoły te stanowią podstawę do prowadzenia prac modernizacyjnych analizowanego systemu. Charakter przebiegu funkcji niezawodności systemu przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Charakterystyka funkcji niezawodności systemu i jego elementów
Źródło: Opracowanie własne

Z przeprowadzonej analizy wynika potrzeba prowadzenia prac modernizacyjnych systemu, uwzględniając fakt, że wyznaczona wartość funkcji niezawodności $R_s(t)$ postaci (7) nie powinna być mniejsza od ustalonej przez decydenta systemu wartości zgodnie z zależnością:

$$R_s(t) \leq 1 - \beta_s(t) \quad (8)$$

gdzie:

$$\beta_s(t) = \overline{0,1}$$

Z zależności (8) wynika, że wraz ze wzrostem czasu eksploatacji systemu wzrasta wartość liczby $\beta_s(t)$, co skutkuje zmniejszaniem się wartości funkcji niezawodności $R_s(t)$, a zatem potrzebą prowadzenia prac modernizacyjnych.

Przed przeprowadzeniem prac modernizacyjnych systemu należy prowadzić prace obsługowo-naprawcze. Prace te uwzględniają uzyskane wartości intensywności uszkodzeń $\lambda(t)$. Uzyskane rezultaty wykorzystano i przedstawiono w tabeli 1.

W procesie obsługi technicznego powinny uczestniczyć podzespoły nr 1, 2₂₁, 2₂₂, natomiast podzespoły nr 3, 4 powinny podlegać procesom naprawczym.

- Proces modernizacji systemów uzbrojenia metodą oceny niezawodności powinien być wspomagany funkcjonowaniem informatycznego systemu zarządzania. W systemie tym zazwyczaj funkcjonują moduły informatyczne uwzględniające procesy ewidencji systemów i ich elementów, procesy planowania materiałowego, sprawozdawczości funkcjonalnej oraz oceny niezawodności i gotowości technicznej systemu. Funkcjonujący system informatyczny, w oparciu o wyliczane na bieżąco wskaźniki dotyczące intensywności uszkodzeń i niezawodności, będzie przedstawiał propozycje dotyczące prac obsługowo-naprawczych i modernizacji systemów.

- W kolejnym kryterium modernizacji systemów dotyczących uwarunkowań parametrycznych zauważa się procesy modernizacyjne „strony przeciwnej”. Podejmowane są w oparciu o rezultaty analizy parametrów sprzętu, który jest na wyposażeniu „strony przeciwnej”. Uwarunkowania te opisuje się zależnością:

$$\{P_p(t)\}_1^n \geq \{P_w(t)\}_1^n \quad (9)$$

- Z zależności (9) wynika, że wartość zbioru parametrów uwarunkowanego systemu $P_p(t)$ „strony przeciwnej” znacznie przewyższa wartości zbioru parametrów naszego systemu. Wówczas należy bezwzględnie podejmować prace dotyczące modernizacji dysponowanych systemów. Prace te należy prowadzić wyprzedzająco, nie czekając, aż wartości analizowanych parametrów będą porównywalne.
- Prace modernizacyjne analizowanych systemów powinny być poprzedzone pogłębioną analizą wykonawczą. Proces modernizacji systemów, a szczególnie ich faza początkowa, powinien być poprzedzony pogłębioną analizą dotyczącą efektywności funkcjonalnej, możliwości wykonawczych w krajowym przemyśle obronnym. Ocena efektywności funkcjonalnej powinna zmierzać do wyjaśnienia, jakie korzyści będą notowane z tytułu opracowania i wdrożenia systemu. Ocena efektywności funkcjonalnej opisywana jest za pomocą zależności $E(t)$ w postaci:

$$E(t) = \frac{K(t)}{N(t)} \geq 1 \quad (10)$$

Korzyści $K(t)$ uzyskiwane z planowanej modernizacji systemu rozumiane są poprzez planowanie wartości wskaźnika gotowości $Wg(t)$, jaki będzie uzyskiwał zmodernizowany system. Gotowość ta jest rozszerzana na wartości parametrów użytkowych porównywalnych z parametrami „strony przeciwnej”. Uzyskiwane korzyści powinny być znacznie większe od wartości poniesionych nakładów $N(t)$ wynikających z prac (B + R + W). W praktyce należy dążyć do tego, aby wartość wskaźnika była znacznie większa od jedności. W procesie realizacji procesów modernizacji (i) należy dążyć do jego realizacji przede wszystkim w krajowym przemyśle obronnym.

