

MODELOWANIE RUCHU OBIEKTÓW PORUSZAJĄCYCH SIĘ NA GRANICY WODY I POWIETRZA. MODELOWANIE BEZPIECZEŃSTWA TYCH OBIEKTÓW

Streszczenie

W artykule przedstawiono główne problemy związane z opracowaniem koncepcji nowej generacji szybkich bezzałogowych obiektów wodnych poruszających się na granicy wody i powietrza w różnych warunkach operacyjnych, w tym stanów załadowania. Przedstawiono problemy związane z modelowaniem ruchu tych obiektów oraz oceną ich zachowania się w różnych fazach ruchu. W artykule opisano koncepcję wybranego obiektu, w tym jego kształt i podział przestrzenny. Przedstawiono problem badawczy, metodę badań i zadania badawcze związane z badaniami, projektowaniem i budową demonstratora technologii. Przedstawiono podstawowe problemy związane z modelowaniem ryzyka wypadku i oceną bezpieczeństwa obiektu. W końcowej części pracy przedstawiono procedurę projektowania szybkich bezzałogowych obiektów wodnych poruszających się na granicy wody i powietrza. Informacje zawarte w artykule związane są z badaniami ukierunkowanymi na opracowanie dokumentacji technicznej i budowę demonstratora technologii. Prace prowadzone są na Politechnice Gdańskiej w zespole kierowanym przez jednego z autorów.

WSTĘP

Współczesne zadania patrolowe (pomiarowe) na morzu wymagają zastosowania coraz bardziej zaawansowanych obiektów. Chodzi o bezpieczeństwo życia, mienia i ochronę środowiska morską. Celem omawianych badań jest opracowanie modelu funkcjonalnego obiektu, który byłby zdolny do poruszania się na granicy wody i powietrza ze stosunkowo dużą prędkością, pozyskując w czasie krótkiej misji informacje, natychmiast analizowane i wykorzystywane przez centrum misji.

W artykule przedstawiono zasadnicze problemy związane z opracowaniem koncepcji nowej generacji szybkich bezzałogowych obiektów wodnych poruszających się na granicy wody i powietrza. Opisano koncepcję wybranego obiektu, w tym jego kształt i podział przestrzenny. Przedstawiono podstawowe problemy związane z modelowaniem ruchu obiektu oraz oceną zachowania się obiektu w różnych fazach ruchu rozumianych jako ruch pod swobodną powierzchnią wody, na jej powierzchni wody oraz tuż nad swobodną powierzchnią wody (ruchu przy niskim pułapie lotu). Przedstawiono problem badawczy, metodę badań i zadania badawcze związane z badaniami, projektowaniem i budową demonstratora technologii. Następnie, opisano podstawowe problemy związane z modelowaniem ryzyka wypadku i oceną bezpieczeństwa tych obiektów. W końcowej części pracy przedstawiono procedurę projektowania szybkich bezzałogowych obiektów wodnych poruszających się na granicy wody i powietrza.

1. KONCEPCJA BEZZAŁOGOWYCH OBIEKTÓW WODNYCH NOWEJ GENERACJI PORUSZAJĄCYCH SIĘ NA GRANICY WODY I POWIETRZA

Celem badań jest opracowanie modelu funkcjonalnego szybkiego bezzałogowego obiektu wodnego nowej generacji poruszającego się na granicy wody i powietrza. Obiekt powinien posiadać innowacyjne rozwiązania w zakresie kształtu, konstrukcji i zastosowanych materiałów, umożliwiających modyfikację kombinacji cech decydujących o tym aby był trudny do wykrycia. Zakłada się, że

model będzie posiadał zdolność poruszania się na swobodnej powierzchni i pod jej powierzchnią. Model będzie posiadał cztery zasadnicze cechy decydujące o jego trudno-wykrywalności: innowacyjny kształt, konstrukcję i pokrycie powierzchni, ograniczoną emisję wibroakustyczną oraz możliwość modyfikacji śladu hydrodynamicznego. Model będzie posiadał możliwość zmian powyższych cech w zależności od potrzeb. Ustalenie kombinacji powyższych zmian, z punktu widzenia wykrywalności obiektu, będzie stanowiło końcowy efekt badań.

