

Jan BORGON<sup>1</sup>, Sergiusz SZAWŁOWSKI<sup>2</sup>

## MODELOWANIE DYSPOZYCYJNOŚCI OPERACYJNEJ $A_0$ OBIEKTU TECHNICZNEGO NA PRZYKŁADZIE ŚMIGŁOWCA POKŁADOWEGO WYKONUJĄCEGO ZADANIA Z OKRĘTU

**Streszczenie.** Jednym z kluczowych zagadnień funkcjonowania każdego systemu jest jego gotowość. Dlatego też tak istotnym zagadnieniem jest możliwość jej modelowania. W artykule jako obiekt analizy wybrano śmigłowiec wykonujący zadania lotnicze (ZL) z okrętu średniej klasy. Mimo specyfiki obiektu, jakim jest śmigłowiec pokładowy, zaprezentowane zagadnienia dotyczą każdego systemu, w tym systemu transportowego.

### MODELING OF OPERATIONAL AVAILABILITY $A_0$ OF TECHNICAL OBJECT BASED ON THE HELICOPTER OPERATING FROM THE SHIP

**Summary.** One of the key issue of working of each system is its availability. Therefore such important is the ability to model of it. The helicopter operating from the middle class ship has been chosen as the object for analyzing in this article. In spite of the fact that such helicopter is specific, the presented topics are common for each system, including transportation system.

#### 1. WPROWADZENIE

Marzeniem każdego twórcy systemu jest to, żeby wykonywał on swoje funkcje niezawodnie w każdych warunkach, bez względu na rodzaj i intensywność oddziaływania czynników wewnętrznych i zewnętrznych. Rzeczywiste warunki pracy systemu gwarantują, że napotka on problemy, które mogą spowodować przerwy w realizacji zadań.

Miarą efektywności systemu jest prawdopodobieństwo pomyślnego wykonania zadania przez ten system. Co można zapisać w postaci równania:

$$E = R \cdot G \cdot O \quad (1)$$

gdzie:

- E – prawdopodobieństwo pomyślnej realizacji zadania przez system,
- R – prawdopodobieństwo tego, że system będzie pracował niezawodnie w określonym przedziale czasu,
- G – prawdopodobieństwo tego, że system będzie gotowy do działania w wymaganym momencie czasu,
- O – prawdopodobieństwo tego, że system będzie odpowiedni do warunków, w jakich zostanie zastosowany.

<sup>1</sup> Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, ul. Księcia Bolesława 6, 01-494 Warszawa.

<sup>2</sup> Dowództwo Marynarki Wojennej – Logistyka, ul. Pułaskiego 7, 81-912 Gdynia, tel. (+48 58) 626-3428, serguszaw@mw.mil.pl

Każdy z powyżej podanych elementów ma kapitalne znaczenie dla całości funkcjonowania systemu. Jednakże w niniejszej pracy skupiono się na gotowości, a właściwie na gotowości technicznej obiektu technicznego (OT), którymi są np. środki transportu. Parametry gotowości są podatne na poprawę w dużym zakresie, co powinno skutkować zwiększeniem efektywności całego systemu.

Na obiekt analizy wybrano śmigłowiec pokładowy wykonujący zadania lotnicze z okrętu średniej klasy w czasie misji morskiej. Wybrany OT pomimo specyfiki warunków eksploatacyjnych pozwala na omówienie istotnych elementów każdego środka transportu, rozpatrywanego w kategoriach obiektu technicznego.

## 2. WSKAŹNIK GOTOWOŚCI OBIEKTU TECHNICZNEGO (OT)

Jednym z najważniejszych parametrów systemu eksploatacji obiektu technicznego (OT) jest jego gotowość.

Gotowość to właściwość obiektu charakteryzująca jego zdolność do podjęcia określonego zadania, w określonych warunkach natychmiast (lub w zadanym czasie), kiedy zostanie do tego wezwany.

