

KONCEPCJA ZASTOSOWANIA MAŁEGO OBIEKTU DO WSPOMAGANIA AKCJI RATOWNICZEJ NA OBSZARZE BAŁTYKU POŁUDNIOWEGO

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyzwania związane z zastosowaniem innowacyjnych platform i obiektów pływających. Przedstawiono koncepcję małego obiektu do wspomaganie akcji ratowniczej na morzu. Opisano wybrane elementy modelowania koncepcji małego okrętu dwu-zadaniowego do wspomaganie akcji ratowniczej na obszarze Bałtyku Południowego. Przedstawiono podstawowe elementy związane z modelowaniem ruchu i ocena zachowania się szybkich bezzałogowych obiektów wodnych poruszających się na granicy wody i powietrza. Podano wnioski końcowe dotyczące prowadzonych badań.

WSTĘP

Oprócz okrętów i obiektów nawodnych i podwodnych o przeznaczeniu typowo rozpoznawczym i bojowym, do najważniejszych elementów komponentu morskiego RP należałyby zaliczyć małe i średniej wielkości wielozadaniowe jednostki pływające, które mogą stanowić platformy zarówno dla bezzałogowych systemów morskich BSM jak i bezzałogowych systemów lotniczych BSL.

Zastosowanie innowacyjnych wielozadaniowych platform pływających i systemów BSM umożliwia stworzenie innowacyjnych i bardzo zaawansowanych technologicznie rozwiązań w zakresie systemu operacyjnego komponentu morskiego. Innowacyjne wielozadaniowe platformy pływające wyposażone w bezzałogowe i autonomiczne systemy BSM o różnym przeznaczeniu, mogą stanowić nie tylko istotny element potencjału odstraszania Sił Zbrojnych RP i NATO ale także mogą być bardzo przydatne jako platformy do wspomaganie akcji ratowniczych na obszarze Bałtyku południowego. Małe bezzałogowe obiekty wodne mogą stanowić bardzo istotny element całego systemu wspomaganie akcji ratowniczych na tym obszarze.

1. WYZWANIA ZWIĄZANE Z ZASTOSOWANIEM INNOWACYJNYCH PLATFORM PŁYWAJĄCYCH

Projektowanie, budowa i eksploatacja innowacyjnych wielozadaniowych platform pływających wymaga precyzyjnego określenia przeznaczenia tych jednostek już na etapie koncepcji w zależności od przewidywanych zadań operacyjnych.

Przyjęto, że implementacja innowacyjnych rozwiązań zależy kolejno od następujących czynników: od przeznaczenia platformy, innowacyjności proponowanego rozwiązania, doświadczenia i zaangażowania zespołu osób uczestniczących w realizacji przedsięwzięcia, procesu decyzyjnego obejmującego ryzyka związane z realizacją projektu, od sposobu finansowania projektu, od realizacji badań i wdrożenia (demonstrator, prototyp, eksploatacja).

2. INNOWACYJNE PLATFORMY PŁYWAJĄCE

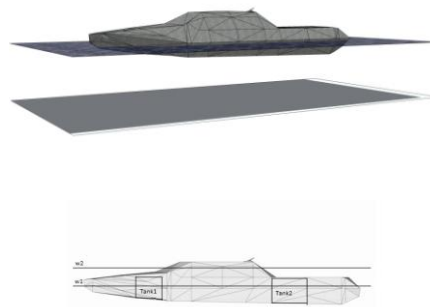
Opracowano dwie koncepcje wielozadaniowych platform pływających. Jako propozycję platformy mniejszej, opracowano projekt koncepcyjny i wybrane elementy projektu wstępnego szybkiego trimaranu do zadań specjalnych o innowacyjnych rozwiązaniach w zakresie kształtu kadłuba i napędu. Zaproponowano dwie wersje trimaranu. Wersja ratownicza powinna mieć długość około 30 m i szerokości operacyjnej około od 10 do 12 m.

Jako alternatywne rozwiązania konstrukcyjne w stosunku do trimaranu zaproponowano platformę typu ślizg lub katamaran. Porównanie rozwiązań przedstawiono na Rys.1.



