

Andrzej GRZĄDZIELA

WPLYW CZYNNIKÓW LOGISTYCZNYCH W PROJEKTOWANIU OKRĘTÓW WOJENNYCH

Podstawowe kryteria stosowane w komercyjnym okrętownictwie nie przystają głównie do wymagań okrętów wojennych. Różnorodność klas oraz specyfika ich działalności powoduje, że okręty obok wymagań ekonomicznych, energetycznych oraz logistycznych muszą spełniać dodatkowe, czasem trudne do zrealizowania, postulaty wymagającego użytkownika jakim jest marynarka wojenna. Podstawowym kryterium dopuszczającym projekt koncepcyjny okrętu do dalszych analiz jest spełnienie wymagań taktyczno – technicznych charakterystycznych dla danej klasy okrętu, w tym wymagań logistycznych, szczególnie istotnych przy wyborze układu napędowego

EFFECT OF LOGISTICS FOR NAVAL SHIPS DESIGN

The basic criteria used in the commercial shipbuilding mostly do not fit the requirements of naval vessels. The wide range of classes and the specificity of their activities makes ships addition to the requirements of financial, technical and logistics must meet additional, sometimes difficult to achieve, requiring the user's demands which is the Navy. The main criterion for fitting the ships design to satisfy navy is the tactical – technical requirements of the ships class, including the logistics requirements.

1. WSTĘP

Polityka obronna każdego państwa zwyczajowo przywiązuje dużą wagę do wykorzystania własnego potencjału naukowo – przemysłowego. Odnosi się to do wszystkich dziedzin obronności poczynając od zaopatrzenia żywnościowego, przez transport a na produkcji i remontach uzbrojenia kończąc. Na całkowicie samodzielną budowę okrętów wojennych współcześnie pozwolić sobie mogą jedynie wielkie mocarstwa takie jak Rosja, USA, Francja czy Wielka Brytania. Obecnie nawet one w obliczu globalizacji i nacisków na redukcję kosztów realizują swoje projekty w oparciu o długoterminową współpracę z koncernami przemysłowymi, których kapitał jest tak wpleciony w sieć światowego biznesu, że trudno uznać je za narodowe. Zagadnienie konstrukcji okrętu oraz wyboru okrętowego układu napędowego (OUN) jest sztandarowym przykładem sprzeczności z wymaganiami w zakresie terminowości realizacji a nawet jakości wyrobu finalnego. Wybór OUN jest więc w pewnym sensie kompromisem pomiędzy wymaganiami taktyczno – technicznymi, potencjałem własnych producentów, dotychczasowych doświadczeń eksploatacyjnych, zabezpieczenia logistycznego oraz

zdolności finansowych. Zwyczajowo wymagania taktyczno-techniczne są najważniejszym czynnikiem jednakże doświadczenia z ostatnich lat wskazują, że wiele flot musiało ugiąć się pod ograniczeniami finansowymi weryfikując wstępne wymagania taktyczno-techniczne. Analizując kryteria logistyczne w projektowaniu okrętów wojennych nie sposób pominąć ich wzajemnych relacji z innymi kryteriami takimi jak taktyczno-technicznymi, ekonomicznymi czy niezawodnością, która w terminologii marynarki wojennej nazywana jest żywotnością okrętu

2. KRYTERIA TAKTYCZNO – TECHNICZNE

Kryteria taktyczno-techniczne stawiane danej klasie okrętów z reguły znacząco zmieniają się co dekadę. Wprowadzenie nowych typów uzbrojenia skutkuje zmianami w sztuce operacyjnej oraz w taktyce bojowego użycia okrętu, co wpływa na zmiany stanów użytkowania okrętu [4]. Podstawowymi kryteriami taktycznymi są:

- zasięg,
- autonomiczność,
- dopuszczalne wartości emisji pól fizycznych,
- wymagania dla dynamicznego pozycjonowania,
- dzielność i żywotność morską,
- maksymalne zanurzenie okrętu

Zagadnienia zasięgu oraz autonomiczności okrętu stanowią element specyfiki eksploatacji okrętu wojennego. To właśnie zadania taktyczne decydują o tym czy okręt ma być ukierunkowany w projekcie na prędkości ekonomiczne celem uzyskania maksymalnego zasięgu czy też powinien charakteryzować się zdolnością do uzyskiwania maksymalnych prędkości pływania w ograniczonym rejonie działań. Dodatkowym elementem, który decyduje o zdolności bojowej okrętu, jest uwzględnienie możliwości uzupełniania zapasów i uzbrojenia w morzu. Takie możliwości techniczne znacząco wzbogacają walory bojowe jednostki.