Miarą gotowości jest wskaźnik gotowości „K”, który określa prawdopodobieństwo zdarzenia, że OT będzie w stanie zdadności w dowolnej chwili czasu [18].

$$K_g = \frac{E(T_k')}{E(T_k') + E(T_n)} \quad (2)$$

gdzie:

$T_k'$  – zmienna losowa określająca czas utrzymywania się obiektu w stanie zdadności między uszkodzeniami;

$T_n$  – zmienna losowa oznaczająca czas właściwej naprawy.

W praktyce wykorzystywana jest przede wszystkim uproszczona zależność, opisująca stacjonarną wartość wskaźnika gotowości, przy założeniu że czas użytkowania i czas odnowy OT mają rozkład wykładniczy.

$$K_g = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (3)$$

gdzie:

MTBF – oznacza średni czas pomiędzy wystąpieniem niesprawności obiektu (Mean Time Between Failure),

MTTR – oznacza średni czas usunięcia niesprawności (Mean Time to Repair).

## 3. WSKAŹNIK DYSPOZYCYJNOŚCI OPERACYJNEJ „A<sub>0</sub>”

Gotowość techniczna OT między innymi w dokumentach standaryzacyjnych NATO oraz opracowaniach Departamentu Obrony (DoD) USA określana jest jako Availability, czyli dyspozycyjność (dostępność) i opisana jest wskaźnikiem „A” [10], [11], [12], [13], [14], [17], [23], [24].

Istnieje kilka rodzajów wskaźnika dyspozycyjności A, główne z nich to:

- A<sub>i</sub> – (Inherent Availability) - dyspozycyjność wewnętrzna (zaprojektowana),
- A<sub>a</sub> – (Achieved Availability) - dyspozycyjność uzyskana (technologiczna) oraz
- A<sub>o</sub> – (Operational Availability) - dyspozycyjność operacyjna (rzeczywista).

Wzór (3) opisujący wskaźnik  $K_g$  jest prawdziwy także dla wskaźnika  $A_i$  - dyspozycyjności wewnętrznej.

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (4)$$

Jest ona obliczana jeszcze w fazie projektowania obiektu (uwzględnia jedynie parametr niezawodnościowy - MTBF i związany z nim czas „naprawy” - MTTR), tym samym nie obejmuje wszystkich elementów występujących w rzeczywistych warunkach eksploatacji OT. Dotyczy to w szczególności czasu niezbędnego dla wykonania obsługi planowych (preventive, scheduled) oraz czasu oczekiwania na reakcję systemu logistycznego.

Natomiast wskaźnik - dyspozycyjności uzyskanej technologicznie -  $A_a$  uwzględnia już obsługi planowe, ale nadal nie są uwzględnione opóźnienia systemu logistycznego.

$$A_a = \frac{MTBM}{MTBM + MMT} \quad (5)$$

gdzie:

MTBM (Mean Time Between Maintenance) - średni czas pomiędzy obsługami na obiekcie,  
MMT (Mean Maintenance Time) - średni czas realizacji obsługi na obiekcie.

W związku z powyższym w praktycznym działaniu najistotniejszy jest rzeczywisty poziom dyspozycyjności OT, określane przez wskaźnik dyspozycyjności operacyjnej  $A_o$ , który zawiera wszystkie rzeczywiste składowe czasowe, które mają wpływ na dyspozycyjność OT.

Generalna zależność opisująca  $A_o$  ma postać:

$$A_o = \frac{Tz (up)}{Tz (up) + Tnz (down)} \quad (6)$$

gdzie:

$Tz$  - czas, kiedy obiekt jest zdalny (Up time),  
 $Tnz$  - czas, kiedy obiekt jest niezdalny (Down time).

Suma czasów  $Tz$  (up) i  $Tnz$  (down) określa całkowity rozpatrywany czas eksploatacji TT (Total time).

US Navy [17] definiuje dyspozycyjność operacyjną ( $A_o$ ) jako prawdopodobieństwo, że system będzie gotowy do wykonania swoich specyficznych funkcji, w specyficznym i przewidywanym dla niego środowisku operacyjnym, kiedy zostanie wezwany w dowolnym momencie czasu.

$$A_o = \frac{MTBM}{MTBM + MMT + MLDT} \quad (7)$$

gdzie:

MTBM - oznacza średni czas pomiędzy obsługami na obiekcie (Mean Time Between Maintenance),  
MMT - (Mean Maintenance Time), średni czas realizacji obsługi na obiekcie (dotyczy wszystkich rodzajów obsługi: prewencyjne - planowe, naprawy - nieplanowe),  
MLDT - (Mean Logistic Delay Time), czyli średni czas opóźnienia systemu logistycznego.