2. POTRZEBY MODERNIZACJI

Stosując kryteria i metodyki modernizacji przedstawione w punkcie nr 1, przedkłada się propozycje prowadzenia prac modernizacyjnych systemów uzbrojenia eksploatowanych w Siłach Zbrojnych RP:

- W zakresie modernizacji broni strzeleckiej (Mierczyk, 2008).

Broń strzelecka będąca na wyposażeniu Sił Zbrojnych RP jest w miarę nowoczesna. Jednak uwarunkowania czasowe powodują w obliczu uwarunkowań konkurencyjnych, że zachodzi potrzeba jej doskonalenia. Doskonalenie to powinno być ukierunkowane na zagadnienia zmniejszające gabaryty wymiarowe, ciężarowe i niezawodność funkcjonowania. Żołnierz dysponujący bronią na polu walki ma na swoim wyposażeniu dodatkowe oprzyrządowanie z obszaru zabezpieczenia chemicznego, inżynieryjno-saperskiego czy kwatermistrzowskiego. Wyposażenie to powoduje dodatkowe obciążenie, co skutkuje zmniejszeniem sprawności funkcjonalnej walczącego żołnierza. Zatem każde zmniejszenie wagowe obciążenia, w tym broni strzeleckiej, jest bardzo wskazane. Być może należy rozważyć konstrukcję z większym stopniem wykorzystania nowoczesnych materiałów konstrukcyjnych. Ponadto istotnym zagadnieniem jest ciągłe doskonalenie niezawodności funkcjonalnej użytkowanej broni. Broń strzelecka wykorzystywana jest w zróżnicowanych warunkach klimatyczno-terenowych, o dużym zakresie temperaturowym i zmiennym zapyleniu, co może powodować zmniejszanie wskaźnika niezawodności funkcjonalnej.

- W zakresie modernizacji sprzętu raketowego (Figurski, Niepsuj, 2018).

Jako przykład potrzeby modernizacji przedkłada się system artyleryjsko-raketowy WR-40 Langusta.

Stosując procesy analityczne przedstawione w punkcie nr 1 oraz potrzebę modernizacji należy przedstawić strukturę niezawodnościową systemu, która przybiera postać struktury niezawodnościowej szeregowej. Wśród elementów (podzespołów) tej struktury wyróżnia się:

- część artyleryjsko-raketową,
- pocisk raketowy,
- system kierowania ogniem.

W trakcie strzelania pociskami Feniks dochodzi do niekorzystnej reakcji chemicznej powstających spalin z częścią metalową luf artyleryjskich. Dochodzi do powstawania wżerów metalicznych luf wyrzutni, co odbija się na celności strzelania. Zachodzi zatem potrzeba korygowania jakości materiału napędowego pocisku, najlepiej rozwiązaniem neutralnym.

W ostatnim czasie dokonano korekty konstrukcyjnej pocisku, jednak nie przystosowano go do nowoczesnego systemu kierowania. Należy podjąć działania, aby pociski wystrzelwane z wyrzutni były prowadzone do celu w wiązce radiolokacyjnej. Dzięki temu prowadzeniu nastąpiłoby zwiększenie celności strzelania oraz podstawy skuteczności ogniowej. Również system kierowania ogniem wyrzutni raketowej wymaga korekty zmierzającej do wprowadzenia danych do strzelania bez kontaktu z wyrzutnią. Zapewni to poprawę bezpieczeństwa strzelania i wzrost reakcji ogniowej.

- Procesu doskonalenia wymaga także mózdzierz samobieżny Rak. Wykorzystując uwarunkowania modernizacyjne przedstawione w punkcie 2, proponuje się, by w procesie modernizacji zwiększyć szybkostrzelność systemu, zasięg rażenia celów oraz skrócić czas realizacji ogniowej. Uwzględniając przedstawioną metodykę modernizacji, procesowi temu należy poddać 27 rodzajów broni strzeleckiej, 7 granatników oraz działo bezobrotowe Carl Gustaw M3. W zakresie broni artyleryjskiej proces modernizacji powinien obejmować 21 typów, w zakresie broni raketowej 9 typów, wozów bojowych 10 rodzajów oraz w zakresie amunicji 6 rodzajów.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W artykule przedstawiono metodykę, potrzeby i uwarunkowania zmierzające do podejmowania i prowadzenia procesu modernizacji sprzętu uzbrojenia eksploatowanego w wojskach lądowych. Prowadzenie modernizacji jest podyktowane potrzebą doskonalenia parametrów eksploatowanych systemów z uwagi na uwarunkowania czasowe oraz prace prowadzone przez specjalistów „strony przeciwnej”. W modernizacji należy uwzględnić uwarunkowania parametryczne armii państw NATO. Potrzeba realizacji procesów modernizacyjnych wynika również z faktu, że większość państw w pierwszej kolejności prowadzi prace modernizacyjne, a dopiero po wyczerpaniu procesów trwałości podejmuje prace konstrukcyjne nad nowymi systemami (Figurski, Niepsuj, 2018).