Oczywistym wydaje się, że o zasięgu i autonomiczności w przeważającym stopniu decydują zapasy MPS oraz uzbrojenia przenoszone przez okręt [1]. Konfiguracja okrętowego układu napędowego oraz rozdział zapasów może zdecydowanie oddziaływać na walory okrętu, szczególnie w sytuacjach awaryjnych.

Każdy obiekt na morzu jest ośrodkiem emisji wielu pól fizycznych. Część z nich ma swoje źródła w strukturze i zasadach pracy napędu. Istota działań na rzecz redukcji wartości pól fizycznych emitowanych przez okręt jest na tyle znacząca, że mogłaby się stać sama sobą oddzielną publikacją.

Niektóre z klas okrętów nie są projektowane pod kątem uzyskiwania dużych prędkości pływania. Zadania taktyczne stawiane np. OZM odnoszą się między innymi do możliwości pozycjonowania okrętu nad punktem, w pobliżu miny lub obiektu minopodobnego. Zdolność okrętu do pozycjonowania jednostki przy określonym stanie morza może w warunkach bojowych zdecydować o sprawnym wykonaniu zadań lub też o ich opóźnieniu nawet o kilka tygodni.

Liczne porwania statków handlowych nasilające się u brzegów Somalii na przełomie lat 2009 i 2010 wskazały na potrzebę uzupełnienia wymagań taktycznych przez okręty

klasy fregata i korweta. Analizy specyfiki działań dozorowych określiły konieczność technicznego zabezpieczenia abordażu oraz opuszczenia i podjęcia motorowych łodzi pościgowych w różnych stanach hydrometeorologicznych. Wynika z tego potrzeba zwiększenia możliwości dynamicznego pozycjonowania również okrętów uderzeniowych, co jest obecnie rozpatrywane w postaci powszechnego wykorzystania APU lub steropędników cykloidalnych lub azymutalnych.

Jednym z czynników charakteryzujących walory bojowe okrętu jest jego dzielność morską. W przeciwieństwie do statków handlowych przedmiotem analiz jest możliwość wykonywania planowych zadań bojowych w różnych stanach hydrometeorologicznych. Określenie w projekcie stanów morza, przy których możliwe jest efektywne użycie uzbrojenia powinno we wstępnej fazie projektowania być określone z wykorzystaniem analizy jednostek podobnych. Układ ruchowy okrętu, a szczególnie stabilizacji okrętu, może znacząco decydować o wartości bojowej okrętu.

Pomimo odrębności konstrukcji OUN jednostki tej samej klasy charakteryzują się znaczącym podobieństwem wymiarów głównych, bezwymiarowych współczynników określających kadłub oraz strukturą masową. Czynnikiem, który może zdecydować o odrębności przyjętego rozwiązania technicznego są wymagania logistyczne, w tym np. zanurzenie okrętu. Dopuszczalne zanurzenie w głównych i zapasowych punktach bazowania okrętów jest istotnym czynnikiem, który oprócz ograniczeń wymiarów kadłuba może również decydować o rodzaju zastosowanych pędników lub urządzeń sterowych.

Analiza taktyczna określa także parametry techniczne charakteryzujące każdą z klas okrętów. Kryteriami technicznymi, charakterystycznymi w procedurze wyboru OUN dla okrętów wojennych są:

- zagadnienia logistyczne wyboru silników napędu głównego,
- wyporność,
- długość,
- prędkości eksploatacyjne,
- promień cyrkulacji,
- czas gotowości do uruchomienia i przyjęcia pełnego obciążenia,
- praca przy uciążu.