$A_o$  jest determinowana przez niezawodność (MTBM), podatność na odnowę (MMT) oraz podatność logistyczną (MLDT - Mean Logistic Delay Time).

Natomiast zgodnie z definicją zawartą w dokumentach standaryzacyjnych NATO [11] dyspozycyjność operacyjna ( $A_o$ ) określa prawdopodobieństwo, że w każdym momencie

wymaganego czasu działania dany sprzęt/system będzie działać z powodzeniem w określonych warunkach, gdzie rozważany czas obejmuje: czas działania (pracy), czas obsługi prewencyjnej (planowej), czas obsługi korygującej (nieplanowej), czas opóźnienia administracyjnego oraz czas opóźnienia logistycznego.

Dlatego też w celu przybliżenia się do rzeczywistych warunków eksploatacji obiektu, dla precyzyjnego określenia  $A_o$ , wygodnie posłużyć się następującą zależnością:

$$A_o = \frac{OT + ST}{OT + ST + TPM + TCM + ALDT} \quad (8)$$

gdzie:

- OT - (Operating Time) sumaryczny czas działania,
- ST - (Standby Time) sumaryczny czas oczekiwania na działanie,
- TPM - (Total Preventive Time) sumaryczny czas na obsługi prewencyjne (planowe) w rozpatrywanym okresie czasu,
- TCM - (Total Corrective Time) sumaryczny czas na obsługi korygujące (nieplanowe) w rozpatrywanym okresie czasu,
- ALDT - (Administrative and Logistic Delay Time) sumaryczny czas opóźnienia administracyjno – logistycznego (procedur administracyjnych oraz reakcji systemu zaopatrzenia).

TPM - uzależniony jest od przyjętego systemu obsług oraz podatności obsługowej obiektu, wyszkolenia personelu oraz zabieranego z obiektem pakietu obsługowego, poprawnie zaplanowanego pod względem asortymentu i ilości materiałów eksploatacyjnych.

TCM - uzależniony jest od podatności obsługowej (tj. naprawczej) obiektu, właściwie skonfigurowanego, zabieranego z obiektem, zestawu części zamiennych oraz wyposażenia pomocniczego (np. okrętowanego razem ze śmigłowcem pokładowym), wyszkolenia personelu, dostępności dodatkowej (obcej) infrastruktury remontowej. Ponadto, istnieje nierozdzielna więź między TCM oraz ALDT, ponieważ z reguły system logistyczny jest uruchamiany z powodu konieczności dostarczenia niedostępnych bezpośrednio (niezaplanowanych) materiałów (danych) do wykonania obsługi korygującej (Corrective maintenance).

$$ALDT(wg NATO) \equiv MLDT(wg USNavy) \quad (9)$$

ALDT zawiera:

MSRT (Mean Supply Response Time) - średni czas opóźnienia reakcji systemu zaopatrzenia (opóźnienie uzupełnienia braków materiałowych);

$M_{adm}DT$  (Mean Administrative Delay Time) - średni czas opóźnienia procedur administracyjnych na pozyskanie: niezbędnych danych, dokumentacji, wyposażenia specjalnego, personelu, szkolenia.

Należy w tym miejscu zauważyć, że spośród trzech parametrów (TPM, TCM, ADLT) kształtujących czas niezdatności  $T_{nz}$ , parametr ADLT ma zdecydowanie determinujące znaczenie na wartość  $A_o$ , z uwagi na swoją relatywnie dużą wartość w stosunku do pozostałych parametrów. Wartości ALDT mogą kształtować się w szerokim zakresie: od kilkudziesięciu do kilkuset godzin, w skrajnych przypadkach nawet do kilku tysięcy godzin.