Rys. 1. Schematyczne porównanie platform typu ślizg, trimaran i katamaran (widok od rufy) (Źródło: M.K. Gerigk, Politechnika Gdańska, 2014).

Jako propozycję platformy większej, opracowano koncepcję wielozadaniowego okrętu typu "stealth" o długości około 60 m i szerokości 8 m, który charakteryzuje się między innymi zmiennym stopniem pograżenia okrętu w wodzie i możliwością zmiany śladu hydrodynamicznego okrętu w czasie eksploatacji. Propozycję platformy, którą przyjęto do dalszej realizacji przedstawiono na Rys. 2.



Rys. 2. Widok wielozadaniowego okrętu typu "stealth" dla dwóch skrajnych stanów pograżenia okrętu w wodzie (Źródło: M.K. Gerigk, Politechnika Gdańska, 2014).

Okręt "stealth" charakteryzuje się:

1. Zmiennym stopniem pograżenia okrętu w wodzie (stan załadowania) przy użyciu systemu dynamicznego balastowania, co wpływa między innymi na skuteczną powierzchnię odbicia SPO oraz pole hydro-akustyczne generowane przez okręt pod wodą.

2. Możliwością zmiany pokrycia powierzchni kadłuba okrętu, co wpływa na wielkość i zachowanie się warstwy przyściennej a w ostateczności na ślad hydromechaniczny okrętu.

O innowacyjności okrętu decydują następujące elementy:

1. Kształt kadłuba (trudno-wykrywalna sylwetka typu "stealth", kształt kadłuba tnący fale).
2. Napęd główny umożliwiający spalanie zarówno konwencjonalnego paliwa okrętowego jak i gazu ziemnego.
3. Układ napędowy wyposażony w strumieniowy napęd wodny umożliwiający uzyskanie relatywnie dużych prędkości jednostki, także przy wyższych stanach morza.

Do podstawowych podsystemów trimaranu można zaliczyć: podsystem napędowy, dynamicznego balastowania, zasilania, ciśnieniowy powietrza, hydrauliczny wspomaganie, sterowania (w tym trybu autonomicznego sterowania), nawigacyjny, łączności satelitarnej i radiowej, obserwacji i walki elektronicznej, uzbrojenia, wodowania bezałogowych systemów BSM i BSL.

3. MAŁY OBIEKT DWU-ZADANIOWY DO WSPOMAGANIA AKCJI RATOWNICZEJ NA OBSZARZE BAŁTYKU POŁUDNIOWEGO

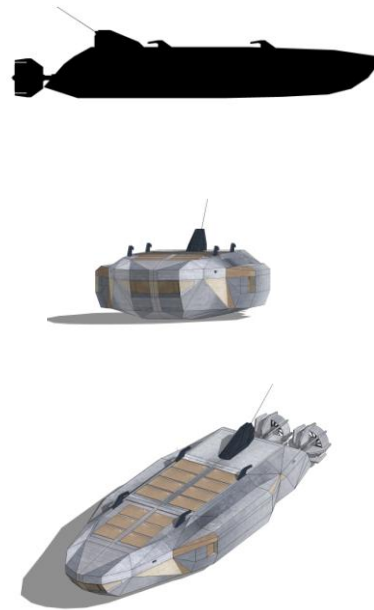
Przeprowadzono wstępne prace badawcze i opracowano koncepcje innowacyjnych bezałogowych obiektów pływających, na bazie których mogą powstać bardzo zaawansowane, w tym autonomiczne, systemy BSM, nawodne i podwodne. Opracowano między innymi koncepcję innowacyjnego obiektu mogącego poruszać się na swobodnej powierzchni wody, pod jej powierzchnią oraz tuż nad powierzchnią wody. Obiekt ten może przebywać w ukryciu pod wodą, także stacjonarnie na dnie akwenu. Koncepcja obiektu powstała z myślą o wykonywaniu zadań specjalnych i wydaje się, że jest najbardziej zaawansowanym koncepcyjnie rozwiązaniem dotyczącym bezałogowych autonomicznych obiektów pływających.