Przedstawione w projekcie koncepcyjnym wymagania stawiane okrętom danej serii nie precyzują rozwiązania OUN a tym bardziej typu silników napędu głównego. Po określeniu prognozy oporowej oraz mocy holowania z reguły przedstawia się co najmniej dwie koncepcje układów napędowych. Jednym z podstawowych czynników decydującym o wyborze OUN, w tym silników napędu głównego, jest „pochodzenie” silnika. Oprócz zagadnień logistycznych i ekonomicznych także czynnik narodowego obrotu finansowego kształtuje rozwiązanie układu napędowego. Typowym przykładem takiego podejścia są okręty francuskie, które w wersjach eksportowych oferują szeroką gamę układów napędowych natomiast dla własnych sił zbrojnych realizują projekty oparte tylko na silnikach *Pielstic*.

Istotnym problemem projektowym w budownictwie okrętów wojennych jest spełnienie wszystkich lub choćby większości wymagań w zakresie prędkości eksploatacyjnych. Oprócz potrzeby uzyskania przez okręt prędkości maksymalnej we wstępnych wymaganiach taktyczno – technicznych zawarte są również oczekiwania

dotyczące minimalnej prędkości, prędkości ekonomicznej, prędkości operacyjnej, małoszumnej, trałowania a także oczekiwania w zakresie promienia cyrkulacji, parametrów manewrowania i pozycjonowania jednostką [2]. Wymagania są ponadto, obwarowane wieloma szczegółowymi zastrzeżeniami dotyczącymi wartości jednostkowego zużycia paliwa, współczynników mocowych, masowych i objętościowych siłowni a także tolerowanymi zakresami wartości emisji pól fizycznych. Tak więc, w przeciwieństwie do statków handlowych, okręty wojenne wymagają znacznie głębszych, wieloaspektowych analiz technicznych.

Istotnym czynnikiem, który odzwierciedla walory bojowe okrętu jest czas przygotowania siłowni do uruchomienia oraz minimalny czas przyjęcia przez silniki napędu głównego maksymalnych obciążeń. Oba czynniki spowodowały między innymi, że silniki wolnoobrotowe nie znalazły zastosowania w napędach okrętów wojennych. Okręty stojące w gotowości bojowej powinny po około 30 minutach od ogłoszenia alarmu bojowego znaleźć się w główkach portu lub co najmniej utrzymać układ napędowy w gotowości do ruchu. Czas przygotowania silników wolnoobrotowych ze stanu zimnego do ruchu może trwać, w zależności od wielkości silnika, nawet do kilku godzin co powoduje, że stają się one mało atrakcyjne pod względem zastosowania w jednostkach uderzeniowych. Wymagania w zakresie czasu gotowości do ruchu spowodowały w drugiej połowie XX wieku marynizację silników odrzutowych. Pomimo wysokiego jednostkowego zużycia paliwa, wyższych kosztów użytkowania i obsługi a także krótszego czasu pomiędzy przeglądami i remontami czynnik natychmiastowej gotowości do przyjęcia maksymalnego obciążenia po około 120 sekundach od uruchomienia spowodował gwałtowny rozwój napędów turbinowych, szczególnie w kombinowanych układach napędowych.

Niektóre z okrętów wojennych realizują swoje zadania bojowe w stanach eksploatacyjnych podobnych jak jednostki komercyjne. Przykładem sztandarowym są OZM, których działania trałowe bardzo przypominają charakterystykę użytkowania trawlerów. Praca okrętów przy różnym uciążeniu spowodowała eksperymenty z wprowadzeniem wielu rodzajów układów napędowych, w tym nawet kombinowanych. Podstawowymi różnicami jakie dzielą układ napędowy trawlera od OZM są dodatkowe wymagania w zakresie odporności OUN na wybuchy podwodne oraz dopuszczalna emisja pól fizycznych. Pozostałe wymagania są na tyle podobne, że w trakcie konfliktu falklandzkiego w 1980 roku Royal Navy powołała do służby pięć trawlerów w roli trałowców oceanicznych

3. KRYTERIA EKONOMICZNE

Kryteria ekonomiczne są tym elementem w procesie projektowania okrętów, który można na pewno uznać za koniunkturalny. Decydującą rolę we wdrożeniu nowych projektów okrętów ma oczywiście sytuacja międzynarodowa, która w okresach kryzysów ekonomicznych i stabilności międzynarodowej znacząco redukuje budżety obronne, w tym nakłady na rozwój flot. Te ograniczenia równie silnie wpływają na koncepcje okrętów, które stają się zachowawcze i energetycznie oszczędne.