#### 4. ŚMIGŁOWIEC POKŁADOWY

W celu realizacji wymagań współczesnego teatru działań sił morskich śmigłowiec pokładowy jest zintegrowany operacyjnie z systemem uzbrojenia okrętu. W tym zakresie



śmigłowiec nie tylko zwiększa zdolności ofensywne i obronne macierzystego okrętu, ale również zwiększa szanse przetrwania okrętu na współczesnym morskim polu walki.

Do analizy zagadnienia wybrano śmigłowiec SH-2G Super Seasprite, wykonujący zadania z fregat rakietowych typu Oliver Hazard Perry.

Śmigłowiec SH-2G został zaprojektowany zgodnie z koncepcją LAMPS (Light Airborne Multi Purpose System) Mk I, opracowaną przez MW USA (US Navy) [7]. Zakłada ona rozbudowę możliwości bojowych pojedynczego okrętu średniej klasy poprzez zwiększenie możliwości jego śmigłowca pokładowego.

Zgodnie z założeniami LAMPS Mk. I śmigłowiec musi być przygotowany do wykonywania następujących zadań:

zadania zasadnicze (primary missions):

- zwalczanie okrętów podwodnych ZOP (ASW – Antisubmarine Warfare),
- wykrywanie i wskazywanie okrętów nawodnych jako cele (ASST - Anti-Ship Surveillance and Targeting).

Dodatkowo z uwagi na wzrost zagrożeń działań asymetrycznych (terrorystycznych) do zasadniczych zadań śmigłowca należy również wykrywanie i przeciwdziałanie takiemu rodzajowi zagrożenia.

Zadania dodatkowe (secondary mission):

- uzupełnianie zaopatrzenia (okrętów) z powietrza (VERTREP – Vertical Replenishment);
- misje poszukiwawczo - ratownicze (SAR - Search and Rescue);
- ewakuacja rannych (MEDEVAC - Medical Evacuation);
- retransmisja łączności (COMREL – Communications Relay).

Ponadto, śmigłowce pokładowe LAMPS muszą posiadać zdolność do uzupełniania paliwa z okrętu w locie (HIFR – Helicopter In Flight Refueling).

W trakcie misji morskiej realizacja zadań lotniczych (ZL) jest bardzo złożona. Eksploatacja statków powietrznych (SP) lotnictwa morskiego jest zdecydowanie trudniejsza niż eksploatacja SP w głębi lądu z uwagi na specyfikę nadmorskich warunków atmosferycznych: zwiększona wilgotność, zwiększone zasolenie, gwałtowność zmian warunków pogodowych. W przypadku lotnictwa pokładowego ww. zjawiska są spotęgowane przez warunki pełnomorskie, a ponadto pojawiają się dodatkowe problemy, wynikające już ze specyfiki ZL misji morskiej.

## 5. GOTOWOŚĆ ŚMIGŁOWCA NA OKRĘCIE

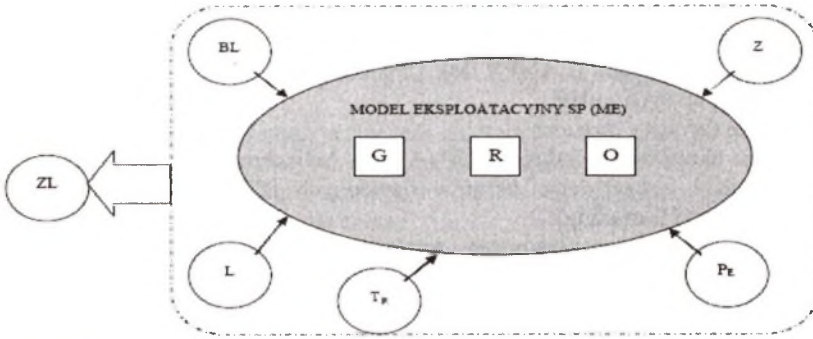
Uwzględniając wzór (1), model eksploatacyjny (ME) statku powietrznego (SP) można przedstawić w kategoriach prawdopodobieństwa [4] i [5]:

$$ME(t, \tau, \theta) = R(t, \tau) \cdot G(t, t_1, \tau, \theta, ZL) \cdot O(\tau, \theta, ZL) \quad (10)$$

gdzie:

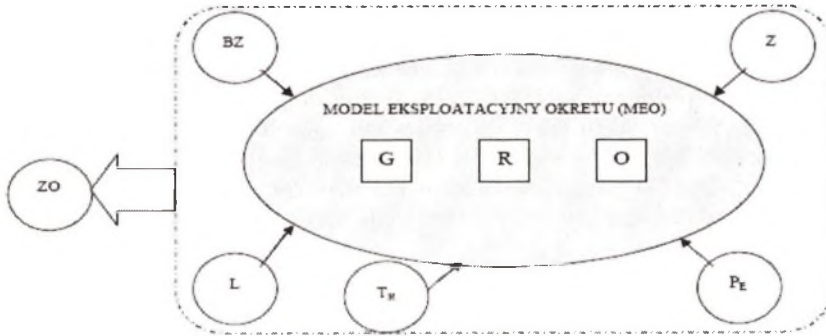
- |   |   |
|---|---|
| ME  | - prawdopodobieństwo realizacji ZL w eksploatacyjnym modelu SP,                             |
| R (t <sub>0</sub> , τ)                        | - niezawodność SP;  |
| G(t <sub>0</sub> , t <sub>1</sub> , τ, θ, ZL) | - gotowość do realizacji ZL po czasie θ utrzymywana przez czas τ;                           |
| O (τ, θ, ZL)                                  | - odpowiedniość jako funkcja środków i parametrów technicznych niezbędnych do wykonania ZL; |
| t   | - czas bieżący;   |
| θ   | - czas osiągnięcia gotowości G(θ), gdzie θ = t <sub>1</sub> - t <sub>0</sub> ;              |
| τ   | - czas zadania lotniczego.  |

Wyżej wymieniony model statku powietrznego realizującego zadanie lotnicze (ZL) można przedstawić w formie graficznej. Oprócz wspomnianych parametrów, takich jak: gotowość (G), niezawodność (R) i odpowiedniość (O), model ME uwzględnia elementy: bezpieczeństwa lotów (BL), trwałości ( $T_R$ ), żywotności (Z), podatności eksploatacyjnej ( $P_E$ ) oraz logistykę (L).



Rys. 1. Model Eksploatacyjny Statku Powietrznego realizującego Zadanie Lotnicze (ZL)  
Fig. 1. Maintenance Model of Aircraft conducting the Air Task

Na tej podstawie w sposób analogiczny możemy opisać model eksploatacyjny okrętu realizujący zadanie okrętowe (ZO).

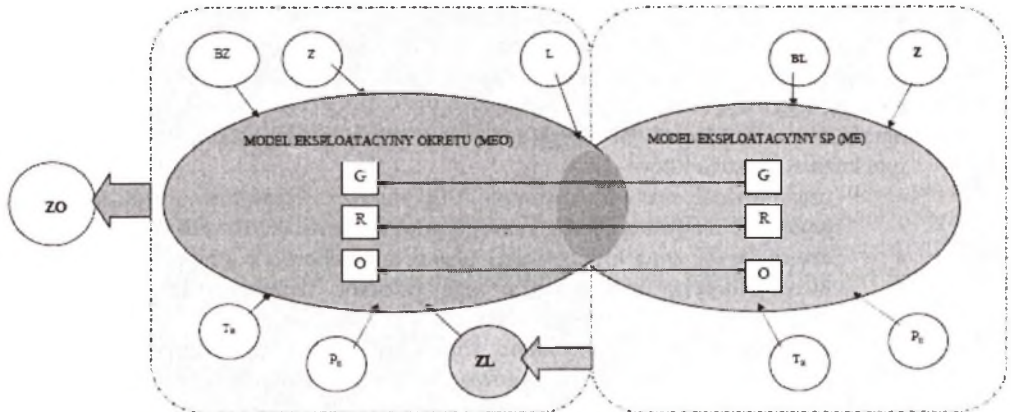


Rys. 2. Model Eksploatacyjny Okrętu realizującego Zadanie Okrętowe (ZO)  
Fig. 2. Maintenance Model of Ship conducting the Sea Task