1.1. KONCEPCJA WYBRANEGO BEZZAŁOGOWEGO OBIEKTU WODNEGO W WERSJI III/RP

Problem badawczy polega na opracowaniu koncepcji szybkiego bezzałogowego obiektu wodnego nowej generacji poruszającego się na granicy wody i powietrza, wykonanego w technologii stealth, który byłby zdolny do poruszania się pod swobodną powierzchnią wody, na jej powierzchni oraz tuż nad swobodną powierzchnią wody ze względnie dużymi prędkościami. Dokładne parametry i charakterystyki ruchu obiektu są ściśle związane z przeznaczeniem obiektu.

Proponowany obiekt posiada następujące parametry główne:

- Długość L: 4,0 m.
- Szerokość (rozpiętość) B: 1,8 m.
- Wysokość całkowita H: 0,6 m.
- Masa całkowita obiektu M: około 1200 - 1900 kg (w zależności od przeznaczenia).
- Prędkość obiektu pod wodą v_{pw}: max 2.5 m/s.
- Prędkość obiektu na swobodnej powierzchni wody v_w: max 3.5 m/s.

Opracowany kształt szybkiego bezzałogowego obiektu wodnego nowej generacji poruszającego się na granicy wody i powietrza, przedstawiono na Rys. 1.



Rys. 1. Koncepcja szybkiego bezzałogowego obiektu wodnego nowej generacji poruszającego się na granicy wody i powietrza.

2. MODELOWANIE RUCHU I OCENA ZACHOWANIA SIĘ SZYBKICH 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 umożliwi 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 ($i = 2, \dots, 6$),

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 od slamming'u, w tym zalewanie obiektu. (dla wybranych stanów)
5. Siły aerodynamiczne na kadłubie płatach nośnych i sterowych, w tym te od działania wiatru.
6. Siły aerodynamiczne w poduszce powietrznej pod kadłubem obiektu. (dla wybranych stanów)
7. Siły od przemieszczenia środka ciężkości, w tym balastu.
8. Siły od działania urządzeń napędowych i sterowych.
9. Siły będące wynikiem działań czynnika ludzkiego (sterownie obiektem).

Stąd wniosek, że obecne badania z ruchem i ocena zachowania się obiektu dotyczą opracowania poprawnie funkcjonującego dynamicznego modelu ruchu obiektu.

Układ równań (1) ostatecznie można przedstawić w sposób następujący:

$$\begin{aligned} \sum_{j=2}^6 (M_{ij} + A_{ij}) \ddot{x}_j(t) + B_{ij} \dot{x}_j(t) + C_{ij} x_j(t) &= \\ &= \sum_{j=2}^6 F^{FK}_{ij}(t) + F^D_{ij}(t) + F^{AFW}_{ij}(t) \end{aligned} \quad (2)$$

gdzie:

F^{FK}_{ij} - siły hydrodynamiczne wymuszające Froude'a-Krylov'a,

F^D_{ij} - siły hydrodynamiczne wymuszające dyfrakcyjne,

F^{AFW}_{ij} - siły hydrodynamiczne i aerodynamiczne wymuszające od działania wody i powietrza.

Zasadniczą grupę wymuszeń stanowią siły hydromechaniczne. Siły hydrostatyczne i hydrodynamiczne, należy wyznaczać dla zmiennej zwilżonej powierzchni obiektu, biorąc pod uwagę ruch obiektu w czasie. Siły te można najłatwiej wyznaczyć poprzez całkowanie ciśnienia hydrostatycznego i hydrodynamicznego po zwilżonej powierzchni kadłuba obiektu. Podobnie jak dla obiektów typu statek 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.

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 ruchy 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).

W badaniu różnych cech obiektu, można dokonywać uproszczeń związanych z badaniem tylko wybranych stopni swobody. Na przykład przy badaniu oporu statku w ruchu liniowym można założyć, 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 załadowania) i różnych fazach ruchu. Można zatem przyjąć, że decydują-

ce 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. Kołysania podłużne kątowe obiektu (ang. pitch).