Obecnie na świecie dominują dwie koncepcje rozwoju okrętowych technologii militarnych. Pierwsza z nich, typowa dla gospodarki amerykańskiej, zakłada rywalizację na gruncie ofert proponowanych przez istniejące już wielkie koncerny przemysłowe na

poziomie jednoczesnej minimalizacji kosztów wraz z propozycją produktu spełniającego wszystkie lub prawie wszystkie założenia wstępne. Druga koncepcja, doraźnie nazwana europejską, zakłada założenie konsorcjum kilku koncernów, których doraźnym celem jest wygranie przetargu na budowę serii okrętów a w razie powodzenia dalsza produkcja, ukierunkowana na eksport.

Bez względu na to, która z koncepcji jest realizowana serie okrętów nigdy nie są przedmiotem decyzji doraźnych. Plany rozwojowe flot są zwyczajowo zatwierdzane z 10-letnim wyprzedzeniem w postaci programów gwarantujących środki finansowe na badania pilotażowe, projektowanie i wykonawstwo co najmniej kilku jednostek. Tylko takie podejście finansowe gwarantuje producentom, że chwilowe zawirowania polityczne czy gospodarcze nie zniweczą poniesionych samodzielnie nakładów finansowych. W praktyce oznacza to, że coroczne budżety ministerstw obrony nie są w stanie udźwignąć kosztów projektowania i produkcji nowej generacji okrętów. Co więcej, doświadczenia wielu krajów wskazują, że tak realizowane projekty kończyły się wykonaniem najczęściej tylko jednostkowego prototypu, słabo wyposażonego, którego cena jednostkowa nawet trzykrotnie przewyższała cenę podobnych okrętów budowanych w seriach.

Analizy ekonomiczne dotyczące zastosowanego konkurujących OUN najczęściej są przedstawiane w postaci porównania LCC (Life Cycle Costs). W przypadku gdy oba rozwiązania spełniają wymagania taktyczne oraz charakteryzują się podobnymi parametrami LCC istotnym czynnikiem ekonomicznym decydującym o wyborze napędu są koszty remontów i części zapasowych. Wytypowanie dostawcy zagranicznego wiąże się z ryzykiem koniunkturalności politycznej, która może znacząco wpłynąć na zmiany cen części zamiennych lub nawet pojawienia się embarga gospodarczego. Oznacza to, że czynnik ekonomiczny nie może być rozpatrywany poza tłem politycznym a nawet geopolitycznym.

4. ŻYWOTNOŚĆ OKRĘTU

Zagadnienia zwiększenia żywotności odnoszą się do całokształtu konstrukcji okrętu. Jednym z podstawowych wymagań w stosunku do okrętów wojennych jest ich zdolność do ruchu i dostaw energii elektrycznej w stanach awaryjnych będących skutkiem oddziaływania środków walki przeciwnika. Takie postawienie zadania skutkuje koniecznością podjęcia szeregu przedsięwzięć wśród, których najbardziej istotną rolę odgrywają:

- wyposażenie przedziałów maszynowych (w tym z ZZE) w modułowe systemy przeciwpożarowe składające się z indywidualnych, niezależnych pomp rozmieszczonych w oddzielnych przedziałach wodo- i gazoszczelnych,
- możliwość integrowania systemów pożarowych w stanach awaryjnych,
- zastosowanie pomiędzy przedziałami maszynowymi grodzi wodo- i gazoszczelnych,
- eliminacja, ze względu na około dwukrotny spadek wartości R_e w temperaturze $200^{\circ}C$, stopów aluminium w konstrukcji dróg ewakuacyjnych tj. rygli, zamków, drabinek, trapów, poręczy itd.,
- konstrukcyjne zapewnienie zarówno poziomych jak i pionowych dróg ewakuacji z przedziałów maszynowych,