Składowe modelu eksploatacyjnego okrętu uzależnione są od parametrów poszczególnych podsystemów wchodzących w skład systemu okrętu lub oddziałujących na niego. Pomimo że Komponent Lotniczy (personel + śmigłowiec pokładowy) jest okrętowany na czas misji morskiej i jest zintegrowany operacyjnie z systemem uzbrojenia macierzystego okrętu, Model Eksploatacyjny Śmigłowca Pokładowego (MEŚP) należy wyodrębnić z Modelem Eksploatacyjnego Okrętu (MEO) z uwagi na swoją specyfikę eksploatacyjną w odniesieniu do systemów okrętowych.

Analizując Model Eksploatacyjny Śmigłowca Pokładowego, należy pamiętać o podporządkowaniu Zadania Lotniczego (ZL) wobec Zadania Okrętu (ZO) oraz wzajemnych relacji pomiędzy MEŚP i MEO w zakresie: gotowości, niezawodności i odpowiedności. Ponadto, pomiędzy tymi dwoma modelami eksploatacyjnymi istnieje sfera, w której elementy MEŚP wchodzą w skład MEO, dotyczy to: zakwaterowania, zaprowiantowania, pomocy

medycznej, realizacji dostaw poprzez wspólny kanał zaopatrzenia systemu logistycznego. Ta wspólna sfera jest eliminowana w przypadku realizacji przez śmigłowiec ZL na rzecz obcego (nie macierzystego) okrętu, na przykład okrętu wchodzącego w skład wspólnego zespołu morskiego.



Rys. 3. Model Eksploatacyjny Śmigłowca Pokładowego (MEŚP) realizującego Zadanie Lotnicze na rzecz macierzystego okrętu

Fig. 3. Maintenance Model of Deck Helicopter conducting the Air Task for home ship

Zespół czynników wpływających na proces utrzymania śmigłowca na okręcie, ostatecznie na poziom jego sprawności technicznej i gotowości do wykonania zadania lotniczego można podzielić na trzy grupy:

- grupa I - wymagania;
- grupa II - ograniczenia;
- grupa III - czynniki środowiskowo - operacyjne.

**Grupę I** stanowią wymagania okrętu (Dowódcy Okrętu) stawiane wobec śmigłowca (Komponentu Lotniczego - KL), działającego z jego pokładu, w celu zwiększenia możliwości bojowych okrętu.

**Grupę II** stanowi natomiast szereg ograniczeń (okrętu i śmigłowca), wpływających na możliwości realizacji stawianych wymagań z Grupy I.

**Grupa III** określa czynniki zewnętrzne, na które generalnie ani okręt, ani KL nie mają wpływu, a w których muszą realizować swoje zadania.

**Grupa wymagań obejmuje:**

- priorytet zadania okrętu, otrzymanego w formie rozkazu od szczebla nadrzędnego. Realizacja tego zadania ma nadrzędne znaczenie dla okrętu, dlatego też działania wszystkie elementów okrętu, w tym Komponentu Lotniczego, są podporządkowane temu celowi.
- wymóg realizowania szerokiego wachlarza zadań lotniczych (ZL) – wymóg wielozadaniowości;
- wymóg utrzymania gotowości do działania przez cały okres trwania misji morskiej;
- wymóg utrzymania gotowości do działania w oddaleniu od macierzystej bazy;
- wymóg realizacji zadań we wszystkich warunkach pogodowych i klimatycznych;
- wymóg realizacji zadań przez całą dobę.

