

Mirosław GERIGK

Politechnika Gdańska
Wydział Oceanotechniki i Okrętownictwa
80-952 Gdańsk, ul. G. Narutowicza 11/12
email: mger@pg.gda.pl

METODA ZARZĄDZANIA BEZPIECZEŃSTWEM STATKU W CZASIE KATASTROFY NA MORZU

Streszczenie:

W artykule przedstawiono metodę zarządzania bezpieczeństwem statku w stanie uszkodzonym w czasie katastrofy na morzu z uwzględnieniem analizy ryzyka. Zarządzanie bezpieczeństwem statku w metodzie oparte jest na ocenie ryzyka, oraz na zarządzaniu ryzykiem wypadku. Do oceny ryzyka zastosowano dwa kryteria: macierz akceptacji ryzyka i koncepcję ALARP. Przedstawiono wybrane metody zarządzania ryzykiem, ukierunkowane na podejmowanie decyzji: metoda sztucznych sieci neuronowych ANN, koncepcje Taguchi'ego i wielokryterialne podejście do podejmowania decyzji. Przedstawiono elementy systemu podejmowania decyzji DSS dla oceny bezpieczeństwa statku w stanie uszkodzonym.

Słowa kluczowe: analiza ryzyka, zarządzanie bezpieczeństwem, statek w stanie uszkodzonym.

WPROWADZENIE

W czasie katastrofy statku na morzu na skutek kolizji, uderzenia o przeszkodę lub wejścia na mieliznę, statki poddawane są różnym wymuszeniom, wewnętrznym i zewnętrznym, o charakterze losowym. Z danych statystycznych wynika, że tego typu wypadki stanowią ponad 50% ogólnej liczby wszystkich kategorii wypadków na morzu [2]. W zależności od skali uszkodzeń kadłuba statku, istnieje możliwość kontynuacji misji przez statek, powrotu statku do portu o własnych siłach, powrotu statku do portu na holu lub oczekiwania na pomoc z zewnątrz. W przypadku małego uszkodzenia poszycia kadłuba, statek najczęściej może kontynuować misję lub powinien oczekiwać na pomoc z zewnątrz. W przypadku dużego uszkodzenia kadłuba statku uszkodzeniu ulega nie tylko poszycie kadłuba w rejonie uszkodzenia, ale także elementy konstrukcji znajdujące się wewnątrz kadłuba. Na skutek tego, dochodzi do zatapiania jednego lub większej liczby przyległych przedziałów wodoszczelnych. W takiej sytuacji, statek zazwyczaj nie jest w stanie kontynuować powierzonej misji. W stanie uszkodzonym, statek powinien zachować zarówno stateczność jak i pływalność. Przy czym stateczność należy uznać za podstawową miarę bezpieczeństwa statku w stanie uszkodzonym. Powyższe cechy decydują o przetrwaniu procesu zatapiania przez statek. Bardzo często zdarza się tak, że na skutek wymienionych zagrożeń, do wnętrza kadłuba dostaje się duża ilość wody zaburtowej i istnieje obawa, że statek zatapiania nie przetrwa. Statek może zatonać w początkowym etapie zatapiania, w pośrednich etapach zatapiania lub w końcowym etapie zatapiania, w zależności także od fazy zatapiania. Fazy zatapiania związane są ze stopniem wypełnienia zatapianego przedziału lub grupy przedziałów przez wodę zaburtową. Statek może zatonać na skutek utraty najpierw stateczności i potem pływalności lub na skutek najpierw utraty pływalności, tonąc w pozycji wyprostowanej (przypadek rzadszy).

Statek może znaleźć się w stanie uszkodzonym także wtedy, gdy uszkodzeniu ulega jeden z podstawowych podsystemów statku (system ładunkowy/balastowy, system napędowy, system sterowy), na skutek czego statek może utracić najpierw zdolności napędowe i manewrowe, co z kolei może doprowadzić do ustawienia się statku „bokiem do fali”, zalewania pokładu czy przesunięcia się ładunku. Powyższe może prowadzić do utraty stateczności i/lub pływalności statku jako to przedstawiono powyżej. W takich sytuacjach mamy też do czynienia z dużym wpływem czynnika ludzkiego.

Celem omawianych prac badawczych jest opracowanie modelu do analizy zachowania się statku w stanie uszkodzonym i analizy ryzyka nieprzetrwania katastrofy przez statek w polskiej strefie odpowiedzialności SAR. Cechą charakterystyczną proponowanego modelu powinna być możliwość szybkiego modelowania sytuacji w przypadku wystąpienia katastrofy statku w polskiej strefie odpowiedzialności SAR, w tym [2]:

- identyfikacja stanu statku uszkodzonego;
- analiza zachowania się statku uszkodzonego;
- analiza ryzyka wypadku na wszystkich etapach katastrofy;
- ocena bezpieczeństwa ludzi (pasażerów i załogi), mienia (statku i ładunku) oraz środowiska naturalnego.