Do wyznaczenia dynamicznych sił oddziaływujących na obiekt od fal, przy zastosowaniu dwuwymiarowej teorii paskowej, zastosowanie mają poniżej opisane równania. Przy czym, dla całego obiektu są one całkowane przez jednostkową długość na jakiej opisana geometria występuje. Jest to wydajna metoda oferująca zadowalającą dokładność i mająca zastosowanie zarówno w przemyśle i przez jednostki badawcze (3).

$$\begin{bmatrix} F_2 \\ F_4 \\ F_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \int f_{2FK}(x) + f_{2D}(x) dx \\ \int f_{4FK}(x) + f_{4D}(x) dx \\ \int (x * (f_{2FK}(x) + f_{2D}(x)) - U * a_{22}(x_{mean})v) dx \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} U * a_{22}(x_{mean})w \\ U * a_{42}(x_{mean})v \\ U * a_{22}(x_{mean})v \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} F_3 \\ F_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \int f_{3FK}(x) + f_{3D}(x) dx \\ \int (x * (f_{3FK}(x) + f_{3D}(x)) - U * a_{33}(x_{mean})w) dx \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} -U * a_{33}(x_{mean})w \\ U * x_{mean} * a_{33}(x_{mean})w \end{bmatrix}$$

Gdzie:

$$f_{2FK}(x) = i\rho g \zeta_a \int n_3 e^{-ik(x \cos \beta + y \sin \beta)} e^{kz} dl$$

$$f_{3FK}(x) = i\rho g \zeta_a \int n_2 e^{-ik(x \cos \beta + y \sin \beta)} e^{kz} dl$$

$$f_{4FK}(x) = i\rho g \zeta_a \int n_4 e^{-ik(x \cos \beta + y \sin \beta)} e^{kz} dl$$

3. PROBLEM BADAWCZY, METODA BADAŃ I ZADANIA BADAWCZE

Problem badawczy. Problem badawczy polega na opracowaniu koncepcji szybkiego bezzałogowego obiektu wodnego nowej generacji poruszającego się na granicy wody i powietrza, który byłby zdolny do poruszania się na swobodnej powierzchni wody z dużą prędkością, pozyskując w czasie krótkiej misji odpowiednie informacje. Pozyskane informacje byłyby szybko przesyłane do centrum misji patrolowej w celu ich analizy i wykorzystania.

Metoda badawcza. Metoda badawcza polega na ocenie funkcjonalności, efektywności i bezpieczeństwa obiektu przy użyciu badań na modelu fizycznym, badań z użyciem modelu funkcjonalnego obiektu (modelu fizycznego), symulacji komputerowej oraz analizy ryzyka.

Do zasadniczych elementów metody badawczej można zaliczyć:

1. Ocenę funkcjonalności obiektu (przeznaczenie, kształt i podział przestrzenny obiektu).
2. Oszacowanie masy obiektu (dobór materiałów, balast, wyposażenie) i położenia jego środka ciężkości.
3. Dobór podsystemów obiektu (napęd, urządzenia sterowe).
4. Ocenę efektywności obiektu (pływalność, stateczność, właściwości oporowo-napędowe, właściwości manewrowe, właściwości morskie).

5. Ocenę prędkości i zachowania się obiektu w warunkach operacyjnych (sterowanie obiektem), w zależności od stanu załadowania, fazy ruchu, itp.
6. Ocenę bezpieczeństwa obiektu opartą na analizie ryzyka wypadku.

Zadania badawcze ukierunkowane na opracowanie demonstratora technologii. Do zasadniczych zadań badawczych związanych z opracowaniem koncepcji obiektu należy zaliczyć:

1. Opracowanie kształtu obiektu, w tym jego podziału przestrzennego.

Na podstawie wstępnej koncepcji zostaną przyjęte wymiary główne obiektu, jego podstawowe charakterystyki geometryczne oraz charakterystyki hydrostatyczne. Zostanie opracowany wyjściowy kształt obiektu. Kształt ten będzie później modyfikowany, w celu nadania obiektowi cech typu stealth. Dla wyjściowego kształtu obiektu dokonany zostanie podział przestrzenny z uwagi na jego funkcjonalność, efektywność i bezpieczeństwo. W czasie projektowania obiektu na tym etapie zostanie

zastosowane podejście wielokryterialne.