**Grupa ograniczeń obejmuje:**

- klasę (podklasę) okrętu bazowania śmigłowca ze względu na jego wymiary i autonomiczność:
  - ograniczone wymiary lądowiska,
  - ograniczona powierzchnia obsługowo – magazynowa,
  - ograniczenia kwaterunkowo- prowiantowe,
- infrastrukturę lotniczą okrętu oraz poziom jej utrzymania;
- poziom techniczny (możliwości naprawcze) warsztatów okrętowych;
- konfigurację i wyposażenie śmigłowca;
- ograniczenia eksploatacyjne śmigłowca (w zakresie obsługiwanego, użytkownika, w tym bezpieczeństwa lotów - BL);
  - częstotliwość oraz czas trwania obsług planowych śmigłowca wynikających z jego systemu obsług (bieżących, specjalnych, profilaktycznych itp.);
  - częstotliwość oraz czas trwania obsług nieplanowych śmigłowca (usuwania niesprawności), wynikające z jego poziomu niezawodności, podatności naprawczej oraz efektywność systemu logistycznego);
  - ograniczenie w wykorzystaniu nalotu śmigłowca ze względu na warunki resursowe i możliwości obsługowo – materiałowe okrętowanego Komponentu Lotniczego;
  - ograniczenia realizacji ZL ze względu na warunki pogodowe (siła wiatru, stan morza, zamglenie, opady itp.), zasady bezpieczeństwa użytkownika i obsługiwanego;
- ograniczoną liczbę okrętowanych specjalistów obsługi technicznej śmigłowca personelu Służby Inżynierijno-Lotniczej (SIL)
- ograniczenia zdrowotne (psychofizyczne) personelu KL i etatowej załogi okrętu (stres, zmęczenie itp.);
- brak śmigłowca zapasowego;
- ograniczony dostęp do lotniczych technicznych środków materiałowych (tśm), który oparty jest na zaokrętowanym zestawie części i materiałów eksploatacyjnych uzupełnianych poprzez system logistyczny;
- ograniczenia samego systemu logistycznego, wpływające w szczególności na czas oczekiwania na dostawę zapotrzebowanych środków materiałowych, informacji, specjalistów.

**Grupa czynników środowiskowo - operacyjnych obejmuje:**

- rejon działania (odległość od macierzystej bazy i linii zaopatrzeniowych);
- czas trwania misji morskiej;
- warunki pogodowo – klimatyczne;
- skład i potencjał pozostałych okrętów zespołu (w przypadku oddelegowania do sił sojusznicznych);
- warunki geopolityczne (czas pokoju, czas wojny);
- potencjał bojowy przeciwnika.

**6. PODSUMOWANIE**

Powyżej przedstawione zestawienie czynników pokazuje, jak wiele elementów ma wpływ na utrzymanie na okręcie śmigłowca w gotowości do wykonania zadania lotniczego (ZL).

Z przytoczonych ograniczeń oraz wpływu wspomnianych parametrów: TPM, TCM, ALDT (8) wynika, że w praktyce nie jest możliwe utrzymanie dla śmigłowca pokładowego



100% wskaźnika gotowości (dyspozycyjności) w czasie kilkumiesięcznej misji. Z drugiej strony, konieczne jest poszukiwanie takich rozwiązań systemowych, które pozwolą na utrzymanie gotowości śmigłowca pokładowego na okręcie w czasie misji morskiej na jak najwyższym poziomie.

US Navy na podstawie swoich długoletnich doświadczeń w eksploatacji pokładowych statków powietrznych zakłada, że wskaźnik dyspozycyjności operacyjnej ( $A_o$ ) dla pokładowego sprzętu lotniczego w czasie misji morskiej nie powinien być mniejszy niż 90%, co jest uzasadnione ekonomicznie (relacja koszt – efekt) oraz jest do przyjęcia pod względem efektywności misji. Jednakże w tym celu musi być spełnionych szereg wymagań i dlatego też w rzeczywistych warunkach wspomniane 90% jest asymptotycznym poziomem, do którego należy dążyć.

W przypadku omawianego śmigłowca SH-2G największy potencjał zmian posiada Grupa II – ograniczenia. Jak przedstawiono w tekście, poszukując sposobów poprawy wskaźnika dyspozycyjności operacyjnej, należy skupić się na poprawie parametru ALDT, który w zdecydowany sposób wpływa na wartość  $A_o$ . Ze wspomnianej Grupy II na pewno należy rozważyć:

- zwiększenie możliwości naprawczych warsztatów okrętowych;
- dopracowanie pod względem ilości oraz asortymentu pakietu części zamiennych okrętowanych na czas misji.
- dopracowanie oraz uelastycznienie systemu uzupełniania braków z systemu zaopatrzenia.