Konieczność podjęcia omawianych badań wynika z następujących powodów:

- wzrostu przewozów, w tym ładunków płynnych, na akwenie Morza Bałtyckiego i w polskiej strefie odpowiedzialności SAR;
- ewentualnych konsekwencji katastrofy statku a szczególnie zbiornikowca do przewozu produktów ropo-pochodnych;
- konieczności ratowania ludzi, mienia i ochrony środowiska naturalnego, na wypadek katastrofy statku w polskiej strefie odpowiedzialności SAR.

Jak poważne mogą być konsekwencje katastrofy zbiornikowca, można zorientować się analizując katastrofy, które miały miejsce na świecie w okresie ostatnich kilku dekad. Bardzo pouczająca jest także analiza wypadków, które wydarzyły się na akwenie Morza Bałtyckiego [12, 13].

Ocenę bezpieczeństwa statku w stanie uszkodzonym można przeprowadzić za pomocą metod prawno-nakazowych (preskrypcyjnych) [4, 5, 6], które oparte są na obowiązujących przepisach lub za pomocą metod, opartych na ocenie zachowania się statku i ocenie ryzyka wypadku [2].

1. METODA OCENY BEZPIECZEŃSTWEM STATKU W STANIE USZKODZONYM

Obecnie, występuje brak metod zarządzania bezpieczeństwem statku w stanie uszkodzonym w czasie katastrofy na morzu. Międzynarodowa Organizacja Morska IMO (ang. International Maritime Organization) dąży do opracowania metody lub metod oceny bezpieczeństwa statku uszkodzonego w warunkach operacyjnych. Metody te oparte są na prawo-nakazowym (preskrypcyjnym) podejściu do bezpieczeństwa statku. Metody te oparte są na przepisach zawartych w konwencji SOLAS (rozdział II-1) [4, 5, 6], która weszła w życie w styczniu 2009 roku [7].

W ramach prac koordynowanych przez IMO, proponuje się zastosować do oceny bezpieczeństwa statku uszkodzonego w czasie eksploatacji, następujące metody.

Pierwsza metoda oparta jest na zastosowaniu całościowego modelu ryzyka [8, 15, 16]:

$$R = P_C P_{C/F} P_{C/F/NS} P_{C/F/NS/TTS} C \quad (1)$$

gdzie:

- P_C – prawdopodobieństwo wystąpienia kolizji,
- $P_{C/F}$ – prawdopodobieństwo warunkowe zatopienia kadłuba po uszkodzeniu poszycia na skutek kolizji,
- $P_{C/F/NS}$ – prawdopodobieństwo warunkowe nieprzetrwania kolizji na skutek zatopienia kadłuba po uszkodzeniu poszycia na skutek kolizji,
- $P_{C/F/NS/TTS}$ – prawdopodobieństwo warunkowe wystąpienia danego czasu tonięcia statku na skutek nieprzetrwania kolizji na skutek zatopienia kadłuba po uszkodzeniu poszycia na skutek kolizji,
- C – konsekwencje kolizji z uwagi na ofiary, zranienia, mienie (ładunek, statek) i środowisko.

Druga metoda, oparta jest na koncepcji oceny maksymalnego zatopienia jakie może przetrwać statek po uszkodzeniu poszycia, czasu zatopienia i możliwości powrotu do portu. W metodzie tej cele bezpieczeństwa zostały podzielone na trzy kategorie [17]:

- I – statek zachował pływalność i jest zdolny do powrotu do portu o własnych siłach RTP (ang. Return To Port),
- II – statek zachował pływalność ale jest niezdolny do powrotu do portu o własnych siłach WFA (ang. Waiting For Assistance),
- III – statek prawdopodobnie przewróci się i zatonie, konieczne będzie opuszczenie statku AS (ang. Abandonment of the Ship).