Z przeprowadzonej w artykule analizy wynikają następujące wnioski:

- W procesie modernizacji należy wykorzystać metody uwzględniające uwarunkowania czasowe, niezawodnościowo-funkcjonalne, ekonomiczne oraz możliwości produkcyjne krajowego przemysłu obronnego. Należy również uwzględnić możliwości eksportowe zmodernizowanych systemów.
- W pracach modernizacyjnych celowym jest stosowanie uwarunkowań gotowościowo-niezawodnościowych przez rozważenie struktur niezawodnościowych będących podstawą do oceny niezawodności i zawodności funkcjonalnej. Typowe struktury niezawodnościowe to struktura szeregową, równoległą i mieszana.
- W procesie modernizacji celowym jest korzystanie z wartości niezawodności podzespołów wchodzących w skład eksploatowanego systemu. Wartości te powinien zapewnić producent eksploatowanego systemu.

LITERATURA

- [1] FIGURSKI, J. (2009). Informatyczny system eksploatacji wyposażenia indywidualnego żołnierza (kamizelek, hełmów). *Systemy Logistyczne Wojsk*, (35), 91-99.
- [2] FIGURSKI, J. (2009). Informatyczny system oceny kosztów w cyklu życia uzbrojenia i sprzętu wojskowego. *Systemy Logistyczne Wojsk*, (35), 79-90.

- [3] FIGURSKI, J., & NIEPSUJ, J. (2017). Ocena niezawodności szkolenia specjalistów logistyki na przykładzie systemu raketowego „Homar”. *Gospodarka Materiałowa i Logistyka*.
- [4] FIGURSKI, J., & ROGOWSKI, B. (2015). Uwarunkowania normalizacyjne eksploatacji uzbrojenia i sprzętu wojskowego. *Problemy Techniki Uzbrojenia*, 44(134), 59-78.
- [5] FIGURSKI, J., KOCHAŃSKI, T., NIEPSUJ, J. (2019). *Ekonomika logistyki – część 6: Ćwiczenia*. Warszawa; Wojskowa Akademia Techniczna.
- [6] FIGURSKI, J., NIEPSUJ, J. (2018). *Systemy wspomagające logistyki*. Warszawa: Wojskowa Akademia Techniczna. 247-275.
- [7] FIGURSKI, J., NIEPSUJ, J. (2018). *Technological Problems of State Security: Conditions for Their Solution*, in: *Challenges and Threats to the Security and Defense of Poland in the 21st Century*. Edited by Zenon Trejnis, Warsaw: Oficyna Wydawnicza ASPRA-JR, 209-228.
- [8] FIGURSKI, J., NIEPSUJ, J. (2018). *Technologiczne problemy bezpieczeństwa państwa – uwarunkowania dotyczące ich rozwiązywania*. w: *Wyzwania i zagrożenia bezpieczeństwa i obronności RP w XXI wieku w wymiarze społecznym, technologiczno – środowiskowym*. Warszawa: Oficyna Wydawnicza ASPRA-JR, 225-247.
- [9] FIGURSKI, J., NIEPSUJ, J. M., & ZĄBKOWSKI, T. (2012). *Logistyk (a) jutra*. WCEO, Warszawa.
- [10] FIGURSKI, J., ZIELIŃSKI, B. (2019). *Procesy obsługowo-naprawcze pojazdów samochodowych*. Warszawa: Wojskowa Akademia Techniczna.
- [11] MIERCZYK, Z. (Ed.). (2008). *Nowoczesne technologie systemów uzbrojenia*. Warszawa: Wojskowa Akademia Techniczna.
- [12] POLAK, R. (2011). *Modernizacja techniczna sił zbrojnych (planowanie, finansowanie, realizacja zamówień wojskowych)*. Warszawa: Wojskowa Akademia Techniczna.
- [13] POLAK, R., & TELEP, J. (2002). *Kierunek armia zawodowa?: aspekty ekonomiczne przebudowy i modernizacji Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej*. Bellona.
- [14] POLAK, R. (2010). *Narodowy przemysł obronny stan obecny i perspektywy*. *Systemy Logistyczne Wojsk*, (36), 173-186.
- [15] POLAK, R. (2010). *Istota cyklu „życia” uzbrojenia*. *Systemy Logistyczne Wojsk*, (36), 187-198.