2. Opracowanie konstrukcji obiektu. Dobór urządzeń i podsystemów. Dobór materiałów, w tym pokrycia kadłuba. Oszacowanie masy obiektu.

W zadaniu drugim, na podstawie kształtu opracowanego w zadaniu pierwszym, zostanie zaprojektowany układ wiązań głównych, wyznaczających podział wodoszczelny modelu obiektu. Zaplanowano podział przestrzenny poprzeczny, podłużny i poziomy. Podział taki zapewni odpowiednią sztywność i niezatapialność kadłuba. Zostanie dobrany układ napędowy. Zostanie opracowany układ zdalnego sterowania. Przy obliczeniach przyjęte będzie założenie, że konstrukcja wiązań głównych zostanie wykonana z materiałów kompozytowych, wzmocnienia ze stopów lekkich i poszycie kadłuba z włókna szklanego, utwardzonego żywicami epoksydowymi. Na podstawie wcześniejszych badań i analiz zostanie przeprowadzona szczegółowa analiza materiałów służących do pokrycia poszycia modelu. Po doborze wszystkich urządzeń i podsystemów modelu, dla przyjętego rozkładu mas, zostanie obliczona całkowita masa obiektu i położenie jego środka ciężkości.

3. Analiza pływalności i stateczności oraz właściwości oporowo-napędowych i morskich obiektu.

Zostaną przeprowadzone obliczenia pływalności i stateczności modelu dla dwóch stanów jego załadowania: dla stanu wynurzonego (bez balastu) i stanu pogrążenia w wodzie (100% balastu). Zostanie przeprowadzona analiza właściwości oporowo-napędowych, właściwości manewrowych i morskich modelu przy zastosowaniu metod numerycznej mechaniki płynów CFD.

4. Projekt i budowa modelu fizycznego obiektu w skali 1:2.

Na podstawie opracowanego kształtu zostanie zbudowany model fizyczny obiektu w skali 1:2. Konstrukcja wiązań głównych zostanie wykonana z materiałów kompozytowych. Wzmocnienia wiązań głównych zostaną wykonane ze stopów lekkich. Poszycie kadłuba modelu zostanie wykonane z włókna szklanego utwardzonego żywicami epoksydowymi. Zamonto-

- wany zostanie układ napędowy, napęd wodny i powietrzny. Model zostanie wyposażony w zdalny układ sterowania. Poszycie modelu zostanie pokryte wyjściową warstwą nanotechnologiczną. Opracowany zostanie projekt techniczny modelu obiektu w skali 1:2 wraz z dokumentacją techniczną, i wizualizacją 3D w formie grafiki komputerowej.
5. Badania pola wibroakustycznego modelu fizycznego obiektu na basenie holowniczym.

Celem badań jest pomiar pola wibroakustycznego modelu. Badania zostaną przeprowadzone na basenie holowniczym Wydziału Oceanotechniki i Okrętownictwa Politechniki Gdańskiej. Program badań obejmuje 5 etapów:

 - a) Dobór dwóch stanów załadowania (balastowanie modelu), określenie zakresu prędkości holowania, dobór trzech punktów pomiarowych (prędkości), do wyznaczenia krzywej oporu.
 - b) Holowanie modelu dla prędkości i stanów załadowania przyjętych w etapie pierwszym, w celu określenia krzywej oporu, pomiaru pola ciśnienia na kadłubie modelu, generowanego przez model układu falowego i pomiaru pola wibroakustycznego modelu.
 - c) Testy modelu swobodnego, zdalnie sterowanego, z własnym napędem. Pomiaru pola wibroakustycznego modelu dla zakresu prędkości i stanów załadowania przyjętych w etapie drugim.
 - d) Pomiaru pola wibroakustycznego modelu w przypadku zastosowania różnych warstw nano-technologicznych, stanowiących pokrycie poszycia kadłuba modelu, dla zakresu prędkości i stanów załadowania przyjętych w etapie drugim.
 - e) Pomiaru pola wibroakustycznego modelu w przypadku zastosowania warstw nano-technologicznych na wewnętrznych powierzchniach poszycia kadłuba modelu i wyciszenia urządzeń pokładowych, dla zakresu prędkości i stanów załadowania przyjętych w etapie drugim. Analiza wyników badań będzie obejmowała porównanie emisji wibroakustycznej modelu dla przyjętych stanów załadowania, prędkości i zastosowanych warstw pokryć nanotechnologicznych. Na podstawie pola ciśnień, pomierzonego na kadłubie, zaproponowane zostanie rozmieszczenie warstw nano-technologicznych – w tym warstw hydrofobowych i hydrofilowych. Zostanie zbadane, w jakim stopniu warstwa hydrofobowa, naniesiona na poszycie kadłuba w rejonie oderwania przepływu ograniczy występowanie tego zjawiska.
 6. Badania wpływu pokrycia powierzchni kadłuba modelu na wielkość śladu hydrodynamicznego, na basenie holowniczym. Pomiaru ciśnienia na powierzchni kadłuba modelu oraz pomiaru parametrów śladu hydromechanicznego – prędkości oraz obszaru zaburzonego, przeprowadzone zostaną na basenie holowniczym Wydziału Oceanotechniki i Okrętownictwa Politechniki Gdańskiej. Badania będą polegały na pomiarze tych wielkości, w przypadku zastosowania różnych warstw nanotechnologicznych, stanowiących pokrycie kadłuba modelu. Program badań będzie obejmował pomiary dla dwóch stanów załadowania i trzech prędkości przyjętych w zadaniu 5. Dla wybranych pokryć zostaną wykonane obliczenia przepływu przy użyciu metody CFD. Wyniki pomiarów pola ciśnień na powierzchni kadłuba modelu oraz parametrów śladu, zostaną porównane z wynikami obliczeń numerycznych, w celu oceny przydatności obliczeń numerycznych przy ocenie wpływu pokrycia powierzchni na trudno wykrywalność.
 7. Optymalizacja cech decydujących o trudno-wykrywalności obiektu przy użyciu symulacji komputerowej. Opracowanie optymalnych kombinacji cech decydujących o trudno wykrywalności obiektu.

Zostanie przeprowadzona analiza opływu kadłuba obiektu za pomocą metod numerycznej mechaniki płynów CFD (oprogramowanie własne), dla wybranych pokryć kadłuba obiektu warstwą nanotechnologiczną, różnych stanów załadowania i różnych zakresów prędkości obiektu. W czasie analizy zostaną zastosowane własne zmodyfikowane modele wirowości oparte na modelach wirowości CFD: k-epsilon, k-omega, RES, które będą umożliwiały symulację pokrycia kadłuba obiektu odpowiednią warstwą nanotechnologiczną. Na podstawie powyższej analizy oraz w oparciu o wyniki pomiarów, symulacji i optymalizacji pola wibroakustycznego zostanie opracowany zbiór kombinacji cech decydujących o trudno-wykrywalności obiektu. Zostaną wybrane najlepsze rozwiązania ze względu na charakterystyki zapewniające trudno-wykrywalność – najmniejsza emisja wibroakustyczna, najmniejszy opór jednostki, najmniejsze zakłócenia ośrodka wodnego - niska energia fali generowanej przez model, mała prędkość i obszar strumienia nadążającego. Zostanie przeprowadzona analiza wielokryterialna, optymalizacja wektorowa, w celu wyboru optymalnej kombinacji cech, decydujących o trudno wykrywalności obiektu, z uwzględnieniem kosztów i efektywności zastosowanych technologii.