Trzecia metoda oparta jest na koncepcji prawdopodobieństwa zupełnego przetrwania kolizji przez statek, występującego w postaci wskaźnika podziału grodziowego A_{SRtP} (gdzie: SRtP – Safe Return to Port), który jest obliczany na podstawie charakterystyk stateczności resztowej (stateczności awaryjnej) statku w stanie uszkodzonym [7]:

$$A_{SRtP} = 0,4 A_{SRtP,s} + 0,4 A_{SRtP,p} + 0,2 A_{SRtP,l} \quad (2)$$

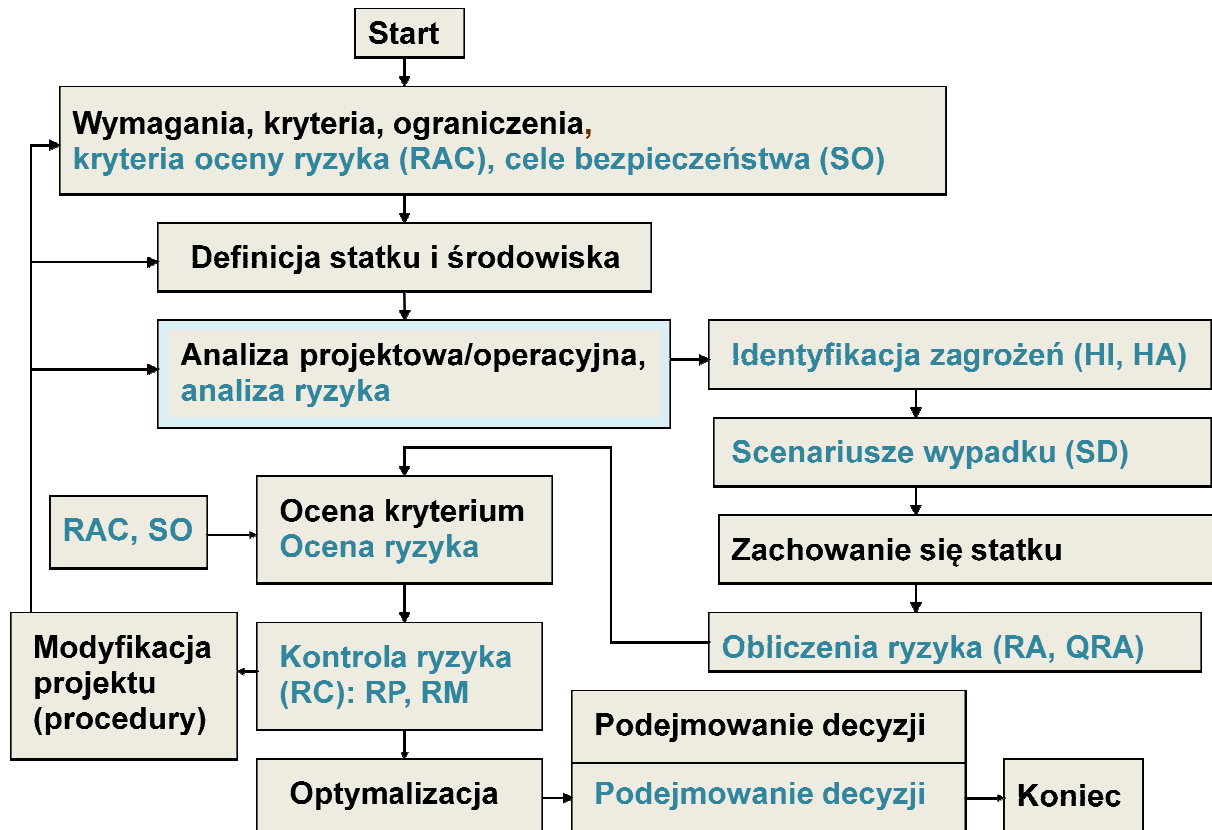
gdzie:

- $A_{SRtP,s}$, $A_{SRtP,p}$ i $A_{SRtP,l}$ – wskaźniki podziału grodziowego odpowiadające stanom załadownia statku: pełnemu (s), pośredniemu (p) i balastowemu (l).

Wskaźniki $A_{SRtP,s}$, $A_{SRtP,p}$ i $A_{SRtP,l}$ należy obliczać zgodnie z zależnością podaną w przepisach [7].

Zdaniem autora, powyższe metody trudno zastosować do oceny bezpieczeństwa statków w stanie uszkodzonym w czasie katastrofy na morzu. Wynika to przede wszystkim z tego, że metody te oparte są na prawno-nakazowym podejściu do bezpieczeństwa. Poza tym są one ukierunkowane głównie na ocenę bezpieczeństwa w czasie projektowania statków. Co prawda, metody te oparte są na probabilistycznym podejściu do bezpieczeństwa, ale ich niektóre elementy mają charakter semi-probabilistyczny lub wręcz deterministyczny. To stoi w sprzeczności z naturą bezpieczeństwa, które ma charakter stochastyczny. Najpoważniejszym mankamentem tych metod jest to, że przy ich zastosowaniu bierze się pod uwagę bardzo ograniczoną liczbę scenariuszy wypadku. Właśnie to wyklucza możliwość ich zastosowania do oceny bezpieczeństwa statku w stanie uszkodzonym w czasie katastrofy.

Proponuje się zastosowanie do oceny bezpieczeństwa statku w stanie uszkodzonym, metody opartej na zastosowaniu analizy ryzyka [2]. Strukturę proponowanej metody przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Struktura metody oceny bezpieczeństwa statków w stanie uszkodzonym, opartej na zachowaniu się statku w stanie uszkodzonym i analizie ryzyka.

Źródło: opracowanie własne.

Ocena bezpieczeństwa statków w stanie uszkodzonym w proponowanej metodzie jest oparta na ocenie zachowania się statku w stanie uszkodzonym i ocenie ryzyka wypadku. Główną cechą metody jest to, że do oceny bezpieczeństwa statku zastosowano tak zwane podejście całościowe. Polega ono na tym, że po pierwsze zastosowany model ryzyka jest modelem całościowym. Po drugie, uwzględniono wpływ na bezpieczeństwo czynników o charakterze projektowym, eksploatacyjnym i tych związanych z zarządzaniem i czynnikiem ludzkim.

Proponowana metoda jest oparta na zastosowaniu systemowego i zintegrowanego podejścia do bezpieczeństwa statków, elementów Formalnej Oceny Bezpieczeństwa FSA, oceny zachowania się statku w stanie uszkodzonym i oceny ryzyka wypadku [2]. Do oceny zachowania się statku można wykorzystać dostępne dane statystyczne, wyniki badań na modelach fizycznych oraz wyniki symulacji komputerowej. Ocena zachowania się statku w stanie uszkodzonym umożliwia prześledzenie wszystkich możliwych scenariuszy wypadku aż do określenia konsekwencji wypadku włącznie. Opracowane scenariusze wypadku umożliwiają przedstawienie modelu ryzyka wypadku dla całego zakresu drzewa zdarzeń (drzewa konsekwencji) ETA [2]. Celem w proponowanej metodzie jest osiągnięcie odpowiedniego poziomu ryzyka wypadku. Jest to jednoznaczne z tym, że bezpieczeństwo jest celem (projektowym, operacyjnym i/lub organizacyjnym). Miarą bezpieczeństwa statku w stanie uszkodzonym w proponowanej metodzie jest poziom ryzyka wypadku. Proponowaną metodę można stosować na dowolnym etapie życia statku, w tym także do oceny bezpieczeństwa statku w czasie katastrofy.

2. OCENA RYZYKA WYPADKU W METODZIE

Ryzyko wypadku w metodzie zostało zdefiniowane jako iloczyn prawdopodobieństwa wystąpienia danego zagrożenia P_i i konsekwencji wypadku C_i [2]:

$$R_i = P_i C_i \quad (4)$$

Z kolei ryzyko nieprzetrwania kolizji przez statek zostało wyznaczone modelując ryzyko w metodzie za pomocą macierzowego modelu ryzyka. Bez względu na metodę zastosowaną do analizy i oceny zachowania się statku w stanie uszkodzonym (badania na modelu fizycznym czy symulacja komputerowa), ryzyko nieprzetrwania kolizji przez statek należy obliczyć w sposób następujący [2]:

$$R = P_C P_{F/C} P_{oC} C_C \quad (5)$$

gdzie:

- P_C – prawdopodobieństwo wystąpienia kolizji,
- $P_{F/C}$ – prawdopodobieństwo zatapiania statku po wystąpieniu kolizji,
- C_C – konsekwencje katastrofy szacowane na podstawie analizy zachowania się statku w stanie uszkodzonym w czasie katastrofy,
- P_{oC} – prawdopodobieństwo nieprzetrwania kolizji przez statek wyznaczone za pomocą jednej z czterech metod [2]: zero-jedynkowej, statycznej, metody opartej o definicję prawdopodobieństwa zupełnego przetrwania kolizji przez statek A, metody opartej na ocenie zachowania się statku w stanie uszkodzonym i identyfikacji charakterystyk procesu stochastycznego kołysań bocznych statku w stanie uszkodzonym (metoda własna), metody opartej na zastosowaniu teorii zbiorów rozmytych.

Analiza ryzyka przy użyciu metody opartej na ocenie zachowania się statku w stanie uszkodzonym polega najpierw na identyfikacji charakterystyki procesu stochastycznego kołysań bocznych statku w stanie uszkodzonym. Następnie należy obliczyć prawdopodobieństwa warunkowe, dotyczące zdarzeń inicjujących ZI_i , zdarzeń głównych ZG_j (zagrożenia), zdarzeń pośrednich ZP_k i zdarzeń końcowych ZK_1 (konsekwencje w scenariuszu wypadku).

W przypadku, gdy w danym scenariuszu zdarzeń, na etapie zdarzeń pośrednich, występują też zdarzenia dodatkowe ZD_j , prawdopodobieństwo warunkowe wystąpienia konsekwencji C_i (zdarzeń końcowych) $P_{oC}(C_i)$, występujące we wzorze (5), należy obliczyć w sposób następujący [1, 2]:

$$P_{oC}(C_i) = \sum_{j=1}^{Nzd} P(C_i, ZD_j) = \sum_{j=1}^{Nzd} P(C_i, ZD_j) P(ZD_j) \quad (7)$$

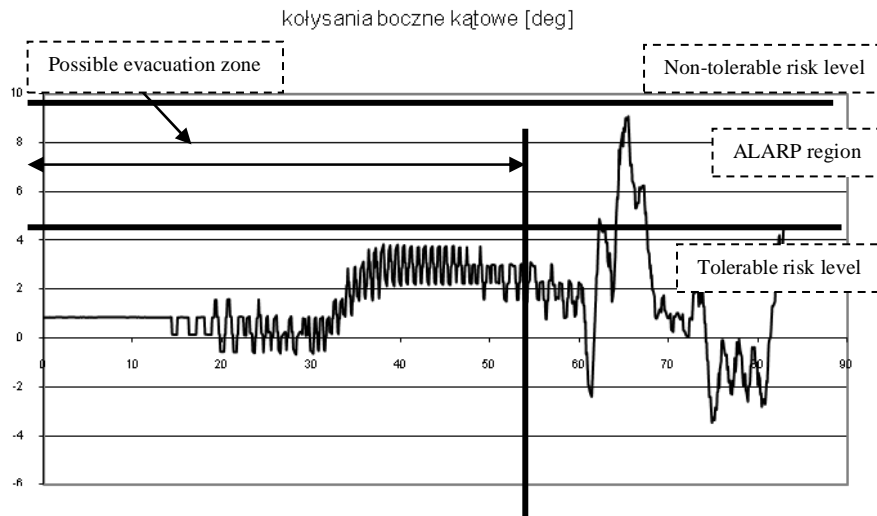
gdzie:

- j – liczba indeksująca istniejące kategorie zdarzeń dodatkowych;
- Nzd – liczba kategorii zdarzeń dodatkowych;
- $P(ZD_j)$ – prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia dodatkowego ZD_j ;
- $P(C_i/ZD_j)$ – prawdopodobieństwo warunkowe wystąpienia skutków C_i pod warunkiem wystąpienia zdarzenia dodatkowego ZD_j .

Do oceny ryzyka w metodzie zastosowano następujące kryteria oceny ryzyka:

- macierz akceptacji ryzyka;
- koncepcja ALARP (ALARP - As Low As Reasonably Practicable);
- koncepcja krzywej F-N (dla statków pasażerskich).

Na rysunku 2 przedstawiono przykład zastosowania koncepcji ALARP do oceny czasu ewakuacji załogi i pasażerów ze statku, wykorzystując przebieg procesu kołysań bocznych statku w stanie uszkodzonym.



Rys. 2. Przykład zastosowania koncepcji ALARP do oceny czasu ewakuacji, na podstawie przebiegu procesu kołysań bocznych statku w stanie uszkodzonym.

Źródło: opracowanie własne.

3. ZARZĄDZANIE RYZYKIEM WYPADKU I ZARZĄDZANIE BEZPIECZEŃSTWEM W METODZIE

Ocena ryzyka jest związana z wyznaczeniem wartości ryzyka, jako iloczynu prawdopodobieństwa wystąpienia danego zagrożenia i konsekwencji jego wystąpienia oraz na użyciu odpowiednich kryteriów oceny ryzyka. Zarządzanie ryzykiem jest możliwe na podstawie oceny ryzyka i polega na znalezieniu odpowiedzi na następujące pytania [2]:

- co można zrobić żeby obniżyć ryzyko?
- jakie pociągnie to za sobą koszty?
- jaki będzie tego wpływ na przyszłe rozwiązania dotyczące bezpieczeństwa?

Zarządzanie ryzykiem można zdefiniować jako systematyczny i całościowy proces, który umożliwi ilościową ocenę ryzyka i zarządzanie nim [2]. Zarządzanie ryzykiem stanowi integralną część procesu zarządzania związanego z projektowaniem, eksploatacją i zarządzaniem systemem technicznym, którym jest statek i obejmuje następujące elementy:

- ocenę ryzyka;
- zarządzanie ryzykiem;
- system bezpieczeństwa statku (czynniki bezpieczeństwa).

Czynniki, wynikające z całościowego podejścia do bezpieczeństwa statku, z punktu widzenia całego okresu życia statku i czynniki związane z rzeczywistością otaczającą statek, powinny być uwzględnione w strukturze systemu zarządzania bezpieczeństwem.

Należy podkreślić, że system bezpieczeństwa obejmuje elementy (i związki między nimi), które mają wpływ na bezpieczeństwo statku. System ten omówiono w literaturze [2]. System zarządzania bezpieczeństwem statku obejmuje elementy (i związki między nimi), które w czasie eksploatacji i w czasie katastrofy umożliwiają:

- uwzględnienie wpływu na bezpieczeństwo statku czynników bezpieczeństwa;

- ocenę ryzyka wypadku;
- zarządzanie ryzykiem.

Zarządzanie ryzykiem w metodzie jest oparte na strategii redukcji ryzyka, która polega na [2, 3, 10, 14]:

1. redukcji prawdopodobieństwa wystąpienia danych zdarzeń, obejmującej:
 - redukcja prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzeń pośrednich ZP_k ;
 - redukcja prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzeń dodatkowych ZD_j ;
2. redukcji konsekwencji wypadku, obejmującej:
 - redukcja prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzeń końcowych ZK_1 (w przypadku, gdy brak zdarzeń dodatkowych);
 - redukcja prawdopodobieństwa wystąpienia konsekwencji $PoC(C_i)$ (w przypadku, gdy występują zdarzenia dodatkowe).

Zarządzanie bezpieczeństwem w metodzie może być oparte na zastosowaniu [3, 9, 10, 11, 14]:

- koncepcji Taguchi;
- wielokryterialnego podejścia do podejmowania decyzji;
- sztucznych sieci neuronowych ANN.

Zastosowana w metodzie koncepcja Taguchi obejmuje kolejno: definicję problemu, czynniki wpływające na bezpieczeństwo i związki między nimi (burza mózgów), macierz kombinacji czynników wpływu i ich poziomów, badania (analiza wariacyjna, obliczenia stochastyczne), definicja najważniejszych czynników, podanie najkorzystniejszej kombinacji czynników i ich poziomów, rekomendacje dla zastosowania. Przykładową macierz kombinacji czynników wpływu i ich poziomów podano w tablicy 1.

Tablica 1. Przykładowa macierz kombinacji czynników wpływu i ich poziomów.

Czynnik wpływu	Poziom 1	Poziom 2	Poziom 3
Stan równowagi statku (stateczność)	trwała	obojętna	chwiejna
Zapasy pływerności	duży	średni	mały
Sprawność siłowni	wysoka	średnia	niska
Wyszkolenie załogi	dobrze	średnie	niskie
Zagrożenie pożarem ładunku	duże	średnie	niskie

Źródło: opracowanie własne.

Zastosowanie sztucznej sieci neuronowej ANN w metodzie obejmuje: zebranie danych, odpowiednie przygotowanie danych, podział danych na dane do testowania sieci i dane do uczenia sieci, opracowanie struktury sieci, uczenie sieci, testowanie sieci i ocena modelu sieci. Do opracowania sztucznej sieci neuronowej ANN w metodzie zdecydowano się zastosować oprogramowanie MATLAB Neural Network.

Trwają też prace nad opracowaniem wielokryterialnej (wielo-atrybutowej) metody podejmowania decyzji, opartej na teorii zbiorów rozmytych z zastosowaniem podejścia Dempster'a-Shafer'a (decyzje oparte na wielu atrybutach) [3, 9, 10, 11, 14].

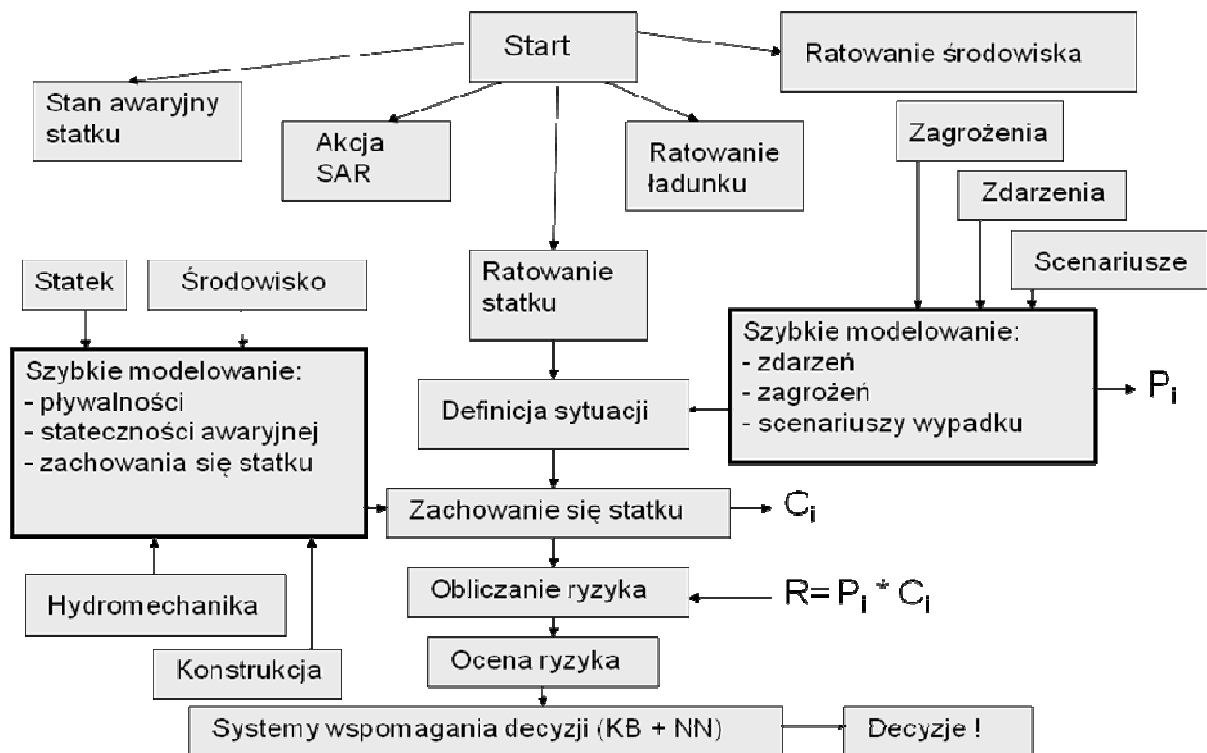
4. SYSTEM PODEJMOWANIA DECYZJI DLA OCENY BEZPIECZEŃSTWA STATKU W STANIE USZKODZONYM

Całościowy system zarządzania bezpieczeństwem statku, który umożliwiłby zarządzanie bezpieczeństwem statku w stanie uszkodzonym, powinien zawierać następujące elementy [2]:

- system statek (parametry i charakterystyki statku, wewnętrzne podsystemy techniczne (w tym podsystem nawigacyjny), zewnętrzne podsystemy kontroli ruchu (GPS, GDPS, VTS);
- system środowisko morskie (wiatr, falowanie, prąd);
- system legislacyjny (konwencje, rekomendacje, wytyczne, zalecenia, przepisy);
- system zarządzania statkiem (procedury);
- system zarządzania bezpieczeństwem SMS (ang. Safety Management System);
- system czynnik ludzki;
- zintegrowany system zarządzania ISM (ang. Integrated System Management);
- system awaryjny umożliwiający opis uszkodzenia;
- system alarmowy;
- system ewakuacyjny;
- system ratowniczy.

Należy dodać, że cztery ostatnie elementy systemu zarządzania bezpieczeństwem statku powinny być uaktywniane w momencie, gdy statek znajdzie się w stanie uszkodzonym.

Dynamika sytuacji w czasie katastrofy statku na morzu, wymaga szybkiego podejmowania decyzji, dotyczących bezpieczeństwa statku, z ukierunkowaniem na bezpieczeństwo ludzi, mienia i środowiska naturalnego. Szybkie podejmowanie decyzji wymaga zastosowania systemu oceny bezpieczeństwa statku w stanie uszkodzonym w czasie katastrofy. Schemat takiego systemu przedstawiono na Rys. 3.



Rys. 3. System oceny bezpieczeństwa statku w stanie uszkodzonym w czasie katastrofy.

Źródło: opracowanie własne.

Podstawą poprawnego funkcjonowania systemu oceny bezpieczeństwa statku w stanie uszkodzonym w czasie katastrofy jest:

- możliwość szybkiego modelowania sytuacji (modelowanie scenariuszy wypadku);

- możliwość szybkiego modelowania zachowania się statku, w tym jego pływalności, stateczności statku nieuszkodzonego, stateczności statku w stanie uszkodzonym i zachowania się statku uszkodzonego na fali.

Wynika to z faktu, że szybkie i efektywne podejmowanie decyzji w czasie katastrofy na morzu, ma bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo ludzi, mienia i środowiska naturalnego.

WNIOSKI

W artykule przedstawiono podstawowe elementy metody zarządzania bezpieczeństwem statku w stanie uszkodzonym w czasie katastrofy statku na morzu. Rozpatrywane przypadki katastrofy dotyczą wystąpienia następujących zagrożeń: kolizja, wejście na mieliznę, uderzenie o przeszkodę [2]. Przedstawiona metoda umożliwia zarządzanie bezpieczeństwem statku w stanie uszkodzonym w czasie katastrofy, po pierwsze na podstawie oceny ryzyka wypadku i następnie, poprzez zarządzanie ryzykiem wypadku. Zarządzanie ryzykiem wypadku w metodzie może odbywać się poprzez zastosowanie następujących metod: sztucznych sieci neuronowych ANN, koncepcji Taguchi'ego i wielokryterialnego podejścia do podejmowania decyzji.

Obecne prace badawcze związane są z dalszym rozwojem omówionej metody a w szczególności, całościowego modelu ryzyka i wymienionych metod zarządzania ryzykiem. Zamierzonym efektem badań jest opracowanie modelu obliczeniowego do szybkiej symulacji sytuacji na morzu w czasie katastrofy, który powinien umożliwiać ocenę zachowania się statku w stanie uszkodzonym i ocenę ryzyka na kolejnych etapach katastrofy. Prawidłowe zarządzanie bezpieczeństwem wymaga zastosowania nowoczesnego systemu podejmowania decyzji DSS, dotyczących bezpieczeństwa statku w stanie uszkodzonym w czasie katastrofy. Stąd konieczność podjęcia badań w omówionym pokrótce zakresie.

Przedstawione wyniki badań są ściśle związane z poprzednimi pracami autora i realizacją projektu badawczego własnego p.t. „Opracowanie modelu do analizy i oceny zachowania się statku w czasie katastrofy z wykorzystaniem modelu ryzyka nieprzetrwania kolizji przez statek”, finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (decyzja Nr 5703/B/T02/2010/39). Projekt ten jest realizowany na Politechnice Gdańskiej w latach 2010-2012, pod kierunkiem autora.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Borysiewicz M., Furtek A., Potemski S.: Poradnik metod ocen ryzyka związanego zniebezpiecznymi instalacjami procesowymi, Instytut Energii Atomowej, Otwock – Świerk 2000.
- [2] Gerigk M.: Kompleksowa metoda oceny bezpieczeństwa statku w stanie uszkodzonym z uwzględnieniem analizy ryzyka, Monografie 101, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2010.
- [3] Grabowski M., Merrick J.R.W., Harrald J.R., Mazzuchi T.A., Rene van Dorp J.: Risk modeling in distributed, large-scale systems, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - part A: Systems and Humans, Vol. 30, No. 6, November 2000.
- [4] IMO (International Maritime Organization): Report of the Maritime Safety Committee on Its Eightieth Session, MSC 80/24/Add.1, London, 2005.
- [5] IMO (International Maritime Organization): Resolution MSC.194(80) Annex 2, Adoption of Amendments to the International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, As Amended, adopted on 20.05.2005.

- [6] IMO (International Maritime Organization): Resolution MSC.216(82) Annex 2, Adoption of Amendments to the International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, As Amended, adopted on 08.12.2006.
- [7] IMO (International Maritime Organization): Stability and Seakeeping Characteristics of Damaged Passenger Ships in a Seaway When Returning to Port by Own Power or Under Tow, A survey of residual stability margin, Submitted by Germany, SLF 52/8/1, London, 26 October 2009.
- [8] 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.
- [9] Jędrzejczyk Z., Kukuła K., Skrzypek J., Walkosz A.: Badania operacyjne w przykładach i zadaniach, Wydawnictwo naukowe PWN, Warszawa 2004.
- [10] Kaliszewski I.: Wielokryterialne podejmowanie decyzji - obliczenia miękkie dla złożonych problemów decyzyjnych, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2008.
- [11] Pillay A., Wang J.: Technology and Safety of Marine Systems, Elsevier Ocean Engineering Book Series, Volume 7, Elsevier 2003.
- [12] Romanowski Cz., Witek Piotr.: Może być strasznie, Budownictwo Okrętowe, nr 3 (548), Marzec 2005, pp. 27-31.
- [13] Romanowski Cz., Stareńczak P.B.: Co z tym Bałtykiem? Nasze Morze, nr 12 (24), grudzień 2007.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] Vanem E., Skjong R.: Damage stability and Evacuation Performance Requirements 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.
- [17] Vassalos D.: Safe return to port, Seminar for the 50th session of the IMO SLF Sub-Committee, London, May 2007.

A METHOD OF SHIP SAFETY MANAGEMENT DURING THE DISASTER AT SEA

Abstract:

A method for safety management of a ship in damaged conditions based on the risk analysis during the disaster at sea is presented in the paper. The safety management is based first of all on the risk assessment and risk management after that. For the risk assessment two criteria have been applied the risk matrix and ALARP concept. The applied risk management methods devoted to making decisions are as follows: artificial neural network techniques, Taguchi method, multi-criteria approach to making decisions. A few elements of a decision support system DSS for safety assessment of ships during the disaster is presented.

Key words: risk analysis, safety management, ship in damaged conditions.