Ten materiał pokazuje, że w trakcie rozpatrywania efektywności każdego systemu, w tym systemu transportowego, konieczne jest przeanalizowanie złożonego zagadnienia, jakim jest gotowość systemu, na którą wpływa gotowość jego poszczególnych elementów składowych.

## Literatura

1. Borgoń J., Szawłowski S.: Eksploatacja śmigłowca na okręcie. V Międzynarodowa Konferencja „Perspektywy i rozwój systemów ratownictwa, bezpieczeństwa i obronności w XXI wieku”. AMW, Gdynia 2005.
2. Girtler J., Kitowski Z., Kuriata A.: Bezpieczeństwo okrętu na morzu ujęcie systemowe. WKŁ, Warszawa 1995.
3. Konieczny J.: Podstawy eksploatacji urządzeń. MON, Warszawa 1975.
4. Lewitowicz J.: Podstawy eksploatacji statków powietrznych. Cz.I Statek powietrzny i elementy teorii. ITWL, Warszawa 2001.
5. Lewitowicz J., Kustroń K.: Podstawy eksploatacji statków powietrznych. Cz.II Własności i właściwości eksploatacyjne statku powietrznego. ITWL, Warszawa 2003.
6. Olearczuk E., Sikorski M., Tomaszek H.: Eksploatacja samolotów - elementy teorii. MON, Warszawa 1878.
7. Szawłowski S.: Śmigłowiec pokładowy SH-2G jako element systemu uzbrojenia okrętu. Materiały VI Forum Śmigłowcowego. Instytut Lotnictwa, Warszawa 2006.
8. Żurek J.: Problemy gotowości techniki lotniczej. ITWL, Warszawa 1993.
9. APP2/MPP2 „Helicopter Operations From Ships Other than Aircraft Carriers (HOSTAC)”.
10. ARMP-1 “NATO requirements for reliability and maintainability”.
11. ARMP-4 “Guidance for writing NATO R&M requirements documents”.
12. ARMP-7 “ NATO R&M terminology applicable to ARMPs”.
13. DoD guide for achieving Reliability, Availability, and Maintainability (RAM).
14. DoD 3235.1-H Test & evaluation of system reliability, availability and maintainability. A primer. Director test and evaluation.

15. MIL-HDBK-338B „Electronic reliability design handbook”.
16. NWP 3-04.1M „Helicopter operating procedures for air – capable ships”.
17. OPNAVINST 3000.12.A “Operational Availability handbook”.
18. Polska Norma PN-77/N-04005 „Wskaźniki niezawodności. Nazwy, określenia i symbole”.
19. Polska Norma PN-77/N-04010 „Wybór wskaźników niezawodności”.
20. Polska Norma PN-77/N-04021 „Plany badania w przypadku rozkładu wykładniczego”.
21. Polska Norma PN-90/N-04041/06 „Weryfikacja hipotez o rozkładach zmiennych losowych w badaniach niezawodności”.
22. Polska Norma PN-90/04041/09 „Zapewnienie niezawodności obiektów technicznych. Modele wzrostu niezawodności”.
23. TM 5-698-1 „Reliability / Availability of electrical & mechanical systems for command, control, communications, computer, intelligence, surveillance, and reconnaissance (C4ISR) facilities”.
24. TM 5-698-2 ”Reliability – Centered Maintenance (RCM) - for command, control, communications, computer, intelligence, surveillance, and reconnaissance (C4ISR) facilities.
25. Norma Obronna NO-07-A025 „Wspólne działanie okrętów i lotnictwa”.
26. „Tymczasowa instrukcja wykonywania operacji lotniczych z pokładów fregat” MW RP, Gdynia 2003.
27. „Tymczasowa instrukcja przemieszczania oraz kotwiczenia śmigłowca SH-2G na pokładzie okrętu”. MW RP, Gdynia 2003.