WNIOSKI

Celem artykułu było przedstawienie wybranych informacji na temat powstającej koncepcji nowej generacji szybkich bezzałogowych obiektów wodnych poruszających się na granicy wody i powietrza. Podano podstawowe informacje na temat obiektu będącego przedmiotem badań, modelowania zachowania się obiektu, oceny jego zachowania, oceny ryzyka wypadku i oceny bezpieczeństwa obiektu. Obecne prace badawcze związane są z dalszym rozwojem zagadnień przedstawionych w artykule.

Drugim celem było przedstawienie aktualnych problemów związanych z badaniami i projektowaniem zaawansowanych bezzałogowych szybkich obiektów wodnych, do celów cywilnych jak i militarnych. Prowadzone prace badawcze i projektowe powinny w dłuższym, kilkuletnim okresie czasu prowadzić do wdrożenia. W Polsce były i są prowadzone prace naukowo-badawcze i wdrożeniowe w odniesieniu do wodnych obiektów zaawansowanych. W warunkach rozwijającej się współpracy pomiędzy partnerami wywodzącymi się z przemysłu i nauki, przy wsparciu administracji rządowej i lokalnej, istnieje realna szansa prowadzenia w Polsce nie tylko prac naukowo-badawczych w omawianym zakresie, ale także podjęcia prac projektowych i budowy tych jednostek.

Informacje zawarte w artykule związane są z badaniami podstawowymi i przemysłowymi. Prace te prowadzone są na Politechnice Gdańskiej w zespole kierowanym przez jednego z autorów.

BIBLIOGRAFIA

1. Dudziak J. Teoria okrętu. Fundacja Promocji Przemysłu Okrętowego i Gospodarki Morskiej, Gdańsk 2008.
2. Faltinsen O.M. Sea Loads on Ships and Offshore Structures. Cambridge University Press, 1990.
3. Gerigk M., Kompleksowa metoda oceny bezpieczeństwa statku w stanie uszkodzonym z uwzględnieniem analizy ryzyka, Monografie 101, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2010.
4. Grabowski M., Merrick J. R. W., Haraald J. R., Mazzuchi T. A., Rene van Dorp J., Risk modeling in distributed, large-scale systems, "IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernet-

- ics – part A: Systems and Humans”, Vol. 30, No. 6, November 2000.
5. Jasionowski A., Vassalos D., Conceptualising Risk, Proceedings of the 9th International Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles STAB 2006, Rio de Janeiro, 25-29 September 2006.
 6. Krężelewski M. Hydromechanika ogólna i okrętowa, część I. Skrypt Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 1977.
 7. Krężelewski M. Hydromechanika ogólna i okrętowa, część II. Skrypt Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 1982.
 8. Pillay A., Wang J., Technology and Safety of Marine Systems, “Elsevier Ocean Engineering Book Series”, Volume 7, Elsevier 2003.
 9. Sii H.S., Ruxton T., Wang J., Novel risk assessment and decision support techniques for safety management systems, “Journal of Marine Engineering and Technology”, No. A1, 2002.
 10. Skjong R., Vanem E., Rusas S., Olufsen O., Holistic and Risk Based Approach to Collision Damage Stability of Passenger Ships, Proceedings of the 9th International Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles STAB 2006, Rio de Janeiro, 25-29 September 2006.

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

A MODEL FOR RAPID MODELING OF THE SEQUENCE OF EVENTS CAUSING A DANGER TO THE SHIP SAFETY IN OPERATIONAL CONDITIONS

Abstract

In the paper the main problems associated with development of a concept of a novel generation of the fast unmanned maritime objects moving on the free surface of water for the different operational conditions including the loading conditions are presented. The problems connected with modeling the object motion and assessment of the object performance for the different phases of motion are presented as well. A concept of the data object including its hull form and arrangement of internal spaces is introduced in the paper. The research problem, method of investigations and research tasks connected with the pure research, design and construction of the prototype are introduced in the paper. The basic problems associated with modeling the risk and safety assessment of the object is presented. In the final part of the paper a procedure of design of the fast unmanned maritime objects moving on the free surface of water for the different operational conditions including the loading conditions is shown. The information included in the paper are connected with the research directed towards development of the technical documentation and prototype construction. The research is conducted at the Gdańsk University of Technology by the team of researches under the supervision of one of the authors.