Poniżej przedstawiono ewolucję opracowanych koncepcji bezałogowych obiektów pływających, które doprowadziły do powstania rozwiązań dwóch zasadniczych projektów koncepcyjnych bezałogowych autonomicznych obiektów pływających, które mogą stanowić podstawę do rozwoju polskich zaawansowanych systemów BSM.

Pierwszym projektem była koncepcja bezałogowego obiektu podwodno-nadennego do zadań specjalnych "Sub-Stone" o długości 6 m, szerokości 2,4 m i wysokości 0,9 m.

Bardziej zaawansowanym projektem była koncepcja małego bezałogowego obiektu wodnego przy-powierzchniowego "Hydro-Sub" o długości 4,7 m, szerokości 2,1 m i wysokości 1,2 m. Na Rys.3 przedstawiono ogólny widok obiektu "Hydro-Sub". Na bazie koncepcji tego obiektu realizowany jest aktualnie projekt badawczy, finansowany przez Narodowe Centrum Badan i Rozwoju w ramach Programu PBS III. Projekt jest realizowany przez konsorcjum składające się z dwóch Uczelni Publicznych i jednego Przedsiębiorcę.

Z uwagi na stosunkowo małe gabaryty, szybkość działania, możliwość przebywania pod swobodną powierzchnią wody oraz potencjalne wyposażenie i uzbrojenie, obiekt może być bardzo trudny do wykrycia i zniszczenia, co czyni go bardzo skutecznym w działaniu. Proponowana konstrukcja może posiadać bardzo dużą odporność na trafienia z uwagi na posiadane cechy decydujące o jego trudno wykrywalności. Powyższe cechy czynią proponowaną konstrukcję bardzo cenną, jeśli chodzi o jej zastosowanie w marynarce wojennej i morskich siłach specjalnych. Mówimy tutaj o zastosowaniu obiektu zarówno do celów patrolowych, odstraszenia jak i czysto ofensywnych, w tym do zwalczania obiektów nadwodnych, nawodnych i podwodnych.



Rys. 3. Widok małego bezałogowego obiektu wodnego przy-powierzchniowego "Hydro-Sub" (Źródło: M.K. Gerigk, Politechnika Gdańska, 2014).

4. WYBRANE ELEMENTY MODELOWANIA Koncepcji MAŁEGO OBIEKTU DWU-ZADANIOWEGO DO WSPOMAGANIA AKCJI RATOWNICZEJ NA OBSZARZE BAŁTYKU POŁUDNIOWEGO

Głównym celem obecnych badań nad rozwojem koncepcji małego obiektu dwu-zadaniowego do wspomaganie akcji ratowniczej na obszarze Bałtyku Południowego jest opracowanie modelu do analizy jego wybranych cech.

Do czynników decydujących o podstawowych cechach hydrodynamicznych i eksploatacyjnych obiektu należą:

- Widzialność wizualna (ograniczenie zasięgu dostrzegalności obiektu).
- Kształt (skuteczna powierzchnia odbicia).
- Materiały, w tym pokrycie powierzchni kadłuba (odbicie/pochłonięcie fal i promieniowania).
- Pole hydroakustyczne (drżania, hałas).
- Ślad cieplny (emisja spalin).
- Ślad hydrodynamiczny.

Zdefiniowano następujące pola emisji obiektu:

- Pole 1- kształt, geometria.
- Pole 2- pokrycie (warstwa nanotechnologiczna), materiał, farby.
- Pole 3- drżania.
- Pole 4- hałas (emisja akustyczna).
- Pole 5- IT (emisja fal elektromagnetycznych + radarowych).
- Pole 6- cieplne.
- Pole 7- warstwa przyścienna.
- Pole 8- ślad hydrodynamiczny.
- Pole 9- widzialność.

Zakres obecnych badań:

- Opracowanie metody.
- Opracowanie modeli obliczeniowych.
- Wykonanie obliczeń numerycznych.
- Weryfikacja uzyskanych wyników obliczeń za pomocą badań modelowych.

