

MIRONIUK Waldemar<sup>1</sup>  
 ŁOSIEWICZ Zbigniew<sup>2</sup>

## Analiza stateczności początkowej podczas zatapiania siłowni głównej okrętu

*Słowa kluczowe: stateczność początkowa, niezatapialność, uszkodzenie przedziału okrętowego, współczynnik zatapialności,*

### Streszczenie

Każde uszkodzenie poszycia kadłuba okrętowego wywołuje określone skutki w postaci zalania wodą jednego lub kilku przedziałów wodoszczelnych, i tym samym powoduje zmiany stateczności i położenia okrętu. Określenie tych zmian stanowi sedno obliczeń niezatapialnościowych wiążących się z eksploatacją okrętu uszkodzonego. W referacie przedstawiono metodykę obliczeń wysokości metacentrycznej oraz położenia okrętu podczas zalewania uszkodzonego przedziału. Zaprezentowano opracowany program komputerowy do symulacji zatapiania uszkodzonego przedziału oraz dokonano określenia wysokości metacentrycznej podczas zatapiania siłowni głównej.

### STABILITY ANALYSIS OF THE WARSHIP WHILE FLOODING THE MAIN ENGINE ROOM

#### Abstract

The each damage of a ship's body causes flooding to compartments and changes stability parameters and a ship position. The knowledge of stability parameters is very important for the commanding officer making decisions while fighting for unsinkability and survival of the ship. The paper presents computational method which was designed to provide information about possibility of calculation stability parameters. On the basis of the built computer program, a simulation of the flooding process of damaged compartments engine room was shown.

#### 1. WSTĘP

Każde uszkodzenie poszycia wywołuje określone skutki, tzn. zalanie wodą jednego lub kilku przedziałów wodoszczelnych, które powoduje zmiany stateczności i położenia okrętu. Określenie tych zmian stanowi sedno obliczeń niezatapialnościowych wiążących się z eksploatacją okrętu uszkodzonego. W czasie eksploatacji okrętu może wystąpić uszkodzenie nietypowe, nieprzewidziane w dokumentacji statecznościowej, wobec czego niezbędna jest znajomość metod obliczania niezatapialności.

#### 2. METODY OBLICZANIA NIEZATAPIALNOŚCI

Obliczenie niezatapialności okrętu po uszkodzeniu poszycia i wdarciu się wody do wnętrza kadłuba można wykonać różnymi metodami. Należą do nich:

- 1 Metody probabilistyczne,
- 2 Metody deterministyczne:
  - metoda przyjętej masy,
  - metoda stałej wyporności,
  - metoda kolejnych przybliżeń.

##### 2.1. Metody probabilistyczne

Metody probabilistyczne stosowane są przy wstępnym etapie projektowania kadłuba okrętu. Polegają one na obliczeniu prawdopodobieństwa zatopienia kolejnych przedziałów (zbiorników) i całej jednostki pływającej. Niezatapialność jednostki pływającej określa się przez podanie liczby przyległych przedziałów, których jednoczesne zalanie wodą nie spowoduje zatonięcia okrętu. W związku z tym mówi się o okrętach posiadających niezatapialność jedno-, dwu- lub trójprzedziałową. Tak więc, okręt posiadający niezatapialność dwuprzędziałową we wszystkich przewidzianych eksploatacją stanach załadowania jest w stanie utrzymać stateczność po zatopieniu dwóch dowolnych przyległych przedziałów.

<sup>1</sup>Akademia Marynarki wojennej, Wydział Nawigacji i Uzbrojenia Okrętowego: 81-103 Gdynia; ul. Śmidowicza 69. Tel: + 58 626 2794, E-mail: w.mironiuk@amw.gdynia.pl

<sup>2</sup>Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, w Szczecinie, Wydział Techniki Morskiej, Al. Piastów 41 Tel. 600 275 871, E-mail: HORN.losiewicz@wp.pl

## 2.2. Metody deterministyczne

Metody deterministyczne stosuje się przy prognozowaniu, symulowaniu i określaniu wartości parametrów okrętu w określonych jego warunkach eksploatacyjnych. W tym celu wykorzystuje się metodę przyjętego ciężaru (masy), metodę utraconej wyporności lub metodę kolejnych przybliżeń. Zatopienie jednego lub kilku przedziałów wodoszczelnych można traktować jako przyjęcie na okręt dodatkowej masy, bądź jako utratę części wyporności okrętu, równej wyporności zalanych przedziałów. Do obliczeń wybrano metodę przyjętego ciężaru. Wykonując obliczenia przy zastosowaniu tej metody zakłada się, że woda wypełniająca zalany przedział stanowi masę przyjętą dodatkowo na okręt. W wyniku tego masa całkowita okrętu wzrośnie, odpowiednio zwiększy się wyporność okrętu przez wzrost jego zanurzenia. Zmieni się także położenie środka masy okrętu i położenie jego środka wyporu.

Dla obliczenia wpływu zatopienia przedziałów na zmianę zanurzenia, przechyłu, przegłębienia i stateczności początkowej przyjmuje się następujące założenia:

1. ilość wody wypełniającej zatopiony przedział jest niewielka w stosunku do wyporności okrętu, a zmiany położenia okrętu zachodzą w granicach, dla których położenie metacentrum po zatopieniu przedziału można uważać za stałe,
2. w granicach zmian zanurzenia wywołanych zatopieniem przedziału, burty okrętu są prostopadłe, a wielkość, kształt i położenie środka ciężkości przekroju wodnicowego, do którego okręt się zanurza, pozostają niezmiennione,
3. środek masy wody wypełniającej przedział pokrywa się ze środkiem masy bryły zatopionej części przedziału,
4. w położeniu początkowym (przed zatopieniem) okręt pływa bez przegłębienia lub z nieznacznym tylko przegłębieniem.

Oznaczenia przyjęte w algorytmie obliczeniowym, odnoszące się do okrętu nieuszkodzonego, są podane bez indeksu dolnego. Oznaczenia odnoszące się do okrętu uszkodzonego, zanurzonego dodatkowo równoległe o  $\Delta T$ , lecz nieprzegłębionego oznaczono indeksem „n”, zaś do okrętu uszkodzonego i przegłębionego indeksem „u”.

Obliczenia prowadzi się dla:

- określonej wyporności okrętu  $D$  o zanurzeniu dziobu  $T_d$ , zanurzeniu rufy  $T_r$  i zanurzeniu średnim: [1,2]

$$T = \frac{T_d + T_r}{2} \quad (1)$$

- określonej objętości podwodzia okrętu nieuszkodzonego  $V$ ,

- środka pola przekroju wodnicowego ( $F_{wo}$ ), do którego zanurza się okręt, leżącego w punkcie  $S (X_s, 0, Z_s)$ .

Metoda przyjętego ciężaru polega na obliczeniu następujących wielkości:

Masa wody w przedziale: [1,2]

$$m = \rho * v = \rho * v_t * \mu \quad (2)$$

Przyrost średniego zanurzenia: [1,2]

$$\Delta T_n = \frac{m}{\rho * F_{wo}} \quad (3)$$

Nowa wartość poprzecznej wysokości metacentrycznej: [1,2]

$$\overline{G_u M_u} = \overline{GM} + \frac{m}{D + m} \left( T + \frac{\Delta T_n}{2} - Z_g - \overline{GM} \right) \quad (4)$$

W przypadku, gdy woda nie wypełnia przedziału całkowicie, wskutek czego występuje swobodna powierzchnia wody w zatopionym przedziale, wysokość metacentryczna ulega zmniejszeniu zgodnie z równaniem: [1,2]

$$\overline{G_{u_p} M_u} = \overline{GM} + \frac{m}{D + m} \left( T + \frac{\Delta T_n}{2} - Z_g - \overline{GM} \right) - \frac{i_b}{V + v} \quad (5)$$

Nowa wartość wzdłużnej wysokości metacentrycznej: [1,2]

$$\overline{G_u M_{L_u}} \cong \frac{m}{D + m} \overline{GM_L} \quad (6)$$

Wpływ swobodnej powierzchni wody na wartość wzdłużnej wysokości metacentrycznej jest niewielki i zazwyczaj pomijany.

Kąt przechyłu: [1,2]

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{m * Y_g}{(D + m) * \overline{G_u M_u}} \quad (7)$$

W przypadku wystąpienia swobodnej powierzchni wody w zatopionym przedziale wzór przybierze postać: [1,2]



$g (X_g, Y_g, Z_g)$  – środek geometryczny bryły zatopionej części przedziału [-],  
 $S (X_S, 0, Z_S)$  – środek geometryczny przekroju wodnicowego do którego zanurza się okręt,  
 $\rho$  – gęstość wody morskiej [ $t/m^3$ ],  
 $v_t$  – objętość teoretyczna przedziału [ $m^3$ ],  
 $v$  – objętość wody w przedziale [ $m^3$ ],  
 $i_{bt}$  – moment bezwładności przekroju wodnicowego w zalany przedziale  
 (na wysokości powierzchni wody wypełniającej przedział) względem osi  
 wzdłużnej, równoległej do osi symetrii okrętu, przechodzącej przez środek geometryczny  
 tegoż przekroju [ $m^4$ ],  
 $i_b$  – moment bezwładności swobodnej powierzchni wody w przedziale zatopionym względem tej samej osi, co  $i_{bt}$  [ $m^4$ ],  
 $\mu$  – współczynnik zapelnienia przedziału,  
 $\mu_f$  – współczynnik zapelnienia przekroju wodnicowego  $\mu_f \cong \mu$ .

### 3. OBLICZENIA DLA USZKODZONEGO PRZEDZIAŁU

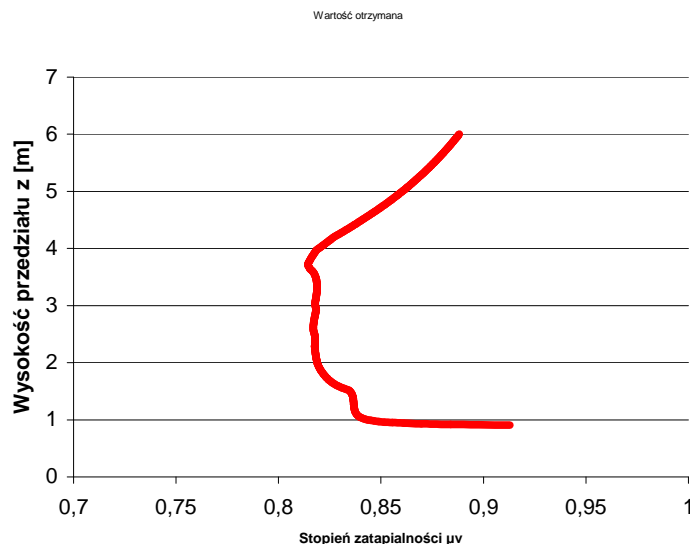
Obliczanie podstawowych parametrów statecznościowych przeprowadzono dla uszkodzonego przedziału siłowni głównej okrętu typu 888. Ponieważ wybrany przedział ma największą objętość, więc uszkodzenie jego najbardziej zagraża pływerności okrętu. Do obliczania podstawowych parametrów statecznościowych zbudowano program komputerowy oraz program symulujący proces zalewania uszkodzonego przedziału okrętowego.

#### 3.1. Określanie współczynników zatapiałości

Zazwyczaj do określania rzeczywistej objętości przedziału wykorzystuje się współczynnik zatapiałości określonego przedziału  $\mu$ , którego wartość podana jest w Konwencji SOLAS. [1,2]

$$\mu = \frac{v}{v_t} \quad (15)$$

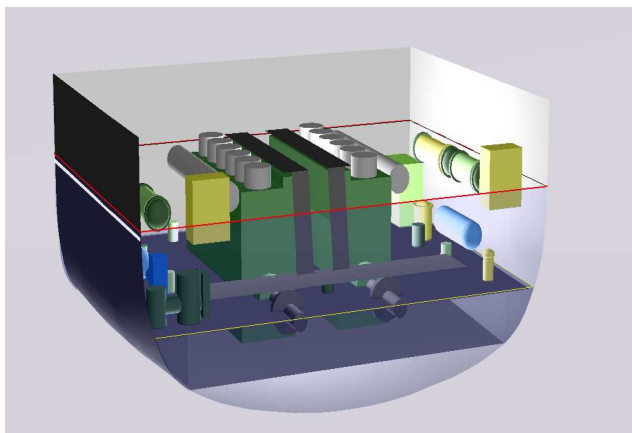
W ramach wykonanych badań, w celu dokładnego określenia objętości rzeczywistej przedziału, wyznaczono zmienność rzeczywistego współczynnika  $\mu$  w zależności od wysokości poziomu wody w przedziale. Zależność stopnia zatapiałości  $\mu_v$  od wysokości przedziału  $z$ , mierzonej od poziomu zbiorników dennych do pokładu grodziowego przedstawiono na rysunku 2 [3,6].



Rys.2. Wykres stopnia zatapiałości przedziału  $\mu_v$  w zależności od wysokości przedziału siłowni głównej

#### 3.2. Symulacja zatapiania przedziału okrętowego

W kolejnym etapie pracy wykonano komputerowy model przedziałów siłowni okrętu z umieszczonymi w nich urządzeniami i mechanizmami. Widok zatopionego przedziału przedstawiono na rys.3.[3,6]

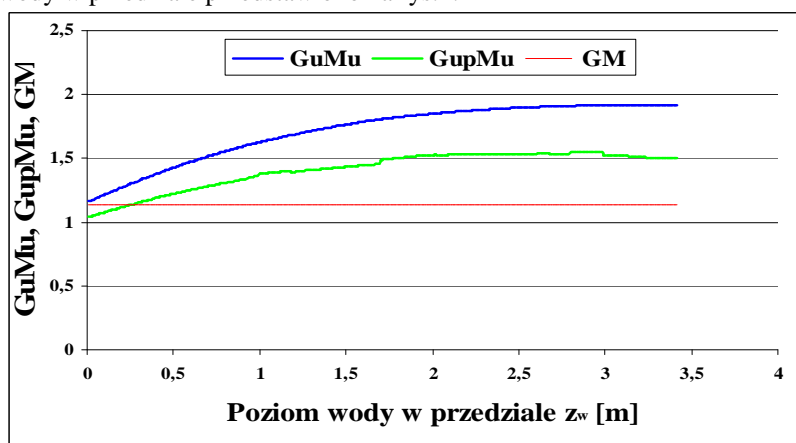


Rys. 3. Widok symulacji komputerowej częściowo zatopionego przedziału siłowni głównej okrętu typu 888

W oknie programu komputerowego wyświetlane są on-line podstawowe parametry położenia okrętu podczas zatapiania uszkodzonego przedziału okrętowego.

### 3.3. Określanie wysokości metacentrycznej

Jednym z najważniejszych parametrów świadczących o bezpieczeństwie pływania jest wysokość metacentryczna. Parametr ten jest obliczany zgodnie z prezentowanym algorytmem. Określany jest on także w czasie rzeczywistym. Zależność wartości GM od ilości wody w przedziale przedstawiono na rys.4.



Rys.4. Wykres zmian wysokości metacentrycznej

*GM*- wysokość metacentryczna początkowa;

*GuMu* - wysokość metacentryczna podczas zatapiania przedziału;

*GuaMu* - wysokość metacentryczna podczas zatapiania przedziału z uwzględnieniem powierzchni swobodnej.

## 4. PODSUMOWANIE

Dzięki walorom użytkowym programu w krótkim czasie obliczane są podstawowe parametry stateczności i położenia okrętu po uszkodzeniu przedziału siłowni głównej okrętu. Informacje te są niezbędne do wypracowania decyzji o przeprowadzeniu odpowiedniej akcji ratowniczej.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Derett. D. R.: Ship stability for Masters and Mates; BH., Oxford 2003.
- [2] Dudziak, J.: Teoria okrętu; WM, Gdańsk 2007.
- [3] Kowalke, O.: Komputerowa symulacja zatapiania przedziału siłowni okrętu typu 888; AMW, Gdynia 2006 .
- [4] Mironiuk, W.: Preliminary research on stability of warship models; STAB2006, Rio de Janeiro, X 2006.
- [5] Pawłowski, M.: Subdivision and damage stability of ships; Gdańsk 2004.
- [6] Tarnowski, K.: Badania modelowe stateczności awaryjnej okrętu typu 888 po zatopieniu siłowni pomocniczej; AMW, Gdynia 2008.