- zastosowanie redundantnego systemu monitoringu OPA z co najmniej dwoma pulpitemi operatorskimi,
- rozproszenie elementów OUN oraz ZZE różnych przedziałach tzw. wyspowy system zasilania elektroenergetycznego,
- zastosowanie odpornej temperaturowo izolacji kabli energetycznych lub prowadzenie ich w specjalnych, izolowanych termicznie kanałach (na większych okrętach),
- zabudowa modułowa silników napędu głównego oraz ZZE (obrona przeciwpożarowa oraz redukcja pola hydroakustycznego),
- możliwość awaryjnego doprowadzenia energii elektrycznej z GTR do odbiorników za pomocą swobodnie rozwiniętych zapasowych kabli,
- zastosowanie osłon przeciwpancernych w obrębie istotnych punktów dowodzenia np. BCI, centrala OPA, CSS itd.,
- zastosowanie indywidualnych kanałów dolotu powietrza do silników głównych z możliwością awaryjnego poboru powietrza z przedziału maszynowego,
- amortyzacja mechanizmów i instalacji pod względem redukcji pola hydroakustycznego oraz odporności udarowej,
- automatyzacja procesów sterowania okrętem z zachowaniem możliwości sterowania zdalnego oraz ręcznego,
- możliwości szybkiego, awaryjnego zrzutu paliwa ze zbiorników rozchodowych do zapasowych,
- zastosowanie zintegrowanych z systemem monitoringu inteligentnych podsystemów przeciwpożarowych.

Spełnienie powyższych postulatów dość często staje w sprzeczności z innymi wymaganiami technicznymi. Podstawowym problemem jest utrzymanie równowagi pomiędzy założonym przedziałem wymiarów głównych, oczekiwaniami w stosunku do OUN w aspekcie jego zdolności do realizacji założonych zadań a potrzebą utrzymania silnego uzbrojenia oraz środków WRE. Z tego też powodu konstrukcje OUN często są zubażane o brak modułowej zabudowy czy też wyspowego rozmieszczenia ZZE. Analiza współczesnych rozwiązań wskazuje, że takie postulaty mogą być przedmiotem rozważań projektowych dla okrętów klasy fregata wzwyż.

5. KRYTERIA LOGISTYCZNE

Jednym z istotnych czynników kształtujących finalny obraz okrętu są możliwości realizacji zadań we własnych portach oraz zapasowych punktach zaopatrzenia. Każda z flot na czas wojny oprócz stałych baz morskich tworzy zapasowe punkty zaopatrzenia, w których istnieje możliwość uzupełnienia zapasów oraz wykonania drobnych napraw [3]. We wstępnych wymaganiach taktyczno-technicznych przedstawia się wartości maksymalnego zanurzenia oraz długości jednostki, która potencjalnie mogłaby wejść do małego portu oraz wykonać cyrkulację w kanale portowym. Dodatkowym aspektem jest potrzeba zapewnienia postoju przy nabrzeżu wyposażonym w sieci energetyczne, dostęp MPS a także możliwości obsługi technicznej. Należy jednak nadmienić, że w współczesne możliwości i potrzeby zaopatrywania pozwalają na wykorzystanie nawet

nieprzygotowanych rejonów do zaopatrywania modułowego – rysunek 1. Parametrów określających kompatybilność okrętu z jego bazami jest wiele aczkolwiek podstawowymi, odnoszącymi się bezpośrednio lub pośrednio do zagadnień logistycznych są:

- dostępność portu pod względem głębokości oraz szerokości kanału portowego,
- zabezpieczenia elektroenergetyczne zapewniające jednostce zgodność sieciową oraz wystarczającą moc na postoju,
- dostępność do zunifikowanej sieci MPS oraz zaopatrzenia w uzbrojenie,
- możliwości użycia planowanych do bieżących napraw dźwigów na nabrzeżu,
- możliwości maskowania oraz prowadzenia oplot,
- dostęp do sieci kolejowej oraz drogowej – rysunek 2,
- dostęp do stoczni remontowej.

Korzystanie z baz lub zapasowych punktów zaopatrzenia jest zatem elementem, który powinien być analizowany we wczesnym stadium projektowania okrętu. Wymagania w zakresie utrzymania w ruchu okrętu, jego zaopatrywania i obsługiwanie w trakcie działań wojennych stanowią istotny element strategii każdej marynarki wojennej.