- Podstawowe problemy badawcze do rozwiązania to:
- Opracowanie modelu do analizy wpływu nadwodnej i podwodnej części kształtu kadłuba obiektu na jego właściwości hydrodynamiczne.
 - Opracowanie modelu do symulacji zachowania się obiektu w warunkach operacyjnych.
Metoda badań oparta jest na:
 - Ocenie osiągow i zachowania się obiektu: analiza charakterystyk hydromechanicznych okrętu (pływalność, stateczność, opływ okrętu, właściwości oporowo-napędowe).
 - Ocenie bezpieczeństwa obiektu: analiza ryzyka wypadku dla danych warunków operacyjnych (stanów załadowania) i wybranych scenariuszy zdarzeń.
Metoda polega kolejno na:
 - Opisie funkcjonalności obiektu oraz opracowaniu kształtu i podziału przestrzennego.
 - Oszacowaniu masy i stanów załadowania obiektu (stanów pogrążenia obiektu w wodzie).
 - Analizie osiągow i zachowania się obiektu (pływalność, stateczność, właściwości oporowo-napędowe) z uwagi na relatywnie szybką zmianę kształtu nadwodnej i zanurzonej części kadłuba obiektu oraz zmianę śladu hydrodynamicznego obiektu.
 - Weryfikacji wyników badań.
 - Ocenie jak zmiana skutecznej powierzchni odbicia kadłuba obiektu (poprzez dynamiczne balastowanie) oraz jego ślad hydrodynamiczny wpływa na trudno wykrywalność obiektu.
 - Podsumowaniu badań.
- Przyjęto, że obiekt posiada następujące cechy:
- Innowacyjny kształt i podział grodziowy.
 - Nowoczesne materiały w tym tworzywa sztuczne, z którego wykonany jest kadłub.
 - Innowacyjne pokrycie powierzchni kadłuba.
 - Innowacyjny system napędowy.
 - Innowacyjny system balastowy.

5. MODELOWANIE RUCHU I OCENA ZACHOWANIA SIĘ BEZZAŁOGOWYCH OBIEKTÓW WODNYCH PORUSZAJĄCYCH SIĘ NA GRANICY WODY I POWIETRZA

Podczas badań przyjęto, że ogólny układ równań ruchu obiektu poruszającego się na granicy wody i powietrza, także ponad powierzchnią wody przy stałym oddziaływaniu swobodnej powierzchni wody, który umożliwia określenie zachowanie się obiektu w warunkach operacyjnych, można zapisać w sposób następujący [1, 2, 3, 6, 7]:

$$\sum_{j=2}^6 (M_{ij} + A_{ij}) \ddot{x}_j(t) + B_{ij} \dot{x}_j(t) + C_{ij} x_j(t) = \sum_{j=2}^6 F_{ij}(t) \quad (1)$$

gdzie:

- i - indeks opisujący kolejne składowe ruchu statku (i = 2, ..., 6),
- j - indeks opisujący kolejny stopień swobody,
- M_{ij} - macierz mas obiektu,
- A_{ij} - macierz mas towarzyszących,
- B_{ij} - macierz współczynników sił tłumienia,
- C_{ij} - macierz współczynników sił przywracających,
- F_{ij} - macierz zewnętrznych sił hydrodynamicznych i aerodynamicznych.

Ocena zachowania się obiektu, rozwiązując powyższy układ równań, wymaga teoretycznie wzięcia pod uwagę następujących sił pochodzących z różnych źródeł:

1. Siły grawitacyjne.

2. Siły hydrostatyczne (siły przywracające).
3. Siły hydrodynamiczne (siły wymuszające Froude'a-Krylov'a, siły wymuszające dyfrakcyjne).
4. Siły hydrodynamiczne na płatach nośnych i sterowych.
5. Siły od przemieszczenia środka ciężkości, w tym balastu.
6. Siły od działania urządzeń napędowych i sterowych (wodne pędniki strumieniowe).
7. Siły będące wynikiem działań czynnika ludzkiego (sterownie obiektem).