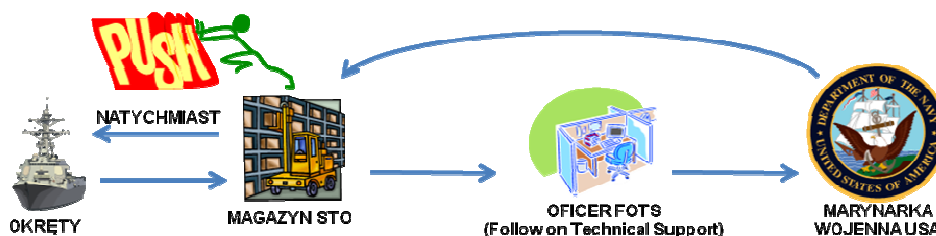
Rys.1. Przykład współczesnego zabezpieczenia logistycznego na teatrze działań wojennych



Rys.2. Współczesne magazyny brzegowe wraz z infrastrukturą

Wysoko zaawansowane technologicznie państwa takie jak np. USA czy Wielka Brytania, które posiadają największe doświadczenia związane z realizacją wsparcia zaopatrzeniowego, z powodzeniem wykorzystują rozwiązania systemowe w zakresie logistyki. Rozbudowując podstawową platformę poddają ją ciągłej modyfikacji umożliwiając coraz bardziej efektywne jej wykorzystanie przy założeniu ograniczenia zaangażowania czynnika ludzkiego i rozbudowanej biurokracji. Przykładem takiego rozwiązania opracowanego przez USA, a z powodzeniem wykorzystywanego przez inne kraje w tym Polskę, jest system wsparcia zaopatrzeniowego *SHIP CLIP*. Jego działanie, w skrócie określane mianem "mądrej łodówki" opiera się na zasadzie *zdykać z półki - magazyn za ciebie zamówi* tzn. zdejmując z półki potrzebną część, która jest integralną częścią zestawu części zapasowych magazynier skanuje lub spisuje numer inwentarowy. Następnie oprogramowanie nadzorujące komputer, w którym jest zainstalowana aplikacja *SHIP CLIP*, sam poprzez łącze internetowe zamawia zużytą część zabezpieczając permanentny dostęp do wszystkich części. W określonych interwałach czasowych system samodzielnie ocenia, które z części i jak często były używane oraz generuje poprawkę do norm należności części zapasowych. Dzięki takiemu algorytmowi eliminuje się potrzebę

wykorzystania czynnika ludzkiego, który w systemach zaopatrzenia jest najsłabszym ogniwem. Uproszczony schemat działania systemu przedstawia rysunek 3.



Rys. 3. Schemat działania programu Ship Clip

Kolejnym krokiem w rozbudowie systemów zaopatrzenia jest system wsparcia zaopatrzeniowego nowej generacji, którego funkcjonowanie opiera się na wykorzystaniu elementów wzbogaconych o identyfikację drogą radiową danej części. Działanie systemu polega to na tym, że w opakowanie części zapasowej wtopiony jest pasek specjalnego kształtu zrobiony ze stopu aluminium i miedzi. Część wchodząc na magazyn jest raz skanowana (musi się znaleźć w odległości około 2 m od czytnika) a następnie w razie potrzeby magazynier określa jej położenie przy wykorzystaniu sygnału radiowego z dokładnością do 0,5 m. Takie rozwiązanie jest szczególnie przydatne w magazynach pozbawionych regałów składowych.

6. WNIOSKI

Zagadnienia projektowania okrętów stanowią szerokie spektrum działań, których celem jest uzyskanie wysokiej jakości produktu spełniającego wymagania współczesnego, morskiego pola walki. Skupienie się tylko na wymaganiach taktyczno – technicznych może przynieść fatalne skutki dla projektu okrętu. Jedynie kompleksowa analiza oczekiwań oraz możliwości ich spełnienia pozwala na wypracowanie kompromisu projektowego. Kryteria logistyczne nie mogą więc być wyodrębnione spośród innych wymagań lecz stanowić powinny zespół cech charakteryzujących produkt finalny.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] Bursztyński A., *Logistyka Marynarki Wojennej*, Wyd. AMW, Gdynia 2009.
- [2] Charchalis A., *Opory okrętów wojennych, pędniki okrętowe*, Wyd. AMW, Gdynia 2000.
- [3] Dowgham W, *Modern warship „Naval Engineering”*, 1998, 3, pp. 24 – 48.
- [4] Wojnowski W, *Siłownie okrętowe cz III*, Wyd. AMW, Gdynia 1998.