Zasadniczą grupę wymuszeń stanowią siły hydromechaniczne. Siły hydrostatyczne i hydrodynamiczne, należy wyznaczać dla nieustalanej zwilżonej powierzchni obiektu, biorąc pod uwagę ruchu obiektu w czasie. Siły te można najłatwiej wyznaczyć poprzez całkowanie ciśnienia hydrostatycznego i hydrodynamicznego po zwilżonej powierzchni kadłuba obiektu. Przy obliczaniu ciśnienia hydrodynamicznego można założyć, że przepływ wody ma charakter potencjalny.

Wyznaczając siły hydrostatyczne, czyli siły przywracające, należy scałkować ciśnienia hydrostatyczne po powierzchni zwilżonej kadłuba obiektu. Siły te, wyznaczone w dziedzinie czasu, będą miały charakter nieliniowy co oczywiście czyni równania ruchu nieliniowymi.

Do wyznaczenia sił radiacyjnych (sił bezwładności) występujących w równaniach ruchu, można użyć metody opartej na zmodyfikowanej 2-wymiarowej teorii paskowej (ang. 2D strip method) lub 3-wymiarowej metodzie panelowej (ang. 3D panel method), dla przepływu potencjalnego.

Siły tłumienia można wyznaczyć przy użyciu zależności empirycznych. Najczęściej, można je aproksymować liniowo, dysponując wynikami badań eksperymentalnych lub wynikami opublikowanymi w literaturze. Często stosuje się też liniową funkcję efektu pamięci (ang. linear memory effect function), odzwierciedlającą wpływ masy wody towarzyszącej i tłumienia falowania. Służy ona do uwzględnienia efektu zmiany mas towarzyszących i tłumienia kołysań przy oddziaływaniu fali. Jest ona najczęściej wykorzystywana przy wyznaczaniu określonych elementów ruchu obiektu (dla określonych amplitud liniowych) takich jak: kołysania poprzeczne liniowe (sway), kołysania poprzeczne kątowe (roll) i kołysania pionowe liniowe (heave).

Modelując ruch obiektu pod swobodną powierzchnią wody, na sfalowanej powierzchni morza i w czasie ruchu tuż nad sfalowaną zazwyczaj powierzchnią wody, odpowiednie stopnie swobody przyjęto nazywać w sposób następujący:

1. Kołysania podłużne liniowe obiektu (ang. surge).
2. Kołysania poprzeczne liniowe obiektu, inaczej kołysania burto-we (ang. sway).
3. Kołysania pionowe liniowe obiektu, określane też jako nurzanie (ang. heave).
4. Kołysania poprzeczne kątowe obiektu, znane najczęściej jako kołysania boczne (ang. roll).
5. Kołysania podłużne kątowe obiektu, inaczej kiwanie (ang. pitch).
6. Kołysania poziome kątowe obiektu, określane najczęściej jako myszkowanie (ang. yaw).

Zakładając, że amplitudy kołysań podłużnych liniowych obiektu (ang. surge), kołysań poprzecznych liniowych obiektu (ang. sway) i kołysań poziomych kątowych (yaw) będą miały mniejszy wpływ na zachowanie się obiektu w różnych stanach zanurzenia (stany załadownia) i różnych fazach ruchu można przyjąć, że decydujące znaczenie dla zachowania się obiektu, z punktu widzenia oceny tego zachowania, sterowania obiektem i jego bezpieczeństwa, będą miały następujące stopnie swobody:

1. Kołysania pionowe liniowe obiektu (ang. heave).
2. Kołysania poprzeczne kątowe obiektu (ang. roll).

3. Kolysania podłużne kątowe obiektu (ang. pitch).

WNIOSKI

Powyżej przedstawiono wybrane propozycje innowacyjnych platform i obiektów pływających, w tym opisano wyzwania związane z zastosowaniem innowacyjnych platform i obiektów pływających, innowacyjne platformy pływające, innowacyjne bezzałogowe autonomiczne obiekty pływające oraz wybrane zagadnienia związane z badaniami i projektowaniem innowacyjnych bezzałogowych autonomicznych obiektów pływających.

Należy oczekiwać, że w nadchodzącej dekadzie w Polsce nastąpi szerokie zastosowanie wielozadaniowych platform pływających i bezzałogowych systemów BSM w marynarce wojennej i morskich siłach specjalnych. Wydaje się to nieuniknione. Należy podjąć przemyślane i zdecydowane działania związane z rozwojem koncepcji, projektowaniem i budową pokrótce omówionych innowacyjnych platform i bezzałogowych obiektów pływających, które będą oparte głównie na polskiej myśli technicznej. Wymaga to zastosowania zintegrowanego podejścia do badań i wdrożenia tych rozwiązań w warunkach operacyjnych.

Na obecnym etapie badań nad koncepcją obiektu:

1. Zdefiniowano cel i zakres badań.
2. Opracowano metodę badań.
3. Opracowano modele teoretyczne do analizy wymienionych cech decydujących o właściwościach obiektu.
4. Trwają prace nad modelami obliczeniowymi.
5. Badania ukierunkowane są na zastosowanie wyników badań w praktyce.

BIBLIOGRAFIA

1. Cwojdzński L., Gerigk M.K. Polskie innowacyjne rozwiązania w zakresie jednostek i obiektów morskich, w tym systemów bezzałogowych. Nowa Technika Wojskowa, nr 11, 2014.
2. Gerigk M.K., Innowacyjne wielozadaniowe jednostki i obiekty pływające dla komponentu morskiego sił zbrojnych RP. The Manual, 11th International Conference & Exhibition "Advanced Technologies for Homeland Defence and Border Protection". Zarząd Targów Warszawskich S.A., Intercontinental Hotel, Warsaw, 14th May 2015.
3. Dudziak J., Teoria okrętu. Fundacja Promocji Przemysłu Okrętowego i Gospodarki Morskiej, Gdańsk 2008.
4. Faltinsen O.M., Sea Loads on Ships and Offshore Structures. Cambridge University Press, 1990.
5. Gerigk M.K. Kompleksowa metoda oceny bezpieczeństwa statku w stanie uszkodzonym z uwzględnieniem analizy ryzyka, Monografie 101, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2010.
6. Gerigk M.K., Wójtowicz S. Model systemu sterowania małego obiektu bezzałogowego poruszającego się na powierzchni wody. Logistyka, nr 6, 2014.
7. AUVSI/ONR, Engineering Primer Document for the Autonomous Underwater Vehicle (AUV) Team Competition Association for Unmanned Vehicle Systems International (AUVSI) US Navy Office of Naval Research (ONR) Version 01 - July 2007.

A CONCEPT OF DEDICATED APPLICATION OF A SMALL MULTI-TASK OBJECT FOR SUPPORTING THE RESCUE ACTIVITIES AT THE SOUTHERN BALTIC SEA AREA

Abstract

In the paper a concept of a small multi-task ship for supporting the rescue activities at the Southern Baltic Sea area is presented.

An object concept, theoretical and computational models have been worked out. The preliminary investigations concerning the hydromechanic characteristics of the object have been estimated.

The concept has been worked out at the Gdańsk University of Technology under supervision of Dr Habil. Eng. Mirosław K. Gerigk, Professor of Gdańsk University of Technology. The members of the interdisciplinary research group are the specialists of the Gdańsk University of Technology and other research institutions in Poland including the collaboration with the industry partners.

Autorzy:

Gerigk Mirosław Kazimierz - Politechnika Gdańska, Wydział Oceanotechniki i Okrętownictwa, Katedra Projektowania Okrętów i Robotyki Podwodnej, 80-233 Gdańsk, ul. G.Narutowicza 11/12., Tel. +48 58 347 2368, Fax: +48 58 348 6372, mger@pg.gda.pl

Szulczewski Piotr - Politechnika Gdańska, Wydział Oceanotechniki i Okrętownictwa, Katedra Projektowania Okrętów i Robotyki Podwodnej, 80-233 Gdańsk, ul. G.Narutowicza 11/12., Tel. +48 58 347 2368, Fax: +48 58 348 6372, p_szulczewski@